

A SUGÁRZÁSOK SZEREPE AZ ORVOSTUDOMÁNYBAN

ÍRTA
KELEN BELA

A TUDOMÁNYOS KUTATÁS egyik kétségtelenül legkimagaslóbb vívmánya a sokféle új sugárzás felfedezése. Azokat a sugárzásokat, amelyeket a természet önként elénk tár (hő, fény, ultraibolya stb.), a fáradtságot nem ismerő bűvárkodás lángelméjű kísérletek által számos újfajta sugárzással gyarapította. Ilyenek a katódsugár, a rádió-, röntgensugár stb. Ezek az új sugarak felfedezésük alkalmával sok tekintetben csodálatot keltettek: bizonyos tulajdonságaik annyira ellene szóltak a régebbi tapasztalatokból leszűrt és megállapított nézeteknek, hogy az addigi fizika és kémia épületét alapjában megrendítették. Revízió alá kellett vennünk az anyagról, energiáról és egyéb alapfogalmakról vallott nézeteinket. Terjedelmes, új tudományágak keletkeztek. Az új tanok diadalmasan bevonultak a természettudomány minden ágába, de az általuk okozott felforgatással szemben sokáig tanács-talanul állott a tudomány: sokszor meg kellett elégednie a kísérleti tények puszta felsorolásával, a magyarázattal azonban hosszú ideig adós maradt. Évekig tartott, míg a nézetek tisztázódtak és a természet egy új, tökélete-sebb megismerésére vezettek. Régebben képtelenségnek tartottuk volna, hogy kétséget kizárólag meggyőződjünk az atomok valóságos létezéséről, sőt hogy megismerjük azoknak bonyolódott, aprólékos belső szerkezetét, hogy szétrobbant atómrészleteknek pályáját a levegőben lefotografáljuk, hogy kísérletileg meghatározzuk a kristályok molekuláris felépítését. Sok mérész álmunk valóra vált. Az addigi legfeljebb ezerszeres nagyítást elektron-mikroszkóppal 30 ezerszeresre és többre emeltük. Az elmélet által fel-tételezett, de évek hosszú során hiába keresett hafnium nevű vegyi elemet a röntgensugarak színeképeinek útmutatása alapján egy magyar tudós (Hevesy) fedezte fel. Sugárzásokkal valamely elemet más elemmé sikerült átváltoztat-nunk! (Igaz, hogy csak igen kis mennyiségben.)

Különösen sok hasznát látta a sugárzásoknak az orvostudomány, mely általuk mind a diagnosztika, mind a gyógyítás terén óriási lépésekkel haladt előre. A sugárzások birodalma ma már nehezen áttekinthető széles, nagy terület, melynek bonyolódott fejezeteiben bajos az eligazodás. Hogy ebben az útvesztőben az olvasó kezébe biztos vezető fonalat adjunk, a sugárzásokat nem úgy tárgyaljuk, mint ahogy az első pillanatra észszerűnek látszanék, hogy t. i. minden egyes sugárzás fizikai ismertetése után azonnal rátérnénk az orvosi alkalmazásra, hanem először egy általános részben fizikai szempontok szerint egymás után tárgyaljuk az összes sugarak természettani lényegét, kiemelve az orvosi szempontból fontos tulajdonságokat és ezen egységes fizikai tárgyalás után a részletes részben térünk rá az egyes sugarak orvosi alkalmazására. Így a sugárzás fizikájának és orvosi alkalmazásának egymással rokon részletei összekerülnek, ami nagyban megkönnyíti az áttekinthetőséget és megértést.

A sugárzások keletkezésének magyarázásához szükséges volt, hogy fel-frissítsünk és szabatosan értelmezzünk a középiskolából hozott néhány olyan alapfogalmat, amelyről feltehető, hogy az olvasó emlékezetében már elmosódott. A zökkenőnélküli tárgyalás szempontjából helyenkint apró ismétlések kikerülhetetlenek voltak: röviden érintenünk kellett olyan dolgokat is, amit könyvünk egy más fejezete tárgyal részletesen. Ezzel az olvasót akaruk megkímélni a fáradságos fellapozástól és keresgéléstől.

*

A sugárzások hatásának megértésére előre kell bocsátani a következő alapfogalmakat:

Midőn valamely erő egy testet bizonyos akadály ellenében mozgat, azt mondjuk, hogy munkát végez. Az ilyen szemmel látható mozgásból álló munkát erőművi, mechanikai munkának nevezzük.

Az elvégzett *munka* nem vész el, hanem annak az *egyenértéke* megmarad. Például, ha egy követ felviszünk az emeletre, munkát végzünk. A befektetett munka egyenértéke abban nyilvánul, hogy a kő magasan fekvő helyzete folytán munkavégzési képességet nyert, mert ha visszaesni engedjük, munkát végez, éspedig ugyanannyit, mint amennyit a felvitelkor befektettünk. Ez az *energia megmaradásának elve*. Energia alatt a befektetett munkát, a munkavégző képességet értjük. Energia ezek szerint mind az, ami munkából lesz, vagy ami munkává válhat. Az energia nem semmisül meg, de semmiből nem is képződik. A világnak van egy bizonyos energiakészlete.

amely se nem szaporodik, se nem fogy, hanem munkavégzés alkalmával csupán az energia egyik alakjából egy másikba alakul át. Megtörténik, hogy az energia, átalakulásakor nem szemmel látható „erőművi“ munkává válik, hanem valami egyéb láthatatlan munkavégző képesség származik. Például, ha két tárgyat összedörzsölünk, a dörzsölési munkából hő keletkezik. Tehát a hő is az energiának egyik faja, mert munkából lesz és munkát is képes végezni, pl. vizet forral és gőzgépet hajt. A hőn kívül az energiának ilyen további alakjai a helyzeti energia, mint pl. a megelőző példában az emeletre felvitt kő, vagy egy munka árán összenyomott rúgó. Ilyen energiaalakok továbbá az elektromosság, a vegyi energia, a fény, a rádióhullámok, rádium-, röntgen- és egyéb sugárzások. Mindezek azért az energia fajai, mert bizonyos körülmények között munkát képesek végezni.

A *sugárzások* kétfélék. Először anyagi sugarak, amelyek valamely anyagi test haladó mozgásából állnak, mint pl. a vízsugár. A fizika sokféle anyagi sugárzást ismer. Ide tartozik a többi közt a katódsugár, melyet az atomok legapróbb elektromos anyagi részecskéinek, az elektronoknak igen gyors mozgása alkot.

A sugárzások másik fajtájához tartoznak azok, amelyek nem anyagot, szállítanak, hanem hullámszerűleg tovaterjedő mozgásokból állanak. Ezek ismét kétfélék: először olyanok, amelyek valamely anyag *mechanikai* hullámozgásának, rezgésének tovaterjedései, pl. a hang- vagy a vízhullámok. Ezekben maga az anyag nincs haladó mozgásban, hanem csak a hullámozgás megy végig az anyagon. Ha pl. a vízhullámokra egy papírdarabkát dobunk, látjuk, hogy a papír csupán emelkedik és süllyed, de egyébként helyben marad, a mozgás azonban továbbterjed.

A hullámozgások második fajtája az, amelyekben nem valami anyagi rész mechanikai mozgásáról van szó, hanem a *térnek bizonyos állapotváltozása terjed hullámozgás alakjában*. Ennek megértésére idézzük emlékeztünkbe a következőket. Mindnyájan tudjuk, hogyha egy elektromos vezetékben áramot indítunk, akkor a körülötte levő tér megváltozik, mert elektromos és mágneses tulajdonságokat vesz fel. Meggyőződhetünk erről, ha az elektromos áramvezeték mellé egy mágnesűt helyezünk. Ismeretes, hogy a mágnesűt ilyenkor eredeti észak-déli irányából kitér. Ha pedig elektromos vezetékbe viszünk ebbe a térbe, akkor a vezetékben elektromos feszültség keletkezik: feszültség „indukálódik“. A térnek tehát az áram körül elektromos és mágneses tulajdonságai vannak. Ha az elektromágneses teret létesítő áram a vezetékben megszűnik, megszűnik a térnek elektromágneses álla-

pota is. Ha az áram újra megindul, az elektromágneses tér újra előáll. Ha az áram iránya megfordul, a tér állapota is ellenkezőbe csap át: ellenkező feszültség indukálódik, a mágnesű pedig ellenkező irányba tér ki. Ha az áram iránya bizonyos szaporasággal (frekvenciával) változik (váltóáram), akkor hasonló ütemben változik a tér állapota is. Ha az áram váltódása szabályosan lefolyó, egyenletes: egyenletes a tér elektromágneses tulajdonságainak változása, „hullámozása“ is. A természetben igen sokféle elektromágneses hullámozás fordul elő. A hullámozás a térben sugárirányban tovaterjed. Ahhoz, hogy az áram körül bizonyos távolságban a tér megfelelő állapotba jusson, idő kell. A hullámozásnak tehát van bizonyos terjedési sebessége. Ez a terjedési sebesség minden elektromágneses hullámozásban szigorúan ugyanaz, tudniillik másodpercenként 300 ezer kilométer (300 millió méter).

Az elektromágneses sugárzás elnevezés sokak előtt azért érthetetlen, mert pl. a fényben, mint a legismertebb elektromágneses sugárzásban sem elektromosságot, sem mágnességet nem találunk. Ez a sugárban valóban nincsen is, mert a sugár azokat a tárgyakat, amelyekre ráesik, nem tölti meg elektromossággal, sem a vasat, mint a mágnes, magához nem ragadja. A sugár irányából mágnes által sem téríthető el. Az elektromágneses sugár az energiának egy olyan fajtát képviseli, amely elektromágneses *hatásokat* képes kiváltani, de csak akkor, ha útjában a hullámhosszúságának megfelelő *felfogókészülékekre* talál. így a fény érzést a szem recehártájában a látósejtekre gyakorolt hatás hozza létre. A látósejt a fény felfogókészüléke. A nagyobb hullámhosszúságú hősugarak a látósejtekre nem hatnak. A hősugarak felfogókészülékei a bőr melegérző-testei, ezekre viszont a fénysugár hatástalan.

Az elektromágneses sugár hatása tehát szelektív, azaz nem minden testre hat egyformán, hanem válogat. A sugár legerősebben hat a neki megfelelő felfogókészülékekre. Ez a közéletből is ismeretes. Tudjuk, hogy pl. a rádiókészülék csak azokat a sugarakat fogja fel, amelyekre be van állítva, amelyekre be van hangolva. A rádió felfogókészüléke tág határok közt változtatható, hangolható, úgyhogy igen különböző hullámozások felfogására válik alkalmassá. A szem felfogókészüléke ellenben nem változtatható, azért csakis a fényt képes felfogni.

A rezgések továbbterjedésének magyarázatára régebben felvették a mindent betöltő súlytalan anyagot, az *étert* és ennek a tényleges anyagi rezgéseivel magyarázták a sugarak terjedését. A mai fizika szakított az éter fogalmával és egyszerűen az elektromágneses tér

változásairól beszél, a hullámvás szót pedig csak képletesen használja úgy, mint pl. a közélet a tözsidei árhullámvászt.

A követezőkben először egyenkint felsoroljuk a különböző sugarakat, röviden ismertetjük fizikai tulajdonságaikat és rámutatunk orvosi vonatkozásaikra. Csak azután térünk át az orvosi gyakorlatban való használatuk rendszeres tárgyalására.

ÁLTALÁNOS RÉSZ

(A különféle sugárzások fizikai tulajdonságai.)

ANYAGI SUGÁRZÁSOK

Az orvostudományt érdeklő anyagi sugárzás, mint az energia egyik faja, a radioaktív bomlások alkalmával fordul elő, alfa- és beta-sugárzások alakjában.

Az *atomokat* ma már nem képzeljük változatlanoknak és oszthatatlannak, mint régen, hanem ismerjük azokat a legapróbb építőköveket, amelyekből össze vannak téve. Az atomok szerkezetét és a radioaktivitást könnyűnk egy külön fejezete tárgyalja. Itt csupán az orvosi vonatkozásban fontos részleteket foglaljuk össze.

Minden atom közepén van az *atommag*. E körül *elektronok* keringenek, mint a nap körül a bolygók. Az elektronok negatív elektromos töltésűek. Az atommag pozitív töltésű részecskékből, a *protonokból* áll. A pozitív és negatív töltés ellenkező jelű, de egyforma nagyságú. Egy elektron egy protont képes elektromosan közömbösíteni.

A proton súlya annyi, mint a hidrogén atomé. Az elektron súlya ezzel szemben elhanyagolhatóan csekély: a proton súlyának kb. kétezredrésze. Vannak a magban azonkívül még *neutronok*. Ezek elektromosan közömbösek, súlyuk a protonéval egyezik. Az elem *atomsúlyát* adja a protonok és neutronok számának összege. A mag körül keringő elektronok száma elektromosan közömbös atomokban mindig annyi, amennyit a magban levő protonok elektromos vonzásukkal megkötnék, vagyis a protonok és a keringő elektronok száma egyezik. Az atom tehát kifelé elektromos hatást nem mutat: közömbös. Az elektronok minden elemben meghatározott pályákon keringenek. Az elem vegyi minőségét az határozza meg, hogy hány proton van a magjában. A neutronok száma szűk határok közt variálhat. Ezen

variáció által jönnek létre az *izotóp-elemek*, melyek minden kémiai sajátágukban egyeznek, de különböző atomsúlyúak. Az izotópokat külön nem számítva, létezik összesen 92 elem. Az első a hidrogén. Ennek a magjában van egy proton és a körül kering egy elektron. A következő elem a hélium. Annak a magjában van két proton és két neutron és így tovább egész az uránig, melynek a magjában 92 proton van. Mérés által megállapított atomsúlya 238, tehát van benne $238 - 92 = 146$ neutron.

Ha a keringő elektronok közül egy-egy leszakad és eltávozik az atomból, ami vegyi és fizikai folyamatok közben gyakran megesik, akkor érvényre jut a proton pozitív töltése, az atom pozitív elektromossá válik; ha pedig egy-egy elektron jut be a magburokba, akkor az elektrontöbblet az atomot negatív elektromossá teszi. Mindkét esetben azt mondjuk, hogy az atom ionosítva van. Az *ionosítás* okozza gázokban az elektromos vezetést, amint azt később látni fogjuk. Iónoktól mentes gáz az elektromosságot nem vezeti.

A legnagyobb atomsúlyú anyagok atommagja összetett, bonyolult szerkezeténél fogva kevésbé összetartó, úgyhogy az anyag egyes atomjai idővel robbanásszerűen felbomlanak és egyszerűbb szerkezetű más atomokká esnek szét. Az elem egy része tehát egy másik elemmé válik. Ennek atomjai ismét tovább bomlanak, míg végre olyan bomlástermék jön létre, amely már állandó. A szétesés sugarak kibocsátásával jár, azért *radioaktív bomlásnak* nevezik. A bomlás magától jön létre, külső behatásokkal se fel nem tartóztatható, se nem gyorsítható. (Az újabban felfedezett mesterséges radioaktivitást külön fejezet tárgyalja.) Három olyan elem van, amely magától szétesik, tehát természetes radioaktivitású. Ez a három egyszersmind a legnehezebb elem: az urán, a tórium és az aktinium. Ezeknek egymásutáni összetartozó szétesési termékei egy-egy radioaktív családot képeznek. Mind a három család végső szétesési terméke ólom, amely már tovább nem bomlik (stabil). A bomlások alkalmával fellépő sugárzás háromféle. Vagy pozitív részecskék lökődnek ki, ezek az *alfa-sugarak*; vagy neutronok bomlásából származó elektronok hagyják el az atommagot, ez a *beta-sugárzás*. Mind a kettő anyagi sugár. A beta-sugárzást igen nagy rezgésszámú, elektromágneses sugárzás is kíséri, ez a *gamma-sugár*.

Az alfa-sugárzás alkalmával a magból egy csomóban egyszerre két proton és két neutron szabadul ki. Az alfa-sugár ennél fogva olyan összetételű, mint a hélium atommagja. Érdekes, hogy minden természetes radioaktív elem pozitív sugárzása az alfa-sugárral azonos szerkezetű. Egyes protonok nem hagyják el a magot, hanem mindig a héliummagnak megfelelő két pro-

tón és 2 neutron együtt, amely csomag igen összetartó. Az alfa-sugarak sebessége, a különféle elemek bomlása szerint, másodpercenként 15—20 ezer kilométer közt változik. A szerteröppenő alfa-sugarak a levegő molekuláiba számtalanszor megütköznek azokban igen erős ionosítást okoznak és végül energiájukat átadva megállnak, a képződött ionokból két elektront magukhoz ragadnak és átalakulnak közömbös héliumatomokká. Athatolóképesességük igen csekély. Már egy papírlap visszatartja őket. A különböző bomlásokból származó alfa-sugarak hatótávolsága a levegőben 3—7 centiméter.

Az urán bomlása igen lassú: ötezer millió (!) év alatt bomlik el felére.* A bomlástermék további többrendbeli bomlás után rádiummá alakul. A kiindulási terméknek, az urán-szurokércnek egy hárommilliomodrésze rádium. Máig valamivel több, mint egy kilogramm rádiumot állítottak elő, de nem sokkal több van meg belőle, mint a fele. A többet világítófesték-készítésre elhasználták. (A világítófestékben t. i. valami minimális rádiummennyiségnek kell lenni.) A rádium tovább bomlva, átalakul alfa-sugárzássá, ami végeredményben héliumképződésre vezet. A rádiumatomból visszamaradó másik bomlástermék az *emanáció*. Ezt újabban radonnak is nevezik. A rádium kerek-számban 1800 esztendő alatt bomlik el felére. Bomlása tehát oly lassú, hogy mennyisége egy emberöltő tartamára állandónak tekinthető. Nem így az emanáció, mely már 3% nap alatt felére bomlik, egy hét alatt negyedére, négy hét alatt a negyed negyedére, vagyis tizenhatodára és így tovább, úgy-hogy néhány hét alatt a rádiumemanációból már számbavehető mennyiség nem marad. A gázalakú emanáció mennyisége a rádiumhoz képest oly csekély, hogy nem távozik el, hanem tapadva marad a rádiumsóhoz, amelyből keletkezett és így saját alfa-sugárzásával fokozza a rádium alfa-sugárzását. A rádium alfa-sugárzása tehát idővel fokozatosan növekszik. De a növekedés nem tart sokáig, mert a képződött emanáció maga is bomlik és így kb. öt hét múlva a további szaporodás megszűnik. Akkor t. i. a rádiumból ugyanannyi emanáció keletkezik, mint amennyi a meglevő emanációból elbomlik, vagyis *radioaktív egyensúly* következik be. A rádium aktivitása ilyenkor kétszerese az eredetinek. Az emanáció aztán tovább bomlik, átalakul rádium-A-vá, rádium-B-vé és C-vé. A rádium-C-től származnak az erős beta-sugarak mellett a mélyreható gamma-sugarak. A beta-sugarak a fény sebes-

* Hogy a bomlás gyorsaságát mert nem az anyag egész mennyiségének, hanem csak a felének elbomlási idejével mérjük (bomlási félidő), annak magyarázatát lásd „a röntgen-sugarak szerepe az orvosi tudományban” című fejezet 6. és 7. bekezdésében.

ségét megközelítő elektronsugarak. A gyógyításban nem használatosak. Az alfa-sugár a bőrbe körülbelül $\frac{1}{10}$ mm-re hatol be.

Szintén alfa-sugárhatáson alapszik a *rádium-emanációs kúra*. Ezt ematatóriumokban belégzés, fürdő- vagy ivókúrák alakjában használják. Igen heves hatásokat a rádium-emanációtól nem várhatunk, mert először is a szervezetbe jutott emanáció mennyisége kevés, másodszer pedig a bejutott emanációt a kiválasztó szervek 1—1% óra alatt kiküszöbölik. Mivel pedig az emanáció $3\frac{1}{2}$ nap alatt bomlik a felére, ezen rövid idő alatt energiájának alig századrésze marad a szervezetben, ami igen erős hatást nem gyakorolhat.

Másképp áll a dolog a *tórium-emanációval*. Maga az alapelem, a tórium még az urániumnál is sokkal lassúbb bomlással mezotóriummal alakul. Ezt használjuk gamma-sugárkezelésekre. A mezotórium további bomlások közben tórium-X-é válik. A tórium-X a radioaktív tóriumcsaládban ugyanazt a helyet tölti be, mint a rádium az urániumcsaládban. Ez is emanációvá esik szét, mint a rádium, felezési ideje azonban nem kétezer év, mint a rádiumé, hanem csupán $3 \cdot X$ nap. A képződött tórium-emanáció felezési ideje pedig csak egy perc. Közvetlen tórium-emanációval tehát gyógyítani nem lehet, mert addig, míg az a beteghez jut, már felismerhetetlen mennyiségre csökken. Tórium-emanációs ivókúrára a tórium-X-et használják, amelyben a szét-esett emanáció mindig újraképződik. A charlottenburgi tórium-feldolgozógyárból rendelhető meg. (A tóriumot az Auer-fény harisnyáinak előállítására használják.) Tudni kell előre, hogy a tórium-X megrendelésre mennyi idő alatt érkezik meg. Minden úton töltött 3^2 napi időnek megfelelőleg megkettőzzük a megrendelt adagot, hogy addigra, míg megkapjuk, annyi maradjon, amennyi kell. A tórium-emanáció 10 perc alatt jóformán a teljes energiáját leadja és a tórium-X-ből mindig újra is fejlődik. Hatása ennek következtében igen erős, ami nagy óvatosságra int. A mezotórium további bomlásai közben képződik a tórium-C. Ennek igen erős és áthatoló elektromágneses, tehát *gamma-sugárzása* van, mely hatásában azonos a rádium gamma-sugárzásával. A mezotórium lényegesen olcsóbb, mint a rádium, de sokkal gyorsabban bomlik. Kerekszámban $6\frac{1}{2}$ év alatt esik szét a felére; tehát 13 év múlva már csak a negyede van meg, míg a rádium mennyisége ennyi idő alatt számbavehetőleg nem változott.

Az akínium-családnak szintén vannak alfa-, béta- és gamma-sugárzó tagjai, de ezeket gyors bomlásuk miatt nem használjuk.

Régebben a rádium igen drága volt. A belga Kongó bányáinak nagy ki-termelése azonban az árakat tetemesen lenyomta. 1 milligramm rádium ára jelenleg 150 pengő körül jár.

A tiszta rádiumfém a levegőn csakhamar oxidálódik, előállítására túlságo-san költséges, ezért nem is a rádiumot magát, hanem annak valamely sóját, a chloridot, bromidot, vagy karbonátot alkalmazzuk. Ezeket a sókat sem tiszta állapotban, mert a kísérő sóktól való megszabadítás közben sok anyag veszendőbe megy. Gyógyítására teljesen elegendő 10% fémrádiumot tartal-mazó só is. A többi 90%: bárium.

Radioaktív bomlások alkalmával az anyag szétesik és átalakul energiává, így származik a gamma-sugárzás is. Az energiefelszabadulás következtében a rádiumsók sötétben fénylenek és néhány fokkal melegebbek a környezet-nél. A leadott energia az anyag mennyiségéhez képest óriási. Egy gramm rádiumból felszabaduló összes energiával az egész angol flottát a Montblank csúcsára lehetne emelni. Ez az energiamennyiség azonban csak hosszú ezred-évek alatt válik szabaddá. Az energia felszabadulását siettetni nem lehet.

ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁSOK

Az elektromágneses sugarak hullámaik hosszúságában különböznek egymástól.

Ha a hullámhosszúság éppen akkora, mint a terjedési sebesség, t. i. 300 ezer kilométer, akkor az 1 másodperc alatt megtett útra 1 hullám esik, vagyis az egy másodperc alatt képződő hullámok száma, amit rezgésszám-nak nevezünk, éppen egy. Ha a rezgésszám kettő, akkor egy-egy rezgésre a 300 ezer kilométernek csak a fele jut. Általában, ha ismeretes a hullám-hosszúság, a rezgésszámot megkapjuk, ha a hullám terjedési sebességét (300 ezer kilométert) osztjuk a kilométerekben mért hullámhosszúsággal. A másodpercenként egy rezgést egy Hertznek nevezik. Ezer rezgés egy kilo-Hertz. A rezgésszám és hullámhosszúság ezen fordított viszonya foly-tán a rezgésszámból ugyancsak a 300 ezernek az osztása által jutunk a kilo-méterekben mért hullámhosszúságra. A méterekben mért hullámhosszúságot megkapjuk, ha a méterekben mért terjedési sebességet (300 milliót) osztjuk a rezgésszámmal. A rezgésszám és a hullámhosszúság tehát, mint látjuk,

ugyanazt a dolgot fejezi ki, csakhogy más formában. Nagy frekvencia (rezgésszám) azonos jelentésű a kis hullámhosszúsággal.*

A természetben sokféle elektromágneses sugárzás fordul elő. Ezek egymástól csupán a hullámhosszúságban és a hullámhosszúság által okozott különbségekben térnek el. A sugarak a hosszú hullámoktól a rövidek felé haladva a következők:

1. a *szikratávíró* hullámai,
2. a *rádióhullámok*, amelyek közt a hosszú, közép és rövid rádióhullámokat szokás megkülönböztetni. Ezekhez csatlakoznak a szélsőségesen rövid (ultrarövid) hullámok. Ezekután következik
3. a *hősugárzás*, melynek rövidebb hullámú részletét a vörösön *aluli* (infravörös) sugárzás néven szokás a többi hősugaraktól megkülönböztetni. Ez már átmenetet képez a fénysugarakhoz. Nevezik ultravörösnek is. Ezt követi a rövidebb hullámok felé haladva
4. a *látható fény* különböző színeivel. Ezután következnek:
5. az *ibolyántúli sugarak* a hozzájuk tartozó Dorno- és Gurvics-sugarakkal. Az ibolyántúli sugárzás után folytatódólagos skálában jönnek:
6. a *röntgensugarak*, majd
7. a *radioaktív gamma-sugárzás*. Az ezentúl következő *világiűrbeli (koszmikus) sugárzás* mibenlétére vonatkozólag még nincs teljes megállapodás. Ezt a sugárzást könyvünk külön fejezete tárgyalja.

A felsorolt elektromágneses sugarak fizikája és orvosi vonatkozásai a következők:

1. A szikratávíró több kilométeres hullámait az orvosi tudomány nem használja.
2. A rádióhullámok. (Diatermiás hullámok.)

A hosszú rádióhullámok 2000 métertől 600 méterig terjednek. A közepes hosszúságúak 600—200 méterig. A rövid hullámokat 50-től 15 méterig szokás számítani. Ezen túl következnek a szélsőrövid (ultrarövid) hullámok 3 méterig és azon alul.

Ezeket a hullámokat a rezgésükkel egyező váltódácsszámú elektromos áramokkal lehet előállítani. A váltódások számának növelésével azonban

* A fizika legújabb álláspontja szerint az anyag és energia (elektromágneses sugárzás) lényegileg azonos. Ennek a fejtegetésével a jelen könyv egy másik fejezete foglalkozik. A kérdés elméleti, tudományos érdekű. A gyakorlatban az elektromágneses hullámsugárzást lényegileg különböztetik az anyagi sugárzástól.

egyszerű dinamógépekkel bizonyos határon túl nem mehetünk. Itt a segítségünkre van az elektromos szikra. A szabadszemmel egyetlennek látszó elektromos szikrában a technikai berendezés (rezgő kör) szerint a szikra másodpercenként akár sok milliószor is ide-oda ugorhat, amint arról forgótükörben való megsejteléssel meggyőződhetünk.

A rezgő kör egy magasfeszültségű váltóáramforráshoz kapcsolt külön elektromos áramkör, mely egy helyen szikraközzelel meg van szakítva. Valahányszor a váltóáramban a feszültség a legmagasabb értékét eléri, a szikraközön szikra ugrik át. A szikra elektromos áramot képvisel, a szikra megszűnése tehát áramszakítást jelent. Tudjuk, hogy a szakítás ellenkező irányú áramot indukál, aminek következtében a szikraközön most már ellenkező irányú szikra ugrik át. Ez ismét ellenkező irányú szikrát indukál és ez így folytatódik addig, míg a szikrázással járó hő-, hang- és elektromos ellenállás a szikra energiáját fel nem emésztí, ami kb. egy ezredmásodperc alatt megtörténik. Ezalatt azonban a szikra igen gyors ütemben ide-oda ugrik. Minden egyes szikra egy-egy áramváltódást jelent. A váltódások szaporasága attól függ, hogy milyenek a rezgő kör elektromos tulajdonságai (az önindukció és a kapacitás). Ezeknek az alkalmas megválasztásával a rezgésszámot és ezzel a hullámhosszúságot tág határok közt, tetszés szerint, változtathatjuk. A szikra energiája azonban, mint az előbb mondtuk, hamar felemészíődik, azért a rezgések is hamar csillapodnak és szünetelnek addig, míg a tápláló váltóáram a szikraközben a feszültséget újra fel nem emeli és újabb szikrát nem képez. Ennek következtében nem folytonos, gyors, egyenletes hullámzás, hanem csak csillapodó, szakaszos, gyors rezgéseket kapunk.

A folytonos, nem csillapodó rezgéseket rezgőkörökben a rádiókészülékekből ismert izzó katódú rácsos-, úgynevezett elektronlámppákkal állítják elő. Ezekben a sugárzás alatt megfogyott energiát külön áramforrás pótolja.* Ilymódon OT milliméter hullámhosszúságig elmehetünk, ami már hárombillió, vagyis hárommilliószor millió rezgésnek felel meg.

A rádióhullámokkal azonos hullámokat gyógyításra a *diatermiában* használjuk. A diatermiás berendezés egy kicsiny rádió-adókészüléknek felel meg. A berendezés kb. 200—600 méteres hullámokat ad, tehát olyanokat, mint a középhullámú rádióállomások. A diatermiának célja, mint a neve mondja, a szervezet „keresztül“-melegítése. Az *elektromos* úton való átmelegítésre

* Részletesebb magyarázatot az olvasó könyvünk megfelelő más fejezetében talál. (Rádióhullámok.)

azért van szükség, mert az emberi test szövetei a hőt oly rosszul vezetik, hogy hővezető által a test mélyébe meleget bevinni nem lehet. A közéleti tapasztalatokból elképzelhetjük, meddig tartana egy vastag marhahúsréteggel fedett tojást a hús fölé helyezett meleg vasalóval megfőzni! A szervezet mélyebb részei átmelegítésének a rossz melegvezetésen kívül egy másik nagy akadálya a vérkeringés, mely a bejutott meleget elszállítja és ezt a szervezet izzadás alakjában kiadja. A testfelszínre helyezett meleg borítások a legjobb esetben csak néhány milliméternyi réteget melegítenek át. A meleg borítások hatása nem is a mélyebb részek felmelegítésében áll, hanem a bőrben létrehozott vérbőség az, ami a kóros szövetek táplálkozásának megváltoztatásával fejt ki hatását. Át lehet azonban melegíteni a szervezetet elektromossággal. A hővel ellentétben az elektromosság átmegy a testen. Ilyenkor az áramnak a test elektromos ellenállását le kell győzni, ez pedig munkával jár. Ez a munka, úgy, mint az elektromos lámpákban, hővé alakul (Joule-féle meleg). Az energia tehát elektromosság alakjában megy le a mélybe és ott a helyszínen változik át meleggé. (Bent képződött: endogén meleg.) Az árambevezetésre azonban a rendes hálózati áram nem alkalmas, mert kifejezettebb hőhatások elérésére erősebb áram kell, mely az áthaladáskor nemcsak hővé alakul, hanem egyéb elektromos hatásokat is fejt ki, ami a szövetek vegyi szétbontásával (elektrolízis) súlyos sérüléseket okoz és az ideg-ingerületek miatt nagyon fájdalmas. Annyi egyenáramnak a szervezeten való átvezetése, mint amennyi egy közepes izzólámpán átmegy, már halálos lehet. Ezért szükséges a szapora váltakozású áram. Váltóáram esetén ugyanis a káros hatás a váltakozás számának szaporodásával eleinte fokozódik, később azonban mindinkább háttérbe szorul: *Nernst* szerint egy bizonyos határon túl a váltódás számának a négyzetgyöke szerint fogy. Tehát négyszer annyi váltódás esetén a hatás félakkora, százszorakkora váltódáskor pedig csupán egy tizedrész stb. Igen nagy szaporaság mellett az áramérzés, a vegybontás és minden más hatás megszűnik, csupán a felmelegítés marad meg. Ennek magyarázata az, hogy a vegybontás létrehozásához, vagyis a molekula szétszakításához idő kell. Nagy szaporaság mellett az áram ellenkező hatásba csap át és a meginduló folyamat ellenkezővé válik már akkor, amikor a vegybontás még létre sem jött.

Újabb nagy port vert fel az *ultrarövidhullámú kezelés*. Lényegében ez is átmelegítés, csakhogy a melegedés egyenletesebb, azonkívül bizonyos hosszúságú hullámoknak egyes sejtféleségekre sajátos hatásuk is van. Tény az, hogy ezzel a ultrarövidhullámú kezeléssel sok esetben akkor is érünk el

eredményt, amikor a közönséges diatermia rosszhatású. Ilyen eset pl. a gyulladás és a mellűrbeli vagy egyébütt előforduló gennyedés. Az ultrarövid hullámok hosszúsága 15-től 3 méterig terjed. (20 milliótól 300 millió váltódás.) Az ultrarövidhullámú kezelésben nem maga az áram halad át a testen, mint a diatermiában! A test és az elektromos áramforrás végei közé ugyanis áramszigetelő réteg van közbeiktatva. A páciensnek kezelés közben a ruháját sem kell levetni, a vezetékvégek rendszeren üvegdobozba vannak zárva, de még az üvegnek sem kell a testtel érintkezni. Az átmelegítendő testrészt egyszerűen a vezetékvégek közé állítjuk. A bevezetésben mondottak szerint a vezetékvégek közt, tehát jelen esetben az emberi testben, elektromágneses tér keletkezik, mely minden egyes váltódáskor ellenkezőbe csap át. A térnek ellenkezővé változtatása munkával jár, ami az energia megmaradásának elve szerint mindjárt ott a helyszínen hővé alakul. A térnek egyszeri megváltoztatása igen kis munkába kerül. Az ebből fejlődő hő is természetesen kevés. Épp ezért szükséges a nagyon rövid hullám, mert ez igen nagyszámú váltódást jelent. Érthető, hogy a másodpercenként 300 milliószor keletkező apró hőhatás összegeződve tetemessé válik.

Az elektromágneses hullámok folyton rövidülő skálájában a hullámok végül igen rövidnek lesznek. Hogy az áttekinthetőség rovására ne kelljen a tizedespont után sok nullát írni, új hosszúsági egységeket vezettek be. A milliméter ezredrészének a jele „ μ “. Neve mikromilliméter, vagy csak egyszerűen mikron. Ennek ezredrésze a millimikron = egy milliomod milliméter, jele $m \mu$. (Helytelenül $\mu\mu/i$ -t is írnak.) A tízmilliomod milliméter neve *Angström*, jele A. A legújabban felfedezett igen rövid hullámok szükségessé tették az X-egység bevezetését, mely az A nek ezredrésze.

3. A hőszugárzás. Visszatérve az elektromágneses hullámok skálájához, látjuk, hogy az egy milliméternél rövidebb sugárzások már hőhatásokat fejtenek ki, ezek a hősugarak. A vöröshöz közelebb álló rövidebb hullámhosszúságú hősugarakat külön névvel infravörösnek, vörös alatti sugárzásnak is nevezik. (Mondják ultravörösnek is.) A hősugarak kb. 0'3 milliméternél kezdődnek és tartanak 9 oktáván* keresztül, egészen 1 /<-ig, pontosabban 0'8 /t-ig. Ezentúl már a fénysugarak keletkeznek, amelyeknek ugyan szintén van hőhatásuk.

Mint láttuk, a rádióhullámokkal 0'1 milliméterig tudunk eljutni, a hőszugárzás pedig már 0'3-nál kezdődik. A rádiószugárzás tehát határ nélkül

* Ha hangtani hasonlattal a rezgéhullámok *skálájáról* beszélünk, megmaradva a hasonlat mellett, oktávát is mondhatunk. *Oktáva* az a rezgésszám, amely egy másiknak duplája, két oktáva a négyszerese, három oktáva a hatszorosa stb. A hullámhosszúság természetesen ennek fordítottja. Az oktáva a hullámhosszúsága felényi, a második oktáváé negyedrészesnyi stb.

megy át a hősugárzásba, sőt egy kis területen egyik a másikat fedi is. A 0.3 milliméteres hullámokat akár rádióadólámpával, akár melegítéssel egyaránt előállíthatjuk.

Ne tévesszük össze a *hősugarakat* magával a *hővel*: a meleggel. A testek melegsége onnan származik, hogy molekulái gyors rezgőmozgást végeznek, ez tehát nem sugár-, hanem anyagi mozgás. Ezt a meleget a test elektromágneses hullám alakjában kisugározza. Ez a sugárzó hő. Minden meleg test bocsát ki hősugarakat. Ezeknek a hullámhosszúsága a hőmérséklettől függ. Kb. 500° hőmérsékleten a sötét hősugarakhoz már fénysugarak is csatlakoznak. Ezen hőmérsékleten minden test vörösizzásba jön. A hőmérséklet emelkedésével az izzás a sárgába, majd a fehérbe megy át. A nap sugárzásában is vannak hősugarak, amint az a nap melegítő hatásából általánosan ismert. A hősugaraknak általában vegyi hatásuk nincsen, vagy alig van. Újabban azonban sikerült fotografiai lemezeket a fénysugarakhoz közelálló vörös alatti sugarak iránt érzékennyé tenni. Az ilyen felvételen olyan dolgok is előtűnnek, amelyek rendes felvételen nem látszanak. Természetesen a fényképezőlencse elé olyan fényszűrőlemezt kell tenni, amely csak a vörös alatti sugarakat ereszti át, a látható fényt azonban visszatartja. A vörös alatti fényképezéssel a bőrgyógyászati diagnosztikában kísérleteztek (nem sok eredménnyel. Több hasznukat vette a szemészet.) A hősugaraknak a gyógyításban való használata kiterjedt, mert mélyebben (1—2 cm-nyire) behatolnak a bőrbe és ott fejtik ki hatásukat.

Az egyes anyagok a hősugarakat másképp bocsátják át, mint a fénysugarakat, így pl. az ebonit, amely a rendes fényre teljesen átlátszatlan, a vörös alatti sugarak számára átjárható. A rendes fényre átlátszó anyagok közt pedig sok olyan van, mely a vörös alatti sugarakra „átlátszatlan“. A köd is jól bocsátja át a szélső vörös sugarakat. Ködös időben készült vörös alatti tájképfelvételeken a távlat különösen tiszta. Amihez járul az is, hogy a ködösségben a sok szétszórt kék sugár is szerepet játszik, amit a fent említett fényszűrő visszatart, a vörös sugarak azonban alig szóródnak, ennél fogva a távolban kéklő hegyek is tisztán élesen és kontrasztosan tűnnek elő.

4. A fénysugárzás. A szemmel látható fény 0'8 ($\lambda = 800 \text{ m} = 8000 \text{ \AA}$) hullámhosszúságon, vagyis 400 billió rezgésen a vörös színnel kezdődik és a narancs, sárga, zöld és kéken át a felényi, vagyis 400 m μ hullámhosszúságú ibolyáig tart. Az összes színek keveréke adja a fehéret. A fehér színt hasábbal színeire lehet bontani. Így származik a színkép (spektrum). Az ibolyán túl a sugárzás láthatatlan. Az egész látható hullámhosszúsági sorozat (spektrum)

tehát csupán egy oktáv. A vörös sugarak még erős hőhatásúak, ez a hatás az ibolya felé általában csökken, viszont ugyanakkor erősödik a vegyi hatás, különösen a kékben, aztán az ibolyában és még erősebb az ibolyántúl.

5. Az ibo yántúli sugárzás. A hullámok rövidülésével fellépnek az ibolyántúli (ultraibolya) sugarak, melyeket újabban a 400 m \wedge -től kb. 13 m/z-ig sikerült felkutatni. Terjedelmük tehát kb. 5 oktáv. Vegyi hatásuk igen kifejezett. A nap ultraibolya sugarainak rövidebbhullámú részeit a levegő erősen nyeli, ezért az ibolyántúli hatást főleg magas hegyekben érezzük, ahol vékonyabb a felettünk levő levegőréteg. A sugarak hatására a bőr rövidesen megpirosodik, és később megbámul. Magas gleccsereken, ahol ritka a sugarakat elnyelő légkör és sok a visszavert fény, közismert a súlyos bőrsérüléssel járó lesülés és láz. .

Az üveg csak a hosszabb hullámú ibolyántúli sugarakat ereszti át (400—350 m p közt). Az ibolyántúli sugaraknak tehát ablaküvegen keresztül nincs hatása. Az *uvio*l-üveg a sugarakat 250 m /z-ig áttereszt. Lényegesen rövidebb hullámhosszúságokat bocsát át a hegyi kristály: a *kvarc*. Az ibolyántúli sugarak fotográfiai színeképenek előállítására azért kvarc-hasábokat használunk. A 290 m M-nál rövidebb sugarakat a levegő elnyeli, azért azok a földi napsugárzásban hiányoznak. 100 m \wedge -nál rövidebb sugarakat már a hegyikristály sem ereszti át, de újabban hasáb nélkül, optikai rácsokkal sikerült az ibolyántúli sugarak színeképet egész 10 m /z-ig követni. Mivel ezeket a sugarakat a levegő sem bocsátja át, a kísérletet levegőtől mentes térben kellett végezni. A kellő rövidhullámú sugarakat fémcsúcsok közti elektromos szikrák szolgáltatják. Ezek a sugarak már közvetlen szomszédai a röntgen-sugárzásnak.

A napsugaraknak az emberi szervezetre leghatásosabb részlete a 313-tól a 296 m /z-ig terjed. Ezek okozzák a bőrfelperzseléseket és az utána következő bőrbarnulást. A sugarakat Dorno, davosi orvosnak a tudományos bioklimatica megalapítójának tiszteletére *Dorno-sugárzásnak* nevezték el.

Bélák Sándor szerint a napról a légkörre érkező sugárzás 43%-a vörös alatti, 52%-a látható fény, 5%-a pedig ibolyántúli sugárzás, de a légkör elnyelése következtében a föld színére már csak 1% ibolyántúli sugár jut el. Ezért hatásosabb a napkúra magaslati helyeken. A nap sugárzó felületének hőmérséklete 6000 fok. (A nap belsejének hőmérséklete a csillagászok szerint 50 millió fok körül jár.)

A 290 m M-nál rövidebb hullámú sugarak a napfényből hiányoznak. A *kvarclámpa* fényében azonban ezek is megvannak, azért annak a sugár-

zását megkülönböztetésül röviden kvarcfénynek is nevezik. Néha helytelenül kék fényt is mondanak kvarcfény helyett. A lámpában léghíjas térben elektromosság által izzásba hozott higanygőz világít. A lámpa kvarcfalába vannak beforrasztva az áram bevezetésére szolgáló vezetékvégek (elektródok). A kvarcfal egyrészt azért szükséges, hogy a lámpa a nagy hőmérséklet miatt el ne olvadjon, másrészt azért, hogy az igen rövid hullámhosszúságokat átteressze. A fényforrás elé tett Wood-féle lemezzel, vagy más alkalmas szűrővel a látható sugarakat ki lehet rekeszteni. Így kvarclencsékkel teljesen sötétben ibolyántúli sugarakkal fotografálni is lehet. Gyógyításkor a látható fénysugarakat természetesen nem kell kizárni, mert a hatást nem zavarják.

Érdekes az ibolyántúli sugaraknak *fluoreszcenciát* keltő hatása. A fluoreszcencia azon tünemény, amelynél fogva valamely test más színű (más hullámhosszúságú) sugarat szór szét (bocsát ki), mint amilyen reá esett. A petróleum ibolyántúli sugarakra kéken fluoreszkál, amit a kék csillanásról már közönséges fényben is meglátunk. Olyan szűrő alatt, amely a fényforrás látható fényét visszatartja és csak az ibolyántúlit engedi át, a testek a sötétben is világítanak: fluoreszkálnak és így a láthatatlan sugarakat látható fénné változtatják. A rendes fényben egyforma színű porcellán és csont a sötétben, kvarcfényben más színben világít. Ezáltal pl. a hamis fogakat meg lehet különböztetni a valódiaktól. Mivel igen sok festék és egyéb anyag különböző színekben fluoreszkál, ibolyántúli sugarakkal törvényszéki esetekben bankóhamisításokat és más utánzatokat sokszor fel lehet ismerni.

A kvarclámpa fényében nincs meg mindenféle hullámhosszúság, azért a *színképe nem folytonos*, mint a napsugáré, hanem *vonalas*, azaz egyes egymástól távolabb eső fényvonalakból áll. Hiányzik a „kvarcfényből“ a vörös szín, azért minden eredetileg piros szín feketének látszik. Innét jön a kvarclámpa által megvilágított arc kísérteties olaj zöld színe.

A gyógyítás céljaira szolgáló kvarclámpa többféle típusban készül. Az ibolyántúli sugárzásban a dús magaslati napfényt akarja pótolni azok számára, akiknek a klimatikus helyeket nincs módjukban felkeresni. A kvarclámpától háttérbe szorult a régebben ultraibolya gyógyításra kizárólag használt igen nehézkes szerkezetű és költséges *Finsen-féle* ívlámpa, melyet csupán külön e célra berendezett intézetekben lehetett alkalmazni.

A *mitogenetikus* sugárzás létezése még nincsen kétségbevonhatatlanul bebizonyítva. Hullámhosszúsága 240 m (U-tól 190-ig terjed. Élő szervezet sejtszejtjei bocsátják ki életműködésük közben. A sugarak a sejteket szaporodásra, sejtosztásra ingerlik. Innét jön a neve (mitosis = sejtosztás). Felfede-

zöjük, *Gurvics*, a hagymagyökéren észlelte először. Az osztódó gyökércsúcs a közelébe helyezett másik gyökér sejtjeinek oszlását siettetni. Megfelelő hullámhosszúságú ibolyántúli gyenge sugárzással egyes szerzőknek valóban sikerült a sejtszaporodást serkenteni. A Gurvics-féle jelenség sugaras természetére abból lehet következtetni, hogy a hatás egyenes irányban terjed, hogy a sugarak útjába állított akadály árnyékot vet, hogy üveglemez a hatást nem ereszti át, a kvarclemesz ellenben átbocsátja. A ráksejtek állítólag sok ilyen sugarat bocsátanak ki, ezzel lenne magyarázható a rákok és egyéb rosszindulatú daganatok gyors növekedése. Hogy a sugárzás valóban létezik, az valószínű, hiszen tudjuk, hogy minden sejt életműködése közben keletkezik valamifajta sugárzás. A sejtekben lefolyó vegyi folyamatok melegeket termelnek, ami kisugárzik, fény is képződhetik, így származik pl. a szentjánosbogár fénye, vagy egyéb biolumineszcencia. Ezek azonban a jelen fejtegetések keretébe nem tartoznak. A mitogenetikus sugárzás különben igen gyenge. Kimutatása elektromos mérőeszközzel nem is lehetséges, hanem csak a sugárzás mellé állított hagymagyökérrel (detector), melyet erősebb fejlődésre serkent. Becslés szerint egy hagymagyökér kisugárzása 100 ezer év alatt szolgáltat annyi energiát, mint egy asztali elektromos lámpa egy perc alatt. Hogy ilyen gyenge sugárzás is hozhat létre számbavehető hatást, azt abból lehet magyarázni, hogy a sugár támadási pontja: a sejtmag, helyesebben a sejtmagban levő oszlóanyag (chromosoma) is parányi tömegű és igen közel fekszik a sugárforráshoz.

6. A röntgensugarak. Az elektromágneses rezgések skálájában továbbhaladva, elérkeztünk az eddig előállított legrövidebb ibolyántúli sugárzásig, melynek hullámhosszúsága 13 m/z, vagyis 130 Å. Ez a sugár már beleesik a röntgensugarak területébe. Az eddig előállított leghosszabb hullámú röntgensugár ugyanis 180 Å. Az ibolyántúli és a röntgensugár tehát határ nélkül megy át egymásba, sőt egy kis közös területük is van. A röntgensugarak skálája 180 Å-től egész a 0'05 Å-ig, sőt még azon túl is tart. A röntgensugarak hullámhosszúsága tehát átlagban több ezerszer kisebb, mint a látható fénysugaraké. Rezgésszámuk ebből folyólag trilliókba megy. A nagyobb hullámhosszúságú (néhány Å-nél hosszabb) sugarakat az orvosi gyakorlatban nem alkalmazzuk. A használatos röntgensugarak terjedelme kb. 7 oktáv.

A röntgensugarakat *röntgenlámpákkal* állítjuk elő. A lámpát a városi váltó-áram-hálózat által táplált transzformátor látja el a szükséges nagyfeszültségű árammal. A nagy teljesítésű transzformátorok az erős szigetelés céljából olajba vannak merítve.

A városi hálózat feszültsége 110, vagy 220 volt. Ezt a transzformátor 20 ezertől 200 ezer voltig terjedő feszültségűre transzformálja. Ilyen feszültség mellett a lámpában keletkezett sugarak hullámhosszúsága 0,5 és 0,05 Å közé esik. A Bucky-féle *határsugarak* hullámhosszúsága 1—2 Å. Ezek nagyon felületes fekvésű bőrbetegségek gyógyításában használatosak. A mélyebben fekvő betegségek terápiájára rövidebb hullámú sugarak szükségesek. Ilyenek létrehozására nagy elektromos feszültségek szükségesek. Egyesek a félmillió Voiton (!) túl is elmentek. Ennek sok értelme nincs, mert egy bizonyos határon túl a sugarak áthatolóképessége már alig fokozódik. A nagyfeszültségű vezetékek érintése, vagy csak túlságos megközelítése is több esetben hála!OS balesetet okozott, azért a korszerű berendezések vezetői és lámpái szigetelőburokkal vannak ellátva, úgyhogy szabadon érintethetők. A különleges szerkezetű vastag szigetelőburok a berendezést nagyon megdrágítja. A modern *Coolidge*-rendszerű röntgenlámpa egy minden eszközzel lehető legerősebben léghijassá tett és leforrasztott tágas üvegcső. A cső egyik végébe van beforrasztva a nagyfeszültségű áram bevezetésére szolgáló *anód*, a másik végébe pedig az áramot elvezető *katód*. A teljesen léghijás tér oly nagy ellenállású, hogy az elektródok közt a legnagyobb feszültség sem képes áramot áthajtani. A átáramoltatás elektronok által történik, melyeket úgy állítunk elő, hogy a lámpa katódját izzítjuk. Ezt azzal érjük el, hogy katód gyanánt egy olyan Wolfram-drótot alkalmazunk, mint amilyen a világításra szolgáló lámpákban van. A Wolfram olvadáspontja 3000 fokon felül van, azért átáramoltatással a megolvadás veszélye nélkül igen magas hőfokra hevíthető. Magas hőfokon izzó testekből elektronok lépnek ki. Az izzításról egy külön áramkör gondoskodik. A kilépő negatív elektromosságú elektronokat az ugyancsak negatív elektromos katód eltaszítja, pozitív elektromosságú anód pedig magához vonzza. így keletkezik a lámpában a *katódsugárzás*, mely elektromos áramot szállít. Ha az izzító áramot fokozzuk, emelkedik az izzószál hőmérséklete, több elektron lép ki, ami több áramot szállít, viszont ha az izzító áramot gyengítjük, kisebbedik a katódsugáráramlás. A röntgenlámpa áramerősségét tehát az izzító áram erősségével lehet szabályozni. A katódsugárzás az anódba ütközve átadja energiáját, amely legnagyobb részt hővé és kis részben röntgensugárzássá alakul át. A katódsugár lefékezésekor az energiának több mint 99%-a meleggé válik és veszendőbe megy, csak egy csekély rész az, amely igen rövid hullámhosszúságú elektromágneses rezgés: röntgensugárzássá alakul. A röntgensugár előállítására tehát nem gazdaságos, mert nagy energiafecséreléssel jár.

A keletkezett röntgensugarak hullámhosszúsága a fékezés gyorsaságától függ. Minél gyorsabb a fékezés, annál rövidebb a röntgensugár hullámhosszúsága. Mivel a katódsugár az anódba ütközve majdnem rögtön megáll, gyorsul a fékezés akkor, ha a katódsugár sebességét fokozzuk. Ezt a lámpa elektródjai (anód és katód) közti feszültség emelésével érjük el. A röntgensugár intenzitását és hullámhosszúságát tehát egymástól függetlenül tudjuk szabályozni. A sugárintenzitás fokozódik, ha az izzító áramot erősítjük, mert akkor több elektron keletkezik, a hullámhosszúság pedig rövidül a feszültség emelésével. A hullámhosszúság ismerete igen fontos, mert ettől függ a sugár áthatolóképessége. A hosszú hullámú, kevésbé áthatoló sugárzást /ágy-nak mondjuk, ellentétben az erősen áthatoló, kis hullámhosszúságú *kemény* sugárzással.

A röntgensugár felfedezésekor, az 1895. év végén, az egész világot bejárt szenzáció, nem a sugarak láthatatlanságában állott, hanem a sugarak áthatolóképességében. Láthatatlan sugárzás addig is sokféle volt ismeretes, pl. a hő, de példátlan volt a mindenben való áthatolás. A felvételek dobozokba zárt kulcsokat, puskacsőben levő töltést és golyót, a kéz csontjait és egyebeket ábrázoltak.

Nézzük most a röntgensugár orvosi szempontból fontosabb tulajdonságait. A sugarak terjedési sebessége, mint a többi elektromágneses sugaraké, másodpercenként 300 ezer kilométer. Terjedési irányuk mindig egyenes. Tükrözés módjára sík felületekről nem verődnek vissza. Egyik közegből a másikba haladva, irányukból nem térnek el, mint a fény és a többi sugárzás, mely, mint a fizikából emlékszünk, „ritkább közegből sűrűbbe törik a merőlegeshez“. A röntgensugárral ilyesmi nem történik. A sugár hasábon áthaladva is megtartja irányát és nem bomlik szét színeképre, vagy különböző hullámhosszúságú alkotó részekre.*

A sugarak *láthatatlanok* és semmiféle érzékszervünkkel sem vehetők észre. Bizonyos anyagokon *fluoreszcenciát* okoznak, vagyis vannak anyagok, melyek akkor, ha röntgensugár esik rájuk, látható fényben világítanak. Ha

• Újabb vizsgálatoknak bonyolult eszközökkel sikerült a sugarakat irányukból eltéríteni, igen ferde beesés mellett sima kristályfelületekről visszaverni és a kristályokban szabályosan sorakozott molekulák közti réseken át interferenciára bírni, ezáltal alapsugárzásaira bontani és így a röntgensugarak teljes színeképét előállítani. Az egyenes iránytól való eltérés a fizikában igen fontos megállapításokra vezetett, de egészében véve oly kicsi, hogy az orvosi gyakorlatban bizvást úgy tekinthetjük, hogy a sugarak irányukat mindig szigorúan megtartják.

tehát az ilyen fluoreszkáló anyagot finom porrá törve, kemény papírra egyenletes rétegben felragasztjuk és a röntgensugarakat a testen keresztül ezekre ejtjük, a röntgensugarak áthatolása érzékelhetővé válik. Ezen alapszik a test *átvilágítása*. A lámpa egy állványon foglal helyet. A lámpa előtt, a lámpa és az orvos közt áll a beteg. Egy szerkezet a fluoreszkáló anyaggal bevont ernyőt tartja a beteg előtt. A röntgensugár a betegen áthaladva az ernyőre esik. Ott, ahol a sugár kevésbé elnyelő anyagon ment át, ott a kép világos, ahova elnyelés miatt kevés sugár jutott, ott az ernyő az elnyelés nagysága szerint fokozatosan sötétebb marad.

Orvosi szempontból nem kevésbé fontos a sugaraknak a *fényképező-lemezre* gyakorolt hatása. A hatás olyan, mint a fénysugaraké. A lemez ott, ahol a sugár érte, sötétkamrában történt előhívás után a ráesett sugármennyiség arányában megsötétedik. így származik a röntgen-negatív, amelyen a sugarakat áteresztő hely fekete, az árnyékok pedig fehérek. Éppen ezért hívjuk negatívnak. A negatívról készült másolatban természetesen éppen úgy, mint átvilágításkor, fordítva, az árnyékok feketék és az átlátszó helyek fehérek.

A fluoreszkálás gyenge. Hogy jól láthassuk, teliesen sötétben, kipihent, sötéthez szokott szemmel kell vizsgálni. A fotografálás azonban teljes világosságon történik. A fényképezőlemezt egy arra a célra készült, fénytől elzárt kazettába tesszük. A beteget a kazettára minden egyéb készülék nélkül egyszerűen ráfektetjük és fölébe állítjuk a röntgenlámpát. A sugarak a testen és a kazettán átmenni és a lemezen árnyékkép keletkezik. A sugarakat kellő ideig engedjük a lemezre hatni, aztán előhívjuk, rendesen fixáljuk, ki-mossuk és megszáritjuk, mint közösleges fényképezéskor.

A röntgensugár minden testen részben átmegy, részben elnyelődik, részben pedig szabálytalanul minden irányban szétszóródik. A *szóródás* olyan forma, mint mikor a vízsugár valami akadályba ütközve szertefecskendez. Nincsen semmi olyan anyag, amely a sugarakat tökéletesen elnyeli, sem olyan, ami gyengítés nélkül átereszt. A látható fény másképp viselkedik. Vannak egyes anyagok, amelyek a látható fényt teljesen elnyelik. Pl. egy fekete papírlap, vagy egy bádoglemez. Nincsen az az erős fény, amely ezen át tudna hatolni. A röntgensugár számára azonban minden anyag csak részben áteresztő, úgy, mint a fény számára a füst, a köd, a tej stb. Olyan anyag sincsen, amelyen a röntgensugár gyengítés nélkül teljesen átmegy. A röntgensugarat még a levegő és víz is nyeli. A víz például olyan erősen, mint az emberi test lágyrészei: izomzat, szív, máj, belek stb. A röntgensugár elnye-

lése függ először a röntgensugár minőségétől (hullámhosszúságától) és másodsor az anyagtól, amelyen keresztülhalad. Minél rövidebb a sugár hullámhosszúsága, annál erősebb az áthatolás. Ez alól nincs kivétel.* A rendes fény áthatolása nem függ a hullámhosszúságtól, így pl. a vörös fény átmegy a vörös üvegen, de a kék fény nem megy át, pedig az rövidebb hullámhosszúságú. A rövidebb hullámhosszúságú sugár röntgenezésben mindig és mindenütt erősebben halad át.

A sugár áthaladása egyenlő hullámhosszúság mellett az anyagnak csupán háromféle tulajdonságától függ. 1. a *fajsúlytól*, 2. az *atomsúlytól* és 3. a *rétegvastagságtól*. Ezt bővebben a részletes részben tárgyaljuk.

Igen fontos tulajdonsága a röntgensugárnak a levegő *ionosítása*, melyet a terápiában a sugarak mérésére használunk.

7. A gamma sugárzás. Láttuk a radioaktivitás tárgyalásakor, hogy az anyag bizonyos bomlása alkalmával elektromágneses sugárzás keletkezik, amelyet gamma-sugárnak nevezünk. Különböző bomlások gamma-sugaraik nem egyforma hullámhosszúságúak. Relatív hosszabb hullámúak a rádium-B és tórium-B hullámai, ezért ezek *lágys*, kevésbé áthatolók. Gyógyításra azok a gamma-sugarak alkalmasak, amelyek rövidhullámúak, *kemények*, mélyen a testbe hatolnak. Ilyen kemény sugárzása van a rádium-C-nek és a tórium-C-nek. Ezeket a sugarakat csak másfél centiméter ólom felezi, tehát 10 cm-es ólomrétegen a sugárzásnak még majdnem egy százaléka keresztül megy. Emberi lágyrészekben centiméterenként csupán 4% energiát veszít. A gamma-sugár különben fizikai szempontból teljesen azonos a röntgensugárral, csupán a hullámhosszúsága kisebb. Egész a 0'004 A-ig terjed. Ezen azonosság következtében a gamma-sugarakat röntgenlámpával is elő lehetne állítani, csak hogy ehhez 3 millió Volt feszültség lenne szükséges.

A gamma-sugarak a levegőt ionosítják: ezzel lehet a rádium mennyiségét anyagvesztés nélkül megmérni. (Mérlegen való méréskor az elszóródott legapróbb mennyiségek is nagy értéket képviselnek.) Bár a fényképezőlemezre úgy hatnak, mint a röntgensugarak, fotografálásra mégsem használhatók, mert erős áthatolásuk folytán a lágyrészen, csonton és egyében majdnem egyformán haladnak keresztül, úgyhogy egymástól jól megkülönböztethető árnyékot nem adnak. Élettani hatásuk is lényegében azonos a röntgensugarakéval.

* A csupán a fizikusokat érdeklő szelektív absorptiótól eltekintünk.

A frissen előállított rádium eleinte emanációt nem tartalmaz és gamma-sugárzása sincs. A radioaktív bomlások tárgyalásakor mondtak szerint a képződött emanáció néhány hét alatt egyensúlyba jut a rádiummal. Az emanáció tovább bomlik rádium-A-vé, rádium-B-vé, majd C-vé. Az emanáció a rádium-C-vel a gyors bomlás következtében már igen rövid idő alatt egyensúlyba jut. Innét kezdve tehát a rádiumnak állandó gammasugárzása van. A további bomlástermékek már igen lassan bomlanak és gammasugárakat nem szolgáltatnak. Orvosi szempontból nem fontosak. Az átalakulás végterméke az ólom. A rádium-B gammasugárzása lágy, kevésbé áthatoló. A terápiában használatos nagy áthatolóképeségű gamma-sugarak a rádium-C-től származnak.

A terápia másik gammasugárzó anyaga a mezotórium. A mezotóriumot az Auer-féle világító harisnyák készítésére használt tóriummaradékokból állítják elő. 6% év alatt bomlik a felére. Az először keletkező mezotórium-I mezotórium-II-re bomlik, majd tórium-X, tóriumemanció és tórium-A, B, C, C^{''} és tórium-D-n át szintén ólommal lesz. Az erősen áthatoló gamma-sugárzást a tórium-C szolgáltatja.

A radioaktív anyagok a föld kerekiségén mindenütt, a földben, vízben, levegőben igen el vannak terjedve, de mindenütt csak nagyon kis mennyiségben fordulnak elő.

Újabban egyes anyagok atomjainak alfa-sugarakkal és főleg neutronokkal való bombázása által sikerült számos mesterséges radioaktív anyagot előállítani. Ezeknek sugárzásai közt még rövidebb hullámhosszúságú gamma-sugarakat is találtak egész 0'01 A-ig. Az előállított mennyiségek azonban oly kicsinyek és a bomlás oly gyors, hogy mesterséges radioaktivitást az orvostudományban eddigelé felhasználni nem lehetett.

8. *A világűrbeli (kozmosz) sugárzás.* A mostanig még kevésbé ismert világűrbeli sugárzást régebben még a gammasugárnál is rövidebb hullámoknak tekintették. Újabban inkább anyagi sugárzást tételeznek fel, amihez igen rövid elektromágneses hullámok is kapcsolódnak. A világűrbeli sugárzást könyvünk egy külön fejezete tárgyalja. A sugarakat az orvostudományban nem alkalmazzák. A sugárzás áthatolóképesége a gamma-sugárénál is sokkal nagyobb. A számítás szerint a föld színén az emberi szervezetet naponta 100 millió ilyen sugár járja át. Némelyek ennek tulajdonítják a megöregedést és az élet időhözköttöttségét, a halált.

9. Babonasugarak. Híresztelik, hogy vannak médiumok, akik a *varázsvesszőt* ért állítólagos sugarakból földalatti forrásokat, fémeket megéreznek.

Valahányszor azonban a varázsvesszős kísérleteket tudományos vizsgálat és ellenőrzés alá vették, mindannyiszor kitűnt, hogy a varázsvesszős médium a földre előzőleg elrejtett fémekre nem bírt ráakadni.

Hasonló megítélés alá esnek a hírlapok hasábjain fejüket mindúntalan felüő *halálsugarak*. Sugarak, amelyek állítólag kilométertávolságokba irányíthatók és háború esetén a közelítő ellenséget megsemmisítik, repülőgépek motorját megállítják. Akadnak olyanok is, akik találmányukat szabadalmaztatni akarják, készülékük leírásával és állatkísérlettel azonban adósok maradnak. Mindez a rajongó képzelet szülötte.

Ide tartoznak az állítólagos *delejes sugarak* is, melyek a delejes médium feltett kezéből kisugározva gyógyítanak (?). Ilyenek a *Zeileiss-sugarak* is. Ezeket a reklámvilágításból eléggé ismert Geissler-csővek sugározzák ki. Gyógyító hatásuk nincs. A javulások (mert azok is előfordulnak) a suggestio számlájára írandók. Sehol sem igazabb Paracelsus régi mondása, mint itt, hogy: mundus vult decipi! A világ kívánja, hogy megcsalják. Nem csoda, ha ezt annyian kizsákmányolják!

RÉSZLETES RÉSZ

(A különböző sugárzások alkalmazása az orvostudományban.)

A) GYÓGYÍTÁS ANYAGI SUGÁRZÁSOKKAL

Az orvostudomány az anyagi sugárzások közül csak a radioaktív bomlásból származó *alfa-sugarakat* alkalmazza. Alfa-sugár-források a rádium, a rádiumemanáció (Radon), a tórium-X és a tóriumemanáció (toron). A többi alfa-sugárzást adó elem vagy túlgyorsan bomlik vagy gyenge a sugárzása. A rádiumnak szétesési termékeivel együtt számított összes sugárzása 90%-ban alfa-sugár. (A gyógyításban nem ezeket, hanem a gamma-sugarakat használják.) Magának a rádiumnak az alfa-sugárzásával is próbálkoztak a bőrgyógyászatban. A rádiumsót hajlékony lapra szórták és azon vékony lakkréteggel rögzítették. A lapot vastagabb lakkréteggel nem szabad bevonni, mert azon alfa-sugár nem jut keresztül. Már nagyon vékony réteg is elnyeli az alfa-sugárzás nagy részét. A kezelés kényelmetlen, drága, a lakkból sok rádiumsó is kipereg. Hátránya azonkívül, hogy az alfa-sugár hatása nagyon felszínes; a sugár alig tizedmilliméternyire hatol be a bőrbbe. Ezt a kezelést tehát elhagyták annyival is inkább, mert lényegesen jobb és mélyebbre terjedő hatást értek el lágy röntgensugárzással.

Alfa-sugárzáson alapulnak az *emanációs kúrák*. A rádiumnak magának az alfa-sugárzáson kívül még gyenge beta-sugárzása is van; a rádium- és tónum-emanáció tiszta alfa-sugárzást ad. Ha a rádiumsó hosszabban áll, alfa-sugárzása folyton növekszik, mert a képződött gázalakú emanáció oly kismennyiségű, hogy nem távozik el, hanem a rádiumsóhoz tapadva marad és annak sugárzását erősíti. Rádiumsó vizes oldatában is oldva marad az emanáció. A sugárzás fokozódása addig tart, amíg másodpercenként annyi emanáció keletkezik, mint amennyi ugyanakkor elbomlik. Ekkor beáll a radioaktív egyensúly (körülbelül 5 hét múlva). Ha a rádiumsót vízben oldjuk és a képződött emanációt levegő átbuborékolatás által kiűzzük belőle, az emanáció a levegőbe jut és emanatóriumokban belégzésre használható. Az emanatórium egy kis, legalább 80 köbméteres szoba, melyben az emanációgáz néhány milligramm rádiumból fejlődik. Naponta kétórás üléseket szokás alkalmazni. Az egész kúra néhány hétig tart. Az emanáció nagyon gyorsan bomlik, azért sugárzása a mennyiségéhez képest igen erős. Ezért a gyakorlatban igen kis emanációmennyiségek szerepelnek. Annyi emanációgáz, amennyi 1 egész gramm rádiummal egyensúlyban van, 1 *Curie-egység*. (Súlya csupán 6 ezredrész milligramm.) A Curie-nek az ezredrésze millicurie, ennyi emanáció 1 milligramm rádiummal van egyensúlyban. Mindezek az egységek azonban a gyakorlatban előforduló emanációmennyiségek mérésére még mindig túlságosan nagyok, azért lényegesen kisebb mértékekre van szükség. Ilyen egység az *eman*, mely a Curie-nek tízezer milliommód része. A gyakorlatban leggyakrabban Afache-egységekben (Me) beszélünk, ami literenkint 3'64 emannak felel meg.

Rádiumfürdőkben az emanáció a bőrön át nem szívódik fel, itt is a belégzés hatásos. A fürdők vagy természetes radioaktivitásúak vagy mesterségesen teszik őket radioaktívvá emanáció hozzáadásával.

Legerősebb természetes radioaktív víz az Oberschlemmai (kb. 3000 Mache-egység), a Joachimstali bánya vize 2050 Mache, a Brambachi Wettin-forrás 2270 Mache, a Joachimstali ivóforrás 600 Mache, a Badeni Büttquelle kb. 100 Mache-egység (Me) erejű. Ez utóbbi nemcsak ivókúrára szolgál, hanem egy emanatóriumot is táplál. A Gasteini vizek kb. 150 Me erejűek. A Karlsbadi Mühlbrunnen 30 Me. A radioaktivitás magyarázza azt a rádium felfedezése előtt érthetetlen tényt, hogy némely forrásvíz gyógyító hatásának bizonyult mindamellett, hogy semmiféle vegyileg kimutatható hatásos anyagot nem tartalmaz. (Gastein.) Valami igen csekély radioaktivitás különben minden forrásvízben van.

Az ivókúrát a forrásnál a helyszínen kell végezni, mert a házhoz szállított vízben oldott emanáció a víz palackozása közben a rázkódás miatt nagyrészt kiszabadul, az pedig, ami a vízben marad, rövid idő alatt elbomlik. Vannak forgalomban állandó erejű emanációs vizet tartalmazó beforrasztott üvegampullák is. Ezekben nem egyszerűen emanáció, hanem valami kevés rádiumsó oldata van. Ebből az elpusztult emanáció újra fejlődik. Tartalmuk 1—2 ezredmilligramm rádium. (Ennek értéke 15—30 fillér.) Egy ezredmilligramm rádium kb. 3000 Me-nyi aktivitást kölcsönöz a víznek.

A lelkiismeretlen kuruzslás drága pénzért minduntalan piacra dob újságokban hangzatosan hirdetett rádiumkészítményeket. Soknak hivatalos bizonyítványa is van a készítmény valóságos rádiumtartalmáról, ami legfeljebb egy-két ezredmilligramm, tehát csak néhány fillér értékű. A hirdető rák- és egyéb halálos betegség gyógyulását, öregek megfiatalítását, a hanyatlott életerő visszaszerzését ígéri. (Ezzel mindig lehet vevőt fogni!) A közönséget megtéveszti a rádiumtartalom. Ilyen készítményekkel való kezelés hatástalan. A csekély rádiummennyiség állandó emanációs hatása számba sem jöhet. A rákoknak és egyéb betegségeknek gyógyítása pedig nem alfa-, hanem gammasugárral történik, ehhez azonban, mint később látni fogjuk, 50 ezerszer és többször ilyen erős készítmények szükségesek. Nagy károkat okoz ez a kuruzslás azért is, hogy a beteget a hatásos és előrelátó orvosi kezeléstől elvonja, vagy éppen elmulasztja a beteggel az idején való operatív beavatkozást.

Használják az emanációs kúrát bőr alá fecskendezés és rádiumos *borogatások* alakjában is. Az adagolás itt is olyan, mint a többi emanációs kezeléseknél.

Emanációs kúrákban a fehérvérsejtek száma csökken. A szétesett fehérvérsejtek törmeléke ingerhatást gyakorol a szervezetre. Erős a hatás a vérképző szervekre, csontvelőre, lépére, nyirokcsomókra. A magas vérnyomás csökkenik. A köszvényt okozó urátsók kiürülése fokozódik. Ennek megfelelőleg az emanációs kúrát az egész szervezetet erősítő, működését áthangoló, az ellenállóképességét fokozó, a vérkeringést előmozdító hatása miatt használják. Alkalmazzák véredényelmeszesedés esetén és köszvényben, rheumában, ízületi bajokban és a vér kóros elváltozásaiban is. A fehérvérűség gyógyításában a megszorított fehérvérsejtek elpusztításával hasznosan támogatja a röntgensugaras gyógyítást. Itt erősebb hatás szükséges, azért célszerű tórium-X-et használni, az általános részben elmondottak szerint.

B) GYÓGYÍTÁS ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOKKAL

1. A szikratávíró hullámait és a hosszú rádióhullámokat az orvostudomány nem használja.

2. A középhosszúságú rádióhullámoknak megfelelő 600-tól 200 méterig terjedő hullámok a mélyben fekvő testrészek átmelegítésére *diatermiára* használatosak. Említettük, hogy a hő melegvezetés által nem hatol be a test mélyébe, mert a szervezet nagyon rossz hővezető. Az elektromosság azonban igen gyors váltódású áram alakjában kár nélkül bevezethető, mert a gyors váltódás következtében az áramnak egyéb élettani hatása nincsen, minthogy a szövetek ellenállását legyőzve meleggé alakul. Vegyi hatás egyáltalán nem keletkezik. A váltódások másodpercenkénti száma $\%—V/2$ millió. A feszültség 1000 Volt körüli. Az áramerősség néhány tized Ampére-től 1—2 Ampére-ig terjed. Megjegyzendő, hogy nem az áramváltódás által a vezeték körül a térben képződött elektromágneses hullámok mennek át a testen, hanem maga az elektromos áram. A diatermia tehát nem tartozik a szokásos értelemben vett sugárzásokkal való gyógyításhoz.

A kezelésre szoruló testrészt le kell mezteleníteni és úgy fektetni rá az áramot bevezető fémlapokat.

A készülék maga egy kis szekrényben elhelyezett transzformátor. Ennek a vezetékébe van beiktatva egy a frekvenciát meghatározó rezgő kör. Abban van egy szikraköz, mely gondoskodik az áramváltódások szaporaságáról. A hőkifejlődés ott a legerősebb, ahol legnagyobb az áramsűrűség és ahol legnagyobb az ellenállás. Az áram t. i. ott végzi a legnagyobb munkát. Ez a munka alakul át hővé.

A hőhatás által különösen a véredényekben áll be változás. A véredények tágulnak, a vérkeringés élénkül, az anyagcsere fokozódik. Nagy területek átmelegítésekor az egész szervezetben általános tünetek keletkeznek, az érverés és légzés száma szaporodik. A szervezet a meleget izzadással igyekszik kiadni.

A lágyrészeket túlságosan (40 fokon felül) felmelegíteni nem szabad, mert különben a fehérjék megalvadnak, ami mélyreható elégetést jelent. Ezt a legjobban ellenőrzi a bőr, mely a meleget legjobban érzi. Túlmelegítést a bőrfájdalom jelzi.

Szembetűnő a fájdalomcsökkentő hatás, ami különösen idegszabákban, csúzban, köszvényben, idült ízületi gyulladásokban eredményes. Olyan fertőzéses betegségekben is kiváló hatású a diatermia, amelyeket a hő iránt igen érzékeny baktériumok okoznak. Így pl. gonococcus 41 foknál magasabb hőmérsékleten elpusztul. Igen fontos ez olyankor, ha a baktérium helyi kezelésre hozzá nem férhető helyen székel. Pl. a petefészekben vagy a kürtben.

A fokozott vérbőség a gyulladásoz folyamatokat fokozza, azért heveny gyulladásoz betegségekben a diatermia rosszhatású.

Ha az áramot bevezető egyik felület egy nagy fémlap, a másik pedig egy vékony késpenge, akkor a késpengénél összesűrűsödik az az egész áram, «ami a nagy fémlapon át a testbe jutott. Ezáltal a penge alatt akkora meleg fejlődik, hogy a fehérje megalvad. Ilyen késsel a szöveteket szét lehet választani, szét lehet vágni. Ez az ú. n. *hideg égető* (hideg kauter). A kés vág anélkül, hogy a metszési felület vérezne! A hideg kauter kíméletesebb, mint az izzó platinával (thermocauterrel) való égetés, mert annak magas hőfoka a környezetet is perzseli.

3. Az ultrarövidhullámú kezelés a diatermiának egyik neme. Az áramváltódások száma másodpercenként 20—150 millió. Ennek megfelelően a hullámhosszúság 15—3 méter. Az ultrarövidhullámú kezelésben nem az elektromos áram, hanem csupán az áramokozta elektromos mező szaporán váltakozó eltolódásai (az eltolódási áramok) mennek át a testen. Az igen szapora váltódás azért szükséges, mert egy-egy váltódás által kifejtett hőmennyiség igen kevés. Ahhoz, hogy összegében számbavehető hatást hozzon létre, sok milliószor kell ismétlődnie. Mivel nem maga az áram megy át, hanem csak az elektromos mező, azért a testbe vezetésre nem szükséges jól vezető érintkezés, a testrészt nem kell lemezteleníteni. A beteg rendes ruhájában ül vagy fekszik az árammal összeköttetésben levő fémlapok közt. A fémlapok üvegdobozokban elszigetelten vannak elhelyezve. Még az üveglapokat is bizonyos távolságban kell tartani a testtől. Az elektromos mező természetesen a szigetelón átmegy. (Azért nevezik a szigetelőt dielektrikumnak is. A szigetelő nem a mezőt, hanem az elektromos áramot tartja vissza.) Az átmelegedés tehát nem függ attól, hogy mekkora a test elektromos ellenállása. Ennek következtében a sugárzás a különböző ellenállású testrészeken át majdnem egyenes vonalban terjed a mélybe.

Nem minden melegszik egyformán. Ha vízben olajemulziót készítünk és azt ultrarövid hullámmal átmelegítjük, az olaj és a víz különbözőképpen melegszenek. A folyadékba mártott hőmérő az olaj- és vízelegy középhőmérsékletét mutatja. Amikor ez még csak 50—80 fok, a víz már buzogva forr, tehát már 100 fokra átmelegedett. Egy akváriumban úszkáló halak ultrarövid hullámokra már túlmelegedés következtében elpusztulnak akkor, amikor a hőmérséklet még kimutathatóan nem is emelkedett. A testek ezen szelektív átmelegedése a hullámhosszúságtól is függ. Különböző sejtek más-más hullámhosszúságra melegszenek erősebben. így megvan a lehetősége annak,

hogy helyesen választott hullámhosszúsággal bizonyos fajta sejteket befolyásoljunk, pl. ráksejteket. (A hullámhosszúság a készüléken változtatható.) A kísérletek ezirányban folynak, de még eddigelé eredményre nem vezettek.

A hatás sok tekintetben különbözik a hosszabbhullámú diatermiától. Rendes diatermiával gyulladásban levő szerveket átáramoltatni nem szabad, mert a fokozott vérkeringés a lobos folyamatot fokozza. A szélső rövidhullámú kezelés magát a lobos folyamatot is sokszor kedvezően befolyásolja, így furunculus, carbunculus, mellüri gennyedés, gennyes körömméreg (panaritium), orrmelléküreggennyedés stb., stb. gyógyulnak a kezeléstől. E mellett úgy, mint a rendes diatermiát lehet használni rheumák, neuralgiás fájdalmak és egyebek ellen is. A szélső rövidhullámú kezelést az orvostudomány összes ágában használják.

Fokozott átmelegítéssel az egész test hőmérsékletét is lehet emelni. Tudvalevő, hogy az utóbbi években paralysis progressiva ellen sokszor eredményesen használják a *lázterápiát*. Váltólázat oltanak a betegbe (Wagner-Jauregg). A beoltás azonban *betegséget* okoz, mely a szervezetre nem teljesen közömbös. Biztosabb a szervezetnek betegség nélkül, szélső rövid hullámokkal való átmelegítése.

A diatermia és a szélső rövidhullámú kezelés a régebben általánosan használt Tesla-áramokkal dolgozó *d'Arsonvalisatiót* kiszorította a gyakorlatból. A Tesla-áramok a diatermiához hasonló nagy szaporaságúak, csak hogy lényegesen nagyobb feszültségűek, áramerősségük azonban igen kicsi. A nagy feszültség miatt ugyan hosszú szikrák keletkezhetnek, melyeknek az élettani hatása azonban a csekély áramerősség folytán kevés. Sűrű párnátokban a bőrre bocsátott szikrák (effluvium) tekintetbe véve még a fentebb, az áram szaporaságáról mondottakat is, a bőrön más hatást, mint gyenge pirosságot nem fejtenek ki. Hasonlóképp feledésbe ment a Tesla-áramokkal való autoconductios és egyéb kezelés is.

4. A hővel való gyógyítás ősrégi. A gyógyításra azonban rendszeren nem a sugárzó hőt használták, hanem a sugárzás nélküli melegvezetést. A fent tárgyalt diatermia is a felmelegítéssel gyógyít. Melegvezetéssel való gyógyításkor a testrésszel közvetlen érintkezésbe hoznak valami meleg testet. Ilyen kezelések a meleg csomagolások, a forró öblítések, meleg fürdők, hőlégfürdők, forró iszapgöngyölések.

Ettől szigorúan meg kell különböztetni a *sugárzó* hőt. A napsugár energiájának a föld felszínén több mint fele hősugár. A hősugarak mélyebbre

hatolnak a bőrbe, mint a fénysugarak. Felmelegedésre az erek kitágulnak, a szöveteknek vérrel ellátása fokozódik, az anyagcsere élénkül. Mindez a fénysugarak hatásához hozzáadódik és fokozza a mély hatást. A napfényhez kevert hősugaraknak káros hatásuk is lehet, ezek okozzák a *hőgutát* és *napszúrást*. A hőguta létrejöttének a magyarázata a következő: Minden test, hőmérsékletének arányában, meleget sugároz ki. A hidegség viszonylagos fogalom. Hideg az a test, amelyben kevesebb a meleg, mint egy összehasonlítással vett másokban. Így tehát a fagyáspont alatti hőmérsékletű testek is sugároznak hőt, csak hogy kevesebbet, mint a melegebbek. Ha több a kisugárzott meleg, mint a kívülről felvett sugárzás, akkor a sugárzó test lehűl, ellenkező esetben pedig felmelegszik. Az emberi test is ily folytonos hőcserélődésben áll a környezettel. A 37 fokos emberi test rendszeren melegebb, mint a környezet, tehát többet sugároz ki, mint amennyit a környezettől sugárzás által kap. A veszteséget a szervezet a benne lefolyó oxidációk melegéből pótolja. Melegebb környezetben a szervezet hőszabályozó központja a felmelegedést az izzadás megindításával ellensúlyozza. A meleget nem az izzadás folyamata maga, hanem az izzadás elpárolgása csökkenti. Egy gramm víz (20 csepp) párolgása annyi meleget von el, amennyi kb. fél-liter víz hőfokát képes egy fokkal emelni. Az izzadás párolgásakor tehát a testbe jutott meleg nem a test hőmérsékletét emeli, hanem az izzadság gőzzé alakításának munkájává válik és így mint meleg eltűnik. A párolgást nagyban elősegíti a levegő mozgása. Szélsőségesen meleg, szélcsendes napokon, kedvezőtlen körülmények közt megtörténhetik, hogy a test az izzadság elpárologtatásával sem tudja leadni a környezet sugárzása által belejuttatott meleget. A szervezet ilyenkor hiába fokozza az izzadást, annak nagyrésze lecsepeg és így a hőelvonásban nem érvényesül. Különösen áll ez akkor, mikor a párolgást vastagabb ruházat gátolja és főleg, ha a szervezet maga is fokozottan termel meleget, pl. munkavégzéskor, katonák menetelése alkalmával stb. Ilyenkor a meleg a szervezetben megtorlódik, a test hőmérséklete 37°-ról felszökik. Hirtelen ájulás következik be. Ehhez szívgyengeség, görcsök, hányás társulnak. Súlyos esetekben bekövetkezik a halál is. Ez a hőguta.

Napszúrásnak nevezik azokat az eseteket, melyekben a napsugarak a fedetlen fejet, de különösen a tarkót érik és melegítik. A hősugarak több centiméter mélyre behatolnak a testbe, azért napszúrásban a gerincvelő hősérülését okolják. Újabban kimutatták, hogy a sugárbehatás egyedül nem okoz általános testhőemelkedést, azért a napszúrás és a hőguta közt nem

tesznek szigorú különbséget. A halál oka mind a két esetben a szervezetben létrejött hőtorlódás.

Tiszta sugárzó hőhatású a helytelenül *villamos fénykezelésnek* nevezett eljárás. Eszköze egy szekrény, amelyben belül elektromos izzólámpák vannak. Az alul nyitott szekrényt a fekvő beteg kezelésre szoruló végtagjára vagy törzsére helyezik. Van olyan szekrény is, amelyben a beteg egész testével benne ül, csak a feje van kint. Idült lobos folyamatokban, fájdalmakban és egyéb betegségekben használják. Csak a hőhatás érvényesül.

A vörösalatti sugár, mint az általános részben mondtuk, átlátszatlan, ködös közege is átmegy. A bőrbe is mélyebbre hatol be. A vörösalatti sugárázással fényképezés a bőrgyógyászatban egyelőre nem váltotta be a hozzáfűzött vérmes reményeket, a szemészeti diagnosztikában azonban hasznosnak bizonyult, amennyiben átlátszatlan szaruhártyahomályokon át is sikerült a szivárványhártya vagy a szemfenék vizsgálatát fényképfelvételekkel lehetővé tenni.

5. A napfény. A leghatalmasabb fényforrás a nap. Felületének hőmérséklete 6000° . Szélesskálájú sugárzása ott kezdődik, ahol a rádióhullámok végződnek. Hullámai a milliméter törtrészeitől egészen 200 m^{\wedge} -ig terjednek, ($\text{m} / i =$ milliomod milliméter.) E szerint felölelik az egész hősugárzást, a vörösön inneni sugárzást, a fényt és az ibolyántúli sugárzás nagy részét. A gyógyítás szempontjából leghatásosabb az ibolyántúli sugárzás, a hatásához azonban hozzájárul a látható fény és a hősugárzás is. így pl. az angolkór ellen hatásos D-vitamin az ibolyántúli sugárzás hatására az ergosterinből keletkezik, de képződése meggyorsul, ha az ibolyántúli sugárzáshoz hősugárzás is társul. A légkörön kívüli napsugárzás legnagyobb fényereje a 480 m^{\wedge} (J . hullámhosszúságban, tehát a kékben van. A földre azonban a sugarak nem jutnak el változatlanul. A sugarak nagyrészt a levegő és különösen a levegőben mindig úszó finom por elnyeli és szétszórja. Az ibolyántúli sugárzás rövidebb hullámai a többi sugaraknál erősebben nyelődnek, ennek következtében magaslati helyen, mivel vékonyabb és ritkább, a légkör absorbeáló rétege, sokkal több az ibolyántúli sugárzás. A szóródás annál erősebb, minél rövidebb a hullámhosszúság. A rövid hullámhosszúságú ibolyántúli és a kék sugárzás erősebben szóródik. Ez a másik oka annak, hogy az ibolyántúli sugár a levegő áthatolása közben megfogy. A sok szétszórt kék sugár a szemünkbe jut, azért látjuk kéknek az eget. A légkörön kívül a vakítóan kék napkorong mellett az eget feketének látnánk. Ilyen összetételű fényben szerves élet nem volna lehetséges. A napsugár

csak a légkörben megszűrés után válik az élet fenntartójává. A levegő első-sorban a rövidebb hullámhosszúságú sugarakat szűri ki, azért a föld színén a sugarak összetétele megváltozik.

A közvetlen napvilágosság az *állati élet* fenntartásához nem okvetlenül szükséges. Látjuk ezt bányalovakon, melyek egész életüket a napvilágtól elzárva töltik. Általános megglepetésre a sarkvidéki féléves éjszakában áttelelt expedíció tagjainak a vérében sem találtak változást.

Mindamellett napfény nélkül mégsem lehetne élet, mert ha az állat-országnak magának a sugarak közvetlen hatására nincs is múlhatatlan szükség, de nem élhet meg növényi táplálék nélkül. Növény pedig fény hiányában nem fejlődhet. A növények a levegő szénsavából csakis a fény hatására tudják a szénét kiválasztva szerves vegyületekké átalakítani és ezáltal az állatvilágnak táplálékot szolgáltatni. A sötétben lefolyó állati élet, ha lehetséges is, mégis a világosan folyóhoz képest csak tengődés. Meglátszik ez a fényszükében élő pincelakók satnya, görvélyes, angolkóros gyermekein. Természetesen ehhez a közegészség egyéb követelményeinek elhanyagolása is hozzájárul, valamint hogy a napsugár hatását is élénken támogatja a jó levegőn való tartózkodás, üdítő testmozgás, egészséges szórakozások, észszerű sport stb. Mindezeket éghajlati gyógyító helyeken ki is használják.

Az általános részben mondottak szerint a fény élettani hatásait főleg a *Dorno-sugarak* okozzák. Hullámhosszúságuk 313-tól 296 m /<-ig terjed. Ezeknek tulajdonítható a bőrpírosság és a bőrbarnulás. A levegő erősebb sugárelnyelése következtében ezek nagyobb mennyiségben főleg magaslati helyeken találhatóak. Tengerparton a portól mentes levegő az ibolyántúli sugarakat ugyan kevésbé tartja vissza, mint a zsúfoltan lakott poros helyek levegője, ezért gyógyító hatású, de a gyógyító hatás másban nyilvánul, mint a magaslati helyeken. Itt főleg a páradús, sós levegő, az egyöntetű, meleg hőmérséklet, a fürdőzés, a földetlen testtel levegőn tartózkodás játsszák a főszerepet (thalasso-therapia).

A rendszeresen keresztülvitt tulajdonképeni napsugaras gyógyítást (heliotherapia) a múlt század hatvanas éveiben a nem orvos *Rickli* kezdte meg Veldesben. Az ibolyántúli sugárzás értékét azonban csak a múlt század végén a dán *Finsen* ismerte fel teljességében. A századforduló évében *Bernhard* nyitotta meg napsugaras gyógyítóintézetét a svájci magas hegyekben (St. Moritzban). Ezt három év múlva követte *Rollier* intézete ugyancsak a svájci hegyekben, *Leysinben*. Itt különösen híressé váltak az előrehaladt csonttuberkulózis gyógyult esetei. A betegek lassú hozzászoktatás után

egész nap a napon fekszenek. Ha gipszkötésben vannak, a napsugár szabad hozzáférése a kötésen a beteg rész fölött ablakokat vágnak. Később a beteg orvosi felügyelet mellett lehetőleg fedetlen testtel fokozatosan téli sportokban vesz részt. Végül megizmosodva, feketére sülve, gyógyultan hagyja el az intézetet.

A közvetlen napsugár a hegyekben erősen melegít. Nagy az „insolatio“. Árnyékban 20° lehet nulla alatt, a napfényben mégis $+20^{\circ}$ -ra és magasabbra emelkedik a hőmérséklet, úgyhogy a kávéház napsütötte terraszán a közönség kis kabátban ül. A hó a napsütésben nem olvad, mert tiszta fehér és így a ráeső sugarakból nem nyel el semmit, hanem azokat visszaveri. (Éppen azért fehérszínű.) Általában itt is, mint mindenhol, hatás csak annak az energiának az árán keletkezhet, amit az az anyag elnyelt. Az energia elnyelt része alakul át más energiává, így az emberi testben hővé, elektromossággá, vegyi energiává. Ezek okozzák az élettani hatást. Erősebb napsugárzás után néhány órai lappangási időszak múlva lassankint pirosság, duzzanat, lobos tünetek és ha erősebb volt a behatás, felhólyagosodás származik. A gyulladás 24—30 óra alatt éri el tetőpontját. A hólyagok felpattanva legkésőbb három nap alatt gyógyulnak. A heves tünetek lezajlásával a bőr sötétén színeződik, megbarhul. A festékanyag a bőr felszínes rétegeiben képződik, ezért a későbbi besugárzások alkalmával a fényt a felületes réteg elnyeli és így a mélyebb rétegeket a behatástól megvédi. A bőrben a lobosodás folytán szétesett sejttörmelékek a vérkeringésbe jutnak és távoli általános hatásokat okoznak (rosszullét, láz, deliriumok). A napfürdőben ruhátlan testfelülettel való tartózkodás, különösen az első időben, nagy óvatosságot igényel. Bőrmegégetések alkalmával az általános hatás nem attól függ, hogy milyen fokú a megégetés (pirosság-e vagy kisebesedés), hanem attól, hogy milyen nagy a megégetett testfelület. Csecsemőkön a testfelület egyharmadának megégetése, hacsak enyhe pirosság alakjában jelentkezik is, halálos. Felnőtteknek is komoly életveszedetmet jelent az egyharmadrésznél nagyobb bőrfelszín megégetése.

Mikor a bőr már kissé megbámult, nehéz a pirosságot meglátni, mert a bámulás elfedi. Ilyenkor úgy ismerjük fel, hogy ujjunk hegyét a bőr felületén enyhe nyomással végighúzzuk. Ha ekkor az ujj nyomán világosabb csík marad, az annak a jele, hogy ott vérbőség volt, amit az ujj nyomása kiszorított, tehát ekkor a napozást abba kell hagynunk. A napozás eleinte ne tartson tovább 10 percnél. Később, amint a bőr megbámult, fokozatosan tovább tarthat. A közvetlen napfény általános hatása zsongító, a vérkeringést élén-

kító, az anyagcserét fokozó, az egész test ellenállóképességét emelő. A leromlott beteg meghízik, közérzete javul, izomereje visszatér, a vörösvérsejtek és a haemoglobin megszorodnak. A magaslati napfény jóhatású mindenféle gümőkórban, csont-, mirigy-, ízületi tuberkulózisban, Basedow-betegségben és általában minden oly esetben, amelyben a test ellenállóképességét emelni és a szervezet csökkent anyagcseréjét fokozni kell.

Az ibolyántúli sugárzásnak kifejezett baktériumölő tulajdonságai is vannak. A napra kitergetett ruha- és ágynemű hosszabb besugárzásra csírátlanná válik. Mesterséges ibolyántúli sugárzással ivóvizet lehet csírátlantani. A baktériumölő tulajdonság azonban betegségek gyógyításában nem érvényesül.

6. Mesterséges fényforrások. A napsugárzásnak hátránya, hogy nem mindenütt és nem mindenkor áll rendelkezésre. A magaslati gyógyító helyen tartózkodást sem mindenkinek az anyagi viszonyai bírják meg. Ezen a hátrányon akarnak segíteni a mesterséges fényforrások.

Az első ibolyántúli sugárzásban gazdag mesterséges fényforrást a modern fényterápia megalapítója, *Finsen* szerkesztette 1893-ban. Ő hívta fel a figyelmet az ibolyántúli sugárzás nagy fontosságára. Finsen fényforrása egy igen nagy, egész 100 Ampére-ig terjedő áramerőre berendezett szénrudas ívlámpa. Az ív fényét négy tágasabb, egyenes cső négyfelé vezeti a kezelő helyekhez. Így egyszerre négy beteget lehet kezelni. Az ív hőmérséklete 4000° . A csőben víz kering, mely a sugárzást a hősugaraktól megfosztja, az ibolyántúli sugárzást ellenben átterszi. A cső szűkebb alsó részén kvarclencse az ibolyántúli sugárzást egy kis helyre gyűjti. A cső alsó nyílását egy kvarcablak zárja el. Ezzel nyomást lehet gyakorolni a kezelt testfelületre. A nyomásnak kétféle hatása is van. Először kiszorítja a vért, ami az ibolyántúli sugarakat erősen nyeli és másodsor vékonyítja a beteg gócot fedő szövetréteget és ezzel a mélyrehatást fokozza. A víz és a kvarc az ibolyántúli sugarakat átterszi. Finsen eddig nem látott fényes eredményeket ért el különösen bőrtuberkulózis esetekben. (Bőrfarkas.)

A Finsen-lámpa fényének összetétele nagyon hasonlít a napsugáréhoz. Az ív színe folytonos, azaz a sugárzásban előforduló legnagyobb és legkisebb hullámhosszúság közt átmenetesen mindenféle hosszúság megvan.

Hátránya a Finsen-kezelésnek, hogy nagyon költséges, csakis államilag támogatott intézetekben vihető keresztül. Az egyes ülések is igen soká tartanak. Nagyobb területeket nem lehet egyszerre besugározni, hanem azokat

kis részekre felosztva külön-külön, egymás után kell kezelésbe venni, ami az eljárást igen hosszadalmassá teszi. Ezért az ezekkel a hátrányokkal nem bíró higanygőz-, vagy más néven kvarclámpa, lassankint kiszorította a használatból.

A *higanygőzlámpa* színeképe nem folytonos, hanem vonalas. Ez azt jelenti, hogy nincs meg benne minden hullámhosszúság, hanem csak egyesek. Az izzó higanygőz fényéből hiányzik a vörös, a többi színek és az ibolyántúli sugárzás is csak egyes keskeny csíkok, vonalak alakjában vannak meg benne. A higanygőz hőmérséklete elérheti a 7000° -ot is. Ennek megfelelően igen sok, rövid ibolyántúli sugárzása van. A lámpa fénye az ibolyántúli hatásokat kiváltó Dorno-sugárzásban gazdag.

A *Kromayer-féle lámpa* égője egy fémdobozba van zárva, melyben a hősugarak kiküszöbölésére hűtő víz kering. A sugarak egy kvarcablakon jönnek ki. A lámpa főleg közeli besugárzásra való. A kvarcablakkal nyomást is lehet gyakorolni a bőrre, mint a Finsen-lámpával.

A Bach-féle mesterséges *magaslati napfénylámpa* kvarcégője nincsen vízzel hűtve, hanem szabadon van elhelyezve egy félgömb alakú tükröző fémsisakban, mely a széttérő sugarakat egy irányba előre veti. A kvarcégő két végén egy-egy fémből készült bordás hűtő van. V2—IV2 méter távolságból alkalmazzák, tehát nagy területek bevilágítására való. Nem a Finsen-lámpát akarja utánozni, hanem, amint a neve is mondja, a magaslati helyen való napsugárzást.

A *Jesionek-féle lámpa* olyan, mint a Bach-féle, csak hogy nagyobb, fénye erősebb, a lámpa mögötti fémtükör a fényt széjjelebb veti és több lámpa felállításával egyszerre több beteg sétálhat fedetlen testtel a fényözönben.

Nem célunk a sokféle ibolyántúli sugárzású lámpát mind felsorolni, csak még a nagy fényerejű, izzó wolframszálú lámpákat említjük, amilyenek a *vitalux* és mások. A wolframfémet 3000° -on túl nem lehet felmelegíteni, mert elolvad. Az ibolyántúli sugárzás pedig kiadós mennyiségben csak 4000° -on és azon túl képződik, azért ezekkel a lámpákkal nem lehet igen számbavehető ibolyántúli hatásokat elérni, még akkor sem, ha a lámpa ibolyántúli sugarakat elnyelő üvegekörtéjét sugárátbocsátó uviolüvegből készítjük.

A RÖNTGENSUGARAK SZEREPE AZ ORVOSTUDOMÁNYBAN.

A röntgensugarakat az orvostudomány a betegségek felismerésére és gyógyítására használja. A röntgenezés mindkét esetben egyaránt fontos.

Röntgendiagnosztika. A röntgensugarak felfedezésének idejében az általános elragadtatás a betegágy melletti addigi diagnosztikát már-már feleslegesnek látta. Azt remélték, hogy a sugarakkal bele fogunk látni a szervezetbe és a betegségeket közvetlen megtekintéssel felismerjük. Ez a vérmes remény nem teljesedett be. Egyrészt azért, mert a röntgensugarak sem szemünkkel, sem más érzékszervünkkel nem vehetők észre, másrészt azért, mert a sugarak minden anyagban irányváltozás nélkül mennek át, tehát lencse módjára nem gyűjthetők és így velük sem szemünkben, sem fotografáló lemezen képet előállítani nem lehet. Hogy a sugarakat mégis a diagnosztika szolgálatába állíthassuk, meg kellett elégedni azzal a képpel, amelyet ilyen sugár adhat: az árnyékképpel. Szemmel látható árnyékképet a röntgensugárral kétféle módon kaphatunk. Először úgy, hogy a testen keresztül juttatott sugarakat világító, fluoreszkáló ernyőre ejtjük és azt sötétben közvetlen szemléljük, ez a *röntgenátvilágítás*, és másodszer úgy, hogy az átment sugarakat fotografáló lemezen fogjuk fel és aztán előhívjuk. Ez a *röntgenfelvétel*.

A röntgenárnyékon megkülönböztetjük az árnyék mélységét (sötét-ségét) és az árnyék körvonalait (kontúrját).

Az *árnyék mélysége* annál nagyobb, minél több röntgensugár nyelődött el a testben átsugárzásakor. Az elnyelődés függ először a sugár áthatolóképességétől és másodszer a test faj súlyától, atomsúlyától és rétegvastagságától.

Amely anyagnak egyébként azonos körülmények közt kétszer akkora a faj súlya, az a sugarakat kétszer olyan erősen nyeli. Az atomsúly növekedésével* a sugárelnyelés hatványosan fokozódik, úgyhogy pl. a mész, melynek atomsúlya majdnem háromszor akkora, mint az emberi test lágyrészeinek a közepes atomsúlya, kb. nyolcvanszor erősebben nyeli a sugarakat, mint a lágyrészek. Ezért látszik röntgenképen oly jól a mész tartalmú csont.

* Helyesebben nem az atomsúlyt kellene mondani, hanem az atomszámot. Az atomszám megmondja, hogy hány szabad proton van valamely anyag atomjának a magjában. (Lásd: Radioaktivitás.) Az elnyelés az atomszámmal pontosan megadható számbeli viszonyban van (az atomszám negyedik hatványával arányos). Az atomsúllyal való viszony kevésbé szabályosan emelkedik s azért nem foglalható képletbe.

Az átsugárzott rétegvastagságnak a befolyása a sugárelnyelésre abban áll, hogy egyenlő vastag rétegek a beléjük kerülő sugármennyiségből egyenlő százalékot nyelnek el. Ez a szabály első pillanatra teljesen egyszerűnek és minden következményében érthetőnek látszik. Bővebb meggondolás azonban nem várt eredményekre vezet. Ha ugyanis a sugár egy bizonyos rétegvastagságon átment, a második ugyanolyan rétegvastagságban ugyanannyi százalékot veszít, mint az elsőben. Az első rétegben ugyanazon százalék mellett azonban a *tényleges* veszteség nagyobb, mint a következő rétegben, mert a második rétegbe már az első réteg által csökkentett sugármennyiség érkezik, aminek ugyanazon százaléka kevesebb. Ezen sajátos sugárcsökkenés mellett az ugyanazon százalékfogyás mind kevesebb és kevesebb lesz, úgyhogy voltaképpen nincsen olyan vastag réteg semmiféle anyagból, mely a sugarakat tökéletesen elnyelje. Valami kis töredék mindig keresztül jut. Teljes elnyelődésről a gyakorlati élet lekerékítésével akkor szólunk, ha a keresztül jutó kis mennyiséget elhanyagolhatjuk, mert már hatástalan. Egy példa a dolgot jobban megvilágítja. Tegyük fel, hogy a röntgensugármennyiséget képviseli egy alma. Vegyünk fel egy olyan rétegvastagságot, mely a sugármennyiséget éppen felére csökkenti. A kérdés tehát így felállítva az, hogy hányszor kell az almát felezni, hogy az utolsó felezéskor már semmi se maradjon? Nyilván valami mindig marad. Ezért a röntgensugár áthatolóképességét nem is azzal határozhatjuk meg, hogy megmondjuk, milyen vastag az a réteg, amely a sugarakat teljesen elnyeli, hanem azzal, hogy milyen vastag az a réteg, amelyik a sugarakat felére csökkenti.

Teljesen azonos szabály szerint bomlanak a radioaktív anyagok is. Azért a bomlás gyorsaságának a megjelölésére ezeknél sem a teljes elbomlási időt adjuk meg, mert az minden esetben végtelen hosszú, hanem a bomlási félidőt.

Ennek fontossága van a sugár elleni védelemben. Milyen vastag legyen a sugarak ellen védő ólomfal? Olyan vastag, hogy a rajta keresztül jutó röntgensugár számbavehető hatást ne fejthessen ki. A röntgensugarak hatása hosszantartó. Rövid időközökben adott sugármennyiségek hatása tehát összegeződik, ennél fogva a hatás nagysága attól is függ, hogy valaki mennyi ideig teszi ki magát a sugarak hatásának. A betegnek, aki a laboratóriumban csak rövid ideig tartózkodik, azt a testrészét tehát, amelyet nem kívánunk a sugarak hatásának kitenni, tökéletesen megvédi egy félmilliméteres ólomlap. Az évek hosszú során a sugarakkal foglalkozó orvost, főleg az igen áthatoló röntgensugarak hatásától azonban már 5—6 mm vastag ólomfalakkal kell megóvni.

A sugárelnyelést szabályzó fenti három sarkalatos tulajdonságon, a faj súlyon, atomsúlyon és rétegvastagságon kívül a sugarakat áthaladásuk köz-

ben semmi más nem befolyásolja. Teljesen mellékes a szín, optikai átlátszóság, a keménység (!), a halmazállapot, a vegyi összetétel stb. Mindez a sugár elnyelésére teljesen közömbös. Fekete vagy fehér papír, fehér vagy fekete üveg egyformán bocsátja át a sugarakat. A sötét füst-üveg árnyéka világos, a teljesen átlátszó ólomüveg árnyéka azonban sötét, mert a sötét füstszín nem növeli az üveg fajsúlyát, az ólomtartalom ellenben fokozza a fajsúlyt és atomsúlyt. Kén és szénpor megfelelő arányban összekeverve éppúgy engedi át a sugarakat, mint a teljesen átlátszó folyékony szénkéneg. De a szénkéneg erősebben nyel, mint a víz, mert a benne foglalt kén atomsúlya nagyobb, mint a víz alkotórészeié. A teljesen átlátszó jódkálioldat a nagy atomsúlyú jód miatt igen erősen tartja vissza a sugarakat. Tinta, ha vasat nem tartalmaz, olyan átjárható, mint a víz. Az üveg és az alumínium kb. egyformán bocsátja át a sugarakat, mert az üveg faj súlya és közepes atomsúlya igen megközelíti az alumíniumét.

Hogy a röntgenképen megtekintéskor az árnyékmélység eltérése szemmel észrevehető legyen, ahhoz legalább 5—6 százalék különbség szükséges. Ennek következtében az egymáshoz közel álló sűrűségű testek árnyéka egyformán sötét, egymástól meg nem különböztethető. Képet csak ott kapunk, ahol az egymásmelletti árnyékok különböző sötétek. Orvosi szempontból nagyjelentőségű, hogy az emberi lágyrészek mind egyformán olyan sűrű árnyékot adnak mint a víz. Az izom, az érfal, a vér, a genny, a folyós vagy szilárd izzadmány, a heg (!), a máj, a belek, a lép stb. mind egyforma árnyékúak. A porcogó is úgy ereszti keresztül a sugarakat, mint az izomzat, mert ugyanazon elemekből áll, mint a lágyrészek és mész nincs benne. Hogy keményebb, mint a lágyrészek, az nem határoz, mert a keménység a sugár elnyelését nem befolyásolja. A porcogó tehát a lágyrészek közt nem látszik meg. Más az eset, ha egy porcogó darabkát kivágva, a levegőn röntgenezzük. Akkor a porcogó meglátszik, mert sokkal kisebb fajsúlyú levegővel van körülveve, a szervezetben azonban hasonló sugáratbocsátású lágyrészek környezik. A porcogóhoz hasonlóan viselkedik az epekő, mely zsírszerű anyagból, cholesterinből áll. Ebben sincs mész, ennél fogva ugyanolyan árnyékot ad, mint a mellette fekvő máj és az epe, amely körülveszi. Az árnyéka nem határolódik el és így egyszerű felvételen nem látható. (Mesterséges fajsúlykülönbségek létrehozásával láthatóvá tehető. Erről később lesz szó.) Másképp áll a dolog a vesekövekkel. Ezek rendesen mésztartalmúak és így a röntgenképen felismerhetők. Megjegyzendő, hogy vannak mésznélküli vesekövek is, ezek nem látszanak meg, pl. az urátkövek.

A röntgenlámpa sugarai egy pontból: a lámpa fókuszából indulnak ki. Az *árnyékkontúrok* tehát az egy pontból sugárzó fényforrás árnyékainak szabályai szerint keletkeznek. Azok a szabályok ezek, melyeket a mértan centrális projekció néven tárgyal. Ezeket a szabályokat az asztali villamoskörte által adott árnyékokban magunk is megfigyelhetjük és tanulmányozhatjuk. A fény t. i. itt is közelítőleg egy pontból sugárzik. Az árnyék nem mindig olyan alakú, mint a tárgy, amely létrehozta. A körnek az árnyéka lehet ovális, ha a sugár ferdén éri, sőt lehet egyenes vonal is, ha éléről van megvilágítva stb.

Mit látunk tehát a röntgenképen? Fajsúly, atomsúly és rétegvastagság által létrehozott különböző sötétségű árnyékokat a centrális projekció szabályai szerint határolva. Ha adva van egy meghatározott alakú és összetételű test, annak az árnyékát megszerkeszthetjük. A körvonalakat megadja a centrális projekció, az árnyék mélységét pedig a fajsúly, atomsúly és rétegvastagság. A röntgendiagnosztikában azonban az eset fordított. Adva van az árnyék és keressük a testet, amely adta. Ha, mint az első esetben, adva van a test alakja, fajsúlya, atomsúlya és rétegvastagsága és keressük az árnyékot, akkor matematikai nyelven szólva, előttünk van egy egyenlet egy ismeretlennel. Ez megoldható. De ha fordítva, adva van az árnyék és keressük a test alakját, fajsúlyát, atomsúlyát és rétegvastagságát, akkor ez egy egyenlet 4 ismeretlennel, ami nem oldható meg, hanem számos lehetőség közt enged válogatást. így pl. ha az árnyék egyenes vonalat ábrázol, lehet, hogy az árnyékot adó test valóban egyenes, de lehet akármilyen egy síkban fekvő görbe, mely éléről van megvilágítva, stb. Ha egy sötétebb árnyékot látunk, akkor lehet, hogy azért sötét, mert nagyobb fajsúlyú test adta, de lehet, hogy nagyobb volt az atomsúlya, vagy esetleg a rétegvastagsága. Egy igen vastag fadarab éppen olyan sötét árnyékot ad, mint egy igen vékony vaslemez.

A röntgendiagnosztikában a sokféle lehetőség közt mégis dönteni kell. Az eligazodást, vagyis az árnyékok értelmezését *képolvasásnak* nevezik. Ebben a röntgenezőt fizikai és orvosi ismeretei vezetik. E célra tanulmányozni és ismerni kell először is az ép test röntgenárnyékát mindenféle helyzetben. Ha röntgenezéskor eltérő árnyék látszik, akkor a lehetőségek közül először a logikai képtelenségeket selejtezzük ki. így pl. ha árnyékoknak látjuk a tüdőcsúcsot, nem gondolunk arra, hogy ezt higany okozza, bár ez a vékony rétegben nagy faj súlyánál és atomsúlyánál fogva arra alkalmas volna. A továbbiakban kórtani ismereteink vezetése mellett sorba vesszük

az összes lehető betegségeket. Mérlegeljük az azokban létrejövő atomsúly, faj súly és réteg vastagság-változásokat és azokat az ép test árnyékaival összevetve kíséreljük meg a döntést. Leggyakrabban még így is többféle lehetőség marad. Ilyenkor segítségül hívjuk a betegágy melletti észleleteket és azoknak az ellenőrzése mellett állapítjuk meg a diagnózist. így pl. ha a röntgenkép egy egész tüdőlebenyre kiterjedő egyenletes sötét árnyékot mutat, két lehetőség marad: tüdőgyulladás vagy kötőszövetes tömörülés. Ha a betegészlelés szerint láz nincs, elejtjük a tüdőgyulladást és a diagnózist kötőszövet-tömörülésre tesszük.

Hogy a röntgenezőnek a lehetőségek megítélésében milyen körülményeknek kell lenni, azt mutatja pl. az az eset, mikor a háború alatt a csapat-szolgálat alól szabadulni akaró katonák a tüdőcsúcsukat takaró bőrt higanykenőccsel kenték be, ami teljesen a tüdőcsúcs-tömörüléshez hasonló árnyékot adott, és így a fent logikai képtelenségnek minősített eset olyan eshetőséggé vált, amivel számolni kellett.

A röntgenvizsgálat kiterjed az összes orvosi tudományágakra és mindegyikben a betegágy melletti diagnosztikának kiegészítő része.

Tehát különvált árnyékot csak ott kapunk, ahol faj súly-, atomsúly- és rétegvastagságbeli különbségek vannak. így pl. a hasür minden tartalmával együtt (gyomor, belek, lép, máj, stb.) egyenletes szürke árnyékot ad, melyből csupán a mésztartalmú gerincoszlop sötétebb árnyéka válik külön. Nem látszik meg a hasürben a főér (aorta) sem, mert árnyéka nem válik külön a hasonló sugárátbocsátású többi rész árnyékától. A mellkasban azonban a főér meglátszik, mert ott levegőtartalmú tüdő környezi, annak az árnyéka tehát sokkal világosabb. A mellkasi aorta tágulása ennek következtében felismerhető, a hasürié ellenben nem. Nem látszanak meg az erek árnyékai a végtagokban sem. Az érlemeszesedésben azonban a sötét árnyékú mészlemezek szembetűnek. — A koponyacsontok jól meglátszanak és élénken elütnek a levegővel telt orrüregtől és annak melléküregeitől. Meglátszik tehát a felső állcsont! üreg, a hbmlöküreg és a szemüreg. De már az agyvelő egyöntetű szürke árnyékot ad, melyben a tekervények és agykamrák nem különböztethetők meg.

Olyankor, amikor a szervezetben fajsúlykülönbségek nincsenek, sokszor módunkban áll a szervezetbe bevitt anyaggal *mesterséges fajsúlykülönbségeket* létrehozni. Ezeket az anyagokat kontrasztanyagoknak nevezük. Van pozitív és negatív kontrasztanyag. Pozitívnak mondjuk akkor, ha árnyéka sötétebb — és negatív kontrasztanyag akkor, ha árnyéka vilá-

gosabb a környezetnél. Természetes, hogy kontrasztanyag gyanánt csakis olyan anyagot szabad használni, amelynek mérgező vagy káros hatása nincs. így láthatóvá válik a gyomor, ha a beteg a vizsgálat előtt megeszik egy tányér bárium-szulfát-porral kevert kását. A báriumnak nagy az atomsúlya, tehát sötét árnyékot ad. így meglátjuk a gyomrot, mégpedig emésztés közben, tehát nemcsak nagyságáról, alakjáról és helyzetéről kapunk felvilágosítást, hanem működéséről is. Látjuk kiürülés-zavarait is. Ha a kása útját tovább követjük a belekben, azokat is megvizsgálhatjuk. Ha a kása a gyomrot valamely részén nem tölti ki, vagyis *árnyékhiány* mutatkozik, abból azt következtetjük, hogy ott a gyomor falán valami daganat ül, ami a kását nem ereszti oda. (A gyomordaganat legtöbbször rák.) Viszont ha az árnyék valahol egy kis kiöblösödést (árnyéktöbbletet) mutat, az azt jelenti, hogy a gyomorfalat ott egy fekély kimarta, kiöblösítette és a bemélyedésbe a kása betolult. (*Fekélyfészek.*)

A nagy atomsúlyú jódnak vegyületei is igen alkalmasak pozitív kontrasztképzésre. Pl. a vesemedencébe magas katéter segítségével 10%-os jódnátrium-oldatot vihetünk fel. — Olyan jódvegyületet, amely a vérkeringésbe nem adja le a jódot és így nagy adagban sem mérgező (uroszelektán stb.), közvetlenül befecskendezhetünk valamely vívóérbe is. Ezt a vegyületet a vérből a vese választja ki, ami által a vérben szétoszlott jódvegyület összegyűlik, sötét árnyékával láthatóvá teszi a vesemedencét és ezáltal módot nyújt a vese kiválasztóképeségének megítélésére.

A belekből felszívódott vagy a vénába fecskendezett tetrajodphenolphthaleint a vérből az epével együtt a máj választja ki. Tehát az epehólyagba jut és azt láthatóvá teszi. Említettük, hogy az epekövek röntgenfelvételen nem látszanak meg, mert árnyékmélységük olyan, mint az epéé, amelyben fekszenek. Ha azonban az epe a benne levő jódtól sötét árnyékúvá válik, akkor az árnyékban az epekövek mint világosabb foltok előtűnnek.

A jódot jódozott olaj (jodipin) alakjában is lehet használni. Jodipin-befecskendezéssel láthatóvá tehetjük a méh és petevezeték üregét. A gerincsatornába fecskendezett jódolaj ép viszonyok között, súlyánál fogva lefolyik a keresztcsont felé. Ha valahol magasabb helyen megakad, az azt jelenti, hogy ott a gerincsatornát valami megsűkíti, ami legtöbbször daganat. Ha a klinikai vizsgálat kimutatta, hogy a betegnek gerincagydaganata van, a röntgenvizsgálat feladata, hogy pontosan megmutassa a daganat helyét (Myelographia).

Negatív kontrasztanyag gyanánt levegőt vagy oxigént használnak. Ez világosabb árnyékot ad, mint a környezete. A szabad hasüregbe a belek közé beszúrás által levegőt lehet beereszteni. Ezáltal láthatóvá lesznek az összes hasüri szervek, belek, máj, lép, vese stb. Levegőt lehet eresztetni az agyvelő kamráiba. A kamrák eltolódásaiból agydaganatokra következtethetünk. E célra először a koponyacsontot egy kis lyukkal sebészileg megékeljük. A lyukon át egy hosszú üreges tüvel (Pravaz-tüvel) átszúrjuk az agyvelőt és behatolunk az agykamrába. Az ott levő folyadékot az üreges tüvel először lecsapoljuk és a folyadék helyett fokozatosan levegőt bocsátunk be. Az agyvelő a jól végzett műtétet kisértékkel, szédülés leszámításával visszahatás nélkül eltűri. Természetes azonban, hogy ilyen, mégis eshetőségekkel járó sebészi műtétet diagnosztikai célból csak akkor végzünk, ha vele valami súlyosabb bajt tudunk elhárítani. Pl. ha a betegnek agydaganata van, mely magára hagyva halálra vezet, de az operációt, amelylyel a beteg életét megmenthetné, csak akkor lehet elvégezni, ha röntgenzéssel meghatároztuk, hogy a daganat hol fekszik. Hasonlóképp vagyunk az ütőerek röntgenzésével. Pl. sebészi metszéssel feltárjuk a nyakon a nagy fej-verőeret és abba valami tóriumvegyületet fecskendezünk. A tórium a legnagyobb atomsúlyú elemek közé tartozik, tehát ha csak kis mennyisége is van a vérben, az agyi erek igen mély árnyékot adnak. Ezt az ún. „arteriographiát“ is csak akkor végezzük, ha a röntgenzés által felderített viszonyok közt életmentő operációt végezhetünk.

Kiváló előnye a röntgendiagnosztikának, hogy sokszor már olyankor felderít valami betegséget, amikor egyéb vizsgálat azt még nem mutatja. Súlyos betegségekben a baj kezdetén sokszor még nem késő a műtéti vagy egyéb segítség.

Fontos szerepet játszik a röntgendiagnosztika a szervezetbe jutott *idegentestek* helyének meghatározásában is. Ilyen idegen testek lehetnek fegyvergolyó, betört tű, mely idővel helyét is változtathatja, üvegcserep, valami lenyelt tárgy, légsőbe került fogsor, gyümölcsmag stb. A röntgenidőszak előtti orvosok a beteget fegyvergolyó eltávolításakor vaktában való vágásokkal kínozták, de a golyót sokszor mégsem találták meg. Egyszerű röntgenfelvétel mutatja ugyan, hogy a szervezetben idegentest van, de annak helyét nem tisztázza, mert a sugár mindent egybe rajzol, amit útjában elől-hátul talál. Azonkívül, ha a lámpa nem áll merőlegesen az idegentest felett, az árnyékot más helyre, oldalra vetíti. A helymeghatározás tehát kényes feladat, melyhez több irányból készült felvétel szükséges. Ezekből a

centrális projekció szabályainak szemmeltartásával kell a golyó helyzetét megállapítani. Igen sokféle helymeghatározó eljárást dolgoztak ki, melyeket itt nem részletezünk. Egyszer az egyik eljárás, máskor a másik alkalmasabb.

RÖNTGENTERÁPIA

A röntgenterápia a sugarak élettani hatásán alapszik. Mindjárt a sugarak felfedezése utáni első időkben tapasztalták, hogy a sugarak a szervezetre élettani (biológiai) hatást gyakorolnak. Az első észlelések röntgenbalesetek voltak. Erősebb röntgenezésre a haj ideiglenesen vagy véglegesen kihullott, bőrgyulladások keletkeztek, amelyek lezajlása után a bőr sorvadt, finom érhálózatoktól állandóan piros maradt. Igen erős sugárzás után mélybe terjedő és igen nehezen gyógyuló fekélyek származtak, amelyek évek hosszú során fennállottak, esetleg rákosán elfajultak és nem ritkán halállal végződtek. Különösen az orvosokat érte sok baleset. A hamburgi Szent Györgykórház udvarán a röntgenezés vértanúinak tiszteletére felállított emlékoszlopon több mint 170 név van feljegyezve! A magyarok közül ott találjuk *Holzwarth Jenő, Schröder Gyula, Elischer Gyula, Simonyi Béla, Faragó István és Nyitrai Béla* nevét.

Hasonló sérülések tanulmányozása és sok kísérlet kapcsán ismerték meg a röntgensugaraknak az élő szövetekre irányuló hatását. Ebből fejlődött ki a mai magas fokon álló röntgensugaras gyógyítás, melynek helyesen alkalmazott technika mellett ma már veszélyei nincsenek. A sugárhatás a szöveteket alkotó sejtekre irányul. Tudjuk, hogy minden sejt áll: 1. sejtmagból, 2. sejttestből (protoplasmából) és 3. sejthártyából. Legerősebben hat a sugár a sejtmagra, különösen akkor, ha az szaporodásban: magoszlásban van. A hatás az egyes sejtféleségekre különböző, vagyis a röntgen sugár szelektív: válogat a sejtek közt. Legélénkebben hat azokra a szövetekre, melyek gyorsan növekednek. Ezekben a sugár igen sok sejtmagot talál oszlásban. Erős a hatás azokra a sejtekre is, amelyek gyors életműködésben vannak. A gyors életműködéshez fokozott táplálkozás szükséges és ha ez csak kis zavart is szenved, a sejt jobban megsínyli, mint egy lassú életfolyamatú, kevesebb táplálékra szoruló sejt. Erős a hatás az ingatag életű, gyorsan pusztuló és hamarosan pótlódó sejtekre is, amilyenek pl. a hámsejtek és fehérvérsejtek.

Azt a maximális sugármennyiséget, amit ép bőr még elbír, *bőregység-dózisnak* nevezik és a német Haut-einheits-dosis után HED-el jelölik.

A sugármennyiséget iónosító kamrával „főegységekben mérik. Egy r (egy röntgen) akkora sugármennyiség, mely levegőben pontosan megszabott fel-tételek mellett egységnyi iónosítást okoz. A HED a testfelületen mért 800 r-nek felel meg. Hogy a dózisok megjelölésében ne kelljen nagy számokat mondani, a kiszolgáltatót röntgensugármennyiséget sokszor a HED száza-lékaiban fejezik ki.

Az iónosítással való sugármérés azon alapszik, hogy az ionizálatlan levegő, úgy, mint minden gáz, tökéletesen szigetel; elektromosság nem tud áthaladni rajta. A röntgensugár a levegő-molekulákat iónosítja, vagyis pozi-tív és negatív részekre bontja. Ezáltal a levegő vezetővé válik. Ha ugyanis iónosított levegőben egy áramforrás sarkaival összekötött, egymással nem érintkező két fémlapocskát helyezünk el, akkor a pozitív iónok az elektro-mos vonzás következtében a negatív lapra, a negatívok pedig a pozitív lapra vándorolnak. Tehát elektromos áramlás indul meg. Minél erősebb a sugár-zás, annál nagyobb a vezetőképesség. Tehát a vezetőképesség megméréséből megállapíthatjuk a kiszolgáltatót sugáradagot. (A mérés ú. n. iónosító kamrával történik.)

A röntgensugarakat az esetek legnagyobb számában pusztító hatásuk miatt használjuk. Valamit eltávolítunk velük a szervezetből, mint a sebészek. A gyógyító anyagokra általánosságban áll az a szabály, hogy ha nagy adagban romboló vagy gátló hatásúak, kis adagban izgatnak, működésre serkentenek. Pl. kis adag szesz élénkít, jókedvre hangol. Nagy adag bódu-latot okoz. Az ájult beteget éterbefecskendezéssel hozzuk eszméletre, a sebész pedig étterrel altat. Kis adagban nyújtott röntgensugárzásnak ez az ingerlő hatása azonban kevésbé kifejezett. Létezését egy időben tagadták is. Két-ségtelen azonban, hogy belső elválasztású mirigyek működését (pajzsmirigy, petefészek stb.) sikerül velük fokozni. Renyhén gyógyuló csonttörések ösz-szeforradásának röntgenezéssel serkentésében is mutatkoznak eredmények.

Végül vannak olyan betegségek is, melyekben a kétségtelen eredmé-nyek létrejövésének mechanizmusát nem ismerjük. Ilyen pl. az ideges asztma. Ide tartozik a röntgensugár fájdalomcsillapító hatása is, amely min-den kezeléssel dacoló idegzsábákban sokszor csodálatos hatású.

Hogy a sugárral a test mélyében fekvő betegségeket is eredményesen gyógyíthassuk, gondoskodnunk kell, hogy a sugár nagy áthatolóképességű legyen. Ezt egyrészt azzal érjük el, hogy fokozzuk a lámpát tápláló áram feszültségét. Akkor magasabb rezgésszámú (áthatolóbb) röntgensugár ke-ltezhető. Másrészt mivel a röntgenlámpából kijutó sugár kevert hullám-

hosszúságokból áll (úgy, mint a fehér fény), azért a sugár útjába vékony fémlémezeket, ú. n. szűrőket (filtereket) állítunk, amelyekeken főleg csak a nagy áthatolóképességű sugarak tudnak átmenni, a sugár átlagos keménysége tehát a filterezés által fokozódik. Olyan betegségekben, melyek felületesen fekszenek, vagyis a *felszínes terápiában* megelégszünk kisebb feszültséggel (80—120 ezer Volttal) és 1—2 mm vastag alumíniumszűrővel. Mélyen fekvő betegségekben, az ú. n. *mély terápiában* 160—200 ezer Voltot, sőt többet is alkalmazunk, a filterek pedig %—2 mm-es cink- vagy rézlemezek.

Az ép sejtek közül a sugarak iránt legérzékenyebbek a fehérvérsejtek, ezek t. i. gyorsan fejlődnek, gyorsan pusztulnak, hamarosan pótlódnak és anyagcseréjük (táplálkozásuk) igen élénk. Valamivel kisebb, de még mindig igen erős a hatás a hámsejtekre, melyek a test felszínéről folyton lehámlanak, de a hám alsó rétegeiben hamarosan újból képződnek. Sokkal kevesebb a sugárhatás a megállapodott életű, lassú fejlődésű izomsejtekre, idegsejtekre és a kötőszövetcsoport sejtjeire: zsírra, csontsejtekre, stb.

Az egyes szövetekre és sejtekre gyakorolt hatás attól függ, hogy azok miféle sejtekből állanak. Erős a hatás a nyirokmirigyekre, lépére, mert ezek sejtjei a fehérvérsejtekkel közel rokonok. Erős a hatás a hámsejtekkel fedett bőrre, nyálkahártyákra, a hámsejtekkel bélelt nyálkamirigyekre. A haj megfelelő röntgendózisra két hét múlva bőrgyulladás nélkül kihull. Ha a sugáranyag nem volt túlságos, a haj néhány hét múlva újra kinő. (Végleges szőrtelenítésre a röntgenezés nem bizonyult alkalmasnak, mert csak akkora adagokra következik be, mely már erős bőrsérüléssel jár.) A HED 80%-a elsorvasztja az izzadságmirigyeket. A kóros szövetek is hasonló elbírálás alá esnek. A ráksejt a hámsejt-csoportba tartozik. Többnyire annyi sugármennyiségre pusztul el, amennyi ép bőrön csak múló pirosságot okoz. A petefészekben a petesejtek a HED 'A'-ára tönkremennek, amivel peteleválással járó időszakos vérzéseket és méhdaganatokat gyógyíthatunk. A lép a HED felére már beszünteti működését, stb.

A röntgenezés hatása lassan fejlődik ki és hosszan tart. Közvetlenül a besugárzás után nem látszik semmi változás. Egy bizonyos *lappangási időszak* után, mely a besugárzás erőssége szerint 1—2 hét lehet, kifejlődnek a tünetek. Egy HED után két hétre bőрпиrosság fejlődik, mely újabb két hét múlva enyhe bámulásba megy át. Nagyobb adagok erős bőrgyulladást okoznak. Az adagolás kényes dolog, mert a HED-et 30%-kal túlhaladó sugármennyiségek már súlyos bőrelhalásokat, *fekélyeket* okoznak. A röntgenfekély igen rosszul gyógyul!! Ha évek múlva esetleg behámosodik, minden

legkisebb bántalmazásra újból feltörnek és csak gyökeres sebészi kiirtással szüntethető meg. A rossz gyógyulásnak az az oka, hogy a sugár mélyen behatol a szövetekbe és így a fekély alapja is súlyosan bántalmazott szövet, melyből a gyógyulás bajosan indul ki.

Erős röntgenezésnek, különösen, ha a hasi szerveket érte, *általános hatása* is van: a röntgencsőmör. Ezt a sugárzás által szétesett és a vérbejutó anyagok okozzák. Az ilyenkor fellépő émelygés, rosszullet, hányás 24 óráig tart (helytelen kezelés mellett tovább is). A németek Röntgenkaternek nevezik.

A *röntgenkezelést* úgy végezzük, hogy a beteget egy erre a célra előkészített fekvőhelyre fektetjük. A lámpát 30—50 cm távolságban állítsuk fölébe. Egy-egy besugárzás rendes intenzitású sugarakkal kb. $\frac{1}{2}$ óráig tart. Ha a betegség egy kezelésre nem gyógyult, akkor a következő kezelést a sugarak tartós hatása folytán csak 4—6 hét múlva szabad ismételni.

A röntgenezést főleg olyan betegségekben kísérelték meg, amelyek más eljárásra nem gyógyultak. A sugárzás ilyenkor sokszor hiánypótlónak bizonyult. Nem soroljuk fel az összes betegségeket, mert csak általános áttekintést akarunk adni.

Kiterjedten használják a röntgensugárzást a *bőrgyógyászatban*, ahol főleg azokban a betegségekben, amelyeket csak ideiglenes hajkihullasztással lehet gyógyítani, szuverén szernek bizonyult. Ilyenek a hajzat gombás betegségei (kosz=favus, stb.). A sugárzás a tenyér- és talpizzadásban is kitűnően bevált. Bevált minden tuberkulózis bőrbajban, ekcémákban. Bőrtuberkulózis esetekben a röntgenezés az ibolyántúli fénykezelés kiváló segítőszere. A bőrrákok majdnem 90%-ban gyógyulnak.

A *belgyógyászat* a röntgensugárzást főleg fehérvérűségben és azzal rokon betegségekben használja. A hatást a fehérvérsejteknek a sugarak iránti nagy érzékenysége magyarázza. A fehérvérűséget a röntgenezés teljesen nem gyógyítja meg, de a beteget panasz nélkül évekig életben tudja tartani, ami nem megvetendő eredmény olyankor, amikor jóformán minden egyéb gyógykezelés hatástalan. Jó eredményeket látunk golyvákban, Basedow-betegségben és sok másban.

A röntgenezés a *sebészetben* a görvélyes mirigyek kezelésében majdnem teljesen kiszorította a műtétet. A besugárzás meggátolja a mirigyek elgennyedését, felfakadását és ezáltal elhárítja a nyakon képződő csúnya forradásokat. Az apró csontok gümőkórja, a csontszú is kitűnő gyógyszerre talált a röntgenezésben. Ha a folyamat nem nagyon előrehaladt, a röntge-

nézésre nyom nélkül visszafejlődik. A gümös hashártyagyulladás gyógyítása is hálás területe a röntgenezésnek. A rákok gyógyításáról később lesz szó.

Különös hasznát veszi a röntgenezésnek a *nőgyógyászat*. A myomás méhdaganatokat, ha erős vérzéseket okoztak, azelőtt műtéttel gyógyították. (Myoma a. m. izomdaganat.) A röntgenezés ezeket egy ülésre is visszafejleszteti. Igaz, hogy a röntgenezésnek megvan az a hátránya, hogy a daganatra nem közvetlenül, hanem a petefészek útján hat és a gyógyulás csak akkor következik be, ha a petefészekben levő peték tönkrementek, ami természetesen meddőséggel jár; ezt pedig a fiatal korban kerülni kell. A korai meddőségnek felidézése a szervezetben egyéb zavarral is jár (idegesség, hevülések, izzadások, stb.), ezért a myomás daganatok gyógyítására a röntgenezést csak akkor ajánlatos használni, ha a beteg már koránál fogva közel áll az ú. n. *változáshoz*, ami a peték visszafejlődését és a termékenység megszűnésének időszakát jelenti.

Hasonló jó eredménnyel használják a röntgenezést a gyermekgyógyászatban, szemészetben, fülészetben, stb.

Legszebb diadalait aratta a röntgenezés a *rákok és rokonbetegségek* gyógyításában. Ha a rákos górcra akkora sugármennyiséget tudunk adni, amennyit a környező ép szövetek még kiállnak, de amitől a ráksejt már elpusztul, akkor a rákos beteget meggyógyítottuk. A felületesen fekvő bőrrákokban ez valóban gyakran sikerül. Kevésbé jó hatás a mélyben fekvő rákokban, mert amíg a sugár a felette fekvő szöveteken keresztül a rákos górcra érkezik, már az elnyelődés következtében annyira gyengült, hogy a ráksejtet nem tudja elpusztítani. A beeső sugármennyiséget pedig ennek kiegyenlítésére nem növelhetjük, mert akkor a bőrön fekélyesedések származnak. Ilyenkor úgy segítünk a bajon, hogy több oldalról sugározzuk be a beteget, és a sugarakat mindenkor úgy irányítjuk, hogy azok a rákos gócot ériék. Ez a *többmezejű besugárzás*, mely a daganatot keresztűzbe veszi.

Kár, hogy nem minden rák egyformán érzékeny a röntgensugár iránt. Ebben a rák különböző fajtáján kívül közrejátszik az a szerv is, amelyben a rákos daganat fészkel. Így a sugárzás iránt igen érzékenyek a méhrákok, már kevésbé az emlőrákok. Az emésztő-csatorna és különösen a nyelv és gyomor rákjai pedig röntgenezésre alig mutatnak fel eredményt.

A legújabb haladás ezen a téren a Regaud—Coutard-féle *elnyújtott besugárzás*, amelynek elve a következő: A röntgenezés a sejtekben elfajulást hoz létre, mely, ha az adag elég erős, a sejt elpusztulására vezet. A sejt kisebbfokú bántalmazásokat még kihever. Ha tehát egyszerre, egy ülésben

csak kis adagokat adunk, mind a ráksejtek, mind az ép sejtek igyekeznek kiheverni a sérülést, ami az ép sejteknek jobban sikerül, mint a kóros ráksejteknek. Ha aztán az apró adagokat egymást követő napokon ismételjük, a ráksejtek mind kevésbé tudnak magukhoz térni és végül elpusztulnak, míg az ép szövet, amelybe a rák be van ágyazva, a röntgenártalmakat nagyobb ellenállóképességénél fogva kiheveri. Ezen elnyújtott kezeléssel összességében sokkal nagyobb adagokat sikerült a daganatra juttatni. Így az esetek 'Arában gyógyulást értek el a nyelvrákokban, gégerákokban és hasonlóknak, melyekben a régebbi technikájú röntgenezés alig volt hatásos.

A rák gyógyulása sokszor csak ideiglenes, a visszaesés még évek múlva is bekövetkezhet. Véglegesen gyógyulnak tarthatjuk a rákot, ha öt év alatt nem állt be kiújulás.

Természetes, hogy rosszindulatú daganatokban csak addig érhetünk el eredményt, míg a daganat helyhez kötött. Ha már távolabbi szervekben átrakodások (metastasisok) vannak, akkor a betegség már annyira elárasztotta a szervezetet, hogy gyógyulásra nincs kilátás. Ilyenkor a röntgenezés csak ronthat az állapoton, mert a senyvedő szervezetet még a röntgenezéssel is terheli.

A röntgenezésnek nem az a célja, hogy a kést a sebész kezéből ki vegye, hanem hogy együttes munkával segítségére legyen. Ha a rák még nem nagyon előrehaladt, úgyhogy még operálható, a műtétet haladéktalanul el kell végezni. De sohasem tudjuk biztosan, hogy a sebész minden rákos szövetet eltávolított-e. A szervezet a rákcsírákat t. i. a nyirok-utakon már korán széthordja és így daganat-csírák lehetnek a gócot környező azon részekben is, amelyeket a sebész épnek tartva benthagyott. Ezekből később visszaesések keletkeznek. Sajnos, ez a műtét után elég gyakori. Éppen ezért a műtét után a műtégi területet és annak környékét röntgenezés alá kell vetni, ami által a visszaesések száma lényegesen megcsappant. Ez az elhárító (prophylacticus) besugárzás.

Természetes, hogy akkor, mikor a rák már oly előrehaladt állapotban van, hogy műtéttel el nem távolítható (inoperabilis), mert már oly szervekre ráterjedt, melyek el nem távolíthatók, mert az élet fenntartására nélkülözhetetlenek, nem marad más hátra, mint a röntgenezés. Szép eredménye a röntgenezésnek, hogy a beteg ilyenkor is sok esetben meggyógyul.

Nem ritka az sem, hogy a műtétre már alkalmatlan rák a sugárzással annyira javul, hogy operálhatóvá válik. Ekkor természetesen haladék nélkül operálni kell, ami után a röntgenezést folytatni lehet.

A röntgensugárzásnak a rosszindulatú daganatokon elért eredményeiben hatalmas segítőtársa a rádium gamma-sugárzása, amelyről a következő fejezetben lesz szó.

GYÓGYÍTÁS RADIOAKTÍV GAMMASUGARAKKAL.

A gamma-sugár lényegére nézve a röntgensugárral azonos, de annál sokkal rövidebb hullámhosszúságú, ezért áthatolóképessége lényegesen nagyobb. Fizikai tulajdonságait már az általános részben tárgyaltuk.

A gamma-sugarakról már ott mondtuk, hogy nagyon gyorsan bomló radioaktív anyagok, a gyógyításra nem alkalmasak, bár ezeknek a sugárzása igen erős, csak hogy az anyag sugárzás közben hamar elfogy. Ezzel szemben a nagyon lassan bomló anyagok súlyukból jóformán semmit sem veszítenek, de ezeknek meg a sugárzása gyenge. A legalkalmasabb ebből a szempontból a rádium, mely elég erős sugárzása mellett a gyakorlat szempontjából állandónak tekinthető. A mezotórium lényegesen erősebb sugárzású, a gyógyításhoz tehát sokkal kevesebbre van szükség, de már 6/2 év alatt elbomlik a felére. Használatát a rádiummal szemben csak viszonylagos olcsósága okadatolja.

A gamma-sugárzással igen nagy áthatolóképessége ellenére is csak kisebb területet lehet besugározni. Ezen látszólagos ellentmondás magyarázata az, hogy a rádium csak kis mennyiségben áll rendelkezésünkre. Hogy a besugárzási idő ne legyen kivihetetlenül hosszú, a rádiumot közel kell vinni a beteg góchoz. Legtöbbször megfelelő tokban ráhelyezzük a gyógyításra szoruló daganatra. 20—30 centigramm rádiummal a sugárzás így is kb. 1 napig tart. Az ilyen közel vitt rádium azonban a sugarak erős széttérése következtében csak kis területet tud besugározni. A röntgensugarakat ezzel szemben majdnem korlátlan mennyiségben állíthatjuk elő. A lámpával tehát távolra mehetünk és így kevésbé széttérő sugárzással nagy területeket vehetünk egyenletes sugárhatás alá. A viszony olyan, mint egy kályha és egy szem parázs közt. A kályha nem annyira meleg, mint a parázs, de nagy kiterjedésénél fogva nagy területeket képes megmelegíteni. A parázs melegebb, de kis tömege miatt közelebb kell hozni, akkor pedig csak kis területet melegít át, mert ha azt várjuk, hogy a melegítés a távolabbi részen is érvényre jusson, akkor a közeli részeket megperzseljük. Így a mai rádium-mennyiségekkel a test üregében ökölnyinél nagyobb területeket nem

lehet besugározni. Az első időkben gyakran elkövették azt a hibát, hogy a távoli hatás erőszakolására túlságosan hosszú ideig sugároztak és sérüléseket okoztak (hüvely-bél-sipoly). A rádium és röntgensugárzás egymásban segítőtársra találtak, ami különösen a rosszindulatú daganatok (rákok) gyógyításában fontos, mert legtöbbször itt kell a mélyben különösen nagy sugáradagokat kiszolgáltatni. A test mélyében előforduló rákok gyakran a testüregekben fekszenek. (Száj-, orrüreg, gége, méhüreg, hüvely, stb.). Ilyenkor a rádiumot bevezetjük a testüregbe és közvetlen ráhelyezzük a daganatra. A daganatot ezzel igen heves sugárzás alá vesszük. A környező részek ellenben, amelyek ráksejtekkel beivódottak lehetnek, nem kapnak elég sugárzást. Ha kívülről röntgensugárzást is alkalmazunk, az elsősorban a felületesebben fekvő környéki részekben fejt ki hatását. A mélyebb részekre a röntgenhatás kevesebb, de azt pótolja ott a rádium.

Gamma-sugarakkal való gyógyításra a rádiumsókat üvegcsőbe forrasztják. Hogy a cső eltérése esetén a rádium ki ne szóródjék, az üvegcövet egy vékony ezüst- vagy platinaburokba forrasztják. Ezt aztán egy szétcsavarható tokba helyezik. A tok három milliméter vastag sárgarézből vagy egy milliméter platinából van. A tok visszatartja az alfa- és beta-sugarakat, így a csőből csak tiszta gamma-sugár jut ki. A tokot vékony réteg gézbe vagy vattába göngyöljük és gumiburokba kötjük, hogy a testnedvek ne férjenek a réztokhoz. Az eképen előkészített tokot ráhelyezzük a kezelésre szoruló testrésze.

Más kezelési mód szerint úgy járunk el, hogy a rádiumsót platinából készült üreges tűkbe tesszük. Ezekkel a tűkkel aztán megtűzdeljük a daganatot. Minden tű végéhez fonál van kötve, hogy el ne vesszék. Ilyenkor nem a daganat felületére, hanem annak a mélyébe jutnak a sugárzások. Ez a *tűzdelési eljárás*. Hogy a rádiumtűk jó helyen vannak-e, arról röntgenfelvétellel győződhetünk meg.

Végül ott, ahol nagyobb rádiummennyiséggel rendelkeznek, nagyobb területek besugárzására távolabb viszik a testtől a sugárvédelem céljából vastag ólomba burkolt rádiumkészítményt. Az ólomburoknak csak abban az irányban van nyílása, amelyben kezelni akarunk vele. A távoli hatáshoz természetesen igen nagymennyiségű rádium szükséges: 4—5 gramm (1), már amennyinek a beszerzését az anyagi viszonyok megengedik. Ez az ú. n. *rádiumágyú*. (A nagymennyiségű rádiumot bérelni is lehet.)

A rádiumhatás nagyságának a kifejezésére megmondjuk a használt rádiummennyiséget és az időt, ameddig alkalmaztuk. A rádiummennyiséget

nem a használt rádiumkészítmény elegendő súlyában fejezzük ki, hanem megmondjuk, hogy mi a készítmény tiszta rádium-elem tartalma. A dózis nagyságát a milligrammokban kifejezett rádium-elem mennyisége és az órák szorzata adja. így pl. 30 milligramm rádium-elemt tartalmazó rádiumtok 24 óra alatt $30 \times 24 = 720$ milligramm-rádiumelem-óra adagot szolgáltat. Mérik újabban a rádiumsugárzást r-egységekben is, mint a röntgensugarakat.

A gamma-sugár és a röntgensugár hatása lényegében azonos. Azért a költséges rádiumot nem is alkalmazzák, mikor az a röntgensugárral mindenben helyettesíthető. így a rádiumsugárzás nagyrészt a rosszindulatú új képletekre, rákra és sarcoméra korlátozódik. A jó eredmények főként akkor mutatkoznak, ha a rádiumot a röntgensugárral együttesen alkalmazzuk.

A röntgen- és gamma-sugár hatásának élettani azonossága mellett is a rádiumsugár sajátos alkalmazási módja miatt a kétféle sugár hatása némiképp különbözik egymástól. A rádiumsugárzás intenzitása a röntgensugáréhoz képest gyenge, de hosszú ideig érintkezésben marad a daganattal. Ennek következtében az ép sejtek kevésbé sínylik meg a sugárhatást, mint a kórosak, úgy, mint azt az elnyújtott röntgenezés tárgyalásakor elmondottuk. Már régebben tapasztalták, hogy a nyelvrákokra, garatrákokra és általában a táplálécsatorna rákjaira a röntgensugár kevésbé hatásos, mint a rádium. Éppen ebből a tapasztalatból kiindulva kísérelték meg az elnyújtott röntgenezést, amellyel tulajdonképpen a rádium alkalmazási módját óhajtották utánozni. Az ezáltal elért eredményekről fentebb már beszámoltunk. Mindamelllett gyomor- és bélrákokban eddigelé sem rádiummal, sem röntgennel nem lehetett számbavehető hatást elérni.