

# ÖTVENÉVES A TELEKOBALT-TERÁPIA MAGYARORSZÁGON

Gyarmathy László, Varjas Géza, Major Tibor, Fodor János, Kásler Miklós

Országos Onkológiai Intézet, Budapest

Hazánkban ötven évvel ezelőtt, 1958-ban az Országos Onkológiai Intézetben egy Gravicert típusú készülékkel kezeltük az első beteget telekobalt-besugárással. Az évforduló alkalmából áttekintjük a hazai kobalt-teleterápia első 50 évének a történetét és tárgyaljuk annak mai szerepét. Az első hazai kobaltágyú (Gravicert) Bozóky László tervei alapján készült, hét évvel a világon elsőként Kanadában üzembe helyezett kobaltágyú után. A Co-60-sugárforrás megavoltos (átlagenergia: 1,25 MeV) gammasugárása lehetővé tette a mélyebben fekvő daganatok eredményesebb kezelését a röntgenterápiához képest. A következő két-három évtizedben, a nagyenergiájú lineáris gyorsítók elterjedéséig, a Co-60-teleterápia jelentette a korszerű sugárkezelést az egész világon. A besugárzási technika minőségi javulása szükségessé tette a daganatok pontosabb lokalizálását és a besugárzástervezési módszerek továbbfejlesztését is. Kezdetben a lokalizálás röntgenkészülékkel, a dóziseloszlás-számolás manuális módszerrel történt. 1965-ben egy Rotacert típusú kobaltágyút telepítettek intézetünkben, mely már többirányú és forgó besugáráásra is alkalmas volt. Hazánkban, több lépésben a többi sugárterápiás központban is telepítettek kobaltágyúkat, kezdetben Gravicerteket, majd később már külföldi készülékeket. A kezelések minőségét lényegesen javította a számítógépes besugárzástervezés bevezetése, melynek fontos eleme volt az 1978-ban a NAÜ támogatásával létrejött Országos Besugárzástervezési Hálózat. A következő jelentős fejlődést a CT-képekre alapozott dózistervezés bevezetése jelentette 1981-ben. A korszerű lineáris gyorsítók elterjedésével a kobaltágyúk szerepe ma már jelentősen csökkent, de napjainkban még közel 2500 kobaltágyú működik világszerte. Technikai fejlesztésekkel a használatukat azonban még tovább lehetne növelni. Jelenleg hazánkban még nyolc sugárterápiás központban végeznek sugárkezelést kobaltágyúval. Magyar Onkológia 52: 299–304, 2008

**Kulcsszavak:** kobaltágyú, Co-60, kobaltterápia hazai története

The first patient in Hungary was treated by cobalt therapy fifty years ago at the National Institute of Oncology with a Gravicert type equipment. On the occasion of this anniversary, the 50-year history of the Hungarian cobalt therapy is reviewed, and its present role is discussed. The first cobalt unit (Gravicert) was designed by László Bozóky seven years after the first cobalt unit installation in the world in Canada. The megavoltage energy of the Co-60 source (average: 1.25 MeV) resulted in more successful treatments of deep-seated tumors compared to the X-ray therapy. In the next two-three decades, until the widespread use of the high-energy linear accelerators, the Co-60 teletherapy meant the modern radiation treatment throughout the world. Improvements of quality in radiation techniques necessitated exact localization of the tumors and developments of treatment planning methods. At the beginning, the localization was performed with X-ray machines, while the treatment planning was done manually. In 1965 a Rotacert type cobalt unit was installed at our institute. This machine was already capable of making irradiation in multiple directions and it worked in rotating mode, too. In Hungary, more cobalt units – first the Gravicert type, then foreign made machines – were gradually installed in other radiotherapy centers too. The quality of treatments was significantly improved by the introduction of the computerized treatment planning, and the foundation of the IAEA-supported National Treatment Planning Network in 1978 was an important step in this process. The next important development was the commencement of the CT image based treatment planning in 1981. With the spread of modern linear accelerators the role of the cobalt units has greatly decreased by now, however, nearly 2,500 cobalt units are still in use worldwide. Their usage could be further increased with technical developments. At present, radiation treatments are performed with cobalt units in eight out of twelve radiotherapy centers in Hungary. Gyarmathy L, Varjas G, Major T, Fodor J, Kásler M. Fifty-year-old history of cobalt radiotherapy in Hungary. Hungarian Oncology 52: 299–304, 2008

**Keywords:** cobalt unit, Co-60, history of cobalt therapy in Hungary

Közlésre érkezett:  
2008. szeptember 2.

Elfogadva:  
2008. szeptember 8.

Levelezési cím:  
Dr. Fodor János  
Országos Onkológiai  
Intézet  
1122 Budapest  
Ráth Gy. u. 7–9.  
Telefon: (06-1) 224-8690  
Fax: (06-1) 224-8680  
E-mail: fodor@oncol.hu

## BEVEZETÉS

A daganatos betegek sugárterápiás kezelésében mérföldkőnek számít az 1951-es év, amikor Kanadában üzembe helyezték az első kobaltágyút (11, 12). Két egymástól független, fizikusokból, orvosokból és mérnökökből álló csoport dolgozott a készülék kifejlesztésén. Az első készüléket 1951 augusztusában telepítették Saskatoonban (Saskatchewan), a másodikat pedig októberben a Victoria Hospital-ban (London, Ontario). Néhány nappal az utóbbi készülék telepítése után, október 27-én ezzel a készülékkel végezték a világon az első Co-60-kezelést. A kobaltágyú nagyenergiájú (átlag: 1,25 MeV) foton sugarai (gamma sugárzás) lehetővé tették a test mélyében elhelyezkedő daganatok sikeresebb kezelését a korábban használt röntgenterápiához képest, melynek során kV-os feszültségű röntgenkészüléket használtak a besugárzásra. A nagyobb energia további előnye volt a kisebb felszíni dózis, ami enyhébb bőrreakciót eredményezett, valamint kisebbé vált a sugárzásnak a légyszövetek, a csont és a levegős szervek közötti elnyelődésbeli különbsége (17).

A következő években, évtizedben a nagyenergiájú gyorsítók elterjedéséig a Co-60-teleterápia jelentette a korszerű sugárkezelést az egész világon. A telekobalt-terápia világszerte gyorsan terjedt, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) felmérése szerint a hatvanas évek elején 498 kobaltágyúval végeztek sugár-

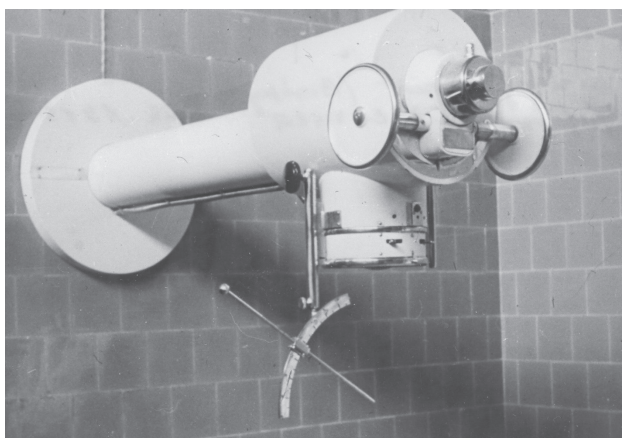
kezelést, míg a MeV-os generátorok és gyorsítók száma összesen 109 volt (16). Azóta ezek az arányok jelentősen módosultak, de az IAEA legfrissebb adatai szerint az egész világon a 6095 sugárterápiás centrumban a kobaltágyúk száma még mindig 2496, szemben a 6321 lineáris gyorsítóval (24).

Az ötvenes években hazánkban a drága külföldi besugárzókészülékek beszerzésére nem volt lehetőség, de ennek ellenére a kanadai első kobaltágyú üzembe helyezését követően néhány év múlva, 1958-ban az Országos Onkológiai Intézetben is elkezdődött a telekobalt-terápia. Bozóky László professzor megtervezte, majd munkatársaival megépítette az első hazai kobaltágyút, a Gravicertet (1–2. ábra), mellyel az első kezelést 1958. február 5-én végezték (1, 2, 18, 19).

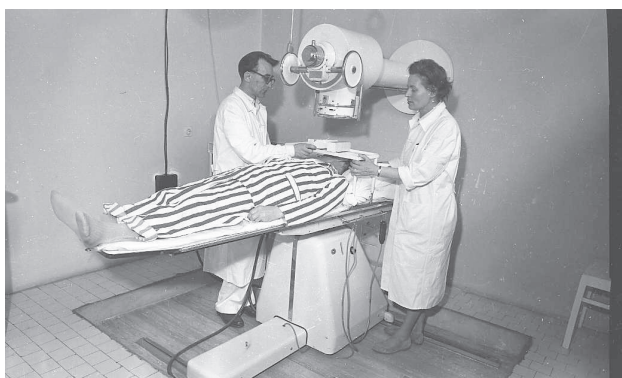
## GRAVICERT, AZ ELSŐ HAZAI KOBALTÁGYÚ

A Gravicert működési elve alapvetően különbözött a külföldi készülékeknél alkalmazott módszertől. A tervező nagy súlyt fektetett a sugárvédelemre, a kezelőhelyiségben a személyzet sugárterhelése szinte a háttérsugárzás szintjén volt. Ezt úgy valósították meg, hogy a készülék két tárolóval rendelkezett. Kikapcsolt állapotban a sugárforrás a vastag betonfalban elhelyezett ólomtrezorban tartózkodott, és csak a kezelés elindításakor került a besugárzófejbe (3. ábra). A forrás mozgását egy acélrúd végezte, melyet súlyok és kábelek segítségével a gravitációs erő mozgattott. Ennek nagy előnye volt, hogy az esetleges áramkimaradás sem okozott zavart a kezelés során. A besugárzási mezőket tubusok formájában cserélhető ólombetétek határozták meg, a mezőbeállítás fénykivetítéssel történt. Ezzel a készülékkel csak állómezős besugárzást lehetett végezni, a többirányú besugárzáshoz a beteget kellett a kezelőasztalon elforgatni. Az első készülék Co-60-sugárforrásának aktivitása csak 260 Ci volt, ezért a kezelések kb. 15 percig tartottak. A későbbiekben már 1000–2000 Ci erősségű forrásokkal működött az ágyú, és ezzel a besugárzások ideje jelentősen lecsökkent.

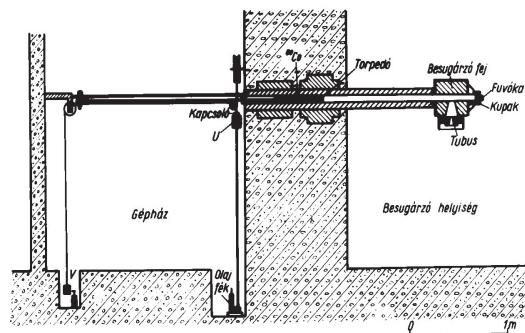
A MEDICOR hamarosan elkezdte a Gravicert típusú kobaltágyúk sorozatgyártását. A hatvanas években



1. ábra. A Gravicert kobaltágyú



2. ábra. Kezelés a Gravicert kobaltágyúval

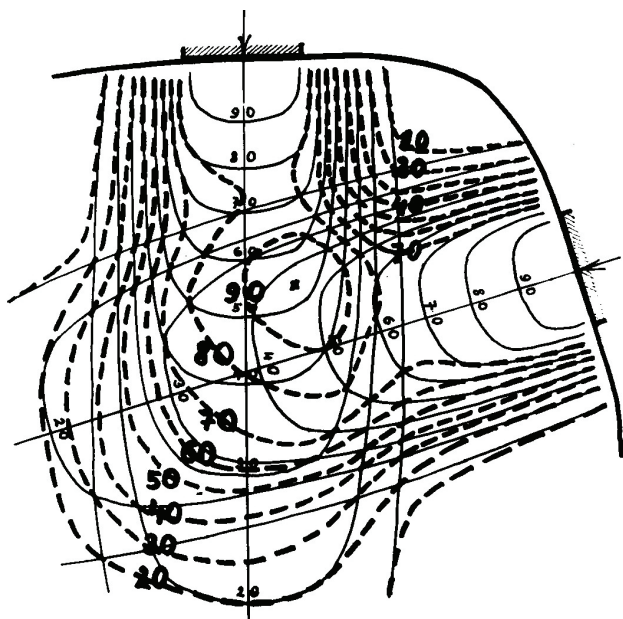


3. ábra. A Gravicert kobaltágyú keresztmetszeti képe

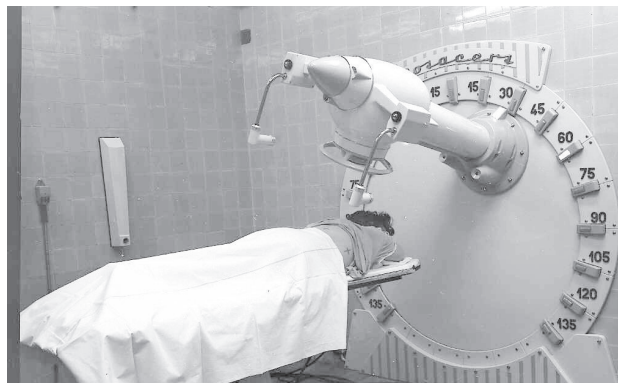


## ROTACERT, AZ ELSŐ MOZGÓBESUGÁRZÁSRA IS ALKALMAS KOBALTÁGYÚ

Intézetünkben 1965-ben állították üzembe a Rotacert típusú kobaltágyút (5. ábra), mely már többirányú besugárzásra, ill. forgó besugárzásra is alkalmas volt (4,



4. ábra. Kobaltágyú kétmezős dóziseloszlásának kézi módszerrel történt grafikus szerkesztése

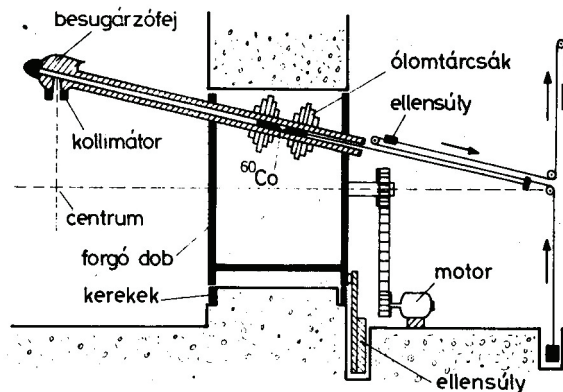


5. ábra. Besugárzás a Rotacert kobaltágyúval

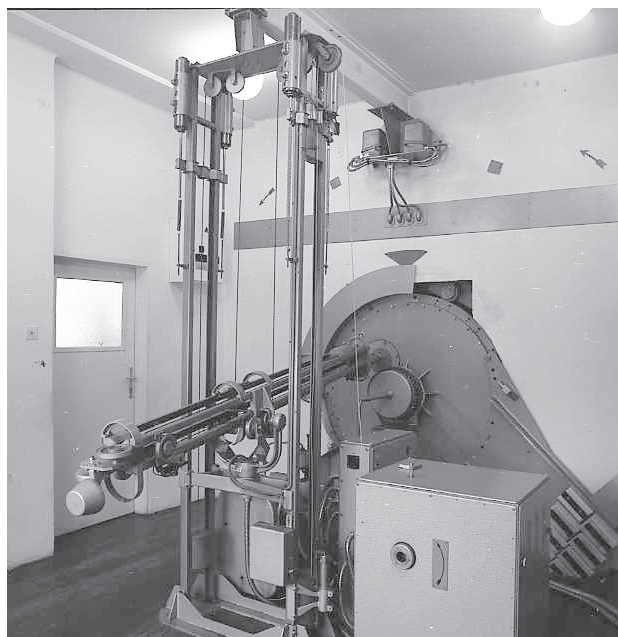
ilyen készüléket állították üzembe a budapesti Uzsoki utcai Onkológiai Központban (ahol a tubusokat hamarosan lecserélték változtatható kollimátorra), a Szombathelyi Megyei Kórházban, a Pécsi és Debreceni Tudományegyetemen, és egyet később Afganisztánban.

A kobaltizotóppal működő besugárzóeszközök alkalmazása mellett a sikeres kezelés és a szövödmények elkerülésének a feltétele volt a daganat helyének pontosabb meghatározása és az egyedi besugárzási terv elkészítése. A kobaltágyú dozimetriai bemérését Bozóky (3) végezte, a klinikai dozimetria pedig Gyarmathy László (7, 9) feladata volt. A céltérfogat lokalizálása Diagnomax típusú röntgenkészülékkel történt. A beteg testkeresztmetszetének körberajzolását ólomszalaggal végeztük. A dóziseloszlás kiszámítása kézi módszerrel, az izodózisgörbék grafikus összeadásával történt (4. ábra). A sugárnyaláb ellenőrzésére, a sugárbelépési kapuk verifikálása céljából a kobaltágyúval röntgenfilm-felvételeket készítettünk. Betegrögzítésre gipsszel átítatott kötőpólyából készült maszkokat és sablonokat használtunk (9). Kezdetben plexi végződésű tubusokkal történtek a besugárzások, de a tapasztalt jelentős bőrreakciók és az irodalmi adatok alapján ezeket hamarosan elhagytuk (17). A téglalap alakú mezők alakjának változtatására ólomtégelákat használtunk, ezzel csökkentve a védendő szervek dózisterhelését (2. ábra).

Az első hat évben összesen 2696 beteg kapott telekobalt-besugárzást. Megoszlásuk anatómiai lokalizáció szerint a következő volt: fej-nyaki daganat 33%, tüdő-mediastinalis daganat 12%, emlőrák 11%, nőgyógyászati daganat 17%, húgyúti- és végbéldaganat 5%, nyelocsődaganat 3%, egyéb daganat 19%. 1963-ban dr. Gyenes György a mediastinalis és retroperitonealis lymphogranulomatosis és lymphosarcomák sikeres kezeléséről számolt be (10). A magyarországi első kobaltágyú 25 évig működött, 1958-tól 1983-ig.



6. ábra. A Rotacert kobaltágyú keresztmetszeti képe

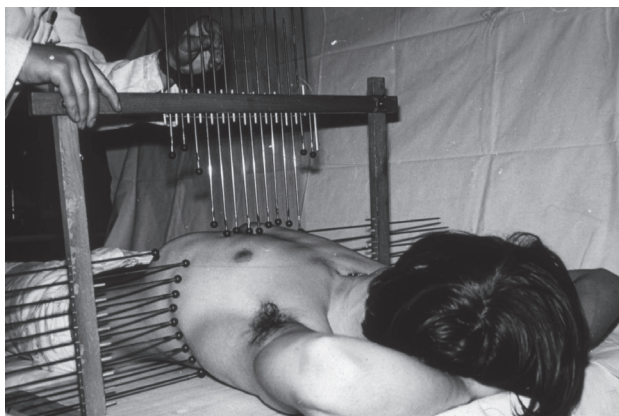


7. ábra. A Rotacert kobaltágyú mozgató mechanizmusa

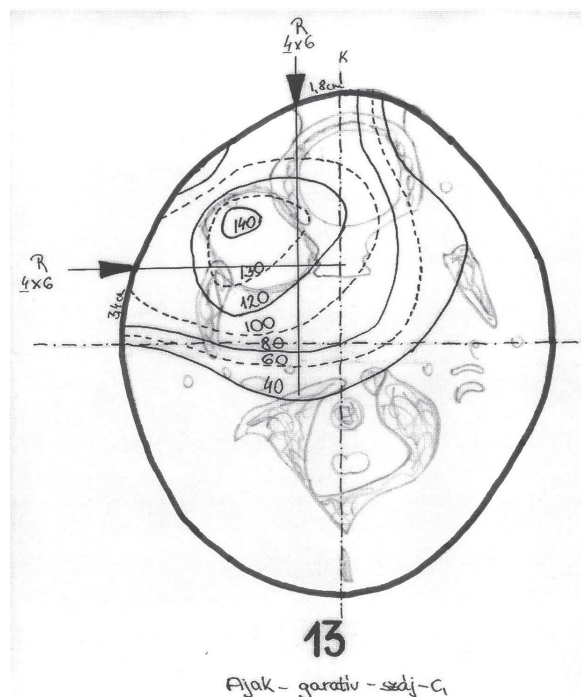
9). A besugárzófej asztal körüli forgási tartománya  $270^\circ$  volt. Ez a készülék a Gravicert továbbfejlesztett változata volt, melyet Bozóky tervei alapján a MEDICOR gyártott. A sugárforrásnak itt is két helyzete volt, de az ólomtrezor a falban lévő forgó acéldobban helyezkedett el. A besugárzófej a kezelőhelyiségben a ferdén futó nyak végén egy köríven mozgott az acéldobbal együtt (6. és 7. ábra). A sugárforrás betöltése és visszahúzása itt is gravitációs elven működő súlyokkal történt. A készülék dozimetriai méréseit Bozóky, a mozgóbesugárzáshoz szükséges kiegészítő méréseket és számításokat pedig Gyarmathy végezte Jones (13) módszere alapján. Ezek a számítások már nagyon munkaigényesek voltak, ezért az ÉM Számítástechnikai Intézet segítségével készítettük el a számítógépes títusterveket. Külön méréseket is végeztünk a kezelőasztal dóziselnyelésének a meghatározására. A kezelések nagy része álló mezős besugárzásokkal történt, de alkalmaztuk a röntgenterápiában bevezetett mozgóbesugárzási technikát is, mellyel 91 beteget kezeltünk 1965–72 között (8, 20). Rotacert típusú kobaltágyú csak az OOI-ben működött, 1965 és 1997 között 32 évig végeztük vele a betegek besugárzását.

## BESUGÁRZÁSTERVEZÉS

A kezelések minőségének a javítása szempontjából fontos és a hazai sugárterápia továbbfejlődése szempontjából alapvető jelentőségű volt, hogy a kobaltágyú mellett fizikusokat is alkalmaztak, ami korábban nem volt szokásos a röntgenterápiában. A dózismérések pontosságának az ugrásszerű javulásán túl a besugárzástervezés is gyors fejlődésnek indult, és megnőtt az igény a besugárzások pontosságának a javítására. A kobaltterápiás központokat felszerelték dózismérőkkel, és a besugárzástervezés kezdett rendszeressé válni. Az országban sok helyen alkalmazták az OOI-ben kifejlesztett besugárzástervezési módszert (kötőtűs testkontúrfelvévő (8. ábra), sematizált anatómiai metszetsor (9. ábra), izodózis-archívum stb.) (21). A kobaltágyú számának a növekedése (pl. 1972-ben Miskolcon üzembe helyeztek egy korszerű,



8. ábra. Testkeresztmetszet kontúrfelvétele kötőtűs módszerrel



9. ábra. Fej-nyaki daganat kétmezős besugárzásának dóziseloszlása sematizált anatómiai metszeten

Siemens gyártmányú Gammatron3 típusú kobaltágyút), a besugárzástervezés elterjedése valamint a külföldi tapasztalatok fokozatosan átalakították a hazai teleterápiát. Megérett a helyzet a következő nagy továbbfejlesztésre. A számítógép megjelenésével a számítógépes besugárzástervezés bevezetése volt egy lényeges továbblépés. 1978-ban Bozóky és munkatársai (Kanyár, Varjas) szervezésében és az IAEA támogatásával létrejött az Országos Besugárzástervezési Hálózat, amely lehetővé tette az ország minden kobaltterápiás központjában a számítógépes besugárzástervezést (5). Az izodózisgörbék kézi összeadását felváltotta a számítógépes dóziseloszlás-számítás. A teleterápiás központok számítógépes terminált és testkontúrfelvévő rajzgépet kaptak, továbbá 1-1 fő fizikust alkalmaztak, akik az első időben még az OOI állományában voltak. A sugárterápiás szakorvosok száma is fokozatosan nőtt. Ezzel a sugárkezelések minősége tovább javult. Kezdetben a testkontúrfelvétel egyedi volt, de a szervek megjelenítése még sematizált anatómiai metszetek segítségével történt (9. ábra). További előrelépést jelentett a CT-re alapozott besugárzástervezés bevezetése, amely 1981-től az Orvostovábbképző Intézettel együttműködve az OOI-ben tömegessé vált, melynek során már az egyedi anatómiai viszonyok figyelembevételével történt a kezelési tervek elkészítése (6, 14, 22, 23). A CT-készülékek fokozatos elterjedésével a CT-alapú besugárzástervezés az ország sugárterápiás központjaiban is elérhetővé vált és széleskörűen elterjedt. A CT pontosabbá tette a besugárzástervezést, csökkentve az anatómiai metszetek bevetítésekor a szervek berajzolásánál előforduló több cm-es eltéréseket (14).





10. ábra. Theratron típusú kobaltágyú

## TOVÁBBI KOBALTÁGYÚK ÜZEMBE HELYEZÉSE

A 80-as években hazánkban 3 Picker gyártmányú és 2 Chisobalt típusú kobaltágyú telepítésére került sor. A 90-es években az addigra korszerűtlenné vált kobaltágyúkat modern, kanadai gyártmányú Theratron 780C és E típusú készülékek (10. ábra) váltották fel (7 darab). A Szegedi Egyetemen pedig egy cseh gyártmányú Theragam típusú kobaltágyút helyeztek üzembe.

## A CO-60-TELETERÁPIA JELENLEGI SZEREPE A DAGANATELLÁTÁSBAN

A korszerű lineáris gyorsítók elterjedésével a kobaltágyú szerepe csökkent a daganatok sugárterápiás ellátásában. Sok országban már teljesen kivonták ezeket a készülékeket a klinikai betegellátásból. Ugyanakkor a fejlődő országok közül sokban még ma is a kobaltágyú jelenti a sugárterápiát. Jelenleg még kb. 2500 kobaltágyú működik világszerte. Hazánkban a 12 centrum közül még 8-ban használnak kobaltágyút a sugárterápiás ellátásban. Ezek a korábban bemutatott hazai készülékekkel szemben már modernebb külföldi besugárzó eszközök. Egyszerű felépítésüknek köszönhetően ezek megbízható, alacsony meghibásodási aránnyal és kis szervizköltséggel működő készülékek. Természetesen a sugárzás alacsonyabb energiája miatt mélyen fekvő daganatok ellátására nem olyan jók, mint a nagyobb energiájú (6–18 MV) lineáris gyorsítók. További hátrányuk a néhány cm-es méretű sugárforrás miatti nagyobb félárnyék, valamint az 5 évenkénti forráscsere, mely jelentős költséggel jár. Ennek ellenére hazánkban még ma is számottevő szerepük van a daganatos betegek sugárterápiás ellátásában. Az Országos Onkológiai Intézetben az 1998-ban telepített Theratron típusú kobaltágyúval 2007-ben két műszakban összesen 1559 beteget kezeltünk.

## EGYÉB KOBALTTERÁPIÁS KÉSZÜLÉKEK

A Co-60-izotópot más sugárterápiás célokra is alkalmazták. 1968-ban Leksell svéd agysebész sztereotaxiás agybesugárzásokra fejlesztette ki a Co-60-sugárforrásokkal működő Gamma Knife-ot (gamma-kés), amit azóta már többször is továbbfejlesztettek. Az utóbbi évtizedekben sok ilyen besugárzót telepítettek, jelenleg közel 250 ilyen készülék működik a világon. Hasonlóan kobaltsugárforrásokat tartalmazó, de működési elvben kissé eltérő sztereotaxiás besugárzókészüléket helyeztek tavalay üzembe Debrecenben (Rotating Gamma Knife). Az OOI-ben egy speciális, a csontvelő-transzplantációt megelőző egésztest-besugárzásra kifejlesztett kobaltbesugárzó működik már több mint 15 éve (Petrányi, Reischl, Varjas). Külföldön olyan modern tomoterápiás készülék kifejlesztésén dolgoznak, melyben a sugárforrás Co-60-izotóp lenne, a képképzést pedig MRI-vel végéne (15). Az MRI előnye a jó lágyrészkontrasztosság, a gammasugárzással működő besugárzókészülék pedig, szemben a lineáris gyorsítóval, nem okoz kompatibilitási problémákat az MRI mágneses terével.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A kobaltterápiát több mint ötven évvel ezelőtt vezették be a daganatos betegek kezelésére. A gazdagabb országokban ma már szinte teljesen visszaszorult a klasszikus teleterápiás alkalmazásokból, de sok országban még ma is használják a daganatos betegek sugárterápiás ellátásában. A fejlődő országokban még ma is fontos szerepe van ennek a módszernek a betegek sugárterápiájában. További technikai fejlesztésekkel szerepük még fokozható lenne, köszönhetően az alacsony fenntartási költségeknek és a megbízható működésüknek.

## IRODALOM

1. Bozóky L. Ein Telekobaltgerät mit vollstendigem Strahlenschutz. *Strahlenther Onkol* 112:628–633, 1960
2. Bozóky L. The cobalt-therapy unit „Gravichert”. *Acta Chir Acad Sci Hung* 3:15–20, 1962
3. Bozóky L. Gravichert teleterápiás készülékünk izodózis görbéi. *OAB Izotóp Alkalmazási Szakbizottság kiadványa* 3:10–15, 1962
4. Bozóky L. Intézetünk új, rotációs kobaltágyúja. *Magyar Onkológia* 10:189–192, 1966
5. Eckhardt S, Gyenes Gy, Bozóky L. Számítógépes Országos Besugárzástervezési Hálózat. *Magyar Onkológia* 25:157–162, 1981
6. Fodor J, Varjas G, József G, et al. Az Országos Onkológiai Intézet számítógépes besugárzási terveinek feldolgozása. III. Inoperábilis emlőcarcinoma. *Magyar Onkológia* 30:246–254, 1986
7. Gyarmathy L. A dóziseloszlás javítása telekobalt besugárzásnál. 25 év a rákellenes küzdelem szolgálatában. *Az Országos Onkológiai Intézet kiadványa*, 85–94, 1962
8. Gyarmathy L. A mozgó telekobalt besugárzás klinikai alkalmazása Rotacert készülékkel. *Magyar Radiológia* 10:228–231, 1966
9. Gyarmathy L, Bozóky L, Reischl G, et al. Development of treatment planning at X-ray, telecobalt and betatron units between 1936 and 1978. *Radiol Oncol* 28:226–230, 1994

10. Gyenes G. Die Telekobaltbestrahlung maligner Lymphome. *Radiol Biol Ther* 5:555–560, 1963
11. Johns HE, Epp ER, Cormack DV, et al. Depth dose data and diaphragm design for the Saskatchewan 1000 curie cobalt-60 unit. *Br J Radiol*, 25:302–308, 1952
12. Johns HE, Bates LM, Watson TA. 1000 curie cobalt-60 units for radiation therapy I. The Saskatchewan Cobalt-60 Unit. *Br J Radiol* 25:296–302, 1952
13. Jones DEA, Gregory C, Birchall I. Dosage distribution in rotational cobalt-60 therapy. *Br J Radiol* 29:196–201, 1956
14. Kis B, Csobály S, Varjas G, et al. Számítógépes topometria a besugárzástervezésben. *Magyar Onkológia* 27:52–57, 1982
15. Kron T, Eyles D, Schreiner L, et al. Magnetic resonance imaging for adaptive cobalt tomotherapy. *J Med Phys* 31:242–254, 2006
16. Tsien KC. A world survey of radioisotope teletherapy units. *Am J Roentgenol Ther Nucl Med* 87:593–599, 1962
17. Richardson JE, Kerman HD, Brewer M. Skin dose from a cobalt-60 teletherapy unit. *Radiology* 63:25–31, 1954
18. Rodé I. Az Országos Onkológiai Intézet osztályán üzembe helyezett kobalt-ágyú. *Orvosi Hetilap* 21:716–718, 1958
19. Rodé I. A kobaltágyú orvosi vonatkozásai. *Magyar Onkológia* 2:113–120, 1958
20. Rodé I. Klinikai tapasztalatok a Rotacert típusú mozgó kobaltágyúval. *Magyar Onkológia* 12:173–179, 1968
21. Varjas G. Besugárzástervezés az Országos Onkológiai Intézet Radiológiai Osztályán. *Magyar Onkológia* 18:112–117, 1974
22. Varjas G, Gyarmathy L, Petrányi J. Besugárzástervezés az Országos Onkológiai Intézet Radiológiai Osztályán. *Kórház és Orvostech* 18:179–184, 1980
23. Varjas G, Pazonyi B, Forgács Gy. Számítógépes besugárzástervezés: visszatekintés és korszerű módszerek. *Magyar Onkológia* 49:245–249, 2005
24. [www-naweb.iaea.org/nahu/dirac/](http://www-naweb.iaea.org/nahu/dirac/)