

A sugárkezelés okozta cardiotoxicitás kockázatának csökkentése bal oldali emlőtumoros betegek kezelése során

Dankovics Zsófia dr.¹ ■ Ungvári Tamás¹ ■ Szabó Döme¹ ■ Heim András¹
Farkas Béla¹ ■ Kiss Balázs¹ ■ Csejtej András dr.¹ ■ Olajos Judit dr.^{2, 3}

¹Markusovszky Egyetemi Oktatókórház, Szombathely

²Jósa András Oktatókórház, Nyíregyháza

³Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza

Bevezetés: Az emlődaganat a nőket érintő egyik leggyakoribb rosszindulatú daganatos megbetegedés. A kezelés során alkalmazott gyógyszeres és sugárterápiás eljárások növelik a késői cardiovascularis megbetegedések előfordulását. Ezért különösen fontos a szív sugárterheléssel szembeni védelme.

Módszer: 45 bal oldali emlődaganatos beteg besugárzási tervét készítettük el mély belégzéses és normál légzéses technika alkalmazásával. Az elkészült terveket összehasonlítottuk, elemeztük. A besugárzási tervek a Philips Pinnacle v. 16 tervezőrendszerben készültek.

Eredmények: Azonos céltérfogat-lefedettség mellett a mély belégzéses technika alkalmazása a szív és a bal elülső le szálló coronariaág dózisterhelésének csökkenéséhez vezet, mérsékelve így a késői cardiovascularis szövődmények előfordulását.

Megbeszélés: A kapott eredmények azt mutatják, hogy a mély belégzéses technika alkalmazása bal oldali emlődaganatos betegek adjuváns sugárkezelése során kedvezően hat a szív sugárterhelésére. Eredményeink jól illeszkednek a hazai centrumok hasonló adataihoz. A céltérfogat lefedettségét nemcsak, hogy meg tudtuk őrizni, hanem még 1%-os javulást is sikerült elérni. Szignifikáns különbség a szívet és a coronariát ért dózisban van. Mély belégzéses technikával közel a felére sikerült csökkenteni az átlagszív dózist (mély belégzés: 2,87 Gy, normállégzés: 5,4 Gy). A coronaria sugárterhelését 19,5 Gy-ről 10,98 Gy-re redukáltuk.

Következtetés: A kezelés pontossága légzéskapuzó rendszerrel, felületvezérelt sugárterápiás rendszerrel tovább javítható. A mély belégzéses technika sikeres alkalmazásához szükséges a kezelőszemélyzet szakmai felkészültsége, a beteg jó kooperációja. Kevésbé eszközigenyes, mint a légzésvezérelt rendszer. A mély belégzéses technika már nem számít a legkorszerűbb módszernek a légzéskapuzás korában, mégis érdemesnek tartottuk ismertetni az osztályunkon szerzett tapasztalatokat onkorkardiológiai aktualitásuk miatt.

Orv Hetil. 2023; 164(11): 420–425.

Kulcsszavak: emlődaganat, mély belégzés, szív dózis

Reducing the risk of radiation-induced cardiotoxicity in patients with left breast tumor

Introduction: Breast cancer is one of the most common malignancies affecting women. Treatment with drugs and radiotherapy increases the incidence of late cardiovascular disease. It is therefore particularly important to protect the heart from radiation exposure.

Method: We prepared an irradiation plan for 45 patients with left breast cancer using deep breathing and normal breathing techniques. The plans were compared and analyzed. The irradiation plans were created in the Philips Pinnacle v. 16 planning system.

Results: At the same target volume coverage, the use of the deep breathing technique leads to a reduction of the dose burden to the heart and to the left descending coronary branch, thus reducing the incidence of late cardiovascular complications.

Discussion: The results obtained show that the use of the deep breathing technique during adjuvant radiotherapy of left-sided breast cancer patients has a beneficial effect on the radiation exposure of the heart. Our results are in good agreement with similar data from national centres. We were not only able to maintain planning target volume coverage, but also to achieve an improvement of 1%. There is a significant difference in dose to the heart and coronary artery. By using the deep breathing technique, we were able to reduce the average cardiac dose by almost half (deep breathing: 2.87 Gy, normal breathing: 5.4 Gy). The coronary exposure was reduced from 19.5 Gy to 10.98 Gy.

Conclusion: The accuracy of treatment can be further improved by using a respiratory gating system with a surface-guided radiotherapy system. The successful use of deep breathing technique requires professionalism of the treatment staff and good patient cooperation. It is less equipment intensive than a respiration-guided system. The deep breathing technique is no longer considered state-of-the-art in the era of breath-holding, but the experience gained in our department is worth describing because of its relevance to oncocardiology.

Keywords: breast cancer, deep inspiration breath, heart dose

Dankovics Zs, Ungvári T, Szabó D, Heim A, Farkas B, Kiss B, Csejtei A, Olajos J. [Reducing the risk of radiation-induced cardiotoxicity in patients with left breast tumor]. *Orv Hetil.* 2023; 164(11): 420–425.

(Beérkezett: 2023. január 3.; elfogadva: 2023. január 26.)

Rövidítések

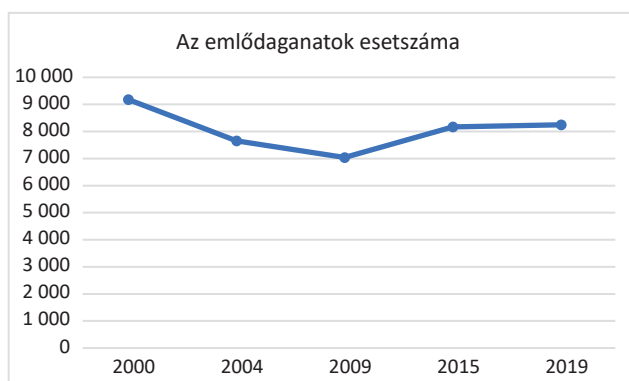
3D = háromdimenziós; CT = (computed tomography) komputertomográfia; DIBH = (deep inspiration breath hold) mély belégzésben tartott lélegzetvétel; DVH = (dose-volume histogram) dózis-térfogat hisztogram; Gy = (gray) az elnyelt dózis mértékegysége; IGRT = (image-guided radiotherapy) képvezérelt sugárterápia; IMRT = (intensity-modulated radiotherapy) intenzitásmodulált sugárterápia; LP = lineáris prediktor; MHD = (mean heart dose) átlagszív dózis; MV = megavolt; PTV = (planning target volume) tervezési céltérfogat

Hazánkban a nőket érintő összes carcinoma 20%-át teszi ki az emlődaganat. 2000-ben 9182, 2004 és 2009-ben 7000 és 7600, míg 2015-ben és 2019-ben már 8200 esetben diagnosztizáltak emlődaganatot. Csökkenő tendenciát követően az új esetek száma 2009-től ismét emelkedett (1. ábra). Az utóbbi években az esetszám növekedésének üteme lassult, de még így is ez az egyik vezető daganatos megbetegedés [1]. Hasonló adatokat kapunk az amerikai Nemzeti Rákkutató Intézet adatait vizsgálva. Az emlőtumorok előfordulásában az 1992 és 2020 közötti időintervallumban enyhe emelkedés tapasztalható, ezzel szemben a mortalitás csökkenő tendenciát mutat [2].

Az emlődaganatok kezelése során alkalmazott kemoterápiás, biológiai és hormonterápiás szerek, valamint a sugárterápia megnövelik a késői cardiovascularis szövöd-

mények kockázatát [3]. Az örvendetes hosszú távú túlélés a szívelégtelenség, a koszorúér-betegség és a stroke megnövekedett rizikójával jár együtt sok esetben [2]. A daganatellenes kezeléssel összefüggésben tehát egyre nagyobb jelentőségre tesz szert a szív- és érrendszeri mellékhatások megelőzése. A fenti betegcsoportban a cardiovascularis rizikó nyolcszoros növekedése tapasztalható. Ezek az adatok egyértelműen rámutatnak arra a tényre, hogy a daganatos betegek kezelése során a cardiotoxicus tényezők késői hatását is figyelembe kell venni [3]. Munkánkban a „deep inspiration breath hold” (DIBH – mély belégzésben tartott lélegzetvétel) technika alkalmazását foglaljuk össze, illetve saját tapasztalatainkat fogalmazzuk meg.

Ma már ismert a gyógyszeres és az irradiációs kezelések okozta szívizom-károsodás folyamata, jelentősége, a cardiotoxicitas vizsgálati protokollja [3], a korai, szubklinikai eltérések detektálása, és rendelkezésre állnak preventív és kuratív gyógyszerek. Mindezek jelentősen meghatározzák a későbbi életkilátásokat. Ezek természetesen nemcsak a kemoterápiás és a biológiai, illetve hormonkészítmények megfelelő alkalmazását jelentik, hanem a betegek körültekintő kivizsgálását (a cardiovascularis rizikó felmérése, a társbetegségek kezelése) és követését is. Ezekkel a kérdésekkel egy új határterületi tudományág, az onkokardiológia foglalkozik [3]. A tumoros betegek kezelésének fontos része a sugárterápia, amely emlődaganatok esetén jelentősen csökkenti a recidíva kockázatát [4]. Az utóbbi évtizedekben vált nyilvánvalóvá, hogy a korszerű sugárforrások és besugárzási technikák (intenzitásmodulált sugárterápia [IMRT], képvezérelt sugárterápia [IGRT]) ellenére is számolni kell az ionizáló sugárzás okozta káros cardiovascularis hatásokkal. A besugárzás hatására megfigyelhető mind macrovascularis (koleszterinplakk és thrombosis), mind microvascularis (csökkent coronariaáramlás, ischaemia, fibrosis) károsodás. A bal emlő irradiációja esetében a szív erei érintettek, így ischaemiára utaló tünetek, angina pectoris, acut coronaria szindróma, infarktusz léphet fel, de az atherosclerosis folyamata mindenképpen felgyorsul. Ezekben a betegekben évekkel később, az átlagpopulációval összehasonlítva, sokkal nagyobb arányban alakul ki coronariabetegség [5].



1. ábra | A nők körében diagnosztizált emlődaganatos megbetegedések száma a Nemzeti Rákközpont adatai alapján

Irodalmi adatok alapján a szív átlagos terhelésének 1 Gy-jel történő növekedése a cardialis mellékhatások rizikóját 4%-kal, a myocardialis infarktushoz, ischaemiás szívelégtelenséghez vezető coronariamegbetegedés kockázatát 7%-kal emeli meg [6]. Ugyanakkor nincs olyan minimális dózisküszöb, amely alatt nincs kockázata a cardialis károsodásnak [7]. Önmagában az életkor előrehaladtával is nő az esélye az ischaemiás szívbetegségnek, és ha ehhez egyéb rizikófaktor (például sugárkezelés) is társul, akkor irodalmi adatok alapján a valószínűsége akár a kétszeresére emelkedhet [8, 9].

Módszerek

A DIBH-technika már nem számít újdonságnak a légzőkapuzás korában, az osztályunkon szerzett tapasztalatainkat mégis érdemesnek tartjuk ismertetni onkokirológiai vonatkozásaik miatt. Ugyanis az onkokirológia új szakterületként egyre nagyobb jelentőségre tesz szert. Valamint hazánkban nem mindenhol érhető el a légzőkapuzó és a felületvezérelt sugárterápiás technika. 2018. szeptember és 2019. február között a DIBH-technikát 45, bal oldali emlődagánatban szenvedő nőbeteg adjuváns sugárkezelése során alkalmaztuk. A módszer bevezetésekor a következő dóziselőírásokat használtuk: 2 Gy frakciódózissal 50 Gy a mellkasfalra (maradék emlőre) és 40 Gy a supraclavicularis régióra, valamint 10–16 Gy kiegészítő dózis a tumorágyra. Azóta már áttértünk a 40,05/2,67 Gy emlő/mellkasfal és 29,37/2,67 Gy supraclavicularis régió dozirozásra. 2 esetben a későbbiekben tervezett rekonstrukciós műtét miatt 45/1,8 Gy, 2 esetben 40,05/2,67 Gy (mellkasfal/emlő), illetve 29,35/2,67 Gy (supraclavicularis régió) frakcionálásra került sor. Az említett 4 esettől eltekintettünk, így össze-

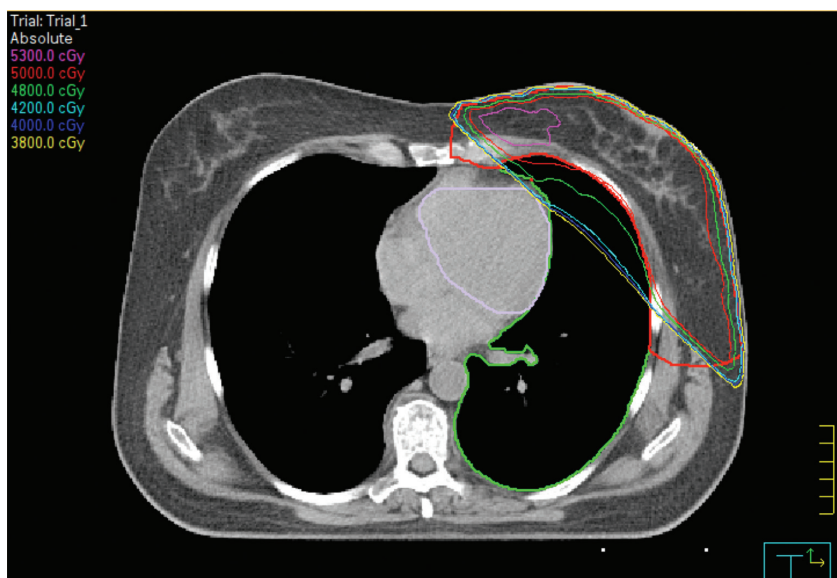
sen 41 beteg azonos dozirozással készült tervét hasonlítottuk össze.

A betegek 31 és 68 év közöttiek voltak, átlagéletkoruk 50,43 év volt. Kezdetben nem szabtuk felső életkori határt. Későbbi tapasztalatok alapján ezt módosítottuk 60 évre. A kezelés kivitelezésének feltétele volt a beteg jó együttműködő képessége, alkalmasnak kellett lennie mély belégzésben átlagosan 20–30 másodpercig a levegő benntartására.

A besugárzástervezéshez Siemens SOMATOM CT-szimulátort (Siemens Healthcare, Erlangen Németország) használtunk. A betegek pozicionálásához Civco Mammaboard (Civco, Coralville, IA, USA) fektetőrendszert alkalmaztunk. A besugárzási tervek a Philips Pinnacle v. 16 tervezőrendszerben (Philips, Fitchburg, WI, USA) készültek. A kezelések Siemens Mevatron Primus lineáris gyorsítókon (Siemens Healthcare) zajlottak.

A tervezéshez a natív (kontrasztanyag nélküli) CT normál légzéses és mély belégzéses pozícióban készült. A szimulátorhoz rendelt lézer-koordinátarendszer segítségével a lézersugarak metszéspontjában a bőrre festékelölés került mindkét légzési pozícióban; a CT-felvételeken ezek a pontok a metszéspontokba helyezett ólommarkerek segítségével voltak azonosíthatók (lézercenter). Újabban a bőrjelölés már tetoválással történik a kezelés pontosabb kivitelezése érdekében.

Az előkészítés következő lépése a rizikószervek és a kezelendő térfogatok CT-szeleteken történő kijelölése (kontúrozás) volt. Rizikószervek a bal oldali emlődagánatok sugárkezelése során: bal tüdő, szív. Sugárkezelési terv készült a kezelőorvos instrukcióinak megfelelően (a frakciódózisok nagysága, a frakciók száma, össz dózis a céltérfogatban, a rizikószervek dóziselőírásai) mind normál légzéses, mind mély belégzéses pozícióban (2. ábra).



2. ábra

Mély belégzésben történt CT-felvétel. Piros színnel a céltérfogat, zöld színnel a bal tüdő és lila színnel a szív kontúra látható. A vékonyabb színes vonalak az izodózisgörbék, amelyek a terv dóziseloszlását reprezentálják

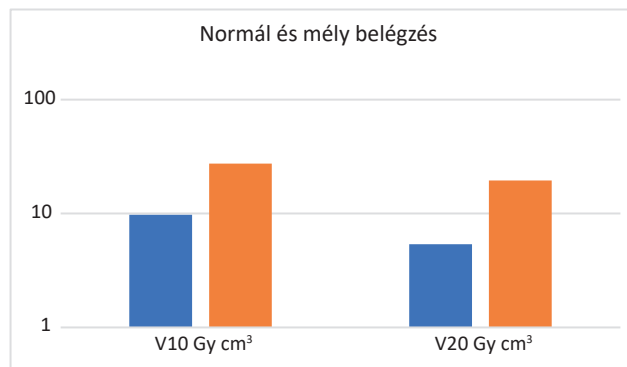
CT = komputertomográfia

A tervezés CT-alapon, ferde opponáló, vegyesen 6 MV és 18 MV energiájú fotonmezők alkalmazásával történt. A tervezőrendszerben a lézercenter beállítása után az izocentert határoztuk meg, mely a mellkasfal közelébe került. Ezen fix pont körül forog a 'gantry' és a kollimátor. Ez utóbbi tartalmazza az ún. 'leaf'-eket, segítségével izolálható a tervezési céltérfogat (PTV), valamint kitarthatók a rizikószervek. A céltérfogat minél nagyobb arányú lefedettségére törekedtünk mindkét légzési pozícióban úgy, hogy a korábban említett cardialis mellékhatások miatt minimális legyen a szív dózisterhelése [5, 7, 10]. A DIBH-technika alkalmazásával a mellkasfal–szív távolság növekszik, csökkentve ezzel a szív sugárterhelésének esélyét [11]. Ugyanakkor nem minden esetben használható, például ha a beteg nem tudja tartani a mély belégzéses pozíciót [12, 13]. Összehasonlítottuk a normál és a mély belégzéses CT-sorozatra készült terveket [14, 15]. A betegpozicionálás normállégzésben történt [16], majd mély belégzéskor készítettük el a kétirányú MV-os verifikációs felvételt [17]. A tervezéskor (3D konformális tervek) figyelembe vettük, hogy egy-egy kezelési mező leadása ne lépje túl a 30 másodpercet [18]. A homogén dóziseloszlás érdekében használtunk ún. illesztett mezőket, fizikai, illetve virtuális ékeket. Ezek segítségével sikerült biztosítani a célterület ellátottságát.

A sugárkezelési tervek összehasonlítására a dózis-térfogat hisztogram (DVH) mellett kiszámoltuk a lineáris prediktor (LP) értékét [9] minden egyes betegnél, mind mély belégzésnél, mind pedig normállégzésnél:

$$LP = (0,153 \times MHD) + (0,087 \times kor) 1,821 \times risk,$$

ahol MHD = átlagdózis a szívben; kor = beteg életkora; risk = rizikófaktorok 0 vagy 1 (magas vérnyomás, kemoterápia, dohányzás stb.).



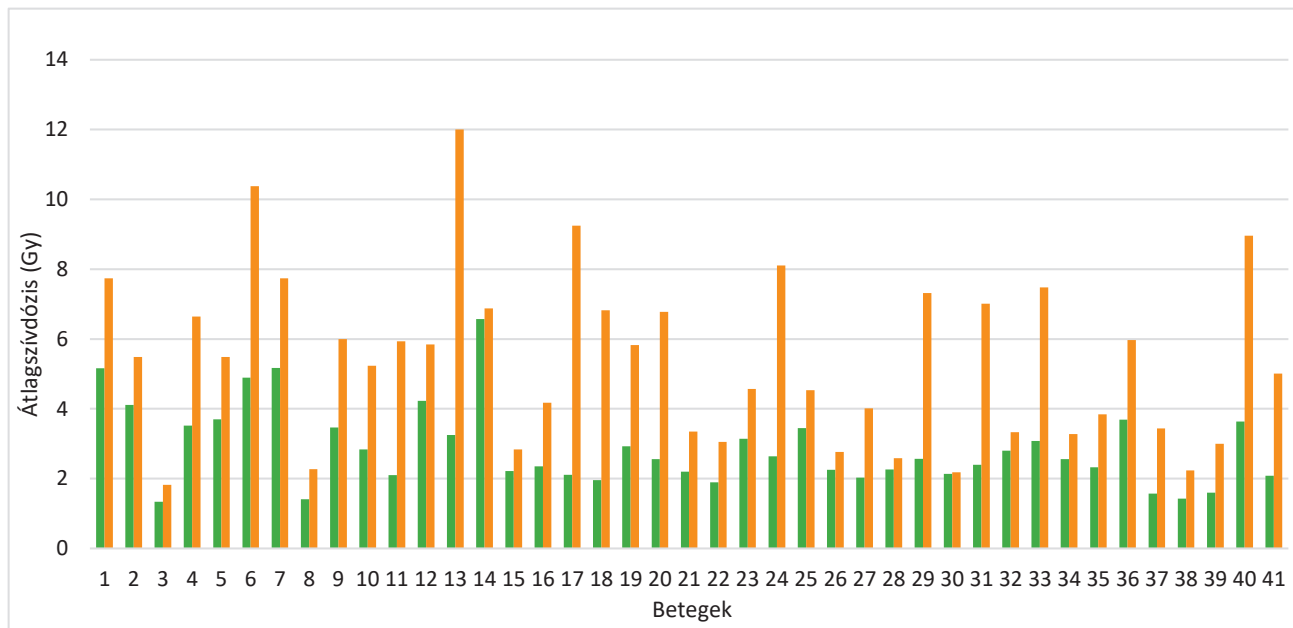
3. ábra

A V10 Gy és V20 Gy a szív azon térfogata, amelyet a 10 Gy és 20 Gy izodózisgörbe határol mély belégzéskor (kék színű oszlopok) és normállégzésben (piros oszlopok). A kisebb érték a kedvezőbb, azt jelenti, hogy kisebb sugárzás éri a szívet

A formulában a konstans együtthatók (0,153; 0,087; 1,821) súlyozzák az adott változó (átlagdózis a szívben, kor, rizikó) hatását az eredményre. Ez azt jelenti, hogy a „rizikó” változó nagyobb hatású, mint a „kor” változó az LP-érték meghatározásakor.

Eredmények

A PTV-kontúrok térfogatai közel azonosak voltak mindkét technika esetén. Mély belégzésnél: átlag 1123,55 cm³ (520 cm³ és 1903 cm³ közötti tartomány), normállégzésnél: átlag 1117,47 cm³ (528 cm³-tól 1990 cm³-ig). A céltérfogat lefedettségét azonos mértékben tudtuk biztosítani. Mély belégzés esetén a céltérfogat lefedettsége 100%-os dóziselőírásnál (azaz az 50 Gy dóziszgörbe által határolt terület) 1,7%-kal, míg 95%-os dóziselőírásnál (47,5 Gy-tal lefedett terület) 1%-kal emelkedett (3. ábra).



4. ábra | Páciensenként látható a normállégvétellel (narancssárga) és a mély belégzéses technikával (zöld) készült tervek átlagszív dózisa

A 3. ábrán látszik, hogy a szív átlagdózisa jelentősen kisebb a DIBH-technika esetén, mint normállégvételnél. A coronariakontúrok 10,4 cm³ (mély belégzés) és 11,43 cm³ (normállégzés) voltak, amelyek hasonlóan tekinthetők. A coronariaág átlagos terhelése a DIBH-technika alkalmazásával jelentősen csökkenthető: 18,33 Gy-ről (normállégzés) 10,63 Gy-re (mély belégzés). Az LP-értékeket vizsgálva elmondható, hogy a két technika közötti jóval kisebb különbséget tesz, mint amit az átlagszív dózisnál tapasztalunk: mély belégzésnél 5,8, normállégzésnél 6,2. Az alacsonyabb érték a kedvezőbb. A normállégzéshez képest átlagosan $0,37 \pm 0,23$ értékkel csökkent az LP-érték.

Az átlagszív dózis-adatokat figyeltük mély belégzésnél és normállégzésnél (4. ábra).

Megbeszélés

A PTV és a rizikószervek térfogatai mindkét CT-sorozat (mély belégzés és normállégzés) azonos méretűnek tekinthetők. A céltérfogat lefedettségét nemcsak, hogy meg tudtuk őrizni, hanem még egy 1%-os javulást is sikerült elérni. Szignifikáns különbség a szív és a coronariát ért dózisban van. DIBH-technikával közel a felére sikerült csökkenteni az átlagszív dózist (mély belégzés: 2,87 Gy; normállégzés: 5,4 Gy).

Ahogy korábban említettük, a szív átlagdózisának 1 Gy-es emelkedése a cardialis mellékhatások rizikóját 4%-kal, az ischaemiás szívelégtelenség kockázatát 7%-kal emeli meg [5]. Ez azt jelenti, hogy a normállégzéshez képest a cardialis mellékhatások kialakulásának valószínűsége kb. 10%-kal, az ischaemiás megbetegedés kockázata 17,7%-kal mérsékelhető. A számolt LP-értékeknél már kisebb mértékű különbséget tapasztalunk. A „rizikó” nagyobb faktort (szorzó: 1,821) jelent, mint az átlagszív dózis (szorzó: 0,153) [9]. A legkisebb súllyal az életkor játszik szerepet (szorzó: 0,087). Ennek tükrében érthető a két légzéstechnika közötti alacsonyabb külön-

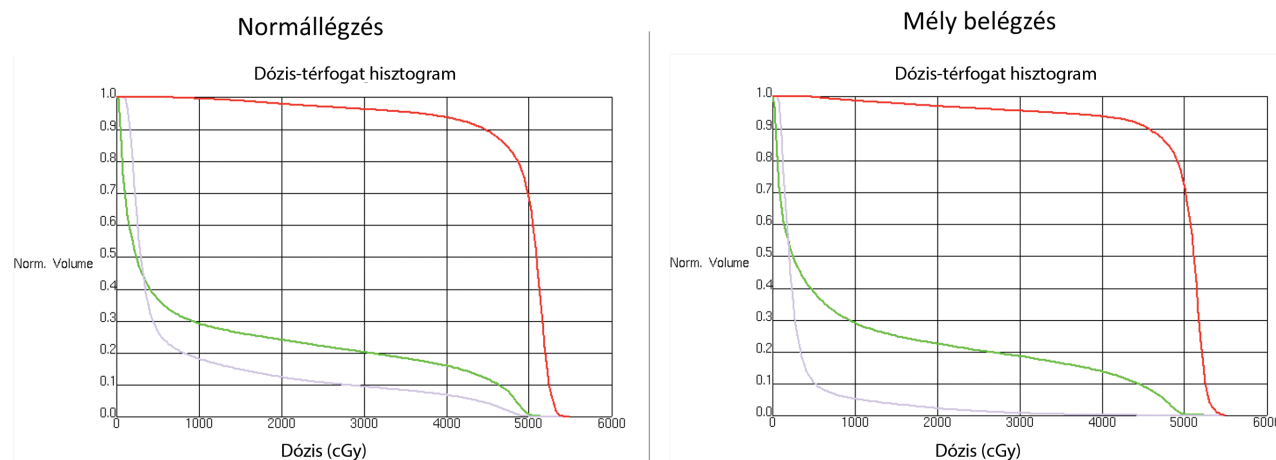
ség. A 10 Gy-es izodózisgörbe által határolt szívtérfogatot (V10 Gy) kb. a harmadára sikerült csökkenteni (9,75 cm³ vs. 27,4 cm³). Magasabb dózis, V20 Gy esetén már több mint háromszoros az arány (3,6) a DIBH-technika javára (5. ábra). E kedvező hatások miatt csökkenthető a késői cardiovascularis szövődmények előfordulása.

A tervezéskor figyelembe vettük, hogy a beteg mennyi ideig tudja tartani a lélegzetét mély belégzésben. Kb. 20–30 másodperces részekre bontottuk szét a kezelést, ilyen kis időintervallumokat a betegek jól toleráltak. Ugyanakkor ha egy kezelési mezőt több részre bontunk, már megnő az esélye annak, hogy ha a beteg nem lélegez be ugyanakkora mennyiségű levegőt minden alkalommal, eltérhet a tervezett és a leadott dózis. Ez a legnagyobb hátrány a légzéskapuzási módszerhez képest. Eredményeink 3D konformális tervekre vonatkoznak; IMRT-tervekkel valószínűleg jobb eredményeket lehetne elérni, de egy-egy kezelési mező sokkal több időt venne igénybe, mint 30 másodperc. A mezők szétosztása növeli a dóziskiszálgáltatás bizonytalanságát. A betegpozicionálás, a hagyományos ortogonális (mediális és laterális irányból) MV-os beállító felvételekkel történt.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a DIBH-technika alkalmazása bal oldali emlődagyanatos betegek adjuváns sugárkezelése során kedvező a szív sugárterhelésének tekintetében. A betegek kiválasztása az első lépcső a sikeres kezeléshez: 60 éves kor alatti, kellő vitálkapacitással rendelkező, jól kooperáló betegeknél alkalmazható a leginkább a DIBH-technika.

Következtetés

Kapott eredményeink jól illeszkednek a hazai centrumok tapasztalataihoz [13–18]. A DIBH-technikával végzett sikeres kezeléshez szükséges a kezelőszemélyzet szakmai felkészültsége, a beteg jó kooperációja. Kevésbé eszközigenyes, mint a légzésvezérelt rendszer. A légzéskapuzás lehet a következő lépcsők, amely még pontos-



5. ábra

Normál és mély belégzéses terv dózis-térfogat hisztogramjai: a piros görbe a céltérfogatot, a zöld a bal tüdőt, a lila a szívet reprezentálja. A céltérfogatgörbék mindkét esetben hasonlóak. A tüdő esetén (zöld) 20 Gy-nél látható kis különbség a mély belégzés javára. A szignifikáns clóny a szívről jelentkezik (lila), mind 10 Gy-nél, mind a görbe maximumában

sabb dóziskiszolgáltatást tesz lehetővé, ugyanakkor a kezelési időt meghosszabbíthatja. A számolt LP-értékek a mély belégzéses és a normál légzéses tervek között kis eltérést mutatnak. Ezért érdemes lehet az LP-metodikát tovább javítani, kiegészíteni például a besugárzási tervből, a CT-képanyagból kiolvasható egyéb paraméterekkel (szív–mellkasfal távolság [19], homogenitásindex stb.). Gyógytornász bevonása a sugárterápia megkezdése előtt megfontolandó, segíthet a betegnek a kezelésre való felkészülésben. A DIBH hasznos, költséghatékony módszer az emlő sugárkezelésében, amellyel jelentősen mérsékelhető a késői cardiovascularis megbetegedések kockázata.

Jelenleg a kezelt betegek utánkövetése zajlik, különös figyelmet fordítva a cardiovascularis paraméterekre. Az eredményeket később szeretnénk publikálni. Az ólommarkerekről áttértünk a tetoválásra, amely javítja a betegpozicionálást. Idősebb betegeknél (60 év felett) nem alkalmazzuk a DIBH-technikát. Terveink között szerepel még a DIBH-technika és az IMRT előnyeinek ötvözése, a céltér fogat lefedettségének javítása, a szív és a tüdő terhelésének minimalizálása.

Anyagi támogatás: A szerzők a kutatómunkáért és a kézirat elkészítéséért anyagi támogatásban nem részesültek.

Szerzői munkamegosztás: D. Zs. és U. T. a kézirat megírását végezték. Sz. D., H. A., F. B., K. B. a kézirat szerkesztésével járult hozzá a kutatáshoz. Cs. A. és O. J. szakmai felügyelete alatt készült a tanulmány. O. J. a kézirat megírásában is részt vett.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] National cancer registry. [Nemzeti rákregiszter] Available from: <http://stat.nrr.hu/rakregiszter-statisztika> [accessed: Jan 2, 2023].
- [2] National Cancer Institute, Surveillance, Epidemiology, and End Results Program. Cancer stat facts: female breast cancer. Bethesda, MD. Available from: <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/breast.html> [accessed: Jan 2, 2023].
- [3] Nagy A, Lódi M, Balogh I, et al. New recommendations in oncocardiology. [Az onkokardiológiai ellátás új irányelvei.] *Magy Onkol.* 2017; 61: 219–227. [Hungarian]
- [4] Polgár Cs, Major T, Fodor J. Advanced radiotherapy after breast conservation surgery. [Korszerű sugárkezelés emlőmegtartó műtét után.] *Orv Hetil.* 2012; 153: 45–55. [Hungarian]
- [5] Nagykalnai T, Nagy ACs, Landherr L. Postoperative radiotherapy of breast cancer and cardiotoxicity. [Posztoperatív emlőbesugárzás és cardiotoxicitás.] *Orv Hetil.* 2014; 155: 897–902. [Hungarian]
- [6] Darby SC, Ewertz M, McGale P, et al. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. *N Engl J Med.* 2013; 368: 987–998.
- [7] Bergom C, Currey A, Desai N, et al. Deep inspiration breath hold: techniques and advantages for cardiac sparing during breast cancer irradiation. *Front Oncol.* 2018; 8: 87.
- [8] Taylor C, McGale P, Brønnum D, et al. Cardiac structure injury after radiotherapy for breast cancer: cross-sectional study with individual patient data. *J Clin Oncol.* 2018; 36: 2288–2296.
- [9] van den Bogaard VA, Ta BD, van der Schaaf A, et al. Validation and modification of a prediction model for acute cardiac events in patients with breast cancer treated with radiotherapy based on three-dimensional dose distributions to cardiac substructures. *J Clin Oncol.* 2017; 35: 1171–1178.
- [10] Sardaro A, Petruzzelli MF, D'Errico MP, et al. Radiation-induced cardiac damage in early left breast cancer patients: risk factors, biological mechanisms, radiobiology, and dosimetric constraints. *Radiother Oncol.* 2012; 103: 133–142.
- [11] Bovelli D, Plataniotis G, Roila F; ESMO Guidelines Working Group. Cardiotoxicity of chemotherapeutic agents and radiotherapy-related heart disease: ESMO Clinical Practice Guidelines. *Ann Oncol.* 2010; 21(Suppl 5): v277–v282.
- [12] Gaál S, Kahán Z, Paczona V, et al. Deep-inspirational breath-hold (DIBH) technique in left-sided breast cancer: various aspects of clinical utility. *Radiat Oncol.* 2021; 16: 89.
- [13] Paczona VR, Kószó R, Szabó J, et al. Deep Inspirational Breath Hold, DIBH for breast cancer. [Mély belégzésben légzésvisszatartással történő besugárzás emlőrákban.] *Magy Onkol.* 2019; 63: 155. [Hungarian]
- [14] Földvári D, Kopácsi T, Szitkay E, et al. Postoperative radiotherapy of patients with left breast tumours using the breath-hold technique. [Bal emlőtumoros betegek posztoperatív sugárkezelése légzésbenntartásos technikával (DIBH).] *Magy Onkol.* 2019; 63: 152. [Hungarian]
- [15] Póti Zs, Katona Cs, Szalai T, et al. Introduction of deep inhalation technique (DIBH) for postoperative radiotherapy of left breast tumours in Hospital of Uzsoki Street. [Mély belégzéses technika (DIBH) bevezetése bal oldali emlőtumorok posztoperatív sugárkezelése esetén az Uzsoki Utcai Kórházban.] *Magy Onkol.* 2017; 61: 39. [Hungarian]
- [16] Drencsényi R, Fodor E, Kószó R, et al. Deep inspiration with breath-holding (DIBH) left breast irradiation at the Oncotherapy Clinic in Szeged. [Mélybelégzésben, légzésvisszatartással kivitelezett (DIBH) bal oldali emlőbesugárzás a szegedi Onkoterápiás Klinikán.] *Magy Onkol.* 2019; 63: 151. [Hungarian]
- [17] Szalai T, Hegedűs L, Katona Cs, et al. Introduction of DIBH (deep inspiration breath hold) technique for left breast irradiation in Hospital of Uzsoki Street. [DIBH (deep inspiration breath hold) technika bevezetése az Uzsoki Utcai Kórházban bal oldali emlőbesugárzásoknál.] *Magy Onkol.* 2017; 61: 200. [Hungarian]
- [18] Kalmár A, Mészáros N, Stelczer G, et al. Post-operative radiotherapy of left breast tumours using the deep inhalation breast hold (DIBH) technique – introduction to clinical practice. [Bal oldali emlőtumorok posztoperatív sugárkezelése mélybelégzéses (DIBH) technikával – bevezetés a klinikai gyakorlatba.] *Magy Onkol.* 2017; 61: 198. [Hungarian]
- [19] Kahán Zs, Ráosi F, Gaál Sz, et al. A simple clinical method for predicting the benefit of prone vs. supine positioning in reducing heart exposure during left breast radiotherapy. *Radiother Oncol.* 2018; 126: 487–492.

(Ungvári Tamás,

Szombathely, Markusovszky L. u. 5., 9700,
e-mail: ungarit@gmail.com)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)