

23. Raggi P, Gorgora MC, Gopal A et al. Coronary artery calcium to predict all-cause mortality in elderly men and women. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:17-23.
24. Mao SS, Pal RS, McKay CR et al. Comparison of coronary artery calcium scores between electron beam computed tomography and 64-multidetector computed tomographic scanner. *J Comput Assist Tomogr* 2009;33:175-8.
25. Groen JM, Greuter MJ, Vliegenthart R et al. Calcium scoring using 64-slice MDCT, dual source CT and EBT: a comparative phantom study. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008;24:547-56.
26. Kim KP, Einstein AJ, Berrington de Gonzalez A. Coronary artery calcification screening: estimated radiation dose and cancer risk. *Arch Intern Med* 2009;169:1188-94.
27. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ et al. Quantific ardiol 1990;15:827-32.
28. Callister TQ, Cooil B, Raya SP et al. Coronary artery disease: improved reproducibility of calcium scoring with an electron-beam CT volumetric method. *Radiology* 1998;208:807-14.
29. Rumberger JA, Kaufman L. A rosetta stone for coronary calcium risk stratification: agatston, volume, and mass scores in 11,490 individuals. *AJR Am J Roentgenol* 2003;181:743-8.
30. Hong C, Pilgram TK, Zhu F et al. Improving mass measurement of coronary artery calcification using threshold correction and thin collimation in multi-detector row computed tomography: in vitro experiment. *Acad Radiol* 2003;10:969-77.
31. Hong C, Bae KT, Pilgram TK. Coronary artery calcium: accuracy and reproducibility of measurements with multi-detector row CT – assessment of effects of different thresholds and quantification methods. *Radiology* 2003;227:795-801.
32. Wexler L, Brundage B, Crouse J et al. Coronary artery calcification: pathophysiology, epidemiology, imaging methods, and clinical implications. *Circulation* 1996;94:1175-92.
33. Hoff JA, Chomka EV, Krainik AJ et al. Age and gender distributions of coronary artery calcium detected by electron beam tomography in 35,246 adults. *Am J Cardiol* 2001;87:1335-9.
34. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 2002;106:3143-421.
35. O'Rourke RA, Brundage BH, Froelicher VF et al. American College of Cardiology/American Heart Association Expert Consensus document on electron-beam computed tomography for the diagnosis and prognosis of coronary artery disease. *Circulation* 2000;102:126-40.
36. Erbel R, Mohlenkamp S, Moebus S et al. Coronary risk stratification, discrimination, and reclassification improvement based on quantification of subclinical coronary atherosclerosis: the Heinz Nixdorf Recall study. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1397-406.
37. Polonsky TS, McClelland RL, Jorgensen NW et al. Coronary artery calcium score and risk classification for coronary heart disease prediction. *JAMA* 2010;303:1610-6.
38. Greenland P, Bonow RO, Brundage BH et al. ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document on Electron Beam Computed Tomography) developed in collaboration with the Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:378-402.
39. Sillesen H, Falk E. Selective screening for subclinical atherosclerosis. *Lancet* 2011 (i trykken).
40. Greenland P, Alpert JS, Beller GA et al. 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2010;122:584-636.

Stråleterapi hos patienter med pacemakere og implanterbare kardioverterdefibrillatorer

Tomas Zaremba¹, Anna Margrethe Thøgersen¹, Annette Ross Jakobsen², Søren Pihlkjær Hjortshøj¹, Ole Eschen¹ & Sam Riahi¹

Implantationer af kardielle pacemakere (PM) er i Danmark steget fra 131 til 604 pr. million indbyggere i perioden 1982-2009 [1]. Sideløbende er antallet af implanterbare kardioverterdefibrillatorer (ICD) steget eksponentielt siden begyndelsen af 1990'erne, og i 2009 blev der indopereret 208 enheder pr. million indbyggere. Den forventede stigende levealder og dermed øgede risiko for udvikling af maligne sygdomme øger sandsynligheden for, at patienter med PM/ICD på et tidspunkt får behov for stråleterapi.

De PM, der blev produceret indtil begyndelsen af 1970'erne, indeholdt diskrete transistorer, som var relativt resistente over for ioniserende stråling [2]. I moderne PM/ICD anvender man komplementære metaloxidsemikonduktorer, som er mere kompakte og har mindre energiforbrug [3]. Omvendt har denne teknologi gjort enheden mere følsom over for ioniserende stråling [4].

Hverken europæiske eller amerikanske kardiologiske selskaber har publiceret officielle retningslinjer for stråleterapi hos patienter, der har PM/ICD. Siden American Association of Physicists in Medicine Task Group No. 34 (AAPM TG-34) i 1994 publicerede en rapport om stråleterapi hos patienter med PM [5], er der ikke blevet udgivet opdaterede officielle retningslinjer. Dokumentet omhandler ikke stråleterapi hos patienter med ICD.

De aktuelle anbefalinger fra PM/ICD-producenter varierer betydeligt. Eksempelvis kan anbefalet maksimal stråledosis til PM strække sig fra »ingen sikker dosis« til 30 Gy [6].

MATERIALE OG METODER

På grund af manglende opdaterede retningslinjer skønnes der at være et behov for at belyse rutiner ved håndtering af patienter, der har PM/ICD, og som får stråleterapi på danske sygehuse. Til det formål

UDVIKLING OG UDDANNELSE

1) Hoved-Orto-Hjertecenter, Kardiologisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital, Aalborg Sygehus, og
2) Kræft- og Diagnostikcenter, Onkologisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital, Aalborg Sygehus

blev der i sommeren 2010 udarbejdet separate spørgeskemaer til onkologiske og til PM-implanterende kardiologiske afdelinger. Afdelingsledelserne blev derefter kontaktede via e-mail med anmodning om at udfylde skemaerne og at tilsende evt. afdelingsinstruks for denne patientpopulation.

RESULTATER

Seks ud af syv (86%) stråleterapifdelinger og ni ud af 13 (69%) kardiologiske afdelinger svarede.

Resultaterne fremgår af **Tabel 1**. Med en enkelt undtagelse følger man på alle stråleterapifdelinger AAPM TG-34-guidelines og beregner altid stråledosis for PM/ICD.

På tre ud af seks (50%) stråleterapifdelinger har man udarbejdet en skriftlig instruks for behandling af patienter med PM/ICD. Dette er tilfældet på blot én (11%) af de kardiologiske afdelinger. Af besvarelsenerne fra kardiologiske afdelinger fremgår, at disse patienter i høj grad vurderes individuelt, og hovedparten (78%) af afdelingerne konfererer med PM/ICD-producenterne. Patienter, hvis PM/ICD ligger i strålefeltet, tilbydes som regel supplerende kontroller på de kardiologiske afdelinger (67%). Accepteret maksimal total stråledosis til PM blev af både stråleterapifdelinger og kardiologiske afdelinger angivet til < 2 Gy, undtagelsesvist op til 5-10 Gy. For ICD har én kardiologisk afdeling sat en grænse på 1 Gy. Ingen af stråleterapifdelingerne eller de kardiologiske afdelinger monitorerede patientens hjerterytme under selve bestrålingen.

DISKUSSION

I AAPM TG-34-rapporten skelnede man mellem forbigående og varig skade på PM ved stråleterapi [5]. Førstnævnte kan opstå pga. elektrisk støj i PM's elektronik eller pga. elektromagnetisk interferens (EMI), som kan medføre omprogrammering i PM's software, hvorimod kumulativ dosis af ioniserende stråling kan beskadige PM's hardware permanent. Over-sensing af støjpotentialer kan medføre manglende *pacing* eller udløse asynkron *pacing* . I rapporten anbefales det, at man altid beregner dosis til PM og undgår at placere denne direkte i strålefeltet. PM-dosis på maksimalt 2 Gy anses for at være en sikker grænse. På baggrund af in vitro-undersøgelser, kasuistikker [7] og mindre patientserier er der publiceret en række oversigtsartikler på området [3, 6, 8].

I den nyeste oversigtsartikel foreslår *Hudson et al* [8], at der altid holdes en afstand mellem strålefeltet og PM/ICD på mindst 5 cm. Total stråledosis til PM/ICD bør holdes så lav som muligt. Sikker grænse for PM anses for at være maksimalt 2 Gy og bør aldrig overstige 5 Gy. Flytning af ICD bør overvejes, med mindre dosis kan holdes under 1 Gy (**Figur 1**). Man anbefaler, at stråleterapifdelinger råder over hjerterytmeovervågningsudstyr, hjerterestopbakke og defibrillator med mulighed for ekstern *pacing* . Samtidig fastslås det, at elektrokardiogram (ekg)-monitorering er obligatorisk under stråleterapi hos patienter med stort *pacing* -behov, og at der bør foretages kontrol af PM efter hver stråledosis. Hos patienter med ICD anbefales det, at al form for antitakykarditerapi



TABEL 1

Positive svar på spørgeskema fra stråleterapifdelinger og kardiologiske afdelinger.

	n (%)
<i>Stråleterapifdelinger</i>	
Findes der på afdelingen en skriftlig instruks for stråleterapi hos patienter med PM/ICD?	3 (50)
Følger man AAPM TG-34-guidelines?	5 (83)
Konfererer man rutinemæssigt med kardiologisk afdeling?	5 (83)
Konfererer man rutinemæssigt med PM/ICD-producenterne?	0 (0)
Beregner man stråledosis for PM/ICD?	5 (83)
Fjerner man altid PM/ICD fra strålefeltet?	6 (100)
Bruger man energier over 10 MV hos patienter med PM/ICD in situ?	5 (83)
Begrænser man total stråledosis hos denne patientgruppe?	0 (0)
Monitorerer man disse patienter under bestråling?	0 (0)
Bruger man formaliseret afkrydsningsskema?	0 (0)
<i>Kardiologiske afdelinger</i>	
Findes der på afdelingen en skriftlig instruks for stråleterapi hos patienter med PM/ICD?	1 (11)
Følger man AAPM TG-34-guidelines?	2 (22)
Konfererer man rutinemæssigt med PM/ICD-producenterne?	7 (78)
Deltager kardiologisk afdeling i monitorering af PM/ICD-patienter under bestråling?	0 (0)
Tilbydes patienter med PM/ICD rutinemæssigt supplerende undersøgelser i kardiologisk regi, hvis implantatet ligger i strålefeltet?	6 (67)

AAPM TG-34 = American Association of Physicists in Medicine Task Group No. 34; ICD = implanterbar kardioverter-defibrillator; PM = pacemaker.

bliver inaktiveret inden hver strålefraktion, og at patienten monitoreres med ekg-overvågning under behandlingen.

Reoperation og flytning af PM udsætter de pågældende patienter for risiko for komplikationer, herunder beskadigelse af elektroder og infektion [9].

Med et forventet stigende antal patienter i denne population kunne hjerterytmeovervågning under stråleterapi potentielt blive en mere udbredt praksis, hvis man vælger at lade enheden blive in situ.

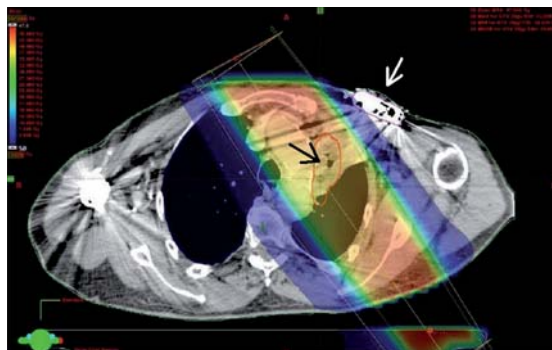
KONKLUSION

Både onkologer og kardiologer bør være opmærksomme på det gradvist stigende antal patienter, der har PM/ICD og gennemgår stråleterapi for maligne sygdomme. Faggrupperne bør være i tæt samarbejde om disse patienter. Dokumentationen på området er relativt sparsom vedrørende moderne PM og ICD. Man bør altid beregne stråledosis til PM/ICD-generatoren inden påbegyndelse af stråleterapi. Alle patienter med PM/ICD bør konfereres med kardiologisk afdeling med henblik på vurdering af deres grad af afhængighed af implantatet (f.eks. er en patient med syg sinusknude-syndrom og *pacing* < 1% af tiden betydelig mindre afhængig af sin PM, end en patient med komplet atrioventrikulært blok uden egen eskapaderytme er). PM-dysfunktion er sjælden ved kumuleret dosis på mindre end 2 Gy, hvorimod ICD-dysfunktion kan optræde selv ved udsættelse for spredt stråling reflekteret fra patientens væv [10]. Indtil der foreligger opdaterede nationale eller internationale retningslinjer på området, vurderes det at være relevant at udarbejde procedurer lokalt på afdelinger, som behandler disse patienter. Det ville være ønskeligt med større undersøgelser med nutidige PM/ICD, evt. på initiativ af producenterne.

For at sikre en forsvarlig håndtering af patienter med PM/ICD under stråleterapi vil vore anbefalinger til fremtidige danske retningslinjer være følgende:

1. Alle patienter med PM/ICD skal konfereres med en kardiologisk afdeling.
2. Stråledosis til PM/ICD-generator skal beregnes.
3. Ved kumuleret stråledosis til PM < 2 Gy testes PM før og efter afsluttet stråleterapi.
4. Ved kumuleret stråledosis til PM \geq 2 Gy og hos alle patienter med ICD etableres der ekg-overvågning under stråleterapi og beredskab med genoplivningsudstyr og mulighed for ekstern *pacing* .
5. Hvis kumuleret stråledosis til PM er på 2-5 Gy, eller afstanden til PM er under 5 cm, testes enheden efter hver stråledosis.
6. Ved kumuleret stråledosis til PM \geq 5 Gy anbefa-

FIGUR 1



Computertomografi fra dosisplanlægning af stråleterapi hos en patient med lungeturmor (sort pil) og implanterbar kardioverterdefibrillator (ICD) (hvid pil). Ved at justere stråleretningen hos den pågældende patient reduceres den totale stråledosis til ICD til 1,3 Gy.

les flytning af PM eller brug af temporær pacerledning hos *pacing* -afhængige patienter. Hos patienter med et lavt *pacing* -behov kan PM undertagelsesvist forblive in situ med test efter hver stråledosis.

7. Hos alle patienter, der har ICD, lægges der en magnet over ICD-enheden under bestråling, og ved kumuleret stråledosis på \geq 1 Gy kontrolleres ICD'en efter hver stråledosis. Evt. flytning af ICD'en afgøres ud fra en individuel bedømmelse.

KORRESPONDANCE: Tomas Zaremba, Hoved-Orto-Hjertecenter, Kardiologisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital, Aalborg Sygehus, Hobrovej 18-22, 9100 Aalborg. E-mail: tz@rn.dk

ANTAGET: 22. juni 2011

FØRST PÅ NETTET: 8. august 2011

INTERESSEKONFLIKTER: Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

LITTERATUR

1. Danish Pacemaker and ICD Register, 2009. www.pacemaker.dk (9. marts 2011).
2. Walz BJ, Reder RE, Pastore JO et al. Cardiac pacemakers. JAMA 1975;234:72-3.
3. Last A. Radiotherapy in patients with cardiac pacemakers. Br J Radiol 1998;71:4-10.
4. Marbach JR, Meoz-Mendez RT, Huffman JK et al. The effects of cardiac pacemakers of ionizing radiation and electromagnetic interference from radiotherapy machines. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1978;4:1055-8.
5. Marbach JR, Sontag MR, Van Dyk J et al. Management of radiation oncology patients with implanted cardiac pacemakers: report of AAPM Task Group No. 34. American Association of Physicists in Medicine. Med Phys 1994;21:85-90.
6. Solan AN, Solan MJ, Bednarz G et al. Treatment of patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2004;59:897-904.
7. Zaremba T, Thogersen AM, Eschen O et al. High-dose radiotherapy exposure to cardiac pacemakers may be safe in selected patients. Radiother Oncol 2010;95:133-4.
8. Hudson F, Coulshed D, D'Souza E et al. Effect of radiation therapy on the latest generation of pacemakers and implantable cardioverter defibrillators: a systematic review. J Med Imaging Radiat Oncol 2010;54:53-61.
9. Harcombe AA, Newell SA, Ludman PF et al. Late complications following permanent pacemaker implantation or elective unit replacement. Heart 1998;80:240-4.
10. Hoecht S, Rosenthal P, Sancar D et al. Implantable cardiac defibrillators may be damaged by radiation therapy. J Clin Oncol 2002;20:2212-3.