

An aerial photograph of a city, likely Aarhus, Denmark, showing a harbor with a large ship and industrial structures, and a city center with many buildings and green spaces. The text is overlaid on the image.

CT doser og risiko for kræft ved gentagende CT undersøgelser

Jolanta Hansen, Ph.d.

Hospitalsfysiker

Afdeling for Medicinsk Fysik

Århus Universitetshospital, Danmark

e-mail: jolahans@rm.dk

At analysere aktuel anvendelse af computer tomografi (CT) på en radiologisk universitetsafdeling sammenlignet med anvendelsen i 1996, vurdere strålingsdosis og risiko forbundet med CT og analysere anvendelsen af CT i Danmark siden 1979.

At analysere årsagen til at en gruppe patienter får udført et stort antal CT undersøgelser i løbet af en 1 års periode og evaluere strålingsdosis, risiko og patienternes overlevelse.

DEL I

- 1) At analysere aktuel anvendelse af computer tomografi (CT) på en radiologisk universitetsafdeling sammenlignet med anvendelsen i 1996
- 2) vurdere strålingsdosis og risiko forbundet med CT
- 3) analysere anvendelsen af CT i Danmark siden 1979.

PATIENTER

Der blev samlet administrative data for alle patienter som blev undersøgt med CT på radiologisk afdeling Århus Universitetshospital i 1996 og 2005, som inkuderede:

- patientens alder og køn
- anatomisk region og undersøgelses protokol
- henvisende medicinske speciale

CT SCANNER

2005:

To CT scannere

- Philips Brilliance 40
- Philips MX8000

1996:

En CT scanner

- Siemens Somatom Plus

DOSIMETRI

For alle standard protokoller i 2005 blev der:

- målt $CTDI_{vol}$
- beregnet DLP
- beregnet effektiv doser fra DLP ganget med EDLP
(konversionsfaktorer for forskellige anatomiske regioner)

DOSIMETRI

Effektive dose = DLP · CF (mSv)

Anatomisk region	Konversionsfaktor CF $\text{mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$
Head	0,0023
Neck	0,0054
Chest	0,017
Abdomen	0,015
Pelvis	0,019

Ref. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography,
EUR 16262, May 1999.

DOSIMETRI

Effektive dose = DLP · CF (mSv)

Age	Head and Neck	Neck	Chest	Abdomen/ Pelvis
Neonate	0.013	0.017	0.034	0.049
1 y	0.009	0.012	0.026	0.030
5 y	0.006	0.011	0.018	0.020
10 y	0.004	0.008	0.017	0.019
15 y	0.0031	0.006	0.017	0.019

STRÅLERISIKO

- **ICRP** (International Commission on Radiological Protection)
effektiv dose på 10 mSv ~ risiko for stråle-induceret dødelig kræft i en patient ud af 2000.
- **BEIR VII** (National Academy of Sciences Committee on Biological Effect of Ionizing Radiation)
effektiv dose på 10 mSv ~ risiko for stråle-induceret kræft i en patient ud af 1000.

STRÅLERISIKO -ICRP

Risikofaktor for fatal cancer

$5,0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ (5% pr. Sv)

eller $50 \times 10^{-6} \text{ mSv}^{-1}$

d.v.s. 1 mSv til 10^6 personer

medfører $50 \times 10^{-6} \times 1 \times 5 \times 10^6$

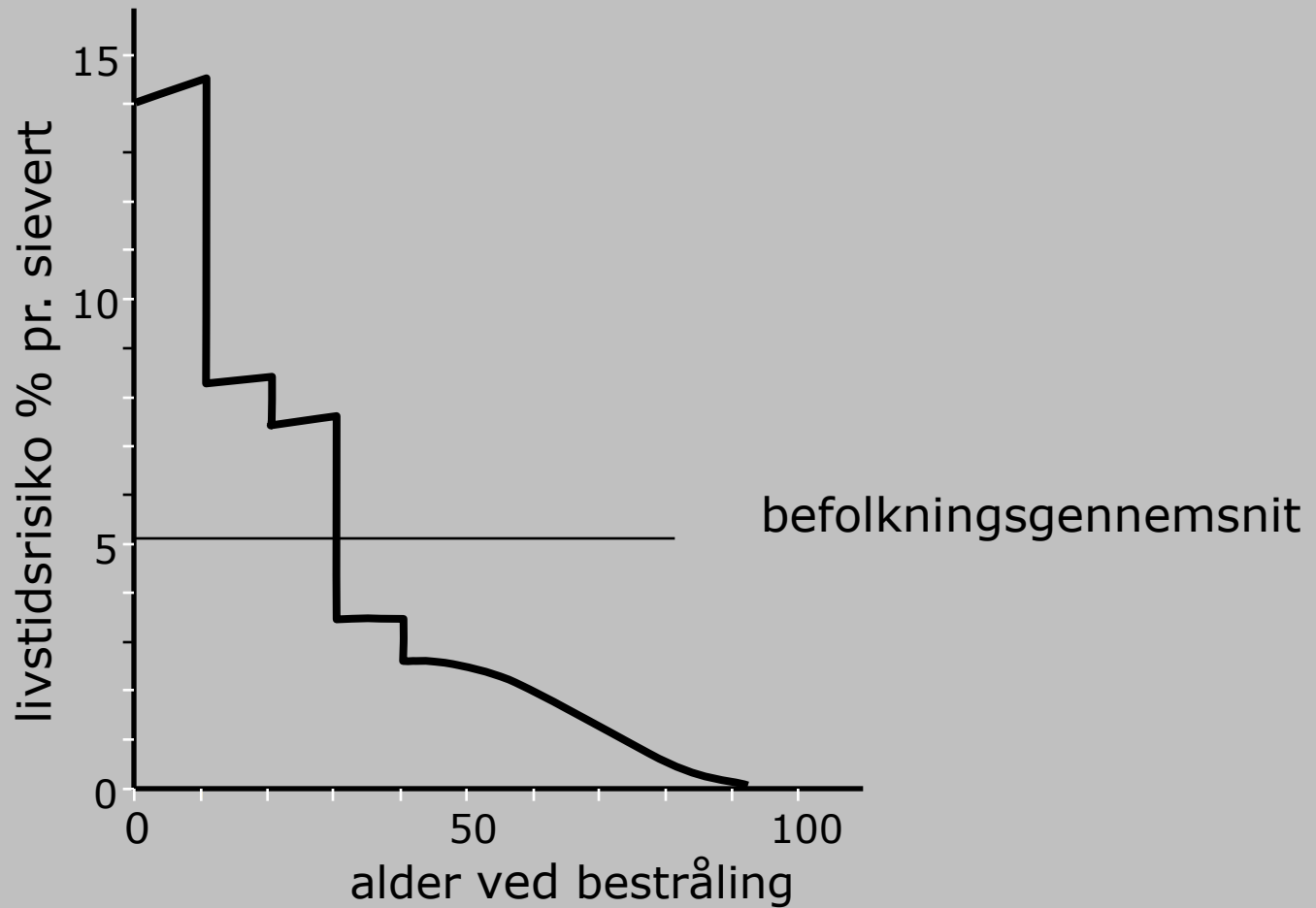
= 250 fatale cancer tilfælde

eller

at få 1 mSv betyder en risiko på 1 ud af 20.000 for at få en fatal stråleinduceret cancer

STRÅLERISIKO – ICRP

Livstidsrisiko for stråleinduceret cancer



STRÅLERISIKO - ICRP

Generelt:

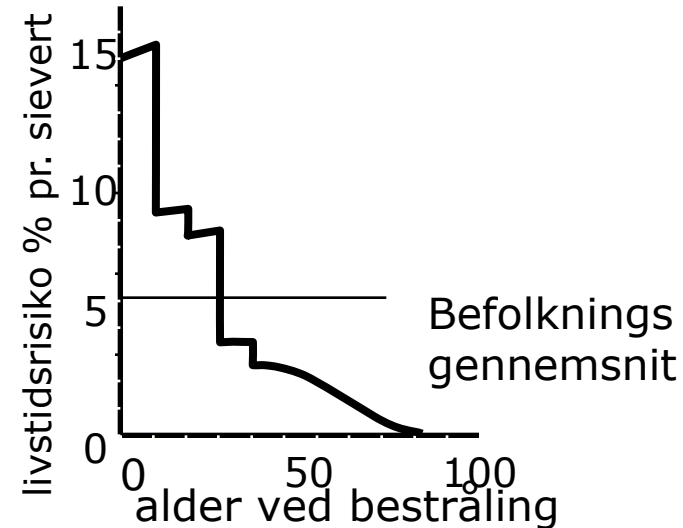
$5\%/Sv = 0,05/Sv = 0,00005/mSv$,
svt. at 1 mSv = $1/20.000$ 20 mSv = $1/1000$
 $x \text{ mSv} = x/20.000 = 1/(20000/x)$

Børn under 10 år:

$14,5\%/Sv = 0,145/Sv = 0,000145/mSv$,
svt. at 1 mSv = $1/6.897$
 $x \text{ mSv} = x/6.897 = 1/(6.897/x)$

Unge fra 10 til 20 år:

$8,5\%/Sv = 0,085/Sv = 0,000085/mSv$, svt. at
1 mSv = $1/11.765$
 $x \text{ mSv} = x/11.765 = 1/(11.765/x)$



STRÅLERISIKO –BEIR VII

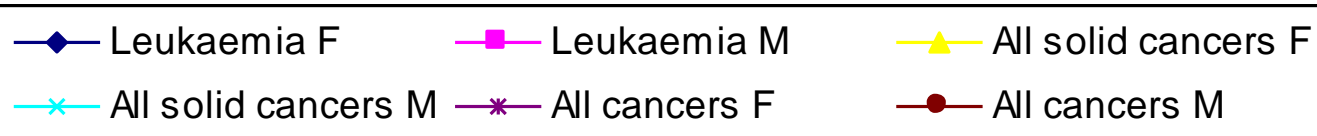
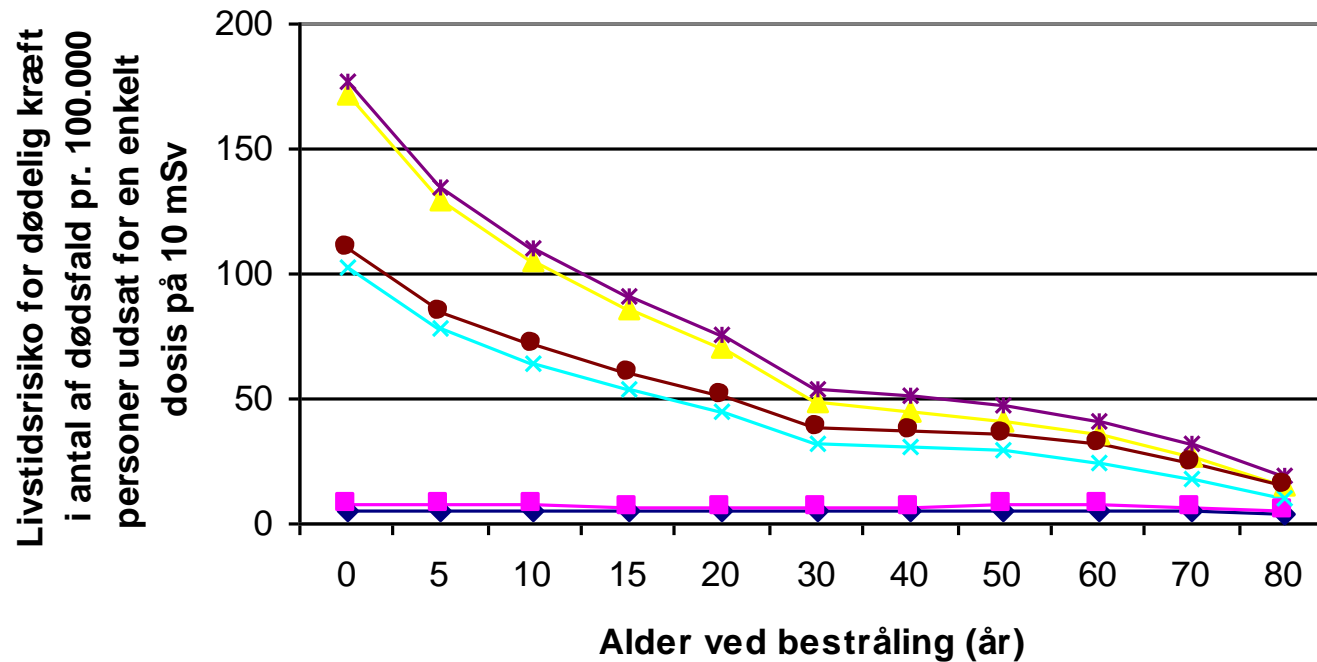
BEIR VII modellen er baseret på data fra A-bombe overlevende, og beskriver livstids risikoen (LAR) for forekomsten af kræfttilfælde og dødelighed.

Livstidsrisikoen (LAR) for forekomsten af kræfttilfælde og dødeligheden er anslået til en enkelt dosis på 0,1 Gy (100 mSv lavenergi γ -stråler) for forskellige alderstrin ved eksponeringen.

Cancer site	Sex	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
Leukaemia	F	185	112	86	76	71	63	62	62	57	51	37
Leukaemia	M	237	149	120	105	96	84	84	84	82	73	48
All solid cancers	F	4592	3265	2525	1988	1575	1002	824	678	529	358	177
All solid cancers	M	2326	1677	1325	1076	881	602	564	507	407	270	126
All cancers	F	4777	3377	2611	2064	1646	1065	886	740	586	409	214
All cancers	M	2563	1816	1445	1182	977	686	648	591	489	343	174
Stomach	F	101	85	72	61	52	36	35	32	27	19	11
Stomach	M	76	65	55	46	40	28	27	25	20	14	7
Colon	F	220	187	158	134	114	82	79	73	62	45	23
Colon	M	336	285	241	204	173	125	122	113	94	65	30
Liver	F	28	23	20	16	14	10	10	9	7	4	2
Liver	M	61	50	43	36	30	22	21	19	14	8	3
Lung	F	733	608	504	417	346	242	240	230	201	147	77
Lung	M	314	261	216	180	149	105	104	101	89	65	34
Breast	F	1171	914	712	553	429	253	141	70	31	12	4
Uterus	F	50	42	36	30	26	18	16	13	9	5	2
Ovary	F	104	87	73	60	50	34	31	25	18	11	5
Prostate	M	93	80	67	57	48	35	35	33	26	14	5
Bladder	F	212	180	152	129	109	79	78	74	64	47	24
Bladder	M	209	177	150	127	108	79	79	76	66	47	23
Thyroid	F	634	419	275	178	113	41	14	4	1	0.3	0.0
Thyroid	M	115	76	50	33	21	9	3	1	0.3	0.1	0.0
Other	F	1339	719	523	409	323	207	181	148	109	68	30
Other	M	1123	672	503	394	312	198	172	140	98	57	23

Lifetime attributable risk (LAR) of cancer incidence in number of deaths per 100,000 persons exposed to a single dose of 0.1 Gy [BEIR VII, Table 12D-1].

STRÅLERISIKO –BEIR VII

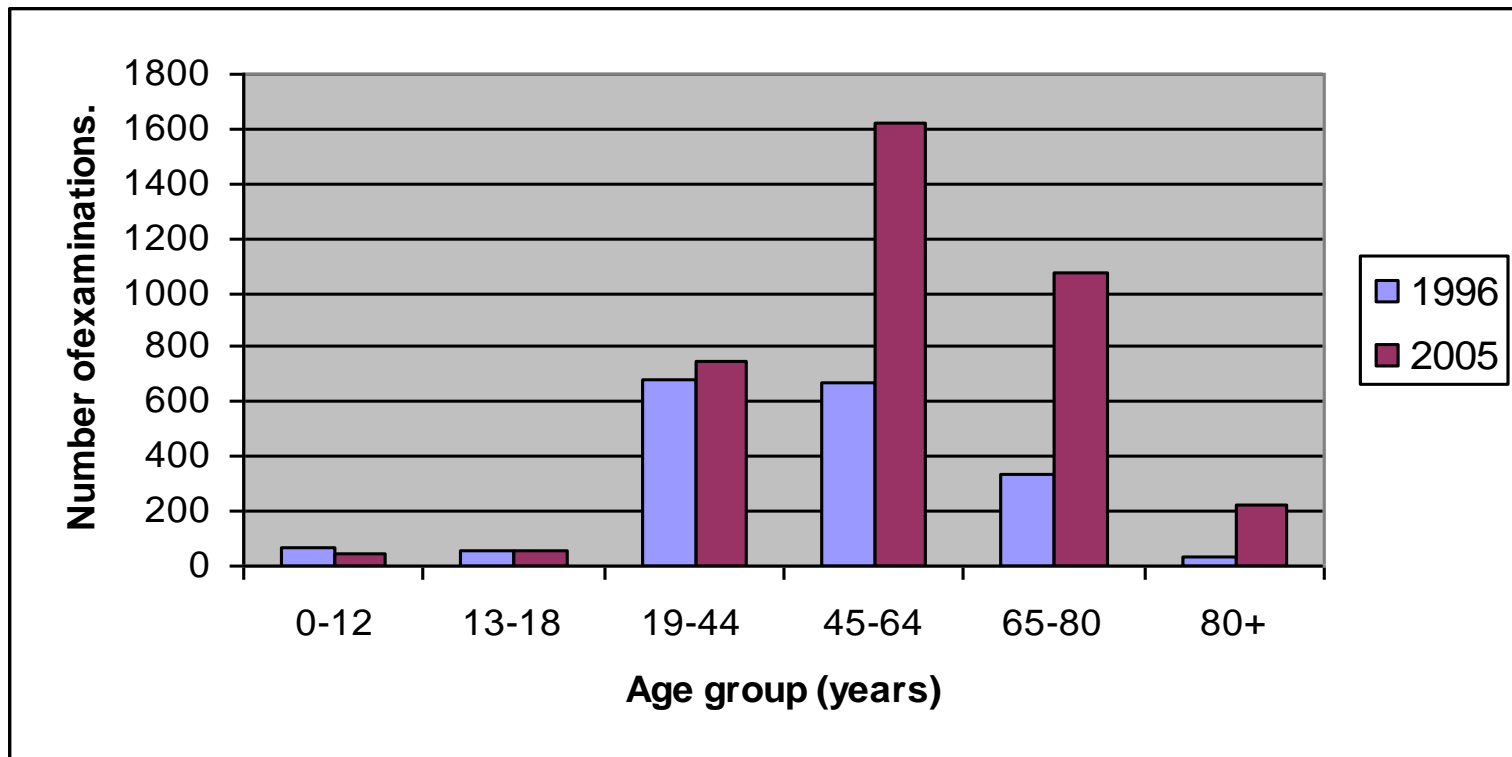


RESULTATER

Årstal	Antal af patienter	Antal CT undersøgelser
1996	1.840	5.537
2005	3.767	11.216

RESULTATER

Aldersfordeling



I 1996 var den gennemsnitlige alder på en patient 47 år, i 2005 57 år.

RESULTATER

Medicinsk specialer	Antal af CT undersøgelser		Stigning i %
	1996	2005	
Oncology	3852	4962	29
Respiratory system	161	2143	1231
Digestive system	59	515	773
Orthopedics	346	492	42
Emergency	9	240	2567
Internal medicine	212	196	- 8
Surgery	355	1646	364

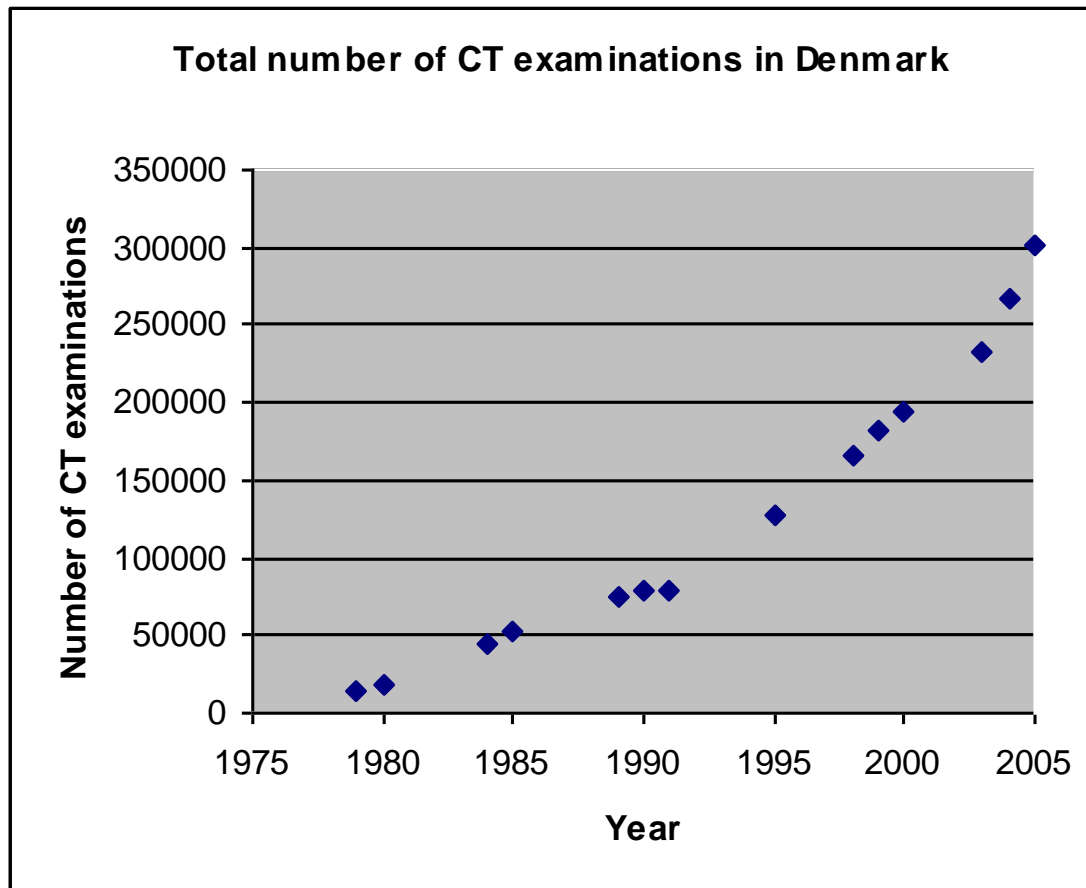
RESULTATER

Stråledoser og risiko

Patients alder	Antal af patienter		Total effektiv dose	Gennem. dose for en patient	Risiko	
	År	Kvinder	Mand	mSv	mSv	ICRP
0-12	29	17	456,4	9,9	1 ud af 697	1 ud af 349
13-18	21	38	658,4	11,2	1 ud af 1050	1 ud af 525
19-44	319	431	9905,2	13,2	1 ud af 1515	1 ud af 758
45-64	743	873	34394,6	21,3	1 ud af 939	1 ud af 470
65-80	501	573	22266,8	20,7	1 ud af 966	1 ud af 483
80+	118	104	3361,9	15,1	1 ud af 1325	1 ud af 663
TOTAL	1731	2036	71043,3	18,9	1 ud af 1058	1 ud af 529

RESULTATER

Antal CT undersøgelser i Danmark



KONKLUSION

I 1996 fik 1.840 patienter foretaget 5.538 CT undersøgelser på Radiologisk afdeling, Århus Sygehus. Deres gennemsnitsalder var 46,7 år (0-88). Onkologisk afdeling var den hyppigst rekvirerende afdeling fulgt af abdominalkirurgisk og ortopædkirurgisk afdeling.

I 2005 fik 3.769 patienter foretaget 11.216 CT undersøgelser. Patienterne var generelt ældre end i 1996 med en gennemsnitlig alder på 56,9 år (0-97). Den hyppigst rekvirerende afdeling var stadig onkologisk afdeling men nu fulgt af lungemedicinsk og abdominalkirurgisk afdeling.

KONKLUSION

I 2005 var den samlede effektive dosis 71.043 mSv (gennemsnitlig 18,9 mSv / per patient).

Ifølge BEIR VII modellen svarer dette stråleniveau til en risiko for at fremkalde 7 stråleinduceret kræft tilfælde, hvoraf halvdelen er dødelig.

Antallet af CT undersøgelser i Danmark steg fra 14.500 i 1979 til 301.617 i 2005.

RESULTATER !

Ved analysen af aktuel praksis (i 2005) observerede vi 300 patienter, der fik udført mere end 6 CT undersøgelser i løbet af et år. De udgjorde 8% af alle patienterne og tegnede sig for 27% af alle undersøgelser.

I 1996 var 142 patienter der fik udført mere end 6 CT undersøgelser i løbet af det år. De udgjorde 8% af alle patienterne og tegnede sig for 24% af alle undersøgelser. Det blev analyseret yderligere

Hansen J, Jurik AG:

Analysis of current practice of CT examinations.

Acta Oncologica 2009, 48: 295-301.

DEL II

- 1) At analysere årsagen til at en gruppe patienter får udført et stort antal CT undersøgelser i løbet af en 1 års periode
- 2) evaluere strålingsdosis, risiko og patienternes overlevelse

PATIENTER

Der blev samlet følgende data for hver af de 300 patienter:

alder

- sygdomstype
- indikation for CT undersøgelsen
- brugt CT protokol
- længden for CT undersøgelsen
- klinisk diagnosen for hver patient
- overlevelse efter > 1,5 år.

DOSIMETRI

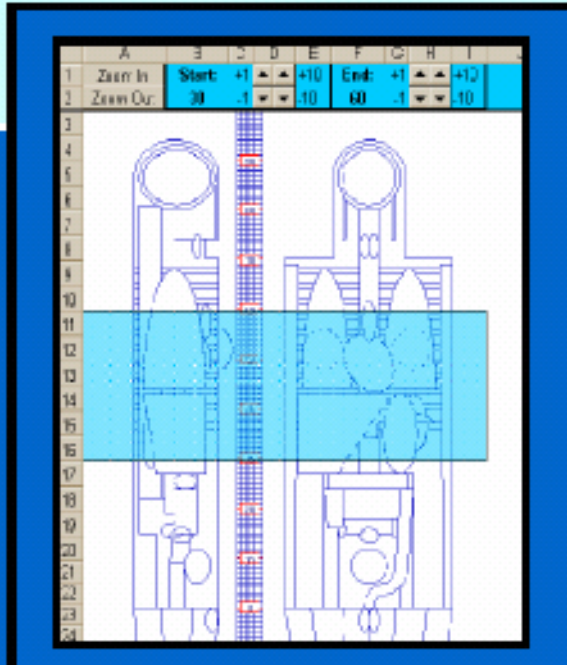
Effektive doser blev beregnet ved brug af IMPACT regneark

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

version 0.99k, 24/01/2002

Scanner Model:	
Manufacturer:	Philips
Scanner:	Philips CT Secura
kV:	120
Scan Region:	Body
Data Set	MCSET21 <input type="button" value="Update Data Set"/>
Current Data	MCSET21
Patient:	
Patient Sex:	

Scan Parameters:			
mA	100	mA	
Rotation time	1	s	
mAs / Rotation	100	mAs	
Slice Width	10	mm	
Pitch	1		
Start Position	30	cm	<input type="button" value="Get From Phantom Diagram"/>
End Position	60	cm	
CTDI (air)	<input type="button" value="Look up"/>	19.5	mGy/100mAs
CTDI (soft tissue)		20.9	mGy/100mAs
nCTDI _w		7.6	mGy/100mAs



IMPACT CT Patient Dosimetry Calculator

version 0.3, 3/26/08

Scanner Model:	
Manufacturer:	xxxx
Scanner:	xxxxx
LV:	100
Scan Region:	test
Data Set:	HCSET48 H.C.S.T.6.1.5.1
Control Set:	HCSET48

Scan Parameters:			
LV	120	LV	
mAs	100	mAs	
Relative Res	1	z	
mAs / Slice	100	mAs	
Slice/Min	10	mm	
Min	1		
CTDI	Look up	10.0	mGy/100mAs
Ballast Set:			
Start PadRes	20	mm	to 100mm
End PadRes	40	mm	

	Adrenals	Prost	Prostate	Eye Lenses	GA Wadder	Stomach	Small Intestine	Upper Large Intestine	Lower Large Intestine
Z, D	0.265	0.800	0.800	0.000	0.400	0.420	0.314	0.355	0.000
H ₁	2.654	0.800	0.800	0.000	4.297	4.204	3.105	3.550	0.000
	Heart	Midlung	Uter	Lung	Ovaries	Pancreas	SMs	Spleen	Testicles
Z, D	0.833	0.507	0.540	0.000	0.073	0.353	0.070	0.374	0.004
H ₁	0.834	5.065	5.404	0.297	0.730	3.530	0.693	3.742	0.045
	Thymus	Thyroid	Uddary Wadder	Uterus	Head Region	Trunk Region	Leg Region	Skull	Red Marrow
Z, D	0.000	0.004	0.043	0.000	0.000	0.474	0.000	0.423	0.000
H ₁	0.004	0.000	0.407	0.000	0.000	4.730	0.004	4.230	0.000

Organ	w _T	H _T	w _T H _T
Gonads	0.2	0.372	0.074
Red Marrow (red)	0.12	0.000	0.000
Colon	0.12	0.000	0.000
Lung	0.12	0.237	0.028
Stomach	0.12	4.204	0.504
Wadder	0.05	0.407	0.020
Prostate	0.05	0.800	0.040
Uter	0.05	5.404	0.270
Oesophagus (Thymus)	0.05	0.004	0.002
Thyroid	0.05	0.000	0.000
SMs	0.04	0.693	0.028
Red Surface	0.04	1.232	0.049
Midlung	0.025	5.065	0.127
Rounder 2	0.025	2.165	0.054
Total Effective Dose, mSv			1.715

Rounder Organ	H _T
Adrenals	2.65
Prost	0.80
Upper Large Intestine	3.55
Small Intestine	3.11
Midlung	5.07
Pancreas	3.53
Spleen	3.74
Thymus	0.00
Uterus	0.00
Head	



STRÅLERISIKO

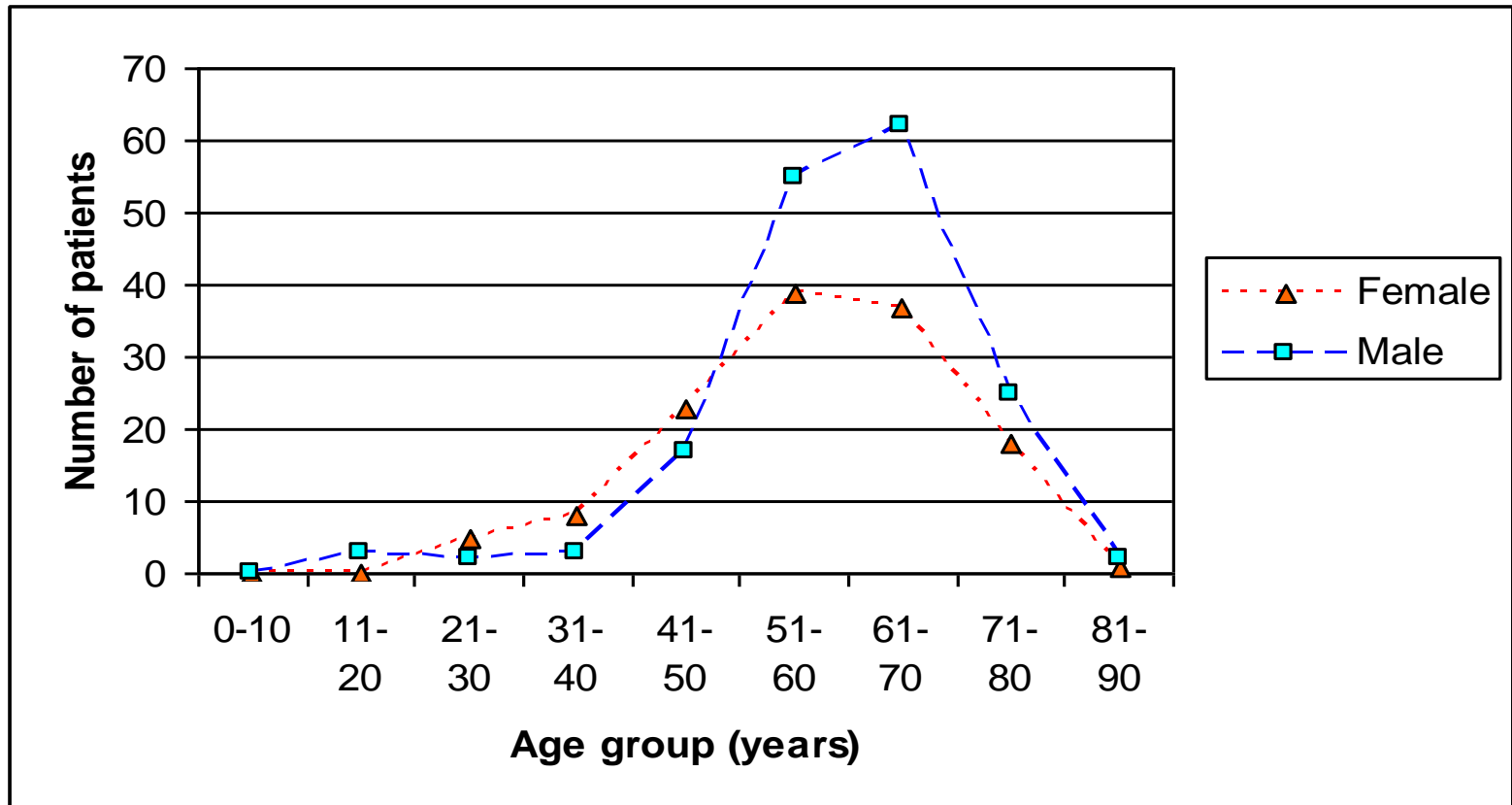
- **ICRP** (International Commission on Radiological Protection)
effektiv dose på 10 mSv ~ risiko for stråle-induceret dødelig kræft i en patient ud af 2000.
- **BEIR VII** (National Academy of Sciences Committee on Biological Effect of Ionizing Radiation)
effektiv dose på 10 mSv ~ risiko for stråle-induceret kræft i en patient ud af 1000.

RESULTATER

Antal af patienter	Lidelsestype
289	Malign
11	Traumatisk

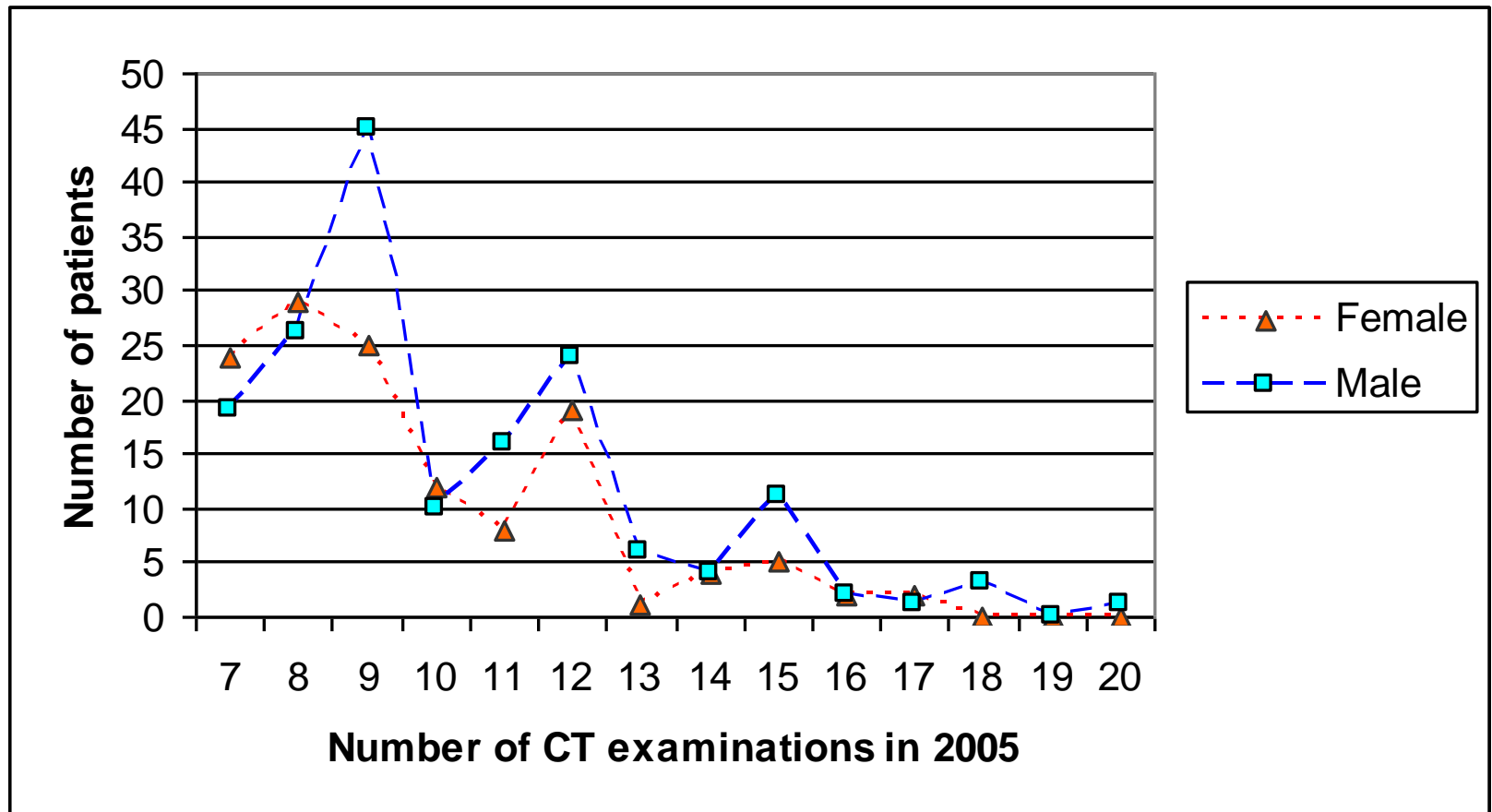
RESULTATER

Aldersfordeling



RESULTATER

Antal af CT undersøgelser



RESULTS

Effektive dose

Diagnose	Total antal af chest CT	Total antal af abdomen CT	Total antal af pelvis CT	Total antal af andre CT	Gennemsnit. dose pr. patient mSv
Lung cancer	152	128	8	15	70.4
Bladder cancer	115	135	134	0	72.8
Colon cancer	86	158	133	1	69.5
Breast cancer	107	102	18	3	77.4
Rectal cancer	77	94	65	1	72.8
Renal cancer	79	79	78	0	72.3
Sarcomas	90	114	108	1	75.7
Malignant melanoma	66	76	65	0	76.0
Pancreatic cancer	58	69	16	4	70.4
Other malignancies	135	194	131	11	65.9
No cancer diagnosis	22	45	43	5	65.2
Total	987	1194	799	41	71.4

RESULTATER

Antal af CT undersøgelser i forholdt til patienternes alder, diagnose og overlevelse

Diagnose	Antal af patienter	Gennem. alder År	Gennem. Antal af CT undersøgelser	Antal af overlevende efter 1.5 år
Lung cancer	36	61.0	8.4	4 (11%)
Bladder cancer	36	64.8	10.7	18 (50%)
Colon cancer	35	63.8	10.8	8 (23%)
Breast cancer	24	57.2	9.6	4 (17%)
Rectal cancer	23	63.1	10.3	7 (30%)
Renal cancer	23	58.5	10.3	13 (57%)
Sarcomas	28	54.3	11.2	8 (29%)
Malignant melanoma	19	54.7	10.9	5 (26%)
Pancreatic cancer	16	62.6	9.2	1 (6%)
Other malignancies	49	54.9	9.6	27 (55%)
No cancer diagnosis	11	41.4	10.5	8 (73%)
Total	300	58.7	10.1	102 (34%)

RESULTATER

Strålerisiko for overlevende

Den totale dosis til de 102 overlevende patienter var 7,02 Sv.

Risiko:

ICRP 60 - risikoen for at inducere dødelig kræft er 0,35

BEIR VII - anslået LAR for en kræfttilfælde:

alle solide kræftformer: 1 af 215 (kvinder), 1 af 357 (mænd)

alle kræftformer: 1 af 196 (kvinder), 1 af 297 (mænd)

BEIR VII - anslået LAR for dødelig kræft

alle solide kræftformer: 1 af 351 (kvinder), 1 af 592 (mænd)

alle kræftformer 1 af 310 (kvinder), 1 af 457 (mænd)

RESULTATER

Strålerisiko for overlevende

Diagnosis	Number of patients		Average age, (min, max) years		Average number of CTs (min, max)		Average eff. dose per patient mSv	
	Females	Males	Females	Males	Females	Males	Females	Males
Lung cancer	4	0	62.0 (55,76)	---	8.5 (7,11)	---	69.9	---
Bladder cancer	5	13	63.8 (36,76)	64.6 (49,77)	9.0 (7,12)	10.2 (8,12)	58.4	70.6
Colon cancer	2	6	65.0 (58,72)	63.5 (55,71)	10.0 (8,12)	12 (7,15)	63.2	78.2
Breast cancer	4	0	49.5 (58,72)	---	11.0 (9,15)	---	87.4	---
Rectal cancer	2	5	66.5 (63,70)	60.8 (48,67)	8 (7,9)	9.2 (8,12)	55.2	63.3
Renal cancer	2	11	59.5 (58,61)	56.9 (49,68)	12 (12,12)	9.8 (8,12)	88.4	68.5
Sarcomas	1	7	46	58.2 (41,72)	9	10.2 (8,13)	58.8	68.4
Malignant melanoma	3	2	55 (49,61)	54.0 (44,64)	11 (9,12)	10.5 (9,12)	77.3	72.8
Pancreatic cancer	0	1	---	61	---	10	---	76.1
Other malignancies	13	13	54.5 (35,71)	62.4 (42,61)	9.2 (7,15)	9.6 (7,15)	68.5	64.2
No cancer diagnosis	4	4	32.5 (22,55)	22.5 (15,31)	9.3 (8,10)	11 (7,15)	59.1	69.6
Total	40	62	54.9 (22,76)	57.1 (15,77)	9.6 (7,15)	9.6 (7,15)	68.8	68.9

RESULTATER

Strålerisiko for den yngste patient

En 15-årig dreng (traumatisk læsion - 11 CT undersøgelser) modtog en total dosis på 70,8 mSv.

BEIR VII - anslået LAR for en kræfttilfælde:

alle solide kræftformer: 1 ud af 131

alle kræftformer: 1 ud af 119

BEIR VII - anslået LAR for dødelig kræft

alle solide kræftformer: 1 ud af 265

alle kræftformer 1 ud af 234

KONKLUSION

I alt 289 patienter havde maligne lidelser; de hyppigste var lungekræft, blærekræft og tyktarmskræft.

I alt 4,3% af patienter med maligniteter var \leq 40-år, 13,3% var 41-50 år og 62,7% 51-70 år gamle.

Patienter med sarkomer havde det højeste gennemsnitlige antal CT undersøgelser (11 undersøgelser/patient). Elleve patienter (i alderen 15-77 år) havde traumatiske læsioner og fik lavet 7 til 20 CT-skanninger.

KONKLUSION

Den samlede stråledosis for alle 300 patienter var 21,42 Sv, hvilket kan indebære risiko for stråleinduceret dødelig kræft hos en af de 300 patienter.

Der var dog kun 102 patienter, som havde overlevet deres sygdom efter $\geq 1,5$ år, og de mange CT-skanninger var nødvendige for at overvåge behandlingen.

Hansen J, Jurik AG:

Survival and radiation risk in patients obtaining more than six CT examinations during one year.

Acta Oncologica 2009, 48: 302 – 307.