

***SISSEJUHATUS
KIIRITUSDOOSIDESSE***

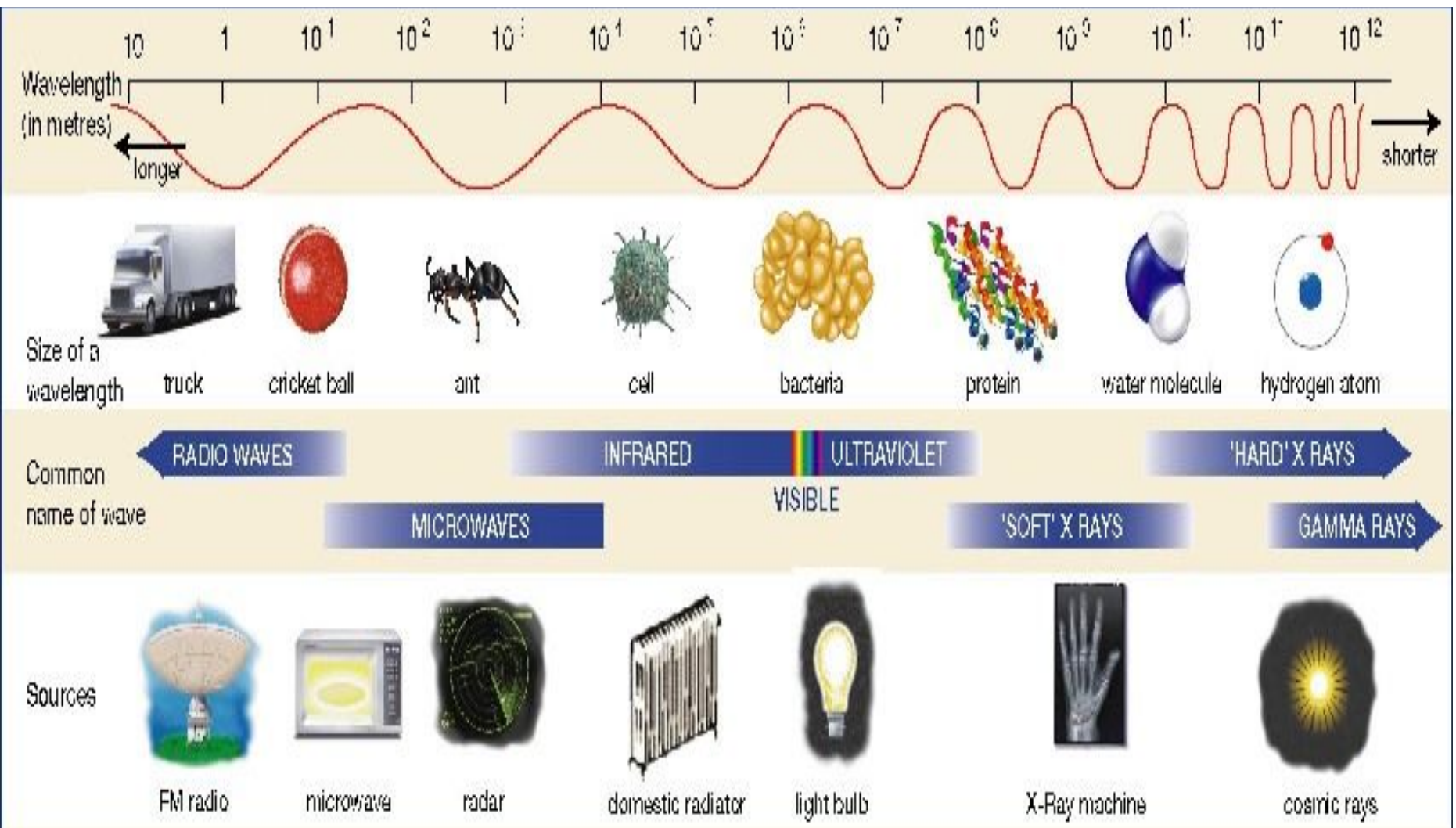
JUTA KÕRM
TALLINNA DIAGNOSTIKAKESKUS

31.OKTOOBER 2007.

KIIRGUS

- Elektromagnetlainete või aineosakeste voog, olemuselt lainelis-korpuskulaarne

Elektromagnetiline spektrum



RÖNTGENKIIRGUS

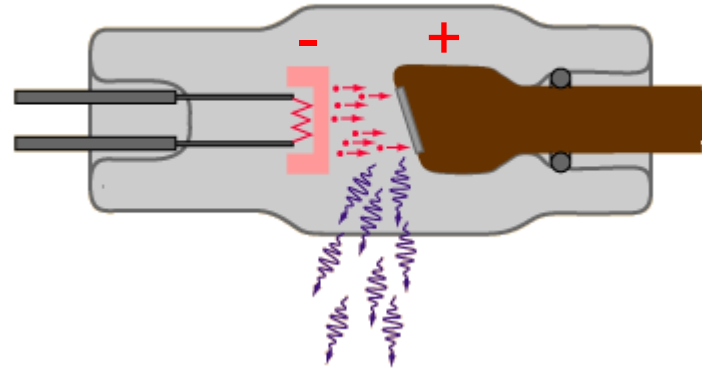
Nähtamatu lühilaineline
elektromagnetkiirgus,

$$\lambda = 10^{-8} - 10^{-11} \text{ m}$$

$$F = 10^{16} - 10^{19} \text{ Hz}$$

Avastas K. Röntgen 1895.a.

Röntgenitoru



kütteniidi kuumutamisel väljuvad elektronid termoemissiooni tõttu katoodist

anoodi ja katoodi vahele rakendatud kõrgepinge kiirendab elektrone

anoodi pommitavad elektronid tekitavad röntgenikiirgust (2-5%) ja soojust

Rö- kiirgus

- pärsskiirgus - tekib elektronide pidurdumisel anoodi aines; ei sõltu aineist, vaid röntgen-toru elektrootodide potentsiaalide vahest
- karakteristik kiirgus - tekib aine aatomite elektronkate elektronide siirdumisest ühest sisekihist teise. On igal keemilisel elemendil ainult temale omane

Radioaktiivse lagunemise produktid

- alfa- osakesed
- beeta- osakesed (elektronid)
- positronid: beeta-positiivsed osakesed
- neutriinod
- antineutriinod
- gammakvandid

α - kiirgus - tekib radioaktiivsete ainete nn. α - lagunemisel, omab tugevat ioniseerivat toimet

β - kiirgus - elektronide voog

γ - kiirgus - elektromagnetiline kiirgus radioaktiivsete aatomite tuumadest - nn. liigse energia kvant, mis on jäänud tuuma peale α - või β - kiirguse väljumist

Kiiritusdoos

- Kiirgusenergia neeldumine - neeldumiskoos (energiakoos) - kiiritatava aine massiühikus neeldunud kiirgusenergia hulk (kiirguse poolt massiühikule üle antud energia)

neeldunud doos, järg

Ühik on grei - Gy (inglise füüsik
Harold Grey)

1Gy= 1džaul 1KG kohta

1mGy= 1/1000 Gy

Võrdne neeldunud doos = võrdne hulk
energiat \neq bioloogilise mõjuga

α -osake on aeglasem ja suurema
laenguga; koe läbimine on raskem,
energiakadu koes liikudes on suurem

α -kiirguse 1 Gy on organismile kahjulikum
kui β -kiirguse 1 Gy

Ekvivalentdoos

varem kasutatud ka - bioloogiline doos

Ekvivalentdoos =

neeldunud doos x kiirguse kaalufaktor

(ka kiirguse kvaliteeditegur)

ekvivalentdoos, järg

α -, γ - ja β - kiirguse kaalufaktor = 1,
seega

neeldunud doos = ekvivalentdoos.

α -kiirguse korral

1 neeldunud doos = 20 ekvivalentdoosi,
s.t. α -osakeste kaalufaktor on 20

Erineva energiaga neutronite ja prootonite
kaalufaktorid jäävad vahemikku 5-20

Ühik on siivert - Sv (rootsi füüsik Rolf Sievert).

1Sv on selline kiiritusdoos, mille bioloogiline toime on samaväärne

γ -või röntgenikiirguse energiadoosiga (s.t.neeldumiskoostvõrdkoefitsiendiga) 1 grei

$$1\text{mSv} = 1/1000 \text{ Sv}$$

γ -, β - ja röntgenkiirguse kaalufaktor = 1, seega neeldumisdoos = ekvivalentdoos.

neeldumisdoos - 1 Gy

γ -või röntgenkiirguse neeldumisdoos = ekvivalentdoos

seega

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv} = 1 \text{ džaul} / 1 \text{ kg kohta}$

Efektivdoos

Ekvivalentdoos, arvestades erinevate

- kudede või organite kiirgustundlikkust.

Saadakse, kui ekvivalentdoos igale koele või organile korrutatakse läbi vastava koefaktoriga ning summeeritakse.

Ühik on Sv

Kude või elund

Koefaktor

sugunäärmed

0.20

luuüdi

0.12

käärsool

0.12

kops

0.12

magu

0.12

põis

0.05

rinnad

0.05

maks

0.05

söögitoru

0.05

kilpnääre

0.05

nahk

0.01

perioost

0.01

muu

0.05

Bioloogilise toime aluseks on DNA kahjustus

- **OTSENE**

EM kiirguse neeldumisel vabanenud kiirete elektronide või osakeste kiirguse (nt. alfaosakesed) otsene toime valgumolekulile (ka DNA-le!)

- **KAUDNE**

kiired elektronid reageerivad vee molekulidega, tekib vee radiolüüs, vabad radikaalid kahjustavad valgumolekule (ka DNA-d!)

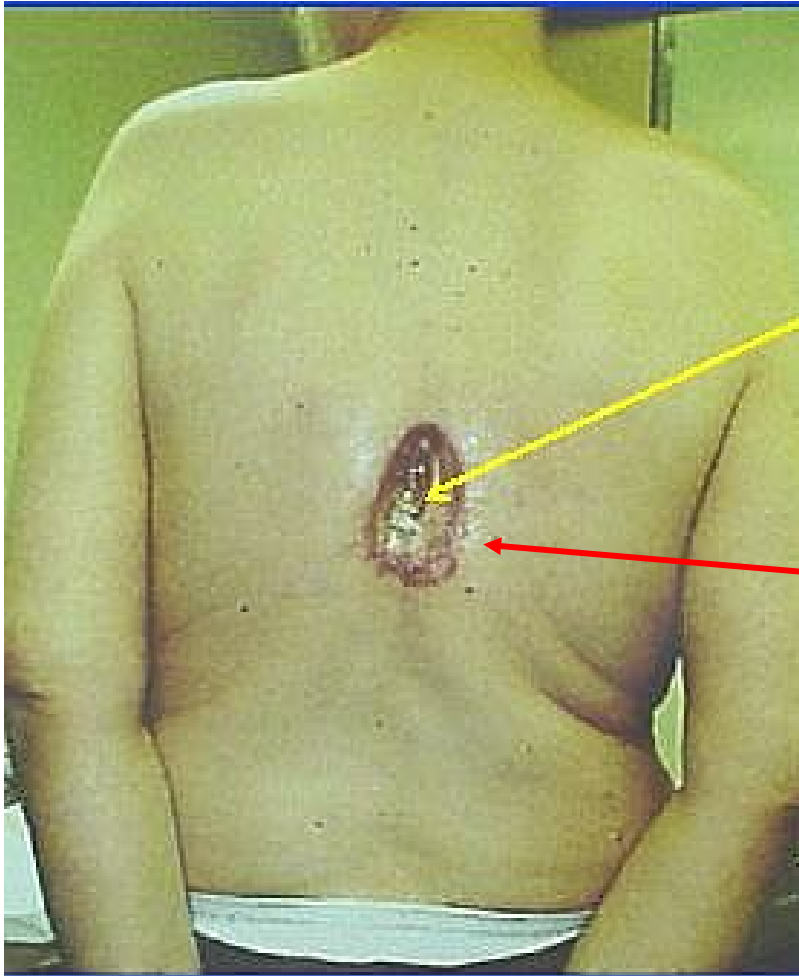
SUUR DOOS – asi on selge

- kiiritushaigus
- surm

VÄIKE DOOS – asi on segane

- kahjustus võib olla ühes rakus
- hilistoime
- kiirituse ja kahjustuse vahel ei ole nähtavat seost - juhuslikkus
- toime tõenäosus sõltub kiiritusdoosi suurusest
- nt. vähk

Kiirguse deterministlik toime



Suure kiiritusdoosi
tagajärg

Krooniline haavand
seljal 21 kuud peale
koronarograafiat ja
2 angioplastikat

Summaarne doos ca
20Gy!

US National Academy of Sciences –

100 inimesest, kes on saanud doosi 100mSv
(ca 10 KT uuringut), 1 areneb pahaloomuline kasvaja
või leukeemia, mis lõpeb surmaga 50% juhtudest

International Commission on Radiation Protection –

10mSv annab riski, et üks sajast saab kasvaja eluea jooksul

Brice J., Diagnostic Imaging, June 2005

Rindkere röntgenogramm doosiga ca 0,2 mSv on
riskitasemega 1/1 000 000

PET/CT ~ 20mSv > risk 1/1000

2. jagu

Kiirgusohutus meditsiini kiirituse kasutamisel

§ 50. Tervishoiutöötaja kohustused kiirgustegevusel

Meditsiini radioloogia protseduuri tegev tervishoiutöötaja on kohustatud:

- 1) teostama meditsiini radioloogia protseduure põhjendatult ja optimeeritult;
- 2) teavitama patsienti ioniseeriva kiirgusega kaasnevatest ohtudest;
- 3) selgitama tema käsutuses olevate dokumentide põhjal välia andmed patsiendile eelnevarem teostatud meditsiini radioloogia protseduuride kohta;
- 4) tagama kiirgusallika ohutuse ja kaitsesüsteemide korrasoleku;
- 5) tagama, et kiiritust antakse ainult vajalikul hulgal selleks määratud kehaosadele;
- 6) tagama, et patsiendile manustatava radioaktiivse aine kogus oleks õige.

KIIRGUSSEADUS

Vastu võetud 24. märtsil 2004

“Kiirgusohutuse riikliku arengukava
2007-2017”
koostamise ettepanek.

1.1.1. Kiirguse kasutamine meditsiinis –
ebapiisav reguleeritus ja nõrgad
kontrollmehhanismid

Definition

Ex: CT20070925093253

Patient Protocol

Se: 501/7

25-Sep-2007 09:33

Im: 0/1

Physician:

Operator:

1999 may 00 11 0000000270

Acc: RA-CT1-704965

2007 Sep 25

Img Tm: 09:43:20.734000

Total mAs 6292

Total DLP 840

512 x 512

Scan	kV	mAs / ref.	CTDIvol	DLP	TI	cSL
Patient Position F-SP						
Topogram	1	120			5.3	0.6
Native	2	120	157 / 110	11.38	406	0.5
PreMonitoring	3	120	20	2.67	3	0.5
I.V. Bolus						
Monitoring	4	120	20	18.67	18	0.5
ThoraxCO	11	120	162 / 110	11.71	413	0.5

0.0 kV

0.0 mA

Tilt: 0.0

0.0 s

Id:DCM / Lin:DCM / Id:ID

W:50 L:200

DFOV: 0.0 x 0.0cm

CTDI_{vol} (CT Dose Index_{vol})

näitab keskmist lokaalset doosi skenneeritud ruumalal

mGy-des

on arvutuslik; mõõtmiseks on kasutatud fantoome 16cm (pea) ja 32 cm (keha)

seega iseloomustab konkreetset tomograafi ja uuringut, mitte patsiendidoosi tegelik doos on erinev - sõltub patsiendi suurusest/skenneeritava piirkonna läbimõõdust

on nõutav EU-s toodetud tomograafidel

DLP (Dose-Length Product)

näitab patsiendile rakendatud kumulatiivset doosi

võtab arvesse uuritud ruumala keskmist doosi ($CTDI_{vol}$) ja piirkonna pikkust (Z-telg)

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \quad \text{mGy} \times \text{cm}$$

EFEKTIIVDOOS

Pea:	DLP X 0,0023
Kael:	DLP X 0,0054
Rindkere+süda:	DLP X 0,017
Abdomen:	DLP X 0,015
Vaagen:	DLP X 0,019

Ligikaudsed doosid

- Rindkere 0,14 mSv
- L/samba rinnaosa 0,27 mSv
- L/samba nimmeosa 1,8 mSv
- Angio 12 mSv
- KT aju 2 mSv
- KT rindkere 10 mSv
- KT kõht 12 mSv
- KT l/s nimmeosa 6 mSv

Radioisotoop-uuringud

Keskm EfD

- | | |
|---------------------------------|-----|
| • Kopsude ventilatsioon (Xe133) | 0.3 |
| • Kopsude perfusioon (Tc-99m) | 1 |
| • Neer (Tc-99m) | 1 |
| • Kilpnääre (Tc-99m) | 1 |
| • Luud (Tc-99m) | 4 |
| • Süda (Tc-99m) | 6 |
| • Pea PET (F-18 FDG) | 5 |

Table 4

Mean Organ Radiation Dose in Three Regions at CT Scanning

Organ	Dose (mGy) during Localization View			Dose (mGy) during Entire CT Examination		
	Thorax	Abdomen	Pelvis	Thorax	Abdomen	Pelvis
Skin (surface)	0.50	0.79	0.75	22.1	30.3	36.1
Bone marrow	0.05	0.05	0.02	4.7	5.9	11.0
Testes	<0.01	<0.01	0.58	0.03	0.16	8.3
Ovaries	<0.01	0.01	0.25	0.17	1.6	18.9
Uterus	<0.01	0.03	0.31	0.16	1.5	19.3
Bladder	<0.01	0.02	0.30	0.16	1.4	19.7
Colon	<0.01	0.20	0.18	4.2	20.8	20.7
Small intestine	<0.01	0.15	0.38	1.5	15.3	25.8
Kidneys	0.01	0.23	0.03	6.8	24.1	15.8
Liver	0.03	0.30	0.01	13.2	21.3	3.0
Spleen	0.02	0.18	0.01	13.7	21.0	3.2
Pancreas	0.03	0.34	0.01	10.5	15.9	3.6
Stomach	0.03	0.33	0.01	12.2	18.3	2.8
Lung	0.18	0.15	<0.01	17.6	7.0	0.85
Breast	0.38	0.66	<0.01	20.3	4.3	0.52
Esophagus	0.21	0.11	<0.01	13.8	5.1	0.64
Thyroid gland	0.35	0.01	<0.01	5.6	0.28	0.06
Salivary gland	0.02	<0.01	<0.01	1.2	0.10	0.04
Nasal cavities	<0.01	<0.01	<0.01	0.43	0.05	0.03
Brain	<0.01	<0.01	<0.01	0.37	0.05	0.03
Lenses	<0.01	<0.01	<0.01	0.37	0.05	0.03

RESULTS: In CT of the upper abdomen the lead apron did not lead to any recognisable dose reduction in uterus and ovaries. In CT of the whole abdomen the testis capsule led to a dose reduction in testes of 95% (1.39 mSv) and in CT of the skull the thyroid collar to a dose reduction in thyroid gland of 23% (0.19 mSv).

CONCLUSIONS: In abdominal CT examinations the testis capsule is an important instrument to reduce the dose of the testes whereas the lead apron is not appropriate for a dose reduction in the uterus and ovaries. In CT of the skull the thyroid collar can remarkably reduce the scattered radiation exposure of the thyroid gland and should be recommended.

CONCLUSION:

- Bismuth-coated latex shielding of the eye during cranial CT is simple to apply, inexpensive, and causes up to a 50% reduction in radiation to the lens of the eye.

Radioprotection to the Eye During CT Scanning

Kenneth D. Hoppera, Joel D. Neumana, Steven H. Kinga and Allen R. Kunselmana
American Journal of Neuroradiology 22:1194-1198 (6 2001)

- Average exposure at the skin of the unshielded breast was 0.28 mGy (range 0.15–0.41 mGy), compared with 0.13 mGy (range 0.05–0.29 mGy) at the shielded breast.

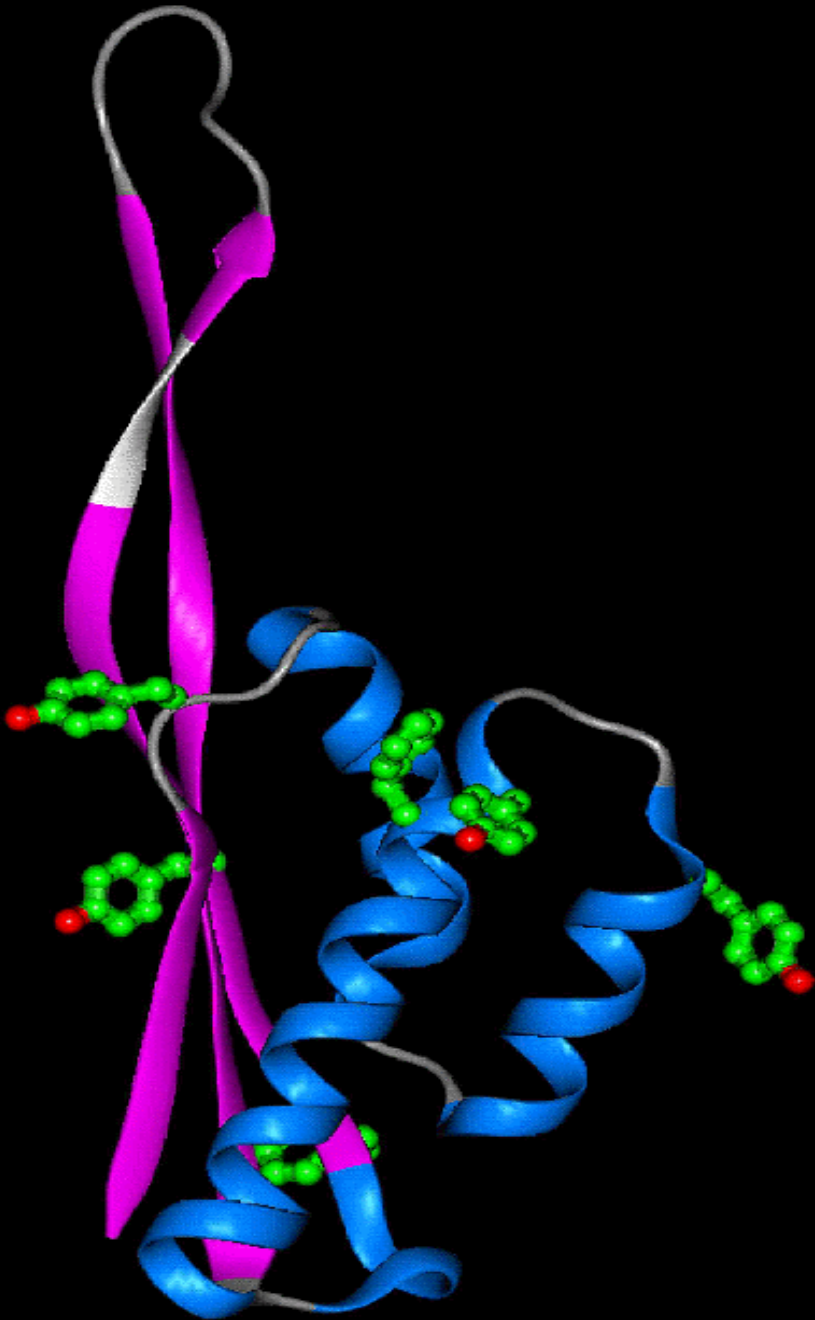
The doses showed a mean reduction by 57% due to lead shielding. At least half of breast exposure was imparted to the breast from outside, whereas the remainder results from internal scatter.

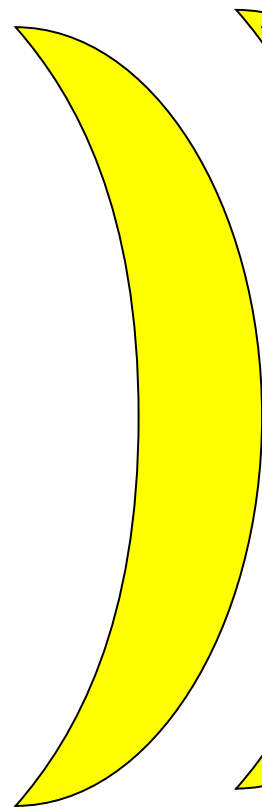
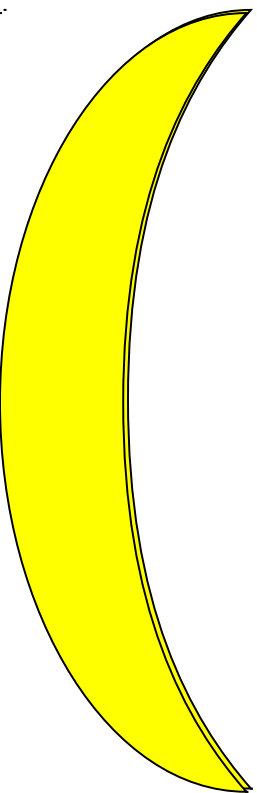
Z. Brnicacuta, B. Vekicacuta, A. Hebrang and P. Anicacuta
Efficacy of breast shielding during CT of the head
European Radiology Volume 13, Number 11 / November, 2003

PATSIENDI KAITSEKS

- Kaitsekapsel testistele kõhu-uuringul: -93%
- Kaitsekrae kilpnäärmele aju-uuringul: -23%
- Vismut-lateks silmakaitsemed peaaju uuringul: -50%
- Kaitsepõll rinnanäärmetele peaaju uuringul: -57%

Proteiini molekul







1) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?>

cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8998318&dopt=AbstractPlus

2) <http://www.ajnr.org/cgi/content/full/22/6/1194>

3) <http://www.springerlink.com/content/a4mq8a0u4ly78ct5/>

4). S. Namasivayam, M.K. Kalra, K.M. Pottala, S.M. Waldrop, and P.A. Hudgins
Optimization of Z-Axis Automatic Exposure Control for Multidetector Row CT Evaluation of
Neck and Comparison with Fixed Tube Current Technique for Image Quality and Radiation Dose
AJNR Am. J. Neuroradiol., Nov 2006; 27: 2221 - 2225.

5) Ioniseeriva kiirguse bioloogiline toime ja kiirguskaitse
M.Lintrop – loeng

6) I.Zammit-Maepel, C.L.Chadwick, S.P.Willis
Radiation dose to the lens of eye and thyroid gland in paranasal sinus multislice CT
The British Journal of Radiology, 76 (2003), 418-420.

7) Radiation Doses and Risks in Chest Computed Tomography Examinations. W.Huda

8) Synchrotron and Synchrotron Radiation. Y. Cerenius. Lund - loeng

9) Aatomi struktuur. Sigrid Kivimäe - loeng.

10) Kiirgusbioloogia ja kiirguskaitse alused. M. Lintrop – loeng.

11) Röntgendiagnostilises uuringus saadava patsiendidoosi hindamise juhend (kavand, versioon 17.08.2004)

12) Ioniseeriva kiirguse bioloogiline toime – TÜ loengusari

13) Ioniseeriva kiirguse bioloogilised toimed A. Simisker – loeng

14) Radiation Exposure of Patients Who Undergo CT of the Trunk Roberto L. Mini, PhD et... Medical Physics

