

Ioniseeriva kiirguse toime

Mare Lintrop
29. jaanuaril 2009, Tartus

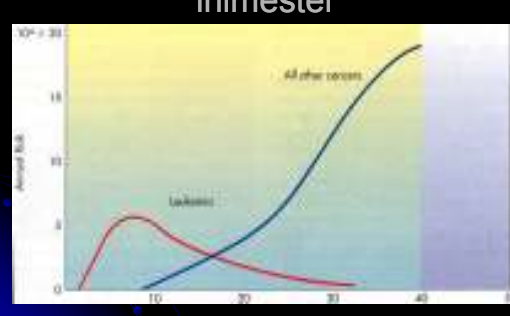


Esimesed kiirgusest tingitud rasked kahjustused

- Mihran Kassabian kiirguskahjustusest tingitud sõrmede amputatsioonid 1901. a.



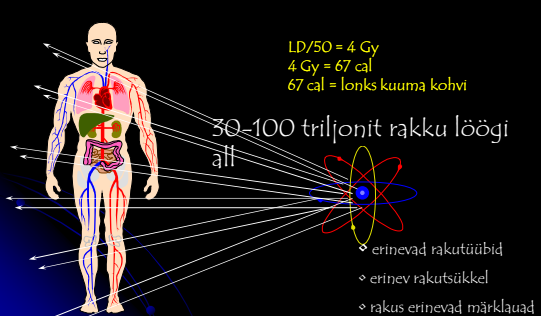
Kiirgusest põhjustatud vähid inimestel



Kiirguse bioloogiline toime

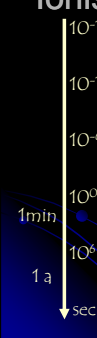
LD/50 = 4 Gy
4 Gy = 67 cal
67 cal = lonks kuuma kohvi

30-100 triljonit rakku löögi all



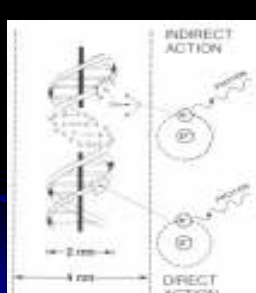
- erinevad rakutüübid
- erinev rakutsükkel
- rakus erinevad märklauad

Ioniseeriva kiirguse toime faasid



- 10⁻¹⁸** • füüsikaline (vältus murdsekundites)
 - kiirgusenergia vastastoime ainega, kiirguse neeldumine ja hajumine, ionisatsioon, vabade radikaalide teke
- 10⁻¹²** • keemiline (vältus murdsekundites)
 - keemilised reaktsioonid, organismile mürgiste ainete teke
- 10⁰** • bioloogiline (kohene ja kaugtoime)
 - DNA kahjustus → kromosoomide aberratsioonid → rakkude surm või mutatsioonid
- 1 a** • KUI KIIRGUSENERGIA ON NEELDUNUD, SIIS PROTSESSI ENAM PEATADA EI SAA

Kiirguse otsene ja kaudne toime



- Bioloogilise toime aluseks on DNA kahjustus
 - OTSENE - EM kiirguse neeldumisel vabanenud kiirete elektronide või korpuskulaarse kiirguse (nt alfaosakesed, neutronid) otsene toime DNA-le
 - KAUDNE - kiired elektronid reageerivad vee molekulidega, tekib vee radiolüüs, vabad radikaalid kahjustavad DNA-d

Kiirguskahjustuse märklaud



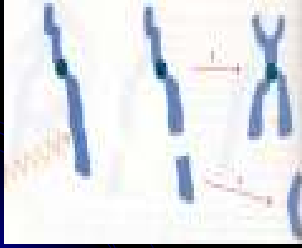
DNA

- kiirguse otsene ja kaudne toime DNA molekulile

Rakumembraanid

- permeaabelsuse muutus
- fosfolipiidide ja proteiinide keemiline muutus

Kromosoomide aberratsioonid. DELETSIION




- katkenud otsad ei ühine
- kromosoom katkeb
- tsentromeerita osa 'kaob' raku paljunemisel
- rakk kaotab geneetilist informatsiooni

Kromosoomide aberratsioonid. TRANSLOKATSIOON



- Katkenud otsad ühinevad ilma märgatava väliskuju muutuseta
- aluseks mutatsioonide tekkele
- geenide järjestus kromosoomis on muutunud
- raku geneetiline info on muutunud

Asümmeetrilised kromosoomide aberratsioonid



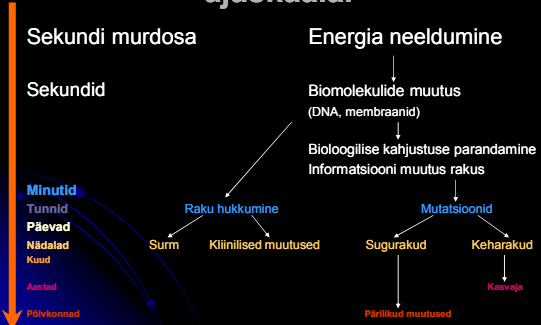
normaalsed kromosoomid

ditsentriline kromosoom ja tsentromeerita osa

mitoos

anafaasi sild

Ioniseeriva kiirguse toime ajaskaalal



Sekundi murdosa

Sekundid

Minutid

Tunnid

Päevad

Nädalad

Kuud

Aastad

Põlvkonnad

Energia neeldumine

Biomolekulide muutus (DNA, membraanid)

Bioloogilise kahjustuse parandamine

Informatsiooni muutus raku

Raku hukkumine

Surm

Kliinilised muutused

Mutatsioonid

Sugurakud

Keharakud

Päriliku muutused

Kaasvaja

Ioniseeriva kiirguse toime

- **Deterministlik** - määratud
- **Stohhastiline** - juhuslik

Ioniseeriva kiirguse toime

- Deterministlik toime
 - suur doos kahjustab paljusid rakke korraga
 - toime on äge
 - toime raskus sõltub kiirgusdoosi suuruselt - määratus
 - nt äge kiirgushaigus
- Stohhastiline toime
 - väike doos – kahjustus võib olla ühes rakus
 - hilistoime
 - kiirituse ja kahjustuse vahel ei ole nähtavat seost - juhuslikkus
 - toime tõenäosus sõltub kiirgusdoosi suuruselt
 - nt vähk



LÄVIDOOSI EI OLE



Suure kiirgusdoosi deterministlik toime



- Litvinenko juhtum
- poloonium 210
- äge kiirgushaigus, mürgistus
- Paljude rakkude kahjustus
- Kindel lävidoos
 - võrdle - sööd 100 tabletti aspiriini ja sured

Kiisa õnnetus

TABLE I. FATAL NON-NUCLEAR RADIATION ACCIDENTS REPORTED TO THE IAEA

Year	Location	Radiation source	Fatalities	
			Workers	Public
1961	Switzerland	Tritiated paint	1	
1962	Mexico City, Mexico	Lost radiography source		4
1963	China	Seed irradiator		2
1964	Federal Republic of Germany	Tritiated paint	1	
1975	Stemora, Italy	Irradiator	1	
1978	Algeria	Lost radiography source	1	
1982	Kjeller, Norway	Irradiator	1	
1984	Mohamedia, Morocco	Lost radiography source	1	8
1987	Goiania, Brazil	Abandoned teletherapy source		4
1989	San Salvador, El Salvador	Irradiator	1	
1990	Saseq, Israel	Irradiator	1	
1991	Nesvizh, Belarus	Irradiator	1	
1992	Xinhou, China	Research source		3
1994	Tammiku, Estonia	Waste sealed source		1
1996	Krasni, Georgia*	Radiotherapy source		1
Totals			7	24

* Detailed information not available, but listed in Ref [1].

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1042_web.pdf

- Varastati kiirgusallikas Tammiku radioaktiivsete jäätmete hoidlast
- Cs-137 (beeta ja gammakiirgus)
- Doosikiirus 1.5-1.8 Sv/h
- Aktiivsus 100000000000 Bq
- Loodusliku fooni doosikiirus on <0.1 µSv/h

VÄIKESE DOOSI TAGAJÄRJED

- Ühe raku kahjustus
- Lävidoos puudub
 - aspiriinanalogia ei kehti!
 - 100 inimest, igaüks sööb ühe tableti, midagi ei juhtu
 - kuid ka väike kiirgusdoos võib olla fataalse haiguse algpõhjuseks

Kuidas kiirgus põhjustab vähki?

Ioniseeriv kiirgus toimib nagu kartsinogeen
algatab kasvajalise protsessi
kiirendab kasvajalise protsessi arengut
põhjustab vähi progresseerumist



• DNA reparatsioonigeeni inaktivatsioon

• protoonkogeeni muteerumine onkogeeniks

• teiste tu-supressorogeenide inaktivatsioon

MIKS EI OLE LÄVIDOOSI?

- DNA kahjustuse parandamine ei toimu sajabrotsendiliselt
- organismi immuunsüsteem ei ole lõpmatult efektiivne
- sidemete lõhkumiseks DNA ahelas piisab väga väikesest energiahulgast (5-10 eV, ühe ionisatsiooniga vallandub 33eV)



**KIIRGUSKAITSE
LOODUSTEADUSTEST
TULENEV ALUS**

**Ka madalaima mõeldava
kiirgusdoosi puhul on olemas
lõplik, kuigi ekstreemselt väike
risk hiliste somaatiliste
muutuste
tekkeks**

Kiirguskahjustuse tekke risk

**Riski hindamine ja
aktsepteerimine 1**

Tegevused, mille puhul risk saada fataalne haigus suureneb 1 võrra miljoni inimese kohta

(Cohen, Pochin, Wilson et al., Health Physics 61, 1991)

- 1 sigareti suitsetamine
- 0.5 l veini
- 1 t söekaevanduses
- 2 päeva New Yorkis või Bostonis

Riski hindamine ja aktsepteerimine 2

- 1.5 t mägronimist
- kuni 90 km autosõitu
- kopsurõ heas haiglas
- 40 tl pähklivõid
- 20 aastat elamist PVC tehase läheduses
- 1500 km reaktiivlennukiga
- 9000 km reaktiivlennukiga
- 100 sütel küpsetatud lihatükki

**Riski hindamine ja
aktsepteerimine**

Keskmise eluea lühenemine

vallaline mees	3500
suitsetamine mees	2400
naine	1420
südamehaigus	2100
30% ülekaalu	1560
vähk	980
insult	700

Riski hindamine ja aktsepteerimine

Keskmise eluea lühenemine

• töötus	500
• alkohol	125
• õnnetused kodus	74
• AIDS	55
• Rn elamutes	29
• rõ-uuringud	6
• suitsuandur elamus	-9
• turvavöö kasutamine	-69

Publikatsioonid

- BEIR VII raport
http://dels.nas.edu/dels/rpt_briefs/beir_vii_final.pdf
- ICRP 103
The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%234965%232007%2399962997%23676577%23FLA%23&_cdi=4965&_pubType=J&_auth=y&_acct=C000043701&_version=1&_urlVersion=0&_userid=805548&md5=bf55336e4be3bf673fe8d7f8fd72f2f
- ICRP referentsdoosid
http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf

BEIR* VII

- Defineerib madalad doosid (alla 100 mSv)
- Väidab, et
 - 100 mSv või väiksema doosi puhul on stohhastiliste piirangute tõttu raske kindlaks teha kasvaja tekkimise riski inimesel
 - Madalate kiirguste puhul kiirguse poolt indutseeritud kasvajate arv on väike
 - Ca 1 isik 100-st saab arvatavasti kasvaja kiiritusdoosist 100 mSv, samal ajal kui ligi 42 inimest 100 saavad kasvaja muudel põhjustel
 - Fataalse kasvaja risk on 0.0056/100mSv

*US National Academy of Sciences Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, 2006

BEIR VII

Figure 2. In a lifetime, approximately 42 (solid circles) of 100 people will be diagnosed with cancer* from causes unrelated to radiation. The calculations in this report suggest approximately one cancer (star) in 100 people could result from a single exposure 100 mSv of low-LET radiation.

BEIR VII

- BEIR VII ei väida, et
 - kiirgus on alati hädaohtlik,
 - kiirgus on alati tervist kahjustav või et
 - kiirgus on alati ohutu,
 - kiirguse puudumine on ohutu

ICRP Publication 103

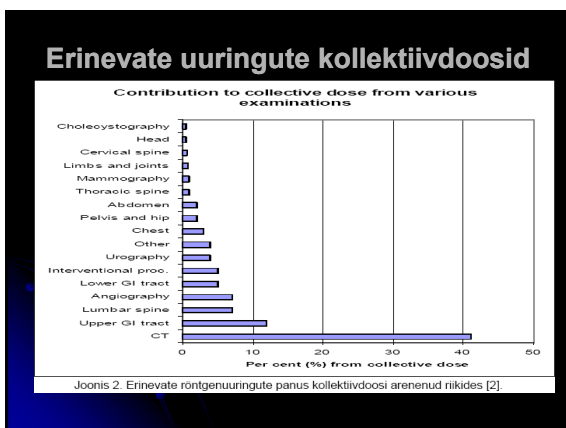
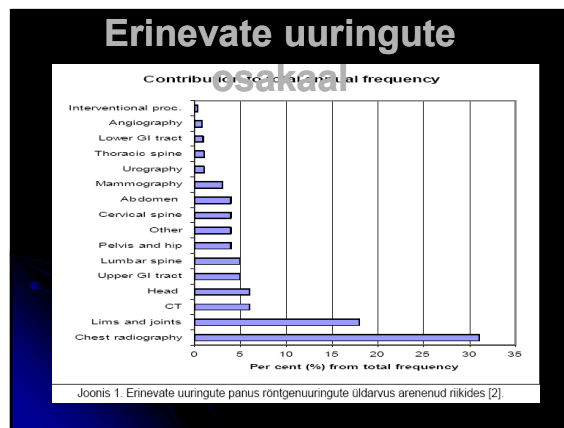
(64) Although there are recognised exceptions, for the purposes of radiological protection the Commission judges that the weight of evidence on fundamental cellular processes coupled with dose-response data supports the view that, in the low dose range, below about 100 mSv, it is scientifically plausible to assume that the incidence of cancer or heritable effects will rise in direct proportion to an increase in the equivalent dose in the relevant organs and tissues.

(65) Therefore, the practical system of radiological protection recommended by the Commission will continue to be based upon the assumption that at doses below about 100 mSv a given increment in dose will produce a directly proportionate increment in the probability of incurring cancer or heritable effects attributable to radiation. This dose-response model is governed by the term "linear-non-threshold" or LNT.

Personali ja patsientide kiirguskaitse

Protseduur	Keskm Ef D	Kopsuü/v arv	Sama D LFst
Rõ-uuringud			
Jäsemed	<0.01	<0.5	<1.5 päeva
Rindkere PA	0.02	1	3 päeva
Kolju	0.07	3.5	11 päeva
Läilisamba	0.7	35	4 kuud
Läilisamba l/s	1.3	65	7 kuud
Puusaliigesed	0.3	15	7 nädalat
Vaagen	0.7	35	4 kuud
Kõhukoobas	1.0	50	6 kuud
IVU	2.5	125	14 kuud
Sõõgitoru	1.5	75	8 kuud
Maouuring	3	150	16 kuud
Soolepassaaž	3	150	16 kuud
Jämesoolerõ	7	350	3.2 aastat
Pea CT	2.3	115	1 aasta
Rindkere CT	8	400	3.6 aastat
Kõhu/vaagna CT	10	500	4.5 aastat

Radioisotoop-uuringud	Keskm EfD	Kopsuü/v arv	Sama doos LFst
Kopsude ventilatsioon (Xe133)	0.3	15	7 nädalat
Kopsude perfusioon (Tc-99m)	1	50	6 kuud
Neer (Tc-99m)	1	50	6 kuud
Kilpnäär (Tc-99m)	1	50	6 kuud
Luum (Tc-99m)	4	200	1.8 aastat
Süda (Tc-99m)	6	300	2.7 aastat
Pea PET (F-18 FDG)	5	250	2.3 aastat



- ### Nõuded IK kasutavale protseduurile
- Iga uuring peab vastama korraga kõigile neljale tingimusele
- mõjutama diagnoosi
 - mõjutama ravitaktikat
 - mõjutama lõplikku ravitulemust
 - kolme eelnevat pole võimalik sama efektiivselt saavutada teiste ohutumate uurimismeetoditega

Radioloogiliste uuringute valimine

- võimalusel eelistada ioniseerivat kiirgust mittekasutavaid uuringuid (UH, MRT)
- eelistada rõ-ülesvõtet läbivalgustusele
- varasemad uuringud digitaalajastul hõlpsalt kättesaadavad – väldib kordusuuringute tegemist
- eakatel bioloogilise toime tekkerisk väheneb

Lävidoosid (ICRP 2005)

Toime	Kude	Tekkeaeg	Neeldunud doos (Gy)
Ajutine steriilsus	munandid	3-9 näd	~ 0.1
Püsiv steriilsus	munandid	3 näd	<6
Püsiv steriilsus	munasarjad	< 1 näd	3
Vereloom	luuüdi	3-7 p	0.5
Erüteem	nahk	1-4 näd	3-6
Nekroos	nahk	2-3 näd	5-10
Epilatsioon	juuksed, karvad	2-3 näd	<4
Katarakt	silmad	mitu aastat	3

Toime ilmumine 1% kiiritatutest

Lävidoosid (ICRP 2005)

Toime	Kude	Tekkeaeg	Neeldunud doos (Gy)
Hematopoeetiline sündroom	luuüdi	ravita 30-60 p raviga 30-60 p	1 2-3
Gastrointestinaalne sündroom	sooleepiteel	6-9 p	6
Pneumoonia	hingamisteede limaskest	1-7 kuud	6

Surevus 1% juhtudest

Kiirguse deterministlik toime



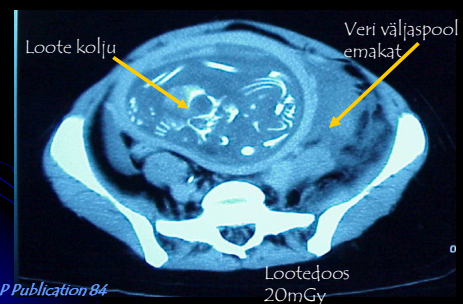
- Suure kiirgusdoosi tagajärg
- Krooniline haavand seljal 21 kuud peale koronarograafiat ja 2 angioplastikat
- Summaarne doos ca 20Gy!

Uuringute muud ohud

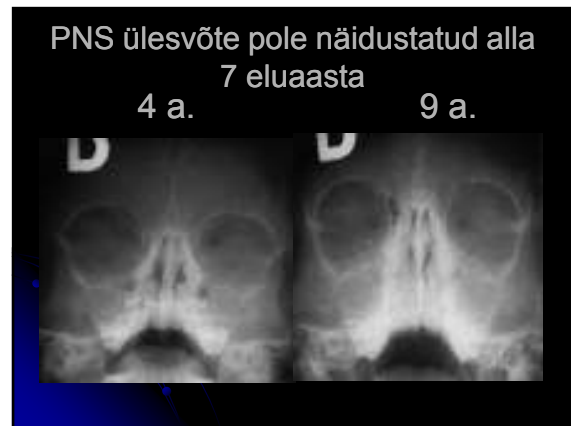
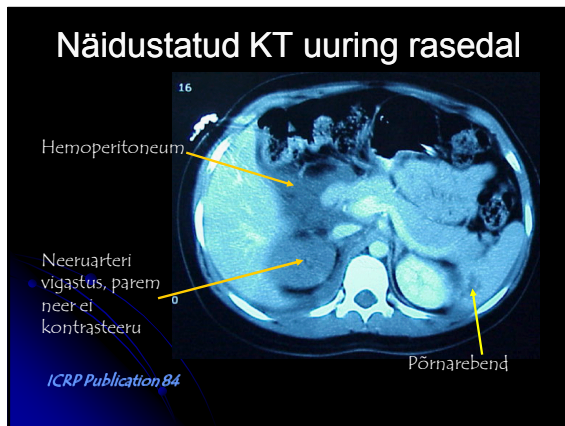
- kontrastainete kasutamine
 - KT uuringul i/v kontrastainet ca 100ml
 - võimalikud
 - allergilised reaktsioonid
 - neerukahjustus

Näidustatud KT uuring rasedal

Autoõnnetuses vigastada saanud noor naine



ICRP Publication 84



Radioloogiliste uuringute sobivuskriteeriumid

- Ameerika Radioloogia Kolledž
 - ACR Appropriateness Criteria™
 - http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria.aspx
- Kuninglik Radioloogide Kolledž
 - Juhised
 - <https://www.rcr.ac.uk>
- EL juhised
- http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf

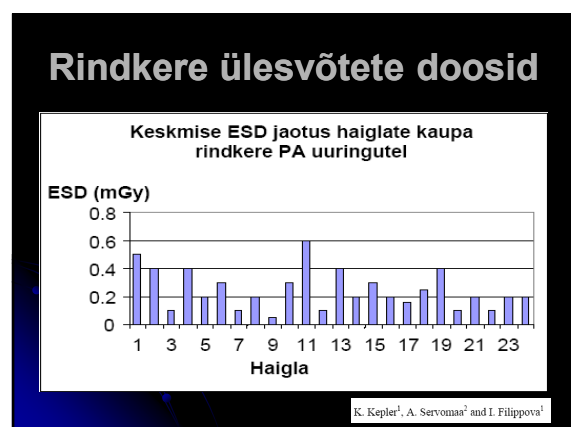
Kui ohtlik on ohtlik?

Kiirgusdooside määramine ja ohjamine

Naha sisendoosid Eesti haiglates levinumate röntgeni-uuringute puhul

Uuring	Valim	ESD _{min} (mGy)	ESD _{max} (mGy)	ESD _{keskm} (mGy)	ESD _{EL} (mGy)
Rindkere PA	272	0,05	0,6	0,3	0,3
Rindkere LAT	241	0,2	2,3	0,9	1,5
Lülisamba lumbaalosa AP	200	1,8	10,0	6,4	10
Lülisamba lumbaalosa LAT	229	3,7	21,8	10,7	30
Vaagen AP	108	1,8	10,0	3,9	10

K. Kepler¹, A. Servomaa² and I. Filippova³

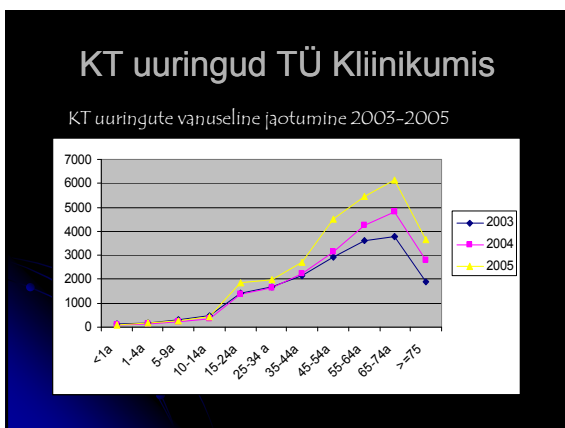
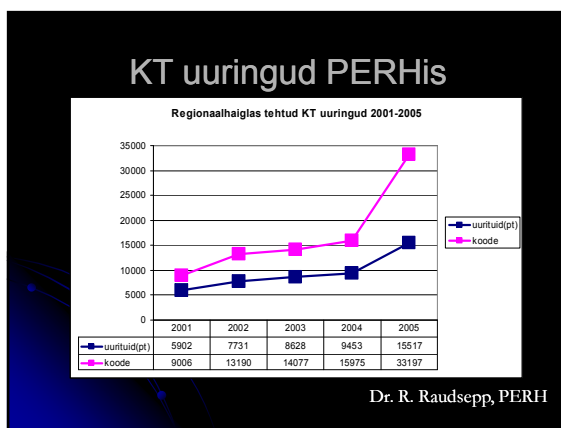
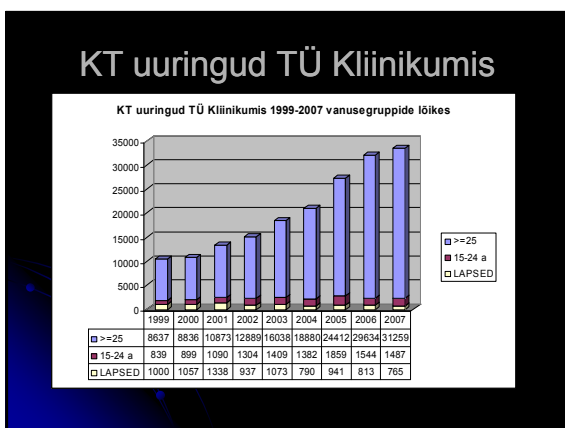


Röntgeniuuringud Nukleaarmeditsiin	Sama doos taustakiirgusest saadakse	Eluagene lisarisk vähki haigestumiseks*
rindkere, hammaste või jäsemete luude-liigeste ülesvõtted	mõne päevaga	PRAKTILISELT OLEMATU RISK väiksem kui 1:1 000 000
kolju, põskkoobaste või kaelapiirkonna ülesvõtted	mõne nädalaga	MINIMAALNE RISK 1:1 000 000 kuni 1:100 000
mammograafia, puusaliigeste, lülisamba, kõhu- ja vaagnapiirkonna ülesvõtted või peapiirkonna CT <i>Kopsude või neerude isotoopuuring</i>	mõne kuu kuni ühe aastaga	VÄGA VAIKE RISK 1:100 000 kuni 1:10 000
intravenoosne urograafia, mao ja soolestiku kontrastuuringud, rindkere või kõhuapiirkonna CT <i>Luude isotoopuuring</i>	mõne aastaga	VAIKE RISK 1:10 000 kuni 1:1 000

* Toodud riskitase on väga väikesed võrreldes sellega, et tänapäeval haigestub vähki iga kolmas inimene (risk 1:3!)

Kas on põhjust muretsemiseks?

- KT uuringute arv suureneb pidevalt (~11%)
 - KT uuringute kättesaadavus on märgatavalt paranenud
 - Uued näidustused (veresoonte uuringud, virtuaalsed endoskoopiad jne)
 - muutnud on haige diagnostiline käsitlus - sageli on KT esmane uuring
 - Haigust jälgitakse ja ravitulemust hinnatakse KT-ga
 - MRT ei asenda KT uuringuid



Patsientide ja personali informeeritus KT uuringuga kaasnevatest riskidest

- 7% EMO patsientidest väitis, et on informeeritud
- 22% EMO arstidest väitis, et on patsienti teavitanud
- KT uuringuga kaasuvat suurenenud riski uskus
 - 47% radioloogidest
 - 9% EMO arstidest
 - 2% patsientidest

Lee, Radiology:231, 2004

Uuringud on seotud kiirgusega!

Uuring	Doos (mSv)
Rindkere PA röntgenogramm	0,02
Tavaline KT uuring	7,0
Spiraalkt pitch 1	7,0
Spiraalkt pitch 2	3,5
HRCT 10mm intervall	0,7
HRCT 20mm intervall	0,35
LowDose HRCT	0,05
Tavaline kopsarteri angiograafia	9,0
Digitaalne kopsarteri angiograafia	6,0
Bronhograafia	3,0

Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries

Amy Berrington de González, DPhil and Sarah Darby, PhD

- Ühendkuningriigis
 - 0.6% kumulatiivsest vähiriskist 75. eluaastaks võib olla tingitud radiodiagnostikast.
 - Võrdub 700 vähijuhuga aastas
- Ülejäänud 13 riigis kumulatiivne risk 0.6-1,8%
- Jaapanis 3%
- Artikli autorid tunnistavad, et sellised prognoosid võivad olla ülehinnatud, kuid mitte alahinnatud

The Lancet, Volume 363, Issue 9406, 31 January 2004, Pages 345-351

Country	Annual X-rays per 1000*	Males		Females		Total	
		Attributable risk (%)	Cases cancer per year	Attributable risk (%)	Cases cancer per year	Attributable risk (%)	Cases cancer per year
Australia	565	1.2	204	1.6	227	1.3	431
Canada	852	1.1	406	1.0	378	1.1	784
Croatia	903	1.5	66	2.2	103	1.8	169
Czech Republic	883	0.9	87	1.2	105	1.1	172
Finland	704	0.7	20	0.7	30	0.7	50
Germany	1254	1.3	953	1.7	1086	1.5	2049
Japan†	1477	2.9	3704	3.8	3963	3.2	7587
Kuwait	896	0.7	25	0.6	15	0.7	40
Netherlands	600	0.7	100	0.7	108	0.7	208
Norway	708	1.3	28	1.1	49	1.2	77
Poland	841	0.5	99	0.7	192	0.6	291
Sweden	568	1.1	91	0.8	71	0.9	162
Switzerland	750	1.0	93	1.0	80	1.0	173
UK	469	0.6	341	0.6	359	0.6	700
USA	952	0.9	2573	1.0	3122	0.9	5695

*Taken from worldwide survey †Estimates assume annual frequency of CT examinations in Japan was equal to that for all health-care level 1 countries. However, number of CT scanners per million population in Japan is 3.7 times that for all health-care level 1 countries. If this number is reflected in annual frequency of CT examinations, then for Japan estimated annual number of X-rays per 1000 increases to 1573 and the attributable risk increases to 4.4%, corresponding to 9205 cases of cancer per year.

Table 6: Frequency of diagnostic X-rays per 1000 population, percentage of cumulative cancer risk to age 75 years attributable to diagnostic X-rays, and number of radiation-induced cases of cancer per year for 15 countries

Ka Eestis kasvab radioloogiliste uuringute arv, praegu ca 700 uuringut 1000 inimese kohta

Risk of cancer from diagnostic x-rays: estimates for the UK and 14 other countries

Meditsiiniikiiritusest tingitud kasvaja risk hakkab suurenema alates 40. eluaastast ja on maksimaalne 75. eluaastaks

2% vähkidest enne 40.a ja 56% vahemikus 65 – 74 a.

Peamine põhjustaja KT uuringud, eriti lapseas

de Gonzalez A.B. Lancet 2004;363:345-5

AJR:176, 2001, Brenner et al

- USA-s aastas 600 000 pea ja kõhukoopa KT-uuringut alla 15-aasta vanustel lastel
- 500 neist võib hiljem surra KT uuringul saadud kiirguse tekitatud pahaloolumulise kasvajasse

Laste kiirgusriskide prognoosimine

- Statistiline mudel, mis põhineb väikeste kiirgusdooside kahjustava toime tunnustamisel
- Selline prognoos on teoreetiline, mitte praktilisel kliinilisel kogemusel ja statistikal põhinev
- Risk väike, kuid mitte olematu!

Traumahaigete KT-uuringud

- JE Winslow et al - **Quantitative assesment of Diagnostic Radiation Doses in Adult Blunt Trauma Patients**
- Kerge traumaga patsiendid
- Keskmine vanus 32 aastat – suurem risk!
- Keskmine kiirgusdoos 40,2 mSv
- Selline doos võib 100 000 kiiritatu kohta tingida 322 lisanduvat vähijuhtu

Ann of Emergency Medicine 2008;52:93-97

Kompuutertomograafia protokollid

Vastsündinu 13-aastane

21 a. meespatsient akuutse pankreatiidi diagnoosiga

20.09	22.09 2 p.	27.09 7 p.	07.10 17 p.	15.10 25 p.	30.10 40 p.	16.11 57 p.
KT Th,abd, vaagen	KT Th, abd	KT Th, abd, vaagen	KT Abd	KT Abd	KT Abd	KT Abd, vaagen
12.09	14.09	16.09	18.09	19.09	28.09	???
Rö Abd	Rö Th	Rö Th	Rö Th	Rö Th	Rö Abd	JNE

Dr Vello Sõgeli andmed

Dr Vello Sõgeli andmed

Patsiendi efektiivdoos

- Kokkuvõtte ajaks saanud efektiivdoosi **129 mSv** ehk 54 aasta loodusliku kiirgusdoosi.
- Efektiivdoosi saab arvutada, korrutades doosi pikkuse korrutise (DLP) vastava koefitsendiga

$$E = E_{DLP} \cdot DLP$$

Kehapiirkond	Normeeritud efektiivne doos, E_{DLP} (mSv mGy ⁻¹ cm ⁻¹)
Pea	0.0023
Kael	0.0054
Rindkere	0.017
Kõht	0.015
Vaagen	0.019

Uurimata jätta ei saa, mis teha?

- Ignoreerida riske?
- Asendada teiste uuringutega?
- **Kasutada uurimiseks väiksemaid kiirgusdoose?**

Madala ja standardse doosiga kopsuKT



20 mAs

200 mAs

C.V. Zwirerich, *Radiology*, 1991, Vol 180, 413-417

Väikse doosiga KT vs IVU

TABLE 2. Comparisons of Effective Radiation Doses for Helical CT Protocols and Excretory Urography

Researchers	Modality	Acquisition Parameters				Effective Dose (mSv)*	
		Collimation (mm)	Peak Kilovoltage	Milliampere-Second	Pitch	In Males	In Females
Present study (30 mAs)	Multidetector CT	4 × 2.5	120	30 effective		1.2	1.9
Sheeler et al. [26]	Single-detector CT	5	140	180	1.5:1	5.5	7.5
SourDIS et al. [8]	Single-detector CT	5	120	160	1.2:1	4.1	5.7
Boyley et al. [19]	Single-detector CT	5	120	240	1.5:1	5.0	6.8
Liu et al. [1]	Single-detector CT	7	120	200	2:1	4.5	6.7
Diel et al. [10]	Single-detector CT	5	120	260	2.5:1-3:1	2.8-3.3	4.5-5.3
Hamm et al. [9]	Single-detector CT	5	120	70	2:1	0.98	1.5
Van Brers et al. [11]	Multidetector CT	4 × 2.5	120	280 effective		12.7	17.5
Casoli et al. [12]	Multidetector CT	4 × 2.5	120	140	0.75:1	13.1	18.0
Dezotte et al. [5]	Excretory urography	3 views				1.5	
Wall et al. [3]	Excretory urography	8 views				2.1 (range, 0.8-5.8)	

* Calculated with WinDose software (Institut für Medizinische Physik, Universität, Erlangen, Germany) for scanned region of 31 cm in height as mean in current study and with CT and urography parameters previously reported.

Väikese doosiga KT



- 120 kVp 30 mAs kontrastaineta KT
- BMI 34.4 kg/m²
- Valu vasakus küljes
- Rekonstruktsioonil näha nii laienenud vasak ureeter kui ka kivi ureeteri distaalses osas

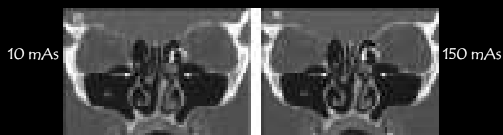
D. Tack, *AJR* 2003; 180:305-311

Väikse doosiga KT PNS uurimisel

TABLE 1. Comparison of Effective Radiation Doses Obtained During Imaging of the Pelvis by a Low-Arrow and Standard-Dose Acquisition Protocols: A Prospective Study in Healthy Subjects

Researchers	Modality	Acquisition Parameters				No. of Subjects	Effective Dose (mSv)	
		Collimation (mm)	Peak Kilovoltage	Milliampere-Second	Male		Female	
Present study	Low-Arrow CT	4 × 1	120	100	2:1	10	1.1	1.7
Present study	Standard-Dose CT	4 × 1	120	100	2:1	10	1.1	1.7
Wang et al. [27]	Single-detector CT	6	120	100	1:1	10	1.1	1.7
Wang et al. [27]	Single-detector CT	6	120	100	1:1	10	1.1	1.7
Wang et al. [27]	Single-detector CT	6	120	100	1:1	10	1.1	1.7
Wang et al. [27]	Single-detector CT	6	120	100	1:1	10	1.1	1.7

Väikse doosiga KT PNS uurimisel



- Paremäl normaalne OMK
- Vasakul muutunud etmoidaalrakustik

D. Tack, *AJR* 2003; 181:939-944