

# LIITTEET

## SISÄLLYSLUETTELO

Liite 1	Efektiiivinen annos röntgentutkimuksissa .....	346
Liite 2	Säteilysuojusten paksuus .....	352
Liite 3	Säteilysuojusten lyijyvastaavuus .....	355

## Efektiivinen annos röntgentutkimuksissa

Annosarvioita on aiemmin tehty erityisten anatomisten annosfantomien (ICRU Report 48, 1992) avulla. Niissä oleviin reikiin asetettiin termoloistedosimetrejä ja elinannokset arvioitiin näiden dosimetrien lukemista. Menetelmä on kuitenkin työläs, aikaa vievä ja kallis. Toinen mahdollisuus oli käyttää julkaistuja syväannoskäyriä (Harrison 1981, Cohen ym. 1972, Tapiovaara 1983), ja arvioida elinten annos niiden syvyyden, tutkimustekniikan ja pinta-annoksen avulla. Tällainenkin menetelmä on työläs ja monissa tapauksissa epätarkka kehon kudosten epähomogeenisuuden takia. Vaikeuksia on erityisesti luuytimen annoksen arvioinnissa.

Nykyisin elinten annosmääritysmenetelmät perustuvat yleensä laskennallisiin malleihin, jotka on ohjelmoitu tietokoneelle. Yksi tapa on perustaa laskelmat joko mitattuihin tai Monte Carlo-menetelmällä lasketuihin syväannoskäyriin ja ihmiskehon matemaattisiin malleihin. Tällaiseen menetelmään perustuu esimerkiksi annoslaskentaohjelma ODS-60 (Rannikko ym. 1997). Se laskee elinannokset aikuista mies- ja naispotilasta kuvaavissa fantomimalleissa, ja sallii pinta-annoksen, putkijännitteen, (alumiini)suodatuksen, fokusetäisyyden, kentän mittojen, kentän suuntauksen ja potilaiden koon muuttamisen. Ohjelma laskee annokset nopeasti ja sen fantomimalli on luultavasti realistisempi kuin yleisesti käytetty matemaattinen fantomi (Cristy 1980), mutta laskentaohjelman tekemät approksimaatiot (Rannikko ym. 1997, Toivonen ym. 1996) aiheuttavat tulosten tarkkuuteen epävarmuutta.

Tavallisimmin elinannosten laskenta perustuu Monte Carlo-menetelmään, missä satunnaislukujen avulla simuloidaan säteilyn vuorovaikutuksia matemaattisesti määritellyn fantomin kanssa. Menetelmässä seurataan suuren fotonijoukon kokemia vuorovaikutuksia fantomissa yksi kerrallaan. Kullekin fotonille arvotaan alkuenergia ja -suunta kuvaustilanteen mukaisesti. Fotonin vapaa matka sekä sen kokemat vuorovaikutukset fantomissa arvotaan niihin liittyvien todennäköisyysjakautumien mukaisesti. Kun suuren fotonijoukon satunnaiset historiat on simuloitu, saadaan elinten annoksille arvio tapahtuneiden energialuovutusten keskiarvon avulla. Kirjallisuutta Monte Carlo -laskennan käytöstä lääketieteellisen säteilyfysiikan sovellutuksissa voi löytää esimerkiksi Andreon katsausartikkelista (1991).

Säteilyn ja aineen vuorovaikutukset tunnetaan hyvin. Monte Carlo -laskennan tulokset ovatkin hyvin yhteensopivia kokeellisten tulosten kanssa: saavutettavaa tarkkuutta rajoittaa eniten matemaattisten fantomien poikkeaminen todellisten potilaiden anatomiasta. Pääasiallinen rajoittava tekijä Monte Carlo -laskennan käytölle on ollut laskennan vaatima pitkäaikoinen aika, mutta tämäkin kiusa on pienentynyt nopeasti, kun tietokoneiden tehokkuus on kasvanut. Tällä hetkellä yhdestä röntgenkuvasta aiheutuneiden elinannosten laskenta kestää muutamia sekunteja tai minuutteja, tarvittavan tarkkuuden mukaan.

STUK on vuonna 1997 julkaissut helppokäyttöisen PC-pohjaisen Monte Carlo -annoslaskentaohjelman PCXMC (Tapiovaara ym. 1997). Ohjelman esittelyn ja ilmaisen kokeiluversion löytää STUKin internetsivuilta, osoitteesta [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi). Ohjelma lienee nykyisin käytettävissä olevista altistuksen laskentamenetelmistä kattavin ja monipuolisin: se laskee elinannokset ja efektiivisen annoksen aikuis- ja lapsipotilaille (0-, 1-, 5-, 10- ja 15-vuotiaat lapset) vapaasti valittavissa olevalla tutkimustekniikalla (kentän kohdistus ja suuntaus, kentän mitat, fokusetäisyys, putkijännite, suodatus vapaasti valittavilla materiaaleilla, pinta-annos ilman takaisinsirontaa) ja antaa mahdollisuuden säätää fantomin kokoa (pituus ja paino) potilaan mittojen mukaiseksi.

Röntgentutkimuksista suuri osa tehdään kuitenkin vakiotekniikkaa käyttäen. Silloin Monte Carlo -laskentaa vaativa osa annoselvityksestä voidaan tehdä ennalta, ja elinannokset ilmaista pinta-annoksen (tai pinta-ala-annoksen) suhteen muunnoskertoimina. Tutkimuksesta saatavat elinannokset voidaan sen jälkeen helposti laskea kertomalla mitattu pinta-annos tutkimustilanteesta riippuvalla muunnoskertoimella. Tällaisia eri tutkimuksiin ja tutkimustekniikoihin liittyviä taulukoituja muunnoskertoimia on saatavilla aikuispotilaille (Hart ym. 1994a, Hart ym. 1994b, Jones ym. 1985, Drexler ym. 1990, Rosenstein ym. 1992, Stern ym. 1995, Rosenstein 1976a, Rosenstein 1976b) ja lapsille (Hart ym. 1996a, Hart ym. 1996b, Rosenstein ym. 1979). TT-tutkimuksien muunnosker-toimia on myös julkaistu (Jones ym. 1991, Jones ym. 1993, Zankl ym. 1991, Zankl ym. 1993); näissä mitattavana annossuurena on *CTDI* tai *DLP* vapaasti ilmassa (ilman fantomia) tutkimusaukon keskellä. Mammografiatutkimuksissa efektiivistä annosta voidaan arvioida rinnan rauhaskudoksen avulla: muut elimet eivät saa oleellisia annoksia. Muunnoskertoimia mammografiatutkimusten pinta-annoksesta rinnan rauhaskudosannokseen on useissa julkaisuissa (mm: Wu ym. 1991, Wu ym. 1994, Dance 1990, Dance ym. 2000, Beckett ja Kotre 2000, Rosenstein ym. 1985).

Efektiivisen annoksen konversiokertoimet riippuvat pääasiassa tutkimustyyppistä (tutkittava kehon osa, tutkimustekniikka ja säteilykeilan kenttäkoko). Aikuisen raajojen tutkimuksista pinta-ala-annosyksikköä kohden saatava efektiivinen annos on pieni (tyypillisesti suuruusluokkaa 0,005–0,01 mSv/Gycm<sup>2</sup>), koska raajoissa ei juurikaan ole efektiivisen annoksen laskennassa huomioon otettavia elimiä. Näiden tutkimusten efektiivinen annos koostuu pääasiassa ihon, luun pinnan ja lihasten annoksista. Kallokuvauksissa kertoimet ovat jonkin verran tätä suurempia, mutta edelleen pieniä. Efektiivinen annos pään alueen tutkimuksissa aiheutuu pääasiassa kilpirauhasen, aivojen, luuytimen ja luun pinnan annoksesta. Kallokuvauksessa pinta-ala-annosyksikköä kohden saatava efektiivinen annos on suuruusluokkaa 0,02–0,04 mSv/Gycm<sup>2</sup>. Keuhkokuvausissa tavallisia arvoja ovat 0,15–0,35 mSv/Gycm<sup>2</sup> ja vatsan alueen tutkimuksissa arvot voivat olla välillä 0,07–0,7 mSv/Gycm<sup>2</sup>. Pienille lapsille nämä muunnoskertoimien arvot voivat olla moninkertaiset ylläesitettyihin verrattuna.

## VIITEET LIITTEESEEN 1

Andreo P. Monte Carlo techniques in medical radiation physics. *Phys. Med. Biol.* 1991; 36: 861–920.

Beckett JR, Kotre CJ. Estimation of mean glandular dose for mammography of augmented breasts, *Phys. Med. Biol.* 2000; 45: 3241–3252.

Cohen M, Jones DEA, Greene D (toim.). Central Axis Depth Dose Data for Use in Radiotherapy, *Br. J. Radiol. Suppl.* 11 (1972).

Cristy M. Mathematical phantoms representing children of various ages for use in estimates of internal dose. NUREG/CR-1159, ORNL/NUREG/TM-367. Oak Ridge National Laboratory, 1980.

Dance DR. 1990 Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Phys. Med. Biol.* 1990; 35: 1211–1219.

Dance DR, Skinner CL, Young KC, Beckett JR, Kotre CJ. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol, *Phys. Med. Biol.* 2000; 45: 3225–3240.

Drexler G, Panzer W, Widenmann L, Williams G, Zankl M. The calculation of dose from external photon exposures using reference human phantoms and Monte Carlo methods. Part III: Organ doses in x-ray diagnosis. GSF-Bericht 11/90. GSF, Neuherberg, 1990.

Harrison RM. Central-axis depth-dose data for diagnostic radiology. *Phys. Med. Biol.* 1981; 26: 657–670.

Hart D, Jones DG, Wall BF. Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements. NRPB-R262. HMSO, London, 1994a.

Hart D, Jones DG, Wall BF. Normalised organ doses for medical x-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques. NRPB-SR262. NRPB, Chilton, 1994b.

Hart D, Jones DG, Wall BF. Coefficients for estimating effective doses

from paediatric x-ray examinations. Report NRPB-R279. HMSO, London, 1996a.

Hart D, Jones DG, Wall BF. Normalised organ doses for paediatric x-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques. NRPB-SR279. NRPB, Chilton, 1996b.

International Commission on Radiation Units and Measurements. Phantoms and computational models in therapy, diagnosis and protection. ICRU Report 48. Bethesda, MD, 1992.

Jones DG, Shrimpton PC. Normalised organ doses for X-ray computed tomography calculated using Monte Carlo techniques. NRPB -SR250. NRPB, Chilton, 1993.

Jones DG, Shrimpton PC. Survey of CT practice in the UK. Part 3: Normalised organ doses calculated using Monte Carlo techniques. NRPB -R250. HMSO, London, 1991.

Jones DG, Wall BF. Organ doses from medical x-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques. NRPB-R186. HMSO, London, 1985.

Rannikko S, Ermakov I, Lampinen J, Toivonen M, Karila KTK ja Chervjakov A. Computing patient doses of x-ray examinations using a patient size- and sex-adjustable phantom. *Br. J. Radiol.* 1997; 70: 708–718.

Rosenstein M. Handbook of selected organ doses for projections common in diagnostic radiology. FDA Publication 76-8031. HEW, Rockville, MD, 1976a.

Rosenstein M. Organ doses in diagnostic radiology. HEW Publication FDA 76-8030. U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1976b.

Rosenstein M, Andersen LW, Warner GG. Handbook of glandular tissue doses in mammography. HHS Publication FDA 85-8239. Rockville, MD, 1985.

Rosenstein M, Beck TJ, Warner GG. Handbook of selected tissue doses for projections common in pediatric radiology. HEW Publication

FDA 79-8079. U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1979.

Rosenstein M, Suleiman OH, Burkhart RL, Stern SH, Williams G. Handbook of selected tissue doses for the upper gastrointestinal fluoroscopic examination. HHS Publication FDA 92-8282. Rockville, MD, 1992.

Stern SH, Rosenstein M, Renaud L, Zankl M. Handbook on selected tissue doses for fluoroscopic and cineangiographic examination of the coronary arteries. HHS Publication FDA 95-8289. Rockville, MD, 1995.

Tapiovaara M. Röntgendiagnostisen fysiikan käsikirja. Osa II: Potilasannokset. STL-B54. Säteilyturvallisuuslaitos, Helsinki, 1983.

Tapiovaara M, Lakkisto M, Servomaa A. PCXMC - A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. STUK-A139. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997.

Toivonen M, Aschan C, Rannikko S, Karila K, Savolainen S. Organ dose determinations of x ray examinations using TL detectors for verification of computed doses. *Radiat. Prot. Dosim.* 1996; 66: 289–294.

Zankl M, Panzer W, Drexler G. The calculation of dose from external photon exposures using reference human phantoms and Monte Carlo methods. Part VI: Organ doses from computed tomographic examinations. GSF-Bericht 30/91. GSF, Neuherberg, 1991.

Zankl M, Panzer W, Drexler G. Tomographic anthropomorphic models. Part II: Organ doses from computed tomographic examinations in paediatric radiology. GSF-Bericht 30/93. GSF, Neuherberg, 1993.

Wu X, Barnes GT, Tucker DM. Spectral dependence of glandular tissue doses in screen-film mammography. *Radiology* 1991; 179: 143–148.

Wu X, Gingold EL, Barnes GT, Tucker DM. Normalized average glandular dose in molybdenum target-rhodium filter and rhodium target-rhodium filter mammography. *Radiology* 1994; 193: 83–89.

## 2 Liite

### Säteilysuojusten paksuus

Putkijännite (kV)	Käyttömäärä (mAmin/viikko)	Tarvittava lyijyn paksuus (mm) eri fokusetäisyyksillä			Tarvittava betonin paksuus (mm) eri fokusetäisyyksillä		
		1 m	2 m	4 m	1 m	2 m	4 m
50	10	0,5	0,4	0,3	57	44	31
	30	0,6	0,4	0,3	68	54	41
	100	0,7	0,6	0,4	80	66	52
	300	0,8	0,7	0,5	91	77	63
	1 000	0,9	0,8	0,6	103	89	75
70	10	1,1	0,8	0,6	108	85	62
	30	1,3	1,0	0,8	127	103	80
	100	1,5	1,2	1,0	148	124	100
	300	1,7	1,4	1,2	167	143	119
	1 000	1,9	1,7	1,4	187	163	140
100	10	2,6	2,1	1,5	183	151	119
	30	3,1	2,5	2,0	209	177	144
	100	3,5	3,0	2,4	237	205	173
	300	4,0	3,4	2,9	263	231	198
	1 000	4,5	3,9	3,4	291	259	226
125	10	3,0	2,4	1,9	232	194	156
	30	3,5	2,9	2,3	262	224	186
	100	4,1	3,5	2,8	295	257	219
	300	4,6	3,9	3,3	325	287	249
	1 000	5,1	4,5	3,9	358	320	282
150	10	3,3	2,7	2,0	274	231	189
	30	3,9	3,2	2,5	308	265	223
	100	4,5	3,8	3,1	344	302	260
	300	5,1	4,4	3,7	378	336	293
	1 000	5,8	5,0	4,3	415	372	330

**TAULUKKO A2.1. Primaarisäteilyn suojaukseen tarvittavat suojusten paksuudet putkijännitteen, käyttömäärän ja suojattavan tilan etäisyyden mukaan**

Taulukko on laskettu annosrajoituksen 0,3 mSv/vuosi mukaisesti. Laskuissa on oletettu kolmivaiheinen röntgengeneraattori. Lyijyn tiheys 11,35 g/cm<sup>3</sup>, betonin tiheys 2,3 g/cm<sup>3</sup>.



Putkijännite (kV)	Käyttömäärä (mAmin/viikko)	Tarvittava lyijyn paksuus (mm) eri etäisyyksillä			Tarvittava betonin paksuus (mm) eri etäisyyksillä		
		1 m	2 m	4 m	1 m	2 m	4 m
50	10	0,2	0,1	-	20	7	-
	30	0,3	0,2	0,1	31	17	5
	100	0,4	0,3	0,2	43	29	15
	300	0,5	0,4	0,3	54	40	26
	1 000	0,7	0,5	0,4	66	52	38
70	10	0,5	0,2	-	40	18	-
	30	0,7	0,4	0,2	59	36	13
	100	0,9	0,6	0,4	79	56	33
	300	1,1	0,8	0,6	98	75	51
	1 000	1,3	1,0	0,8	119	95	71
100	10	1,1	0,6	0,2	71	39	11
	30	1,6	1,0	0,5	96	64	33
	100	2,1	1,5	1,0	124	92	60
	300	2,5	1,9	1,4	150	118	85
	1 000	3,0	2,4	1,9	178	149	113
125	10	1,4	0,8	0,3	94	56	21
	30	1,8	1,2	0,7	124	86	49
	100	2,4	1,8	1,2	156	119	81
	300	2,9	2,2	1,6	187	149	111
	1 000	3,4	2,8	2,2	220	182	144
150	10	1,6	0,9	0,4	115	73	33
	30	2,1	1,4	0,8	148	106	64
	100	2,7	2,0	1,3	185	143	100
	300	3,3	2,6	1,9	219	176	134
	1 000	4,0	3,2	2,5	255	213	171

**TAULUKKO A2.2 Sekundaarisäteilyn suojaukseen tarvittavat suojusten paksuudet putki-jännitteen, käyttömäärän ja etäisyyden mukaan: etäisyys ilmaisee suojattavan tilan etäisyyden sekä röntgenputkesta että potilaasta**

Taulukko on laskettu annosrajoituksen 0,3 mSv/vuosi. Taulukossa on oletettu kolmivaiheinen röntgengeneraattori, etäisyydeksi fokuksen ja potilaan välille 1 m, kenttäkooksi potilaan pinnalla 400 cm<sup>2</sup>, röntgenputken vaipan vuodoksi 1 mGy/h (tarkastellulla jännitteellä, 200 W teholla ja 1 m etäisyydellä) ja sirontakulmaksi 135°. Lyijyn tiheys 11,35 g/cm<sup>3</sup>, betonin tiheys 2,3 g/cm<sup>3</sup>.

Röntgenputken jännite (kV)	HVL (mm)		TVL (mm)	
	Lyijy	Betoni	Lyijy	Betoni
35	0,03	2,8	0,07	8,3
50	0,05	7	0,20	23
70	0,12	11	0,42	39
100	0,25	16	0,91	56
125	0,28	19	1,0	62
150	0,30	22	1,2	67

**Taulukko A2.3** Betonin ja lyijyn avulla ilmaistuja *HVL*- ja *TVL*-arvoja

Arvot sisältävät myös suojuksessa syntyneen sekundaarisäteilyn (leveä säteilykeila).

### 3 Liite

#### Säteilysuojusten lyijyvastaavuus

Rakennemateriaali ja sen tiheys (g·cm <sup>-3</sup> )	Lyijyarvo (mm)	Lyijyarvoa vastaava materiaali- paksuus (mm)						
		Röntgenputken jännite (kV)						
		50	70	100	125	150	200	300
<b>Betoni (2,3)</b> [tai lasi (2,6)]	1	130	105	80	95	105	95	80
	2		195	140	165	180	165	125
	3		285	190	230	250	220	155
	4			240	290	300	270	185
	6			340	410	410	360	240
<b>Tiili (1,8)</b>	1	200		120		150	130	105
	2			195		260	230	165
	3			260		340	310	210
	4			330		420	370	250
	6			450		570	490	330
<b>Teräs (7,9)</b>	1	6,5		6,5		14	16	16
	2			13		28	32	26
<b>Kipsi (0,84)</b>	1	290		200		270	240	190

#### Joitakin lyijyarvoja vastaavat materiaali- paksuudet eri putkijännitteillä

Materiaali-  
paksuuden riippuvuus putkijännitteestä johtuu lyijyn ja rakennemateriaalin absorptio-ominaisuuksien eroista, pääasiassa lyijyn K-absorptioreunasta (88 keV). Esimerkiksi 150 kV:n putkijännitteellä 3 mm paksuinen lyijykerros antaa yhtä hyvän suojan kuin 250 mm paksuinen betonikerros, kun betonin tiheys on 2,3 g/cm<sup>3</sup>.

## Hakemisto

### A

a priori -tieto 102  
aaltoisuus 39  
absorboitunut annos 118, 127, 165, 196  
absorptio 26, 94  
AFC-testi 101, 103  
ajoneuvojen läpivalaisulaite 259  
aksiaalileikekuvaus 18, 44, 68  
amorfinen seleeni 60  
angiografia 17, 43, 75, 141, 142, 163  
angiografialaite 43, 51  
annoksen ja pinta-alan tulo 122–126, 139  
annoksen ja pituuden tulo 135  
annos 117  
annosefektiivisyys 78, 112, 146  
annosnopeusautomaattikka 42, 56, 144  
148, 166, 168  
annospassi 314  
annosprofiili 132  
annosraja 155, 156, 159, 205, 312  
annosrekisteri 314  
annostarkkailu 155, 159, 313  
annosvaste 184  
anodi 24, 32  
anodikulma 33  
anodivirta 21, 33, 166  
artefakti 76, 98  
Augerin elektroni 29

### B

bariumfluorobromidi 57  
bariumfluorodidi 57  
bariumpohjaiset loisteaineet 54  
bariumsulfaatti 64  
beetatroni 192  
Bucky 16, 41  
bucky-kuvaus 40  
bucky-pöytä 40  
Bürger-fantomi 100

### C

C-kaari 43, 48  
C-tyypin laboratorio 288  
CCD 50, 52, 60, 75, 91  
cesiumjodidi (CsI) 55, 60, 91, 114  
Comptonin sironta 28, 30, 76  
Computed Tomography Dose Index  
(CTDI) 130, 132–137, 139, 347  
Coolidge 16  
Cormack 18  
CT-luku 71

### D

DAP 122–126, 129, 139, 151  
deterministinen vaurio 118,  
338–341  
diagnostiikka 14, 78–82, 142, 144, 156  
digitaalinen kuva 43, 52, 56, 58, 62, 92,  
97, 102  
digitaalinen kuvalevy 50, 52, 57, 92  
digitaalinen kuvantaminen 50, 56–60, 78,  
82, 86, 115  
digitaalinen kuvareseptori 43, 73, 75,  
108, 146  
digitointisyvyys 86  
dose length product (DLP) 135  
DQE 60, 106, 146

### E

efektiivinen annos 113, 119, 127–130,  
142, 143, 150, 155, 159, 244, 346  
efektiivinen annosekvivalentti 127, 143  
elektronisäteily 193, 201  
elimen ekvivalenttiannos 127  
endoskopia 14  
epäfokaalinen säteily 36  
epäkoherentti sironta 28  
epämuodostuma 152  
erotuskyky 86, 100  
etäisyysrajoitin 50

### F

fantomi 128–134, 139, 167, 174–176,  
346  
filmi 50, 52, 78, 84, 98  
filmin kehitys 49, 52–54  
filmin ominaiskäyrä 54  
flat-panel -detektori 60  
fluoresenssi 51, 322  
fluoresoiva aine 53, 91, 322  
fluoresoiva levy 54  
fluoresoiva varjostin 42  
fokus 33, 57, 61, 88, 104  
fokuskoko 34  
fokusrata 33  
folio 52  
fotokatodi 55  
fotoni 19, 26, 53, 198  
fotonikertymä 22  
fotostimuloitu luminisenssilevy 57  
fotosähköinen absorptio 28, 76  
fotodyinreaktio 29  
Fourier-muunnos 68, 87, 92, 97, 104

**G**

gadoliniumoksisulfidi 54, 95  
 gamma 55, 85  
 gammakamera 236  
 gammakuvauslaite 257  
 gammaradiografia 256  
 gammasterilointilaitos 261  
 gammasäteily 19, 31  
 gammaveitsi 192  
 gantry 44  
 geigerilmaisim 221, 263, 270

**H**

H&D-käyrä 54  
 hajasäteilyhila 40, 66, 85, 110, 144  
 hammasröntgenkuvaus 50, 138, 157  
 hammasröntgenlaite 50  
 harmaaskaala 58, 83, 86, 115, 116  
 havaittajan tehokkuus 115  
 Heat Unit 35  
 Heel-efekti 21  
 hehkuvirta 32, 34, 37, 40  
 helikaalikuvaus 47, 71, 136  
 hiilikuitu 53, 109, 111, 149  
 hiukkaskiihdytin 192, 280  
 hoitoannos 185  
 Hounsfield 18  
 Hounsfield-luku 71  
 huntu 65  
 HVL 26, 169–171, 354  
 HVT 26

**I**

I-factor 96  
 IAEA 301  
 ICRP 6, 127, 298  
 ICRU 301  
 ideaalinen havaittaja 102  
 IEC 40, 132, 137, 302  
 ihoannos 119  
 ihovaurio 118, 336, 340  
 ikkunointi 45, 68, 116  
 ilmakerma 26, 84, 120, 121, 165, 167–169  
 ILO 301  
 informaatio 58, 76, 77, 81, 82, 86, 93, 96, 102–104, 107, 113–117  
 informaation hyödyksikäyttökäyttäjä 96  
 information utilization factor 96  
 intensiteettimoduloitu hoito 195  
 intraoraaliammasröntgenlaite 50  
 ionisaatiokammio 132, 198  
 IP-levy 57  
 ISO 302

isodoosikäyrästä 126  
 isosentripiste 203  
 isotooppihoito 242  
 isotooppilääketiede 220  
 isotooppitutkimusten vertailutasot 247  
 isotrooppinen 88

**J**

jakoautomaattikka 43  
 jarrutussäteily 19, 22, 193  
 jodivarjoaine 64, 65  
 jyrkkyys 54, 85  
 jälkilataushoito 188  
 jälkilataushoitolaite 189

**K**

K-absorptioreuna 29, 65, 76  
 K-kuoren absorptioreuna 23  
 K-reunasuodatin 25  
 kaihdin 36, 50, 151  
 kaihi 118  
 kaksiennergiakuvaus 76  
 kaksipulssigeneraattori 37, 39  
 kaksitoistapulssigeneraattori 38, 39  
 kalibrointi 124, 166, 168, 174, 196  
 kalsiumvolframaatti 53, 95  
 kanturi 44  
 kapean keilan geometria 31, 168, 169  
 karakteristinen käyrä 85  
 karakteristinen röntgensäteily 22–25, 29, 57, 92, 169  
 kardiologi 159  
 katetri 75, 189  
 katodi 16, 21, 32  
 kehityshäiriö 152  
 kehityskone 52  
 keilanrajoitin 194  
 kenttäannos 200  
 kenttäkokokeroin 200  
 kerma 84, 123, 165  
 kerroskuvaus 49  
 kertymä 22  
 keskimääräinen kokohehoannos 126  
 keskimääräinen tutkittavan alueen annos 134  
 keskitaajuusgeneraattori 37  
 kiilakeroin 201  
 kinekuvaus 56  
 kivessuojus 151  
 koboltikeilahoitolaite 191, 340  
 koherentti sironta 27  
 kohina 54, 58, 78, 82, 84, 86, 92, 93–98, 104, 146  
 kohinaekvivalentti kvanttimäärä 104

kohinan tehospektri 97, 104  
kohtio 21  
kollektiivinen annos 142  
kondensaattoriröntgenlaite 38, 50  
kontrasti 36, 65, 79, 82–86  
kontrastikynnys 100, 176  
kontrastinvahvistus 104  
konversiokohina 94, 95  
konvoluutio 70, 92  
kosteusmittari 275  
kova säteily 19  
kudoksen painotuskerroin 128  
kuljetettava röntgenlaite 50, 157  
kuratiivinen 185  
kuusipulssigeneraattori 38, 39  
kuva-alkio 57  
kuvalevy 50, 52, 57, 92  
kuvamatriisi 46, 62  
kuvan epätasaisuus 98  
kuvankäsittely 84, 116  
kuvanlaatu 77–84, 98–106, 113, 114,  
117, 145–150, 168, 174  
kuvanvahvistin 42, 55, 91, 98  
kuvareseptori 40, 51–62, 67, 74, 94, 96,  
98, 107, 114, 125, 145, 175  
kuvausaika 39  
kuvauskasetti 40, 43, 52  
KV-TV -ketju 56  
kvantti 19, 53, 94  
kvanttiefektiivisyys 60, 106, 146  
kvanttikohina 94  
kymmenyspaksuus 161, 162, 169,  
208, 354  
kytkentätransientti 40  
käyttömäärä 161

## L

L-absorptioreuna 29  
laadunvarmistus 74, 90, 101, 151, 165,  
166, 169, 171–178, 216  
labyrintti 205  
Langmuir 17  
lantaanioksidibromidi 54  
lataushoito 188  
latentti kuva 53  
latitudi 85  
leikepaksuus 45, 132  
leveän keilan geometria 32, 160, 169  
LIH, last image hold 57  
lihaskudos 30  
Lilienfeld 16  
lineaarikiihdytin 193, 259  
lineaaritomografia 73  
litiumfluoridi (LiF) 119

litteä kuvailmaisoin 60, 91  
liukurengastekniikka 47  
loisteaine 53  
luun mineraalipitoisuuden mittaaminen 67, 77  
lyijy 28, 30, 161–164, 206, 222,  
352–353  
lyijykumiesiliina 157, 158  
lyijykumisuojaus 42, 151  
lyijylasi 54, 157, 164  
läpätunkevyys 19, 26, 113, 161  
läpivalaisu 17, 42, 43, 48, 57, 143, 144,  
152, 158, 160, 176, 340  
läpivalaisulaite 42, 43, 48, 54–57, 144,  
151, 162

## M

MAFC-menetelmä 101  
magneettikuvaus 14, 18  
magnetoenkefalografia 14  
mammografia 18, 24, 52, 58, 130, 140,  
146, 347  
mammografialaite 25, 36, 48, 162  
maskikuva 57, 75  
massavaimennuskerroin 29–31  
matkalaukkujen tarkastuslaite 260  
matkavaimennuskerroin 29–31, 45, 68  
mikrotroni 193  
modulaation siirtofunktio (MTF) 87–90,  
100, 104, 113  
moniliuskarajoitin 194  
monipulssigeneraattori 37, 51  
monokromaattinen 31  
Monte Carlo -menetelmä 32, 129  
MSAD<sub>w</sub> 135  
multiple-alternative forced choice (MAFC)  
101  
mustumakäyrä 54

## N

natiivitutkimus 63  
NDT 256  
NEA 301  
NEQ 104–108  
neutronikaappaushoito 188  
neutronilähde 267  
neutronisäteily 205  
noise power spectrum 97  
nopeus 54  
NPS 97, 104, 108, 112, 113  
Nyquistin taajuus 92

## O

ohjaushuone 157, 206  
oikeutusperiaate 117, 143, 154, 155

oleskelutekijä 206  
 optimointi 113, 117, 146, 159  
 optimointiperiaate 117, 144, 155  
 optinen fokus 33  
 optinen siirtofunktio 88  
 optinen tiheys 53, 84  
 organisaatioselvitys 303  
 ortopantomografia 73  
 optinen siirtofunktio (OTF) 88

## P

Paatero 73  
 paikkaerotuskyky 67  
 paikkataajuus 60, 61, 70, 86–89, 92, 97, 100, 105–108  
 palliatiivinen hoito 185  
 palovaroitin 324  
 panoraamatografia 73–75, 125, 139  
 panoraamatografialaite 49, 74, 162  
 parinmuodostus 29  
 PCXMC-annoslaskentaohjelma 129, 347  
 pehmeä säteily 19  
 penetrametrimittari 168  
 perinnöllinen haitta 153  
 piirtokyky 54, 57, 104  
 pikseli 47, 57, 62, 86, 92, 97  
 pilariteline 41  
 pimeän virran kohina 94  
 pimiö 52  
 pinnankorkeusmittari 271  
 pinta-ala-annos 123  
 pinta-alamassamittari 277  
 pinta-annos 59, 113, 119–122, 125, 130, 132, 138, 148, 150, 165, 190, 346, 348  
 pintakontaminaatoraja 289  
 pintakytkin 270  
 pintatiheys 77  
 pistepyyhkäisy 61, 66  
 pistevaste (PSF) 87  
 pitch 136  
 pitoisuusraja ilmassa 290  
 pohjahuntu 54  
 Poissonin jakauma 94  
 positroniemissiotografia 225, 236  
 potilaalle aiheutuva säteilyannos 243  
 potilaan säteilyaltistus 77, 78, 107, 112, 113, 117–152, 165  
 Potter 16, 41  
 projektio 125  
 projektiokuvaus 61  
 pulssaava läpivalaisu 42, 56, 144  
 puoliintumispaksuus 26  
 puolivarjo 191

putkijännite 21–26, 33, 35, 37–40, 51, 113, 121, 146–148, 162, 168, 174  
 putkivirta 21, 33, 37, 40, 47, 51, 122  
 pyyhkäisy 56, 57, 61, 66–67, 74, 90, 99, 111  
 päivänvalojärjestelmä 52

## R

radioaktiivinen jäte 291, 341  
 radiologia 14, 18, 47  
 radiolääke 220  
 radiometrinen tiheysmittari 273  
 radionuklidigeneraattori 225  
 radionuklidilaboratorio 287  
 radionuklidin vaarallisuusluokka 286  
 rakeisuus 93  
 raskaus 152–156  
 Rayleighin sironta 27  
 receiver operating characteristic (ROC) 80, 101, 106  
 rekombinaatio 199  
 rekonstruointimenetelmä 68  
 resoluutio 57  
 rinnan rauhaskudoksen annos 130  
 rintaruokinta 152  
 ROC-menetelmä 80, 101, 106  
 Röntgen, W. C. 15  
 röntgenyksikkö 165  
 röntgenfilmi 50, 52, 91  
 röntgenfluoresenssianalysaattori 279  
 röntgengeneraattori 16, 19, 36–40  
 röntgenhoitolaite 190  
 röntgenkuva 14, 62  
 röntgenkuvasasetti 52, 53  
 röntgenkuvaslaite 40  
 röntgenlähete 103  
 röntgenputken säteilytuotto 121, 165, 166, 174  
 röntgenputki 16, 19, 21–25, 32–36, 62, 74, 88, 121  
 röntgenradiografia 256  
 röntgensäteilyn spektri 77, 79, 147  
 röntgensäteilyn syntyminen 19–23  
 röntgentutkimushuoneen säteily suojaus 159  
 röntgentutkimuslaite 40  
 röntgentutkimusten määrät 140

## S

satunnaiset riskit 119  
 Schönander 18  
 sekundaarisäteily 32, 42, 170, 205  
 Seldinger 18

seleenirumpu 99  
 sensitiivisyys 80, 106  
 signaali-kohinasuhde 102, 149  
 sikiö 151–156  
 sinkkikadmiumsulfidi 54  
 siroonnut säteily 26, 66, 67, 84, 148, 156, 205  
 sisäänmenovarjostin 55  
 skannaus 45, 57  
 spektri 22, 24, 62, 84, 95, 107, 164, 171  
 spesifisyys 80, 106  
 spiraalitekniikka 47, 71  
 stereotaktinen hoito 195  
 stokastiset riskit 119  
 struktuurikohina 93  
 subtraktio 44, 57  
 subtraktioangiografia 18  
 subtraktiokuva 75, 115  
 suodatettu takaisinprojisointi 69  
 suodatus 24, 35, 84, 146, 147, 171  
 suojakäsine 158  
 suojavaippa 35, 156  
 suora vaurio 118  
 suunnitteluraja 160, 205  
 suuntatekijä 206  
 suuntausputki 50  
 suurenergiahoitolaite 190  
 suurennus 89, 104, 150  
 suurjännitteen aaltomuoto 38, 39  
 suurtaajuusgeneraattori 37  
 Swank-factor 96  
 synkrotronisäteily 20  
 syväionisaatiokäyrä 197  
 syöpäriski 153  
 sädehoito 184  
 sähköinen fokus 33  
 sähkömagneettinen säteily 18  
 säteilevät kuluttajatuotteet 320  
 säteilyannos 117  
 säteilyasetus 306  
 säteilykontrasti 84  
 säteilylaki 298  
 säteilyn käyttöorganisaatio 307  
 säteilyn laatu 26  
 säteilyn vaimeneminen 14, 26, 30, 31, 161, 168  
 säteilysuojaus 156–164  
 säteilytuotto 121, 165, 166, 174  
 säteilytys 165  
 säteilytyö 312  
 säteilytyöluokat 155, 216, 312

## T

takaisinprojisointi 70  
 takaisinsirontakerroin 120  
 tarkastus 216, 310  
 tarkkailualue 160, 205, 313  
 tasajännitegeneraattori 38, 39  
 teknetiumgeneraattori 227  
 teleradiologia 59  
 terminen fokus 33  
 termoloistedosimetri 119  
 terveystarkkailu 216, 315  
 terävyys 55, 84, 86  
 thorax-teline 40  
 Thorotrast 17  
 tietokonetomografia (TT) 18, 45, 47, 68, 116, 130, 139  
 tietokonetomografialaite 44, 162  
 tilastollinen päätöksentekoteoria 82  
 tilavuusalkio 68  
 toimenpideradiologia 47, 75, 118, 141, 158  
 tomografia 72  
 tomografiakuvaus 49  
 tomografiateline 49  
 topogrammikuva 67  
 translaatio-rotaatio-periaate 45  
 TT-annoksen tilavuuskeskiarvo 135  
 TT-luku 71  
 TT:n annosindeksi 132  
 turvallisuuslupa 6, 216, 302  
 TVL 169, 208, 354  
 tykösädehoito 188  
 työntekijän säteilyaltistus 156  
 työolojen tarkkailu 160, 314  
 tähtirasteritestilevy 89  
 tähystys 18

## U

ulostulovarjostin 43, 55  
 ultraäänikuvaus 14, 18  
 umpilähde 188, 263

## V

vahvistuslevyt 52, 78, 95  
 vahvistuslevy-filmiyhdistelmä 146  
 vaikutusala 29  
 vaimennuserroin 71, 160  
 vaimennusprofiili 45, 68  
 valkoinen kohina 97  
 valotusautomaatti 40, 148, 166  
 valoväriaine 322  
 valvonta-alue 160, 205, 313  
 vapaaraja 284



varjoaine 17, 44, 45, 57, 64, 75, 79, 146  
varjoainetutkimus 64  
vastaava johtaja 308  
vertailutasot 138–140, 247  
viimeisen läpivalaisukuvan muisti 42, 56  
viivapyyhkäisy 61, 66, 67  
vokseli 68  
vuosisaantoraja 290  
vuotosäteily 51, 160, 211  
vähimmäissuodatus 36  
värillinen kohina 97  
vääristymä 64, 67, 98

**W**

WHO 301  
Wienerin spektri 97

**X**

x-säde 15  
Xeroradiografia 60

**Y**

yksifotoniemissiotomografia 236  
yksipulssigeneraattori 37, 39  
yleistutkimusteline 43  
yttriumtantalaaatti 54

**Z**

zonografia 72