Sädehoitopäivät 18.4.2013

Sairaalafyysikko Sami Suilamo
Tyks

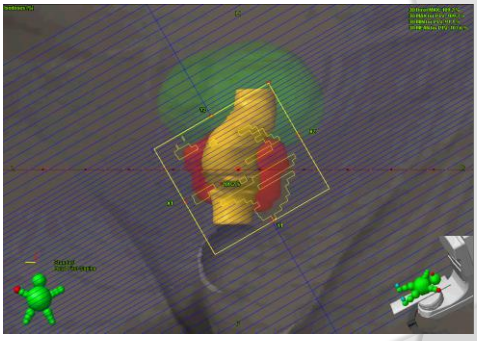
ETURAUHASEN SÄDEHOITO - VARIAN / RAPIDARC

Taustaa

- Tyksissä käytössä
  - Viisi Varianin kiihdytintä (Novalis Tx, Clinac iX, 2 x Clinac 2100C/D, Clinac 600C)
  - Annossuunnittelujärjestelmät Eclipse 10.0.28 (Varian) ja iPlan RT (BrainLab)
- RapidArc otettu kliiniseen käyttöön 3/2011
- Tyks tehnyt vähäistä yhteistyötä Varianin kanssa
- Henkilökohtaisesti en ole saanut palkkaa tai palkkioita Varianilta enkä omista Varianin osakkeita

RapidArc

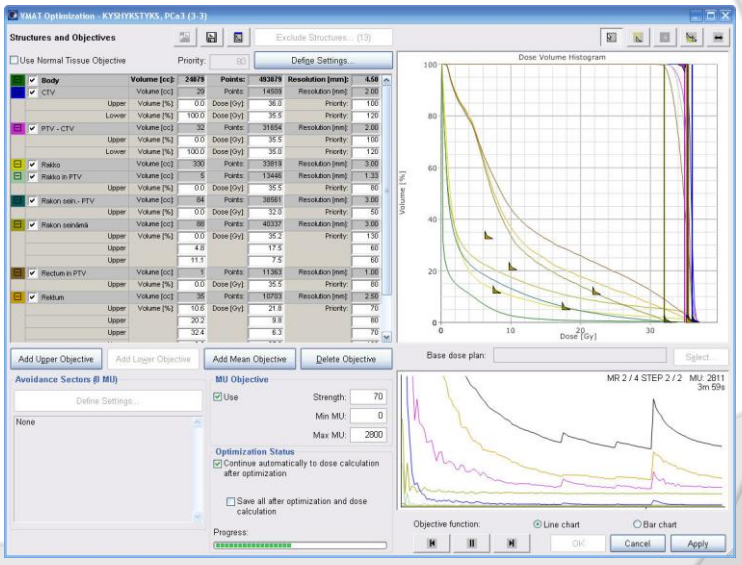
- Varianin tuotemerkki VMAT-tekniikalle
- Kaarihoitotekniikka, jossa
  - vaihtuva gantryn pyörimisnopeus (0.2 – 4.8 deg/s)
  - vaihtuva annosnopeus (dose per degree: 0.1 – 20 MU)
  - hoitokentän muodon jatkuva muokkaus MLC-liuskoilla (MLC leaf speed: 0 – 2,25 cm/s)



Eclipsen VMAT-optimointi

- Eclipse 10 -versiossa käytössä toisen sukupolven optimointialgoritmi PRO3 (progressive resolution optimizer)
- Kentän muoto optimoidaan suoraan (ei fluenceja kuten IMRT-optimoinnissa)
- Nelivaiheinen automaattisesti etenevä prosessi
- Optimoinnin aikainen annoslaskenta kevennetyllä AAA:n kaltaisella laskenta-algoritmilla
- Optimoinnin jälkeen varsinainen annoslaskenta AAA:lla tai Acuroksella
- Varsinaista annoslaskentaa voidaan hyödyntää seuraavassa optimoinnissa

Eclipsen VMAT-optimointi



Prostatan SBRT – Kys/Hyks/Tyks

- Cyberknife / Elekta VMAT / RapidArc -vertailu
  - Annostelu: 5 x 7 Gy 96 %:iin PTV:n tilavuudesta
  - Kriittiset elimet
    - Minimivaatimuksia:

Bladder wall	D 0,01 cm^3 < 38 Gy
	D 15 cm^3 < 18,3 Gy
Rectum	D 0,01 cm^3 < 38 Gy
	D 1 cm^3 < 36 Gy
	D 20 cm^3 < 25 Gy

    - Tavoiterajoja:

Bladder wall	D 2 cm^3 < 36,25 Gy
	D 4 cm^3 < 32,62 Gy
	D 10 cm^3 < 18,12 Gy
Rectum	D 4 cm^3 < 32 Gy
	D 20 cm^3 < 16 Gy

Suunnittelua varten tarvittavien aputilavuuksien luominen

- Rajatut tilavuudet: CTV, PTV, rakko, rakon seinämä, uretra, rektum, rektumin seinämä, lonkat, penile bulb, …
- Annossuunnittelua varten rajatut aputilavuudet: PTV – CTV, rakon seinämä – PTV, rakko inside PTV, rektum – PTV, rektum inside PTV
- Aputilavuuksien luominen 1 - 2 minuutissa boolean operaatio -työkalun avulla

Suunnitelman ja kenttien luominen

- Suunnitelman luominen: Eclipse laittaa isosentrin automaattisesti kohdealueen geometriseen keskipisteeseen – optimaalinen kaarihoitoihin
- Annoksen määrääminen
- Kenttien luominen Arc Geometry Tool -työkalun avulla: kaarien määrä ja pituus, pyörimissuunta, kollimaattorin kierrot, kenttäkoot
- Edellä olevat asiat voidaan tehdä 1 - 2 minuutissa

1. optimointi ja annoslaskenta

- Ennen optimoinnin käynnistämistä tavoiteannokset kohdealueille
  - CTV: 35,5 / 36,0 Gy (painot 110/100)
  - PTV – CTV: 35,0 – 35,5 Gy (painot 110/100)
- Optimoinnin aikana rajoja kriittisille elimille ja aputilavuuksille (painot 50 – 100); DVH mahdollisimman hyväksi kuitenkaan kohdealueiden annoksia huonontamatta
- Ei Normal Tissue Objective -rajoitusta eikä MU-rajoitusta
- Optimoinnin jälkeen annoslaskenta: viidellä Eclipse-työasemalla, AAA-algoritmi ja 2 mm:n grid
- Annosjakauman analysointi (DVH-kriteerit)

Lisäsyklit

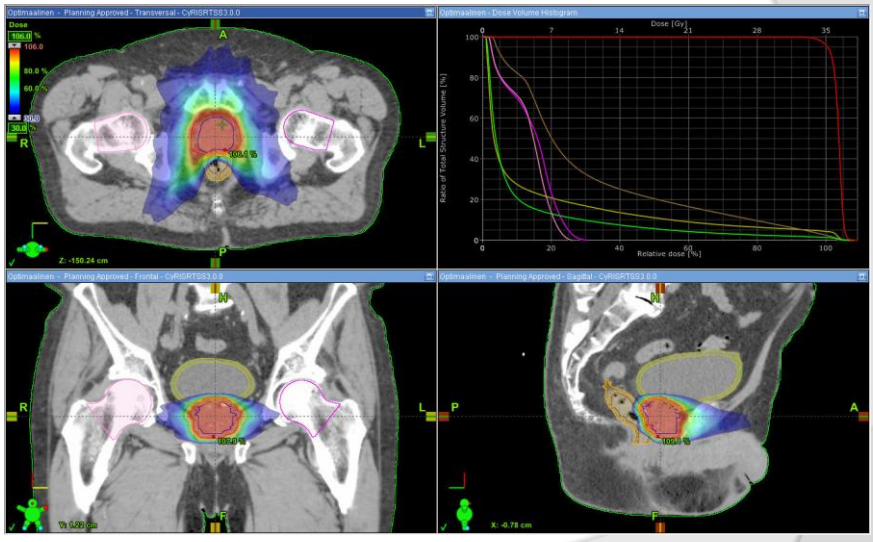
- Jos suunnitelma ei täyttänyt tavoiterajoja, suunnittelusykliä toistettiin, kunnes kriittisten elinten tavoiterajat täyttyivät tai ne katsottiin liian vaikeiksi/mahdottomiksi saavuttaa
- Uusintaoptimoinneissa optimointia jatkettiin edellisen pohjalta ja edellinen annoslaskenta huomioitiin optimoinnissa
- Kriittisten elinten annosrajoja kiristettiin tarvittavilta osin
- Yhteen sykliin (optimointiin, annoslaskentaan ja analysointiin) kulunut aika oli 12 - 15 minuuttia

Suunnitteluun käytetty aika

Tapaus	Minimivaatimukset täyttävä suunnitelma		Tavoiterajat täyttävä suunnitelma	
	Tarvitut syklit	Käytetty aika	Tarvitut syklit	Käytetty aika
1	2	30 min	-	-
3	1	15 min	11	125 min
4	2	27 min	-	-
5	1	12 min	3	43 min
7	3	35 min	-	-
8	1	13 min	5	57 min
9	-	-	-	-
10	1	12 min	1	12 min
ka	**1,6**	**21 min**	**5**	**59 min**

Annosjakaumista

Tapaus	Minimivaatimukset täyttävä suunnitelma		Tavoiterajat täyttävä suunnitelma	
	PTV D99 (max)	Corformity index	PTV mean (max)	Corformity index
1	98 % (107 %)	0,977	-	-
3	98 % (107 %)	0,999	93 % (113 %)	1,097
4	98 % (106 %)	0,971	-	-
5	98 % (108 %)	0,996	97 % (107 %)	1,048
7	97 % (108 %)	1,015	-	-
8	99 % (108 %)	1,001	94 % (110 %)	1,010
9	-	-	-	-
10	98 % (107 %)	1,011	98 % (107 %)	1,011
ka	**98 % (107 %)**	**0,996**	**96 % (109 %)**	**1,042**



Suunnitelman viimeistely

- Suunnitelman viimeistely noin 3 minuutissa:
  - Eclipse : Asettelu-/kuvauskenttien luominen, kenttien nimeäminen, kenttäjärjestyksen optimointi, suunnitelman hyväksyminen
  - RT Chart: referenssipisteiden annosrajat, schedulointi ja hoidon hyväksyminen
  - Time Planner: käyntitapahtuman luominen

Suunnittelun kokonaisaika

- Optimaalisimmillaan voidaan tehdä alle 20 minuutissa
- Keskimääräinen aika minimivaatimukset täyttävän suunnitelman tekemiseen noin 27 minuuttia
- Niissä suunnitelmissa, joissa kriittisten elinten tavoiterajat saavutettiin, suunnitelman teko kesti keskimäärin 65 minuuttia

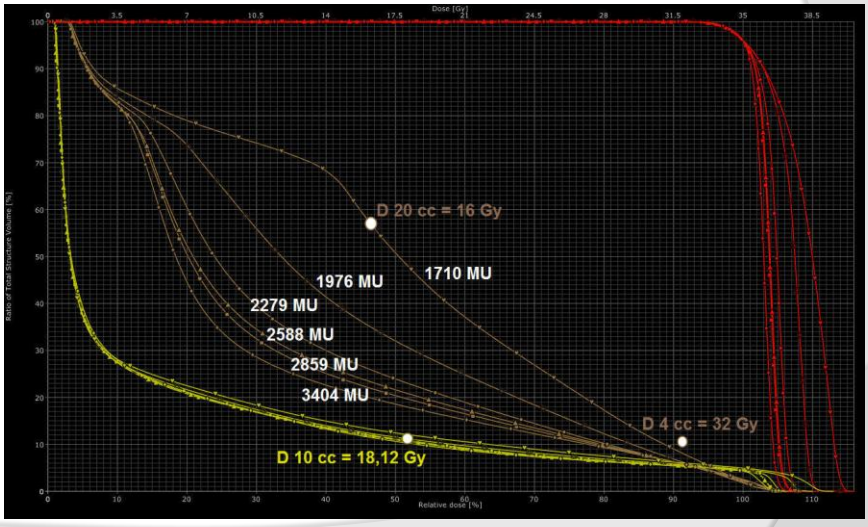
Säteilytysajat

Tapaus	Minimivaatimukset täyttävä suunnitelma		Tavoiterajat täyttävä suunnitelma	
	MU-määrä	Beam-on -aika	MU-määrä	Beam-on -aika
1	2955	5’05”	-	-
3	2944	5’10”	3254	5’36”
4	2245	3’59”	-	-
5	1634	3’03”	2965	5’09”
7	2673	4’44”	-	-
8	2334	4’15”	2887	4’59”
9	-	-	-	-
10	1624	2’52”	1624	2’52”
ka	**2344**	**4’10”**	**2683**	**4’39”**

Huomioita

- Tällä tavalla ei saavuta stereotaktis-/cyberknife-tyylistä annosjakaumaa, jossa maksimit 120 – 130 % reuna-annoksesta.
  - Prostata kuitenkin melko suuri kohde, joten onko tämä tarpeellista? Entä uretra?
- MU-määriä kannattaneen rajoittaa optimoinnissa ainakin lisäsykleissä
  - Tietyn pisteen jälkeen MU-määrän kasvatus ei enää juurikaan paranna annosjakaumaa
  - MU-määrällä suora vaikutus beam-on -aikaan
  - Luotettavuus paranee ?

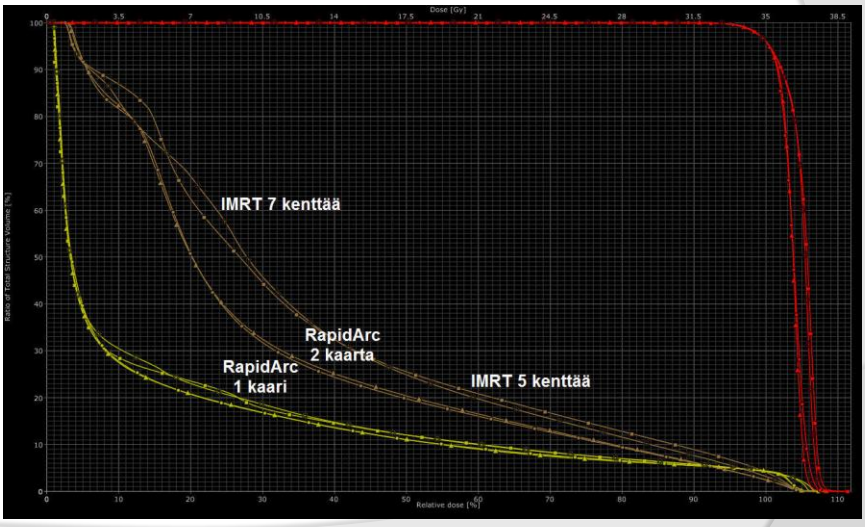
DVH:t eri MU-määrillä



RapidArc vs. IMRT

- Teoh M, ym. 2011 (review-artikkeli)
  - Annoskattavuus PTV:ssä verrattavissa IMRT:hen
  - Annoshomogeenisuus ei ehkä ihan IMRT:n tasoinen
  - Kriittisten elinten suhteen RapidArc parempi tai ainakin yhtä hyvä
  - Integraaliannos yhtä suuri tai vähän suurempi kuin IMRT:llä
  - RapidArc:lla pienemmät MU-määrät ja lyhyemmät hoitoajat

RapidArc vs. IMRT



Kokonaishoitoaika-arvio

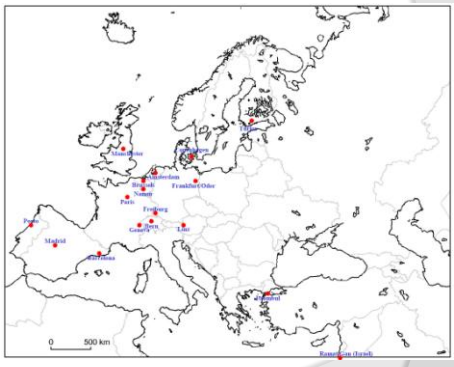
Potilaan tulo hoitosuoneeseen, riisuuntuminen ja asettelu: **3,5 min** (2,5 – 5 min)			
Kuvantaohjaus markkereihin OBI:lla (2d-2d): **2 min**			
Potilaan poistuminen hoitohuoneesta: **3 min** (1,5 – 5 min)			
Kokonaisaika (hoitoaika)	2 Gy / fr	3 Gy / fr	7 Gy / fr
IMRT 5 kenttää	**11,6 min** (3,1 min)	**12,1 min** (3,6 min)	**14,9 min** (6,4 min)
IMRT 7 kenttää	**12,2 min** (3,7 min)	**12,8 min** (4,3 min)	**15,5 min** (7,0 min)
RapidArc 1 kaari	**9,8 min** (1,3 min)	**10,0 min** (1,5 min)	**13,9 min** (5,4 min)
RapidArc 2 kaarta	**11,3 min** (2,8 min)	**11,3 min** (2,8 min)	**13,7 min** (5,2 min)

6 MV vai 10 MV – Filtterillä vai ilman

- Zwahlen D, ym. (2011) vertailivat kahden tavanomaisen fotonienergian (X6 ja X10) ja kahden filtterivapaan energian (X6FFF ja X10FFF) RapidArc-suunnitelmia prostatalle (19 x 3 Gy)
  - PTV:n annoksen kattavuudessa, yhdenmukaisuudessa ja homogeenisuudessa ei ollut eroja
  - Body mean dose oli suurin X6FFF:llä ja pienin X10:llä
  - Rektum- ja rakkoannokset parhaimmat X10FFF:llä ja huonoimmat X10:llä
  - Beam-on -aika FFF-energioilla 1’34” ja tavallisilla 1’43”
- X10FFF vaikuttaa parhaalta vaihtoehdolta näistä, X6FFF:n energia turhan matala prostatan hoitoon

Novalis Circle

- Prostatan SBRT -tutkimus
- Eurooppalainen monikeskustutkimus
- PTV:hen 5 x 7,25 Gy paitsi uretran alueelle, johon 5 x 6,5 Gy
- Randomointi: hoito 9 päivässä tai 28 päivässä



Novalis Circle

- Turussa hoidot tullaan toteuttamaan todennäköisesti kahden kaaren RapidArc-suunnitelmilla
- Hoidon kohdistus markkereihin CBCT:llä ja ExacTrac:llä
- Hoidon aikana prostatan liikettä valvotaan ExacTrac:n avulla
  - Toimenpideraja 2 – 3 mm

KIITOS