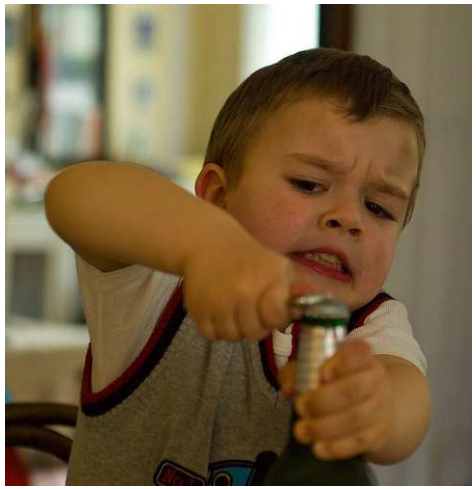
INTERCOMPARACIÓ EN TÈCNIQUES DE VMAT

Diego Jurado-Bruggeman

djurado@iconcologia.net

Motivació

Motivació



Motivació

scfm
societat catalana de física mèdica
KEEP
CALM
AND
COMPARE

Motivació

Radiotherapy and Oncology 112 (2014) 381–388

Contents lists available at ScienceDirect

Radiotherapy and Oncology

journal homepage: www.thegreenjournal.com

Quality assurance

Multicentre validation of IMRT pre-treatment verification: Comparison of in-house and external audit

Núria Jornet [a,*], Pablo Carrasco [a], Mercè Beltrán [b], Juan Francisco Calvo [c], Lluís Escudé [d], Victor Hernández [e], Jaume Quera [f], Jordi Sáez [b]

[a] Servei de Radiofísica i Radioprotecció, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau; [b] Servei de Física, Hospital Vall d'Hebró; [c] Servei d'Oncologia Radioteràpica, Hospital Quirón; [d] Servei d'Oncologia Radioteràpica, Clínica Teknon, Barcelona; [e] Servei de Física, Hospital Sant Joan, Reus; and [f] Servei d'Oncologia Radioteràpica, Hospital de l'Esperança, Barcelona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
Received 21 November 2013
Received in revised form 19 June 2014
Accepted 21 June 2014
Available online 23 July 2014

Keywords:
IMRT
Audit
Quality assurance

ABSTRACT

Background and purpose: We performed a multicentre intercomparison of IMRT optimisation and dose planning and IMRT pre-treatment verification methods and results. The aims were to check consistency between dose plans and to validate whether in-house pre-treatment verification results agreed with those of an external audit.

Materials and methods: Participating centres used two mock cases (prostate and head and neck) for the intercomparison and audit. Compliance to dosimetric goals and total number of MU per plan were collected. A simple quality index to compare the different plans was proposed. We compared gamma index pass rates using the centre's equipment and methodology to those of an external audit.

Results: While for the prostate case, all centres fulfilled the dosimetric goals and plan quality was homogeneous, that was not the case for the head and neck case. The number of MU did not correlate with the plan quality index. Pre-treatment verifications results of the external audit did not agree with those of the in-house measurements for two centres: being within tolerance for in-house measurements and unacceptable for the audit or the other way round.

Conclusions: Although all plans fulfilled dosimetric constraints, plan quality is highly dependent on the planner expertise. External audits are an excellent tool to detect errors in IMRT implementation and cannot be replaced by intercomparison using results obtained by centres.

© 2014 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved. Radiotherapy and Oncology 112 (2014) 381–388

Motivació

INTERCOMPARACIÓ EN TÈCNIQUES DE VMAT

Coordinador:

DIEGO JURADO
djurado@iconcologia.net
Institut Català d'Oncologia, Girona.

Membres:

Jordi Sáez, David Navarro, Núria Jornet i Diego Jurado

Objectiu

Realitzar una auditoria de validació i intercomparació en tècniques de VMAT als centres que hi estiguin interessats. L'objectiu principal és el de validar la consistència de les verificacions pre-tractament dels centres participants mitjançant la comparació dels seus resultats amb els obtinguts per la SCFM utilitzant un equipament i sistemàtica comuns. S'aprofita per comparar el procés de planificació i optimització entre centres en base al grau de compliment dels objectius dosimètrics i complexitat de les planificacions per casos descrits al TG 119 de la AAPM.

Qui hi participa?

Centres

Institut Sainte Catherine
Institut Cancer Montpellier
GOCO
ICO - Girona
Consorci Sanitari Terrassa
ICO - Badalona
Hospital Clínic
Fundació IMOR
ICO - Hospitalet
H.U. Sant Joan
Avignon
Montpellier
Girona
Terrassa
Badalona
Barcelona
L'Hospitalet de Llobregat
Reus

Centres

Unitat(s) de tractament

Accelerador	MLC	Energia		FFF?
	Model	*Nominal*	*TPR20/10*	
Varian Clinac iX	Millenium 120	6	0,669	N
Varian TrueBeam	Millenium 120	6	0,666	N
Varian Clinac iX	Millenium 120	6	0,668	N
Varian Trilogy	MLC 120 HD	6	0,671	N
Elekta Synergy	Agility	6		N
Varian Unique	Millenium 120	6	0,665	N
Varian TrueBeam Performance	MLC 120 HD	6	0.669	N
Varian TrueBeam STX	MLC 120 HD	6	0,670	S

Planificació

TPS		Algorisme opt.		Algorisme càlcul		Resolució (mm)	Taula?
Nom	*v.*	*Nom*	*v.*	*Nom*	*v.*		
Eclipse	13.0.26	DVO	13.0.26	Acuros XB	13.0.26	2	S
Eclipse	13.0.26	DVO	13.0.26	AAA	10.0.28	1	S
Eclipse	13.0.26	DVO	13.0.26	AAA	13.0.26	2,5	S
Eclipse	13.5.35	DVO	13.5.35	AAA	13.5.35	1	S
Monaco	3.30.01	Finite Size Pencil Beam	3.30.01	X-ray Voxel Monte Carlo	3.30.01	3	N
Eclipse	10.0	DVO	10.0.28	AAA	10.0.28	2,5	S
Eclipse	13.5.35	PO	13.5.35	AAA	13.5.35	2,5	S
Eclipse	10.0.08	DVO	10.0.08	AAA	10.0.08	2,5	

Centres

Verificació pre-tractament: maniquí i detectors

Fabricant	Model	Detectors				Maniquí	Calibratge	Càlcul		
		Tipus	*nº*	*Dimensions*	*Espaiat (mm)*		*Tipus*	*Angle braç*	*Algorisme*	*Res. (mm)*
Sun Nuclear	ArcCHECK	diodes	1386	0,8 mm x 0,8 mm	10		Absolut	Planificació	Acuros XB	1
Sun Nuclear	ArcCHECK	diodes	1386	0,8 mm x 0,8 mm	10		Absolut	Planificació	AAA	1
Sun Nuclear	ArcCHECK	diodes	1386	0,8 mm x 0,8 mm	10		Relatiu	Planificació	AAA	2,5
IBA	MatriXX Evolution	c.i.	1020	0.08cm³ (diam=4.5mm)	7,619	Multicube	Absolut	Planificació	AAA	1
PTW	OCTAVIUS 729	c.i.	729	0,125 cm^3	10	Octavius 4D	Relatiu	Planificació	X-ray Voxel Monte Carlo	2
Sun Nuclear	ArcCHECK	diodes	1386	0,8 mm x 0,8 mm	10		Absolut	Planificació	AAA	2,5
Varian	aS1200	semiconductor	1638400	0,34 mm x 0,34 mm	0		Absolut	Planificació	PDC	0,393
Varian	aS1000	semiconductor					Relatiu	Planificació		

Verificació pre-tractament: software i anàlisi

Software		Llindar de dosi	Anàlisi arc o total	Absolut o relatiu?	Interpolació?	Anàlisi gamma			
Nom	*v.*					*gamma 3D?*	*global/local?*	*Criteri*	*Correció "output" diari*
SNC Patient	6.5.2	10%	total	absolut	N	S	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	N
SNC Patient	6.5.2.2711	10%	total	absolut	N	S	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	N
SNC Patient	6.5.2	10%	total	relatiu	N	N	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	N
IBA OmniPro IMRT	1.7b	10%	total	absolut	N	N	global	γ2%,2mm	S
PTW Verisoft	6.1	10%	total	absolut	S	S	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	S
SNC Patient	6.2	10%	total	absolut	N	N	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	S
PDIP	13.3.35	ROI MLC CIAO+0 cm	arc	absolut		S	global	3%-3% o 2%-2%	N
PDIP	10.0.28		arc		N	N	global	>95% punts amb γ3%,3mm<1	S

Què fem?

Disseny

Pla tractament $\Rightarrow$ **Verificació pre-tractament**: centre *vs* audit

Disseny

Planificació		Pla tractament		Verificació pre-tractament
Casos en comú	⇒		⇒	centre *vs* audit

Disseny

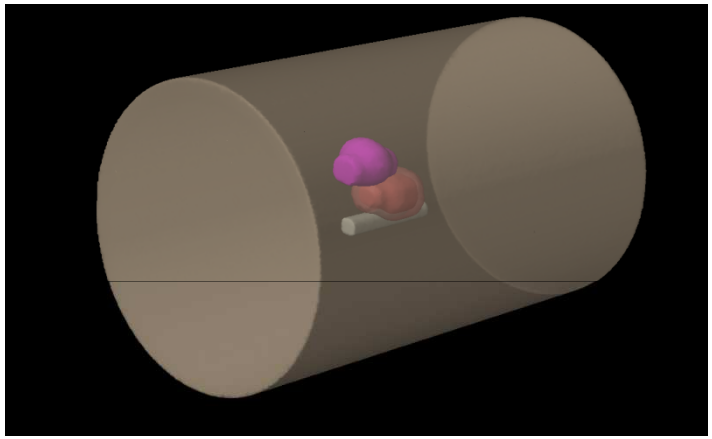
Planificació

Casos en comú

⇒ Pla tractament ⇒ Verificació pretractament

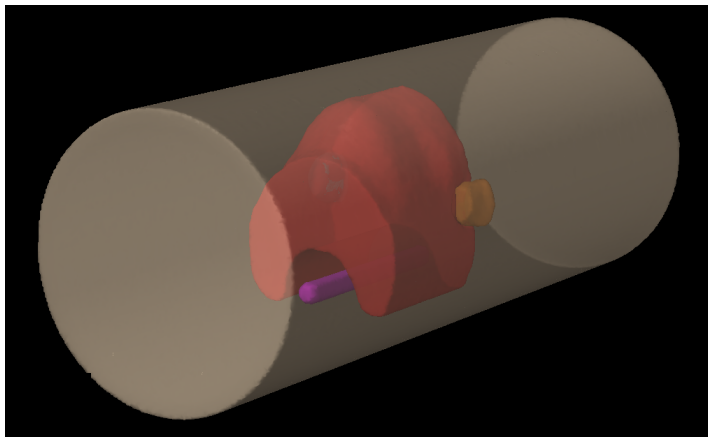
centre vs altri

AAPM TG-119 *IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons*



Pròstata: 39 fraccions de 2 Gy

Volum	Paràmetre	Objectiu
PTV	D_{95}	> 75.6 Gy
	D_5	< 83 Gy
Recte	D_{30}	< 70 Gy
	D_{10}	< 75 Gy
Bufeta	D_{30}	< 70 Gy
	D_{10}	< 75 Gy



Cap i coll: 29 fraccions de 1.8 Gy

Volum	Paràmetre	Objectiu
PTV	D_{99}	> 45.6 Gy
	D_{90}	> 50 Gy
	D_{20}	< 55 Gy
Medul·la	màxim	40 Gy
Paròtida D	D_{50}	< 20 Gy
Paròtida E	D_{50}	< 20 Gy

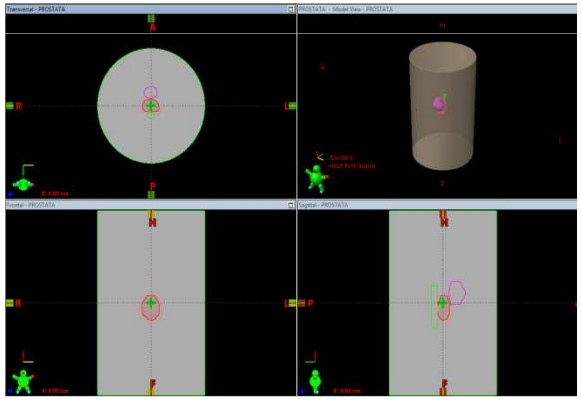
Disseny

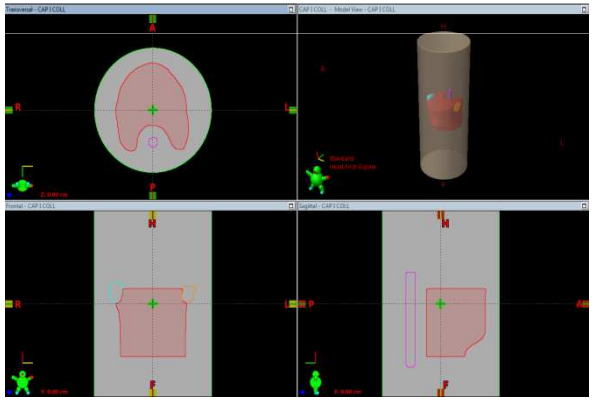
Planificació

Casos en comú ⇒ Pla tractament ⇒ Verificació pre-tractament centre *vs* audit

AAPM TG-119 *IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons*

- Densitat homogènia aigua ⇨ ↓↓ influència algorisme de càlcul i hetereogeneïtats
- Isocentre en origen de coordenades



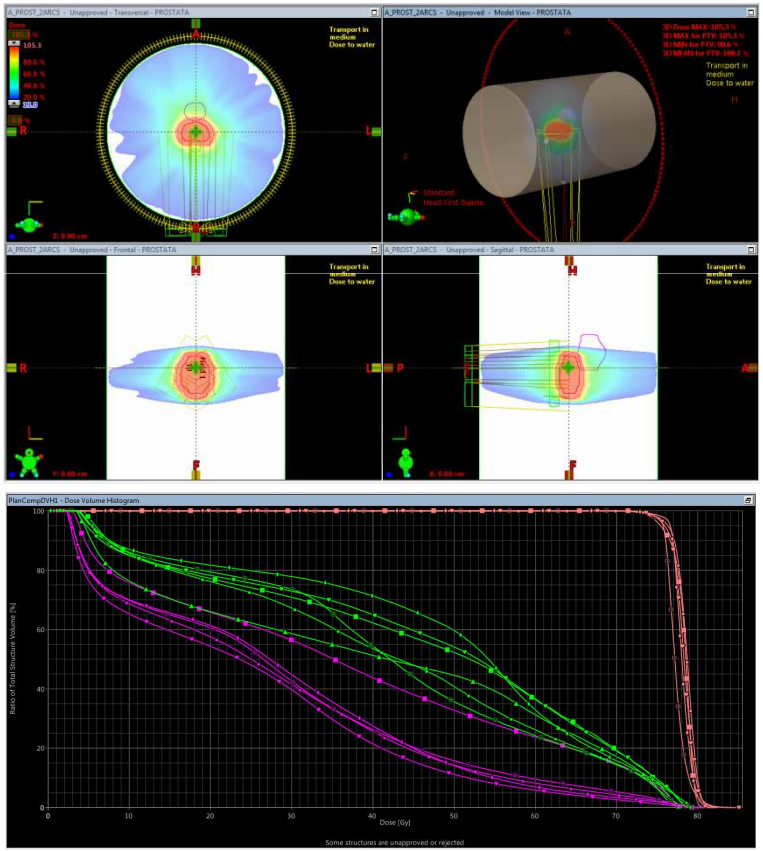


- 2 planificacions per cada cas: 1 arc i 2 arcs

Disseny

Planificació
Casos en comú ⇒ Pla tractament ⇒ Verificació pre-tractament
centre *vs* audit

Avaluació clínica



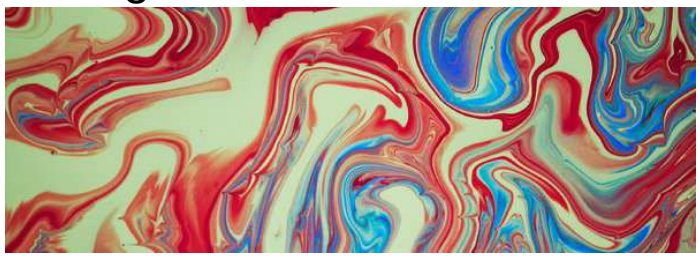
Avaluació complexitat

Disseny

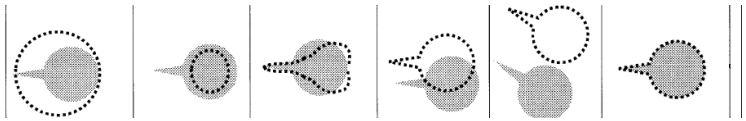
Planificació
Casos en comú ⇒ **Pla tractament** ⇒ Verificació pre-tractament
centre *vs* audit

Avaluació clínica

- Objectius optimització
- PTV: $D_{98\%}$ i $D_{2\%}$
- Homogeneïtat



- Conformitat



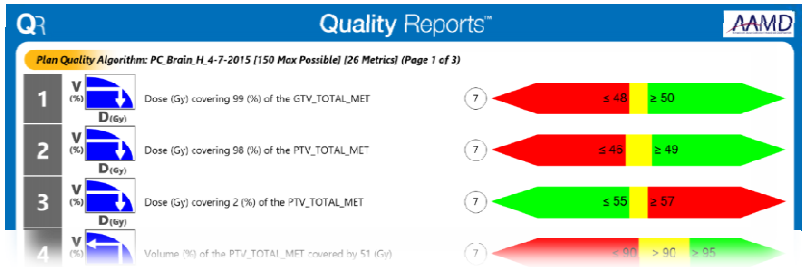
(L. Feuvret et al. IJROBP 2006)

- Índex global:

a) $$\mathrm{PQI} = \frac{D_{98,\mathrm{plan}}(\mathrm{PTV}) - D_{98,\mathrm{goal}}(\mathrm{PTV})}{D_{98,\mathrm{goal}}(\mathrm{PTV})} + \frac{D_{2,\mathrm{goal}}(\mathrm{PTV}) - D_{2,\mathrm{plan}}(\mathrm{PTV})}{D_{2,\mathrm{plan}}(\mathrm{PTV})} + \sum_{i,x} \frac{D_{x,\mathrm{goal}}(\mathrm{OAR}_i) - D_{x,\mathrm{plan}}(\mathrm{OAR}_i)}{D_{x,\mathrm{plan}}(\mathrm{OAR}_i)}$$

(N. Jornet et al. Radiother Oncol 2014; 112: 381–388)

b) Plan Quality Score?



(Sun Nuclear | AAPM Plan Challenge)

Disseny

Planificació → Pla tractament → Verificació pretractament

Casos en comú

centre vs autòrit

Avaluació complexitat

Disseny

Planificació | Pla tractament | Verificació pre-tractament

Casos en comú ⇒ Pla tractament ⇒ centre *vs* audit

Avaluació complexitat

INDICES

MCS. MODULATION COMPLEXITY SCORE.
Introduced by McNiven (Med Phys. 2010 Feb;37(2):505-15).
Calculated with min gap = 0.5 mm.

LT: LEAF TRAVEL. Average distance travel by a leaf (in mm) in a VMAT treatment as introduced by Masi2013 (Med.Phys.40(7) 2013). Calculated with min gap = 0.5 mm.
Valid only for VMAT.

LTMCS. LEAF TRAVEL MODULATION COMPLEXITY SCORE COMBO.
Index introduced by Masi2013 (Med.Phys.40(7) 2013) to take into account the complexity due to large travel distances of leafs and the modulation complexity score of the field. Valid only for VMAT. Calculated with min gap = 0.5 mm and maximum LT=1000mm. Valid only for VMAT.

MISpeed, MIAccel, MITotal.
MODULATION INDEX FOR SPEED, ACCELERATION AND TOTAL
Inspired on the work of Park 2014 (Phys. Med. Biol. 59 (2014) 7315)
It returns the modulation index for the speed complexity, acceleration complexity and total delivery complexity taking into account MLC dynamics, gantry speed variability and dose rate variability. (in mm). Valid only for VMAT.
Calculated by default for fraction=2.

AI. APERTURE IRREGULARITY. Introduced by Du in Medical Physics 41(2014).
It measures the non-circularity of the MLC aperture. It is obtained as the ratio of the square of the perimeter to 4PI times the area. AI is 1 if the aperture is a perfect circle or greater than 1 otherwise. For a square field AI=4/PI. The greater the AI value the narrower the apertures of the MLCs.
Inputs:
-field structure from dcmread
-min_gap: minimum gap to be considered in mm. Calculated by default with 0.5 mm.
Note: Very similar in design to EdgeMetric

EdgeMetric. Introduced by Younge in Medical Physics 39, 7160 (2012). It measures the ratio of X (MLC leafwidths) and Y perimeters to that of the area of the MLC-field weigthed at each control point.
Inputs:
-field structure from dcmread
-CX: relative weigth for the X-perimeter
-CY: relative weight for the Y-perimeter
-cp: control point for the evaluation of the EdgeMetric
-min_gap: minimum gap to be considered in mm.
Calculated by default with CX=0 CY=1 min_gap=0.5mm.
Note: the value of this metric has the dimensions of 1/mm.

MIx, MIy, MIt. MODULATION INDEX. This function calculates the modulation index as described in the paper by Niccolini et al. (Rad.Onc.2009). It takes as input a field structure and the fraction of standard deviations to be used as the upper limit of the sum of the function Z(f). Usually a value of 2 should be used. It returns the values for the Modulation Index along the x and y axis and the total Modulation Index.
Calculated by default with parameter fraction=2. It can only be calculated when the fluence is included in the dcm file.

OTHER INDICES

meangap: average MLC gap in mm. Similar to ALPO in Eclipse.

CWW_value: Cumulative Window Width for MLC leaves. Percentage of gaps < value (mm). Range: 0-1.

TG_seg: Tongue and Groove Index. It sums the difference in positions from consecutive leafs for each control point and divides it by the sum of the gaps for the same control point. Range: 0 for no T&G and 1 for maximum T&G.

TG_field: T&G index. Similar to TG_seg, but the sum is divided by the total width of the field (CIAO approach). Range: 0-1.

Interdigitate. It computes the total coincidence between consecutive leafs from differents banks with respect to the maximum interdigitate taking into account the CIAO of the

Disseny

Planificació
Casos en comú ⇒ Pla tractament ⇒ **Verificació pre-tractament**
centre *vs* audit

Disseny

Planificació → Pla tractament → **Verificació pre-tractament**

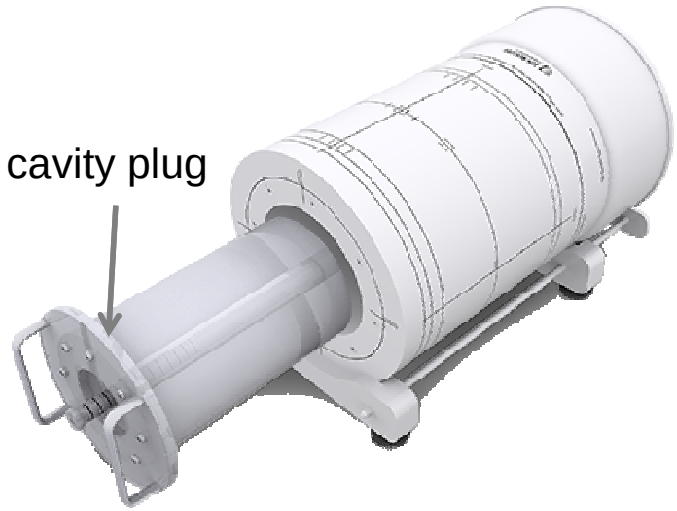
Casos en comú

centre *vs* audit

Material comú auditoria

AAPM TG120: Dosimetry tools and techniques for IMRT

- ArcCHECK de Sun Nuclear



Phantom Material:	PMMA (Acrylic)
Detector type:	SunPoint Diode Detectors
Detector quantity:	1386
Detector spacing (cm):	1
Detector volume (cm^3):	0.000019
Detector Stability:	0.5%/kGy at 6MV
Dose rate dependence:	±1% over the range 50 - 1400 cGy/min

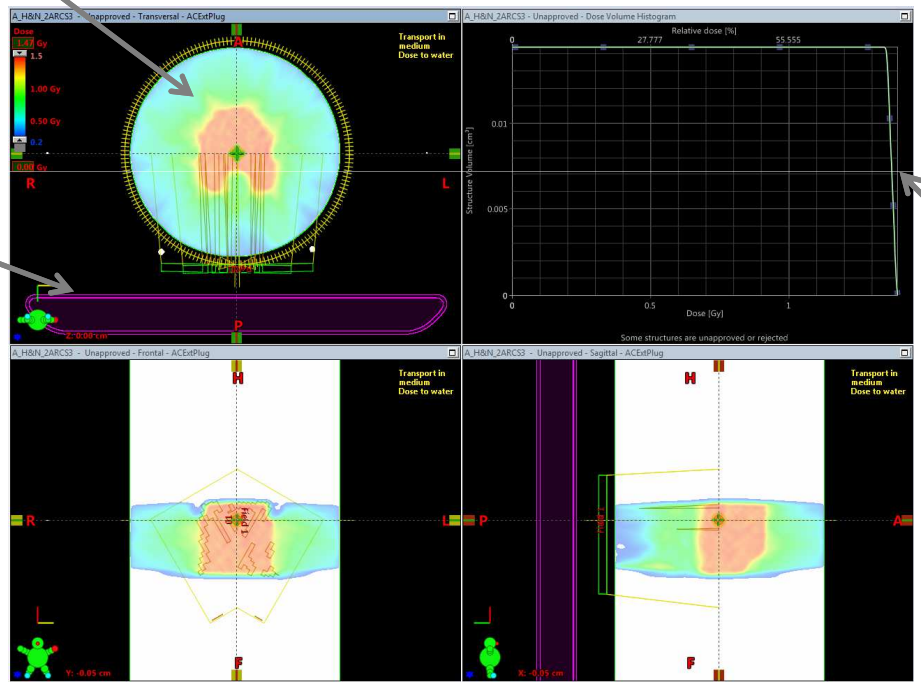
- c.i. PTW pinpoint 3D (0.016 cc, electrode Al, resposta direccional)

Disseny

Material comú auditoria

medi caracteritzat en funció de l'algorisme de càlcul

taula



- Resolució càlcul: 1 mm
- Correcció heterogeneïtats

Estructura	<Dosi> (Gy)	σ (Gy)
PinPoint_AC		

Disseny

Planificació
Casos en comú
Pla tractament
Verificació pre-tractament
centre *vs* audit

Avaluació

- Gamma pass rate: 3%-3 mm i 2%-2 mm
- Correlació gamma - complexitat
- Dynalogs

On estem?

Estat actual

Planificació

Casos en comú ⇒ Pla tractament ⇒ Verificació pretractament: centre vs audit

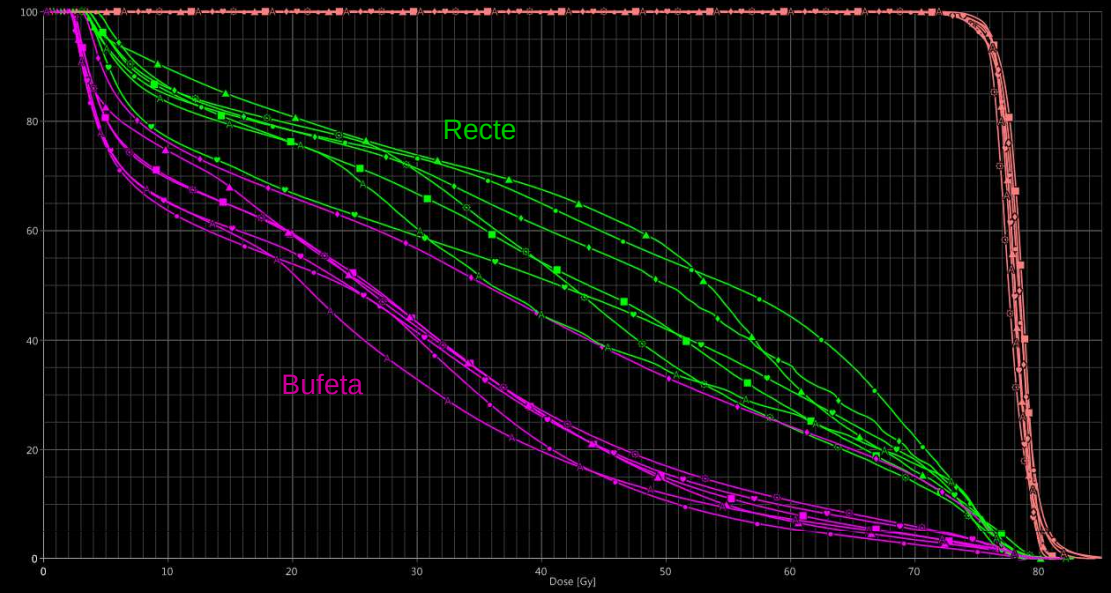
Falten 2 centres

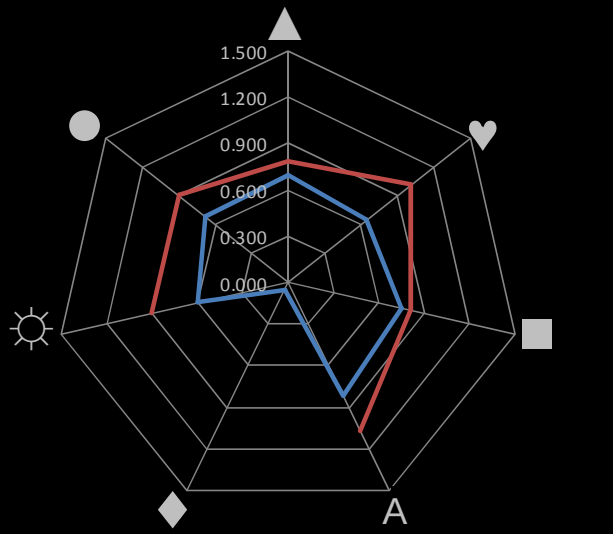
Finals novembre

Estat actual i resultats preliminars

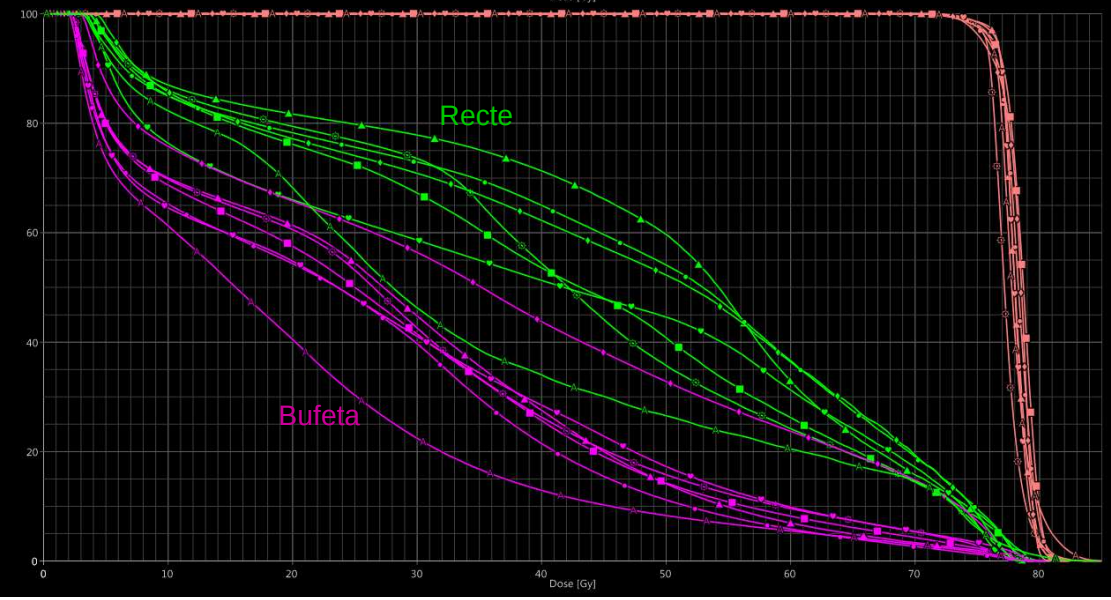
Pròstata

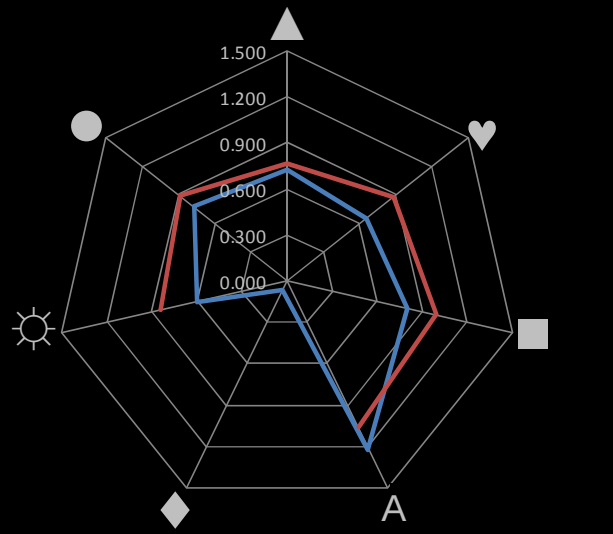
1 arc





2 arcs

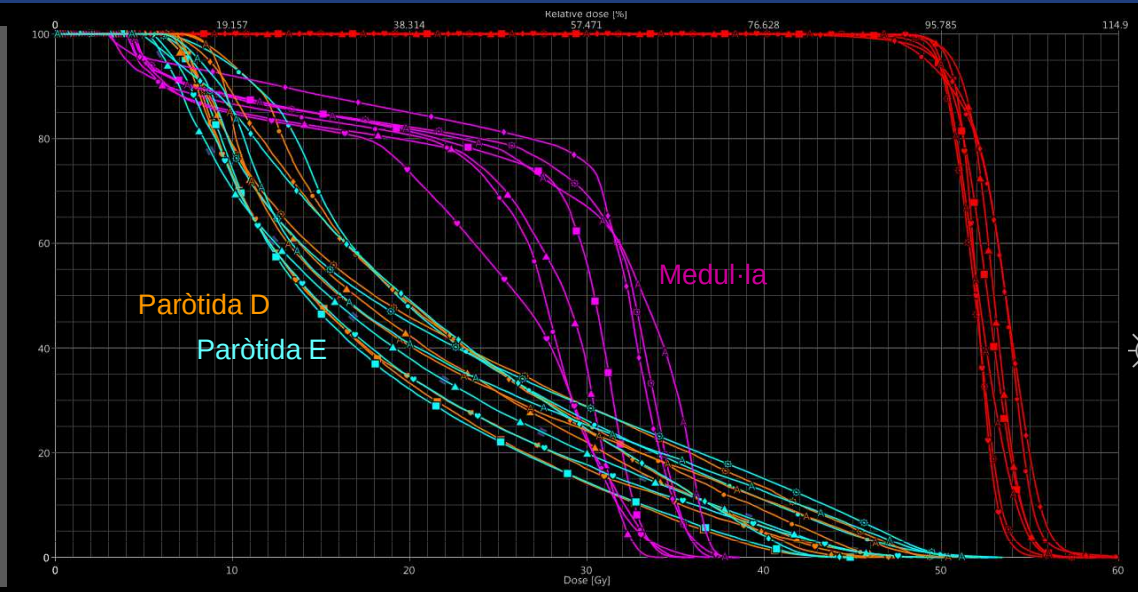


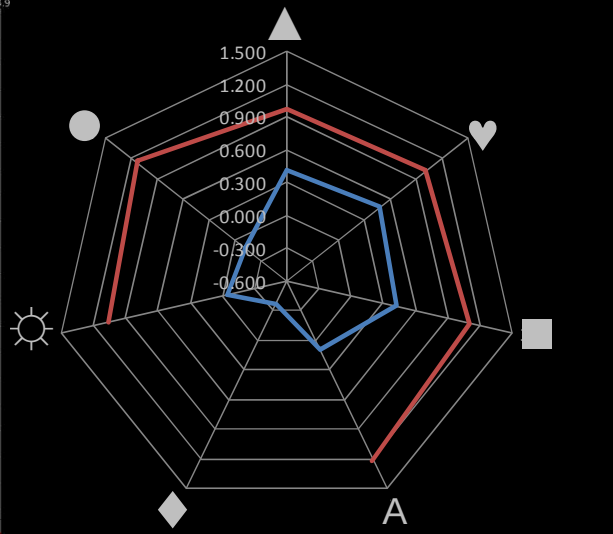


Estat actual i resultats preliminars

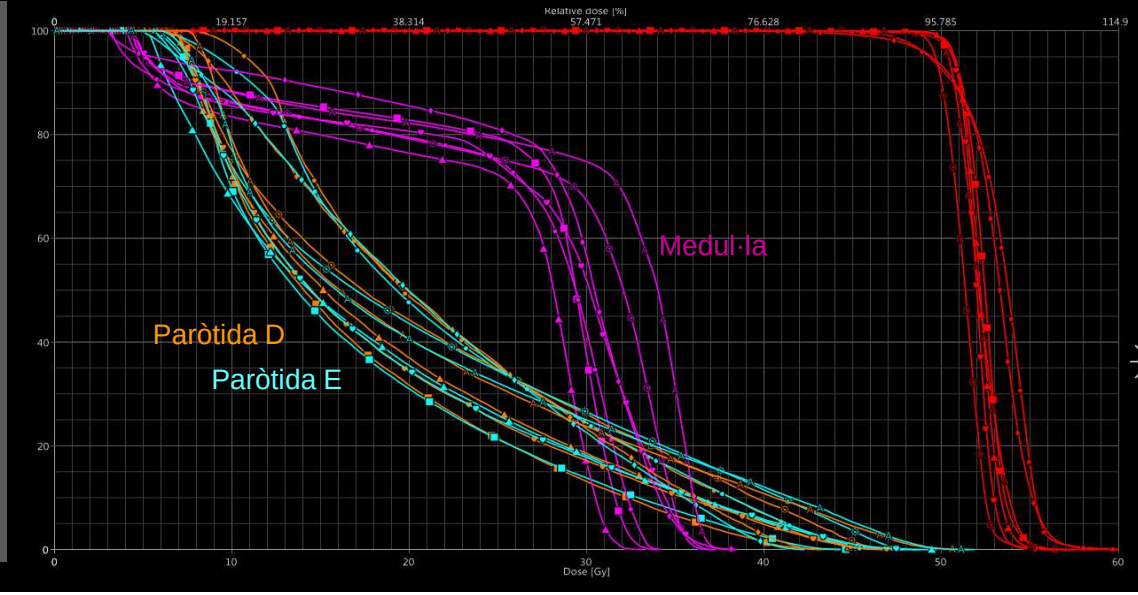
Cap i coll

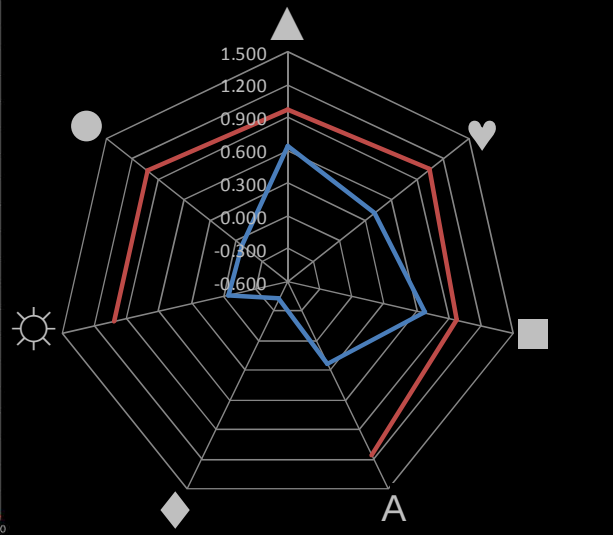
1 arc





2 arcs





merci

beaucoup