

Respiratory gated VMAT end-to-end validation utilizing QUASAR phantom

Felipe Rodrigues Barreto

Especialista em Física da Radioterapia
Doutor em Física Aplicada a Medicina e Biologia – USP

Clínica São Vicente da Gávea – Oncologia Rede D'Or

Agosto - 2022

Cada vez mais frequente em:

- Mama DIBH;
- SBRTs de pulmão;
- SBRTs em abdômen;

Necessidade de uma verificação End-to-End dos sistemas e técnicas envolvidas!

[> Med Phys. 2015 Nov;42\(11\):6488-97. doi: 10.1118/1.4932363.](#)

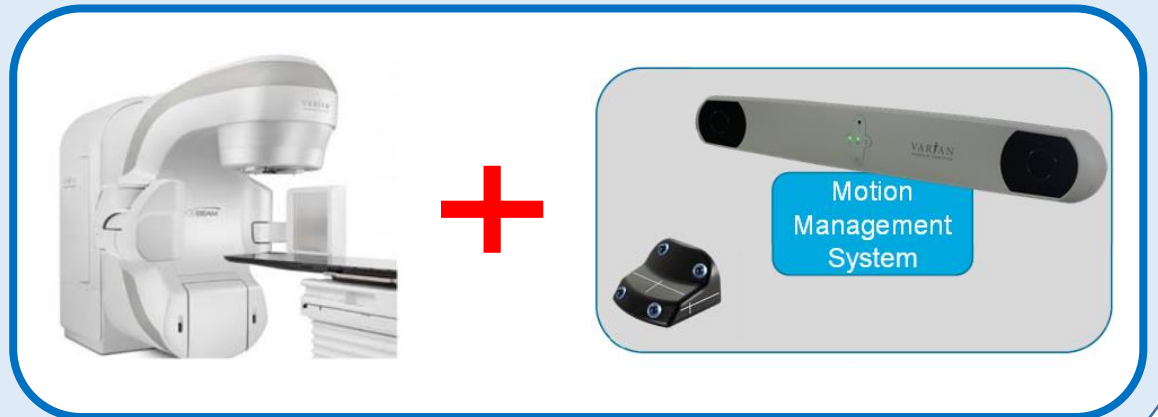
Technical Report: TG-142 compliant and comprehensive quality assurance tests for respiratory gating

Kyle Woods ¹, Yi Rong ²

Simulação



Tratamento



QUASAR™ Respiratory Motion Phantom

- Frequência: 4 a 30 BPM;
- Movimento uniforme ou assimétrico;
- Pode reproduzir traçados respiratórios reais (.vxp, .gdf, .dcm, .txt, etc);
- Amplitude deslocamento horizontal do insert: 0 a 40 mm;
- Amplitude deslocamento vertical (simulação parede tórax): fixo em 10 mm;
- Suporte para CI em madeira que simula densidade do pulmão.



Objetivo: avaliar a acurácia espacial e temporal da detecção do marcador externo pelo Linac, e a precisão na entrega de dose através da técnica de VMAT com Gating utilizando o phantom QUASAR™ sob diferentes frequências de movimento e margens de tratamento.

Metodologia

Aquisição

- TC Helicoidal com o phantom estático.
- 4DTC retrospectiva adquirida com PET/CT Siemens Biograph mCT equipado com RPM® da Varian, e 10 fases reconstruídas retrospectivamente por *phase binning*.
- Frequências de 10 e 20 BPM, com movimento senoidal de 3 cm de amplitude.
- CI Farmer em um suporte de madeira acoplado ao eixo de movimento.

Metodologia

Planejamento

- Criação da AVG80-10 (INSP) e AVG30-60 (EXP) no Eclipse v13.5.
- ITV compreendendo todo volume sensível da CI na janela de gating. Margens ITV-PTV: 5 mm radialmente e 0, 3 e 5 mm na direção do movimento.
- Planos VMAT com e sem gating entregando 1 Gy e as energias 6X e 6FFF criados para TC estática, AVGs e margens utilizando algoritmo AcurosXB.
- Doses médias medidas utilizando uma CI Farmer calibrada foram comparadas com valor médio obtido no TPS.
- Acurácia espacial e temporal do sistema de câmeras do Linac avaliado através da análise das curvas registradas com um script em Matlab.

Metodologia

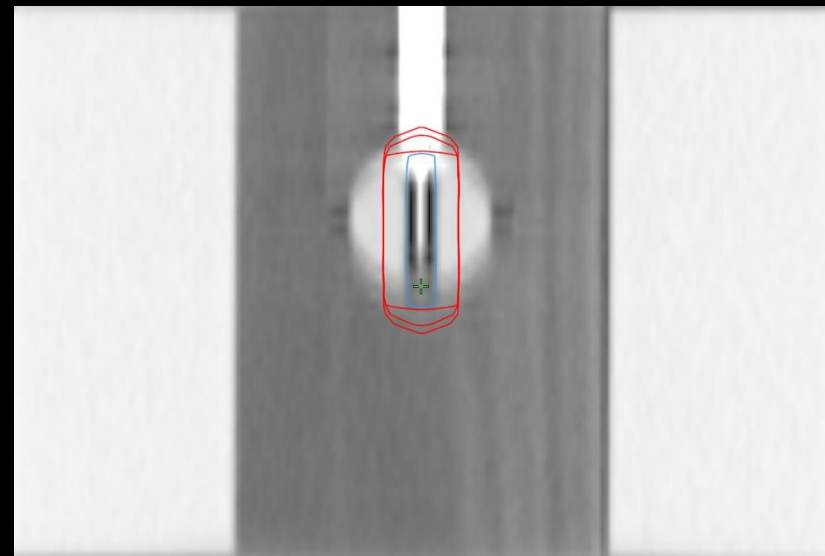
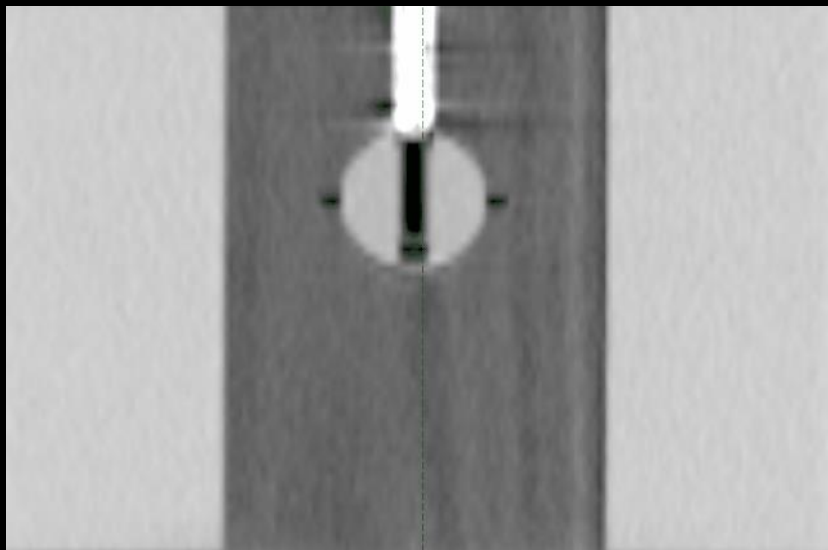
Entrega da dose

- Phantom inicialmente posicionado sem movimentação. CBCT realizado para alinhamento do volume sensível e entrega dos planos sem gating e diferentes margens.
- Phantom acionado com 10 BPM. CBCT 3D realizado e volume sensível alinhado com AVG30-60. Entrega de dose com gating realizada com os planos de margens variadas e ambos os feixes.
- Phantom acionado com 20 BPM e os procedimentos do passo anterior foram repetidos. Novo CBCT usado somente para verificação da posição.

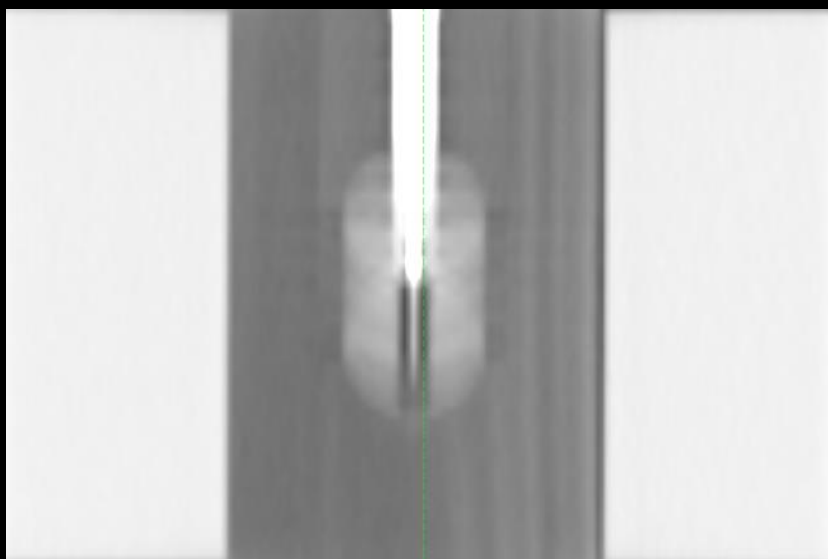
Metodologia

Entrega da dose

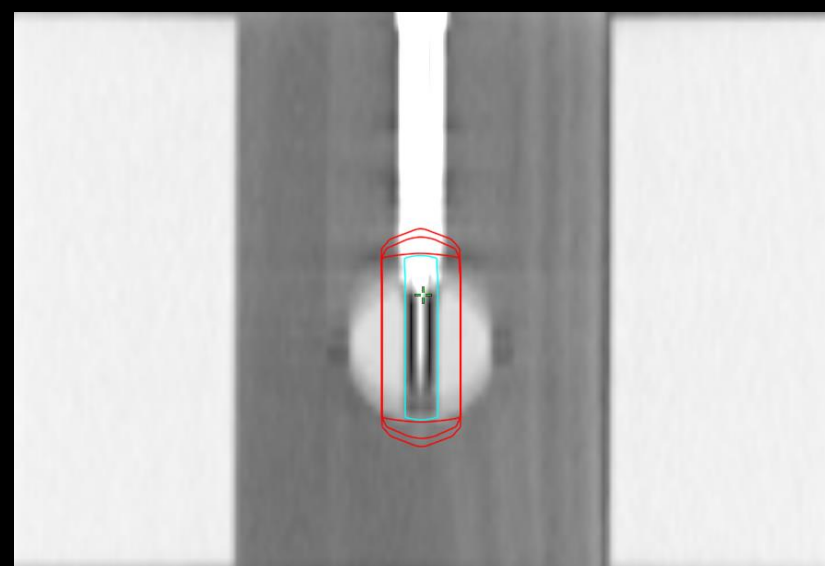
- Phantom acionado com 10 BPM. CBCT 3D realizado e volume sensível alinhado com AVG80-10. Entrega de dose com gating realizada com os planos de margens variadas e ambos os feixes.
- Phantom acionado com 20 BPM e os procedimentos do passo anterior foram repetidos. Novo CBCT usado somente para verificação da posição.
- Registro da amplitude e frequência dos traçados registrados durante a entrega de dose.



AVG30-60

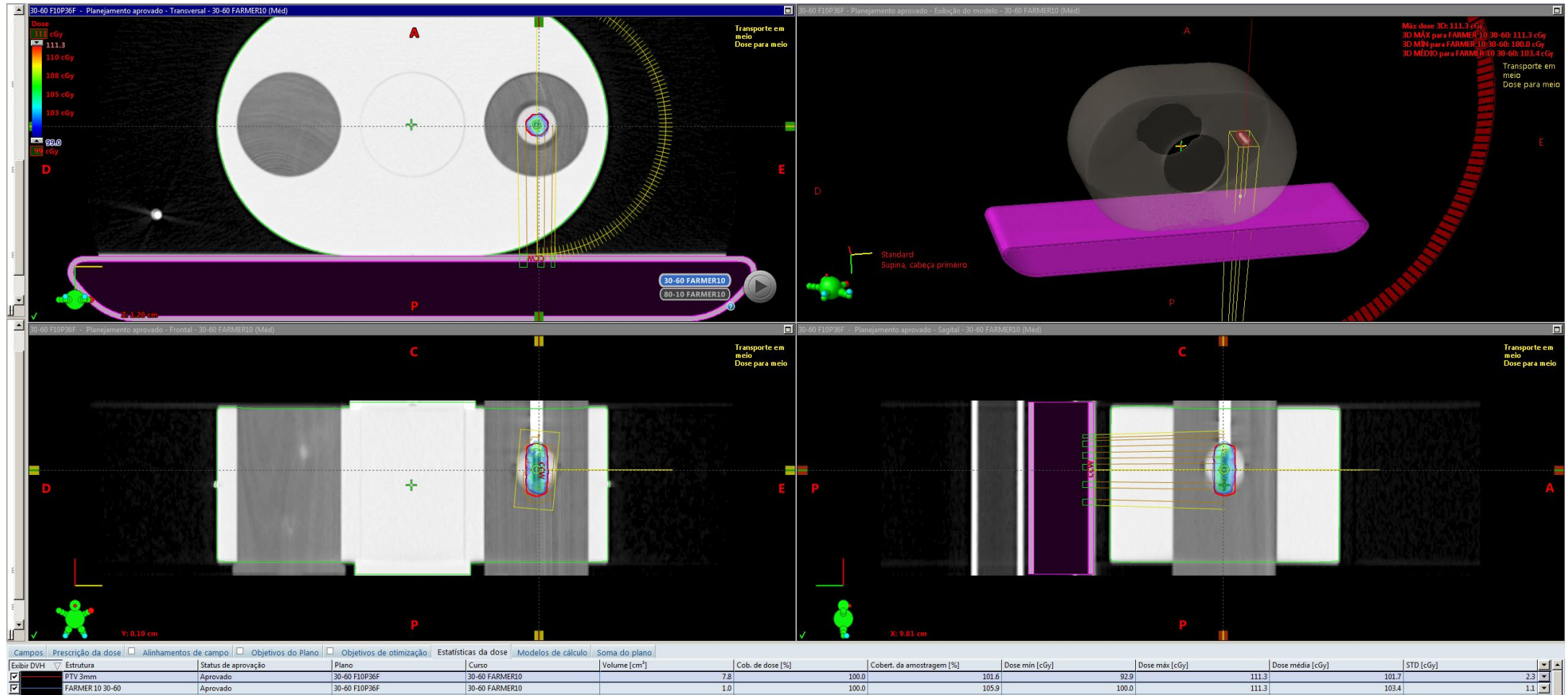


AVG completa



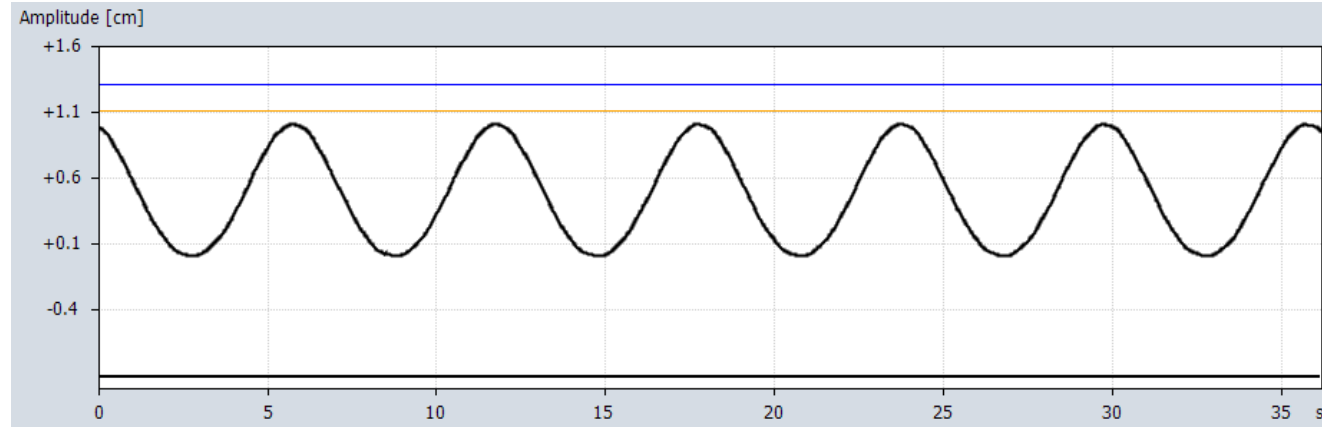
AVG80-10

- ESTÁTICO
 - 6FFF 0mm RA
 - 6FFF 3mm RA
 - 6FFF 5mm RA
 - 6X 0mm RA
 - 6X 3mm RA
 - 6X 5mm RA
 - OF 6FFF
 - OF 6X
- 30-60 FARMER20
 - 30-60F20P06F
 - 30-60F20P06X
 - 30-60F20P36F
 - 30-60F20P36X
 - 30-60F20P56F
 - 30-60F20P56X
- 30-60 FARMER10
 - 30-60 F10P06F
 - 30-60 F10P06X
 - 30-60 F10P36F
 - 30-60 F10P36X
 - 30-60 F10P56F
 - 30-60 F10P56X
- 80-10 FARMER20
 - 80-10 F20P06F
 - 80-10 F20P06X
 - 80-10 F20P36F
 - 80-10 F20P36X
 - 80-10 F20P56F
 - 80-10 F20P56X
- 80-10 FARMER10
 - 80-10 F10P06F
 - 80-10 F10P06X
 - 80-10 F10P36F
 - 80-10 F10P36X
 - 80-10 F10P56F
 - 80-10 F10P56X
- Plan Sum



STD no volume sensível da CI sempre < 1,5% da dose média

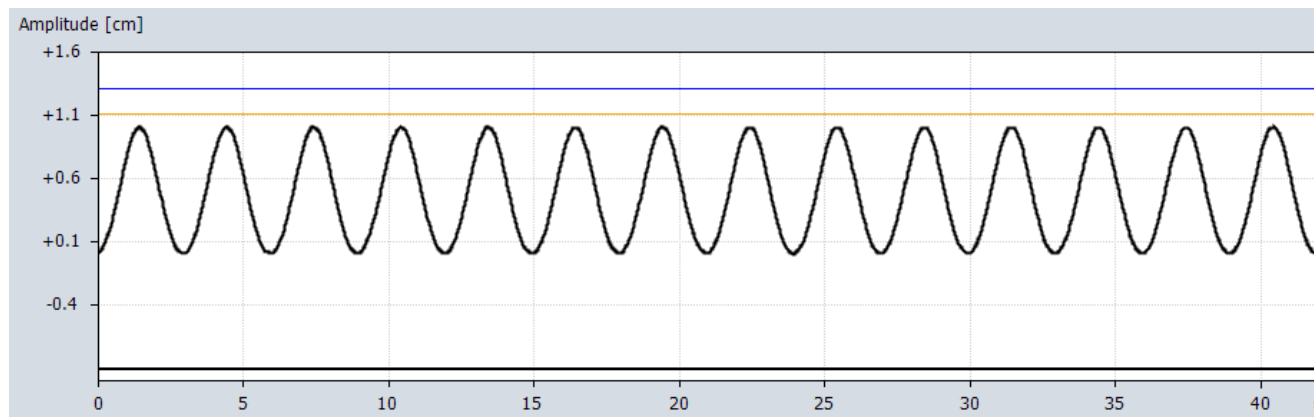
Resultados



10 BPM

	Média	DP
Δx (cm)	1,0033	0,0015
Δt (s)	5,988	0,0014

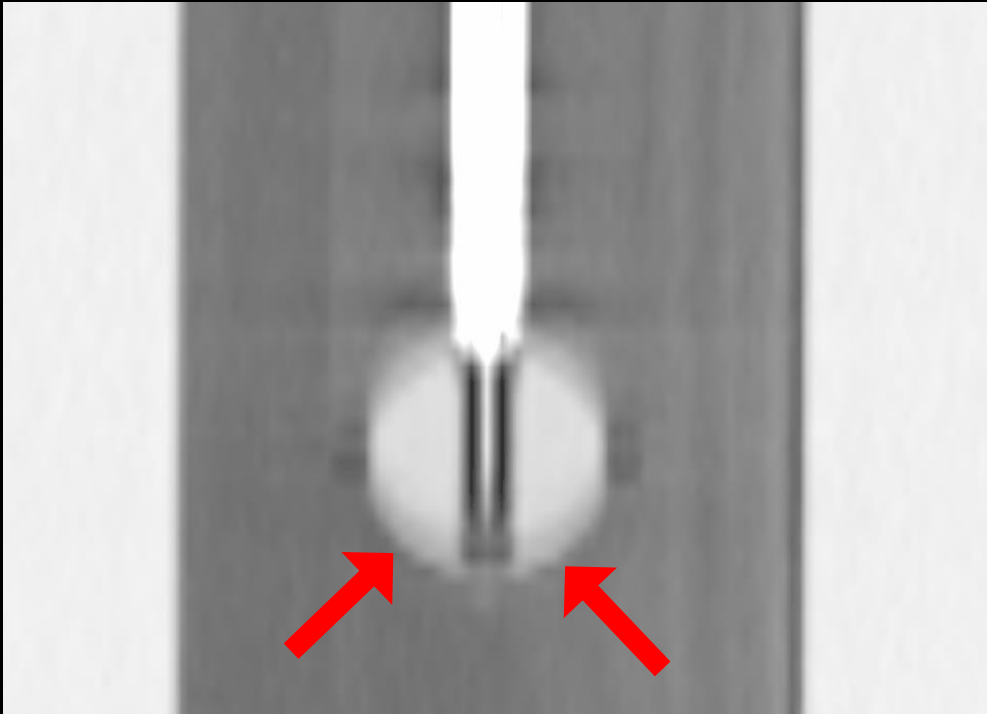
Δx = distância entre picos e vales consecutivos.
 Δt = tempo entre dois picos consecutivos.



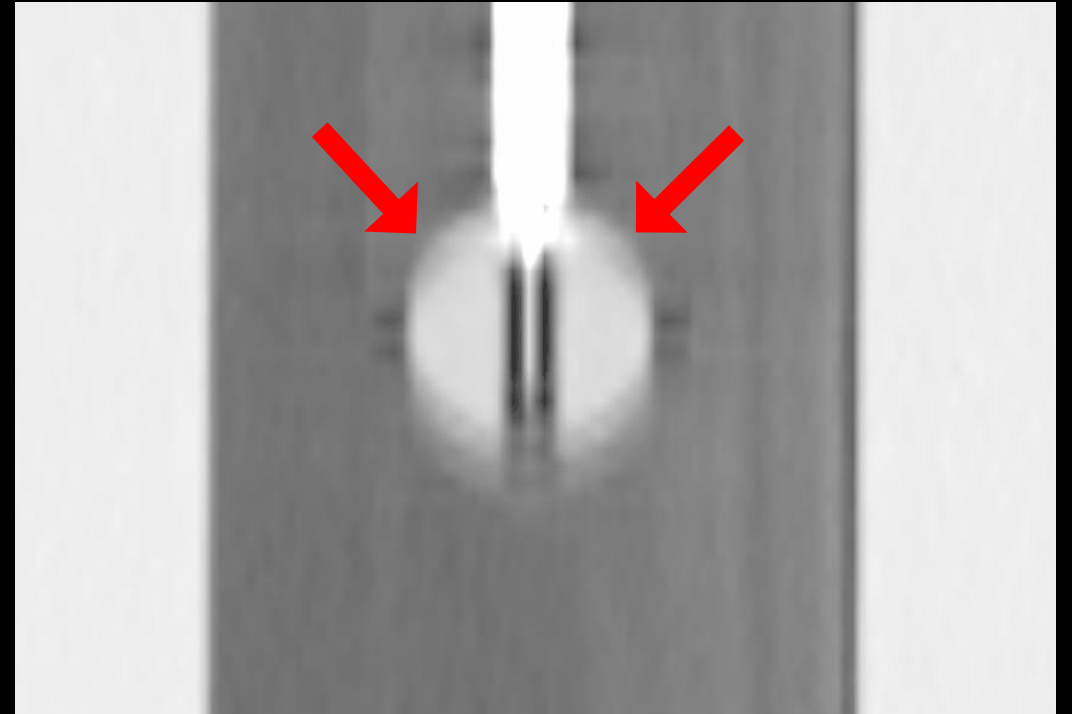
20 BPM

	Média	DP
Δx (cm)	1,0025	0,0015
Δt (s)	2,992	0,0015

Δx = distância entre picos e vales consecutivos.
 Δt = tempo entre dois picos consecutivos.



Fusão AVG80-10 vs CBCT 3D



Fusão AVG30-60 vs CBCT 3D

		Leitura (nC)		Dose medida CI (cGy)		Dose esperada (cGy)		Erro	
		6x	6FFF	6x	6FFF	6x	6FFF	6x	6FFF
Estático									
RA_0mm		18.69	19.00	101.94	103.63	103.30	103.80	-1.31%	-0.16%
RA_3mm		18.71	18.91	102.05	103.14	102.90	102.40	-0.82%	0.72%
RA_5mm		19.19	18.82	104.67	102.65	105.40	102.50	-0.69%	0.15%
10 BPM									
0mm	80-10	19.31	19.68	105.32	107.34	104.80	105.60	0.50%	1.65%
	30-60	19.81	19.42	108.05	105.92	108.40	104.50	-0.32%	1.36%
3mm	80-10	19.19	19.59	104.67	106.85	104.60	104.50	0.07%	2.25%
	30-60	19.27	19.20	105.11	104.72	104.90	103.40	0.20%	1.28%
5mm	80-10	19.38	19.55	105.71	106.63	104.90	103.50	0.77%	3.03%
	30-60	19.48	19.22	106.25	104.83	105.70	103.40	0.52%	1.39%
20 BPM									
0mm	80-10	19.77	19.04	107.83	103.85	106.00	101.70	1.73%	2.12%
	30-60	19.92	20.16	108.65	109.96	106.70	106.60	1.83%	3.15%
3mm	80-10	19.50	19.52	106.36	106.47	105.90	103.80	0.43%	2.57%
	30-60	19.90	19.94	108.54	108.76	107.10	105.40	1.35%	3.19%
5mm	80-10	19.35	19.79	105.54	107.94	105.40	104.60	0.13%	3.20%
	30-60	19.93	20.23	108.71	110.34	106.90	107.30	1.69%	2.84%
		T= 22.2 °C		P= 100.5 kPa		K _{T,P} = 1.016			

Conclusão

- O Phantom Quasar demonstrou ser uma excelente ferramenta para simulação da movimentação respiratória.
- Não houve correlação entre os desvios na dose entregue e margens e velocidades de movimentos utilizadas.
- Considerando as condições deste experimento (margens e velocidades) e o ambiente in vitro (reprodutibilidade do phantom), a incerteza associada ao hardware e a técnica demonstrou-se baixa em relação a incerteza fisiológica que se espera no ambiente in vivo.



Obrigado pela atenção,

Fim!

Respiratory gated VMAT end-to-end validation utilizing QUASAR phantom

Felipe Rodrigues Barreto

Especialista em Física da Radioterapia
Doutor em Física Aplicada a Medicina e Biologia – USP

Clínica São Vicente da Gávea – Oncologia Rede D'Or

Agosto - 2022

Dosimetric evaluation of the interplay effect in respiratory-gated RapidArc radiation therapy

Craig Riley
Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh School of Medicine, Pittsburgh,
Pennsylvania 15213

Yong Yang,^{a)} Tianfang Li, Yongqian Zhang, Dwight E. Heron, and M. Saiful Huq
Department of Radiation Oncology, University of Pittsburgh Cancer Institute, Pittsburgh, Pennsylvania 15232

(Received 23 April 2013; revised 4 December 2013; accepted for publication 10 December 2013;
published 2 January 2014)

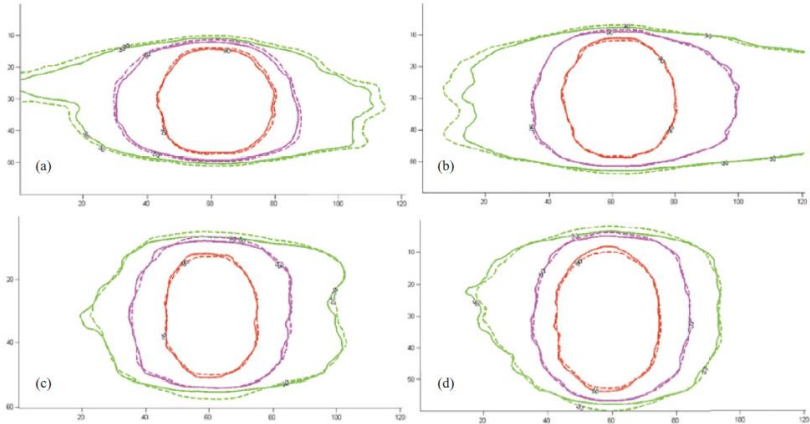


FIG. 2. Isodose comparison of respiratory-gated (dashed) vs static (solid) dose delivery for gating windows of 0.25 cm (a), 0.5 cm (b), 0.75 cm (c), and 1.0 cm (d). The isodose levels shown are 90%, 50%, and 30%.

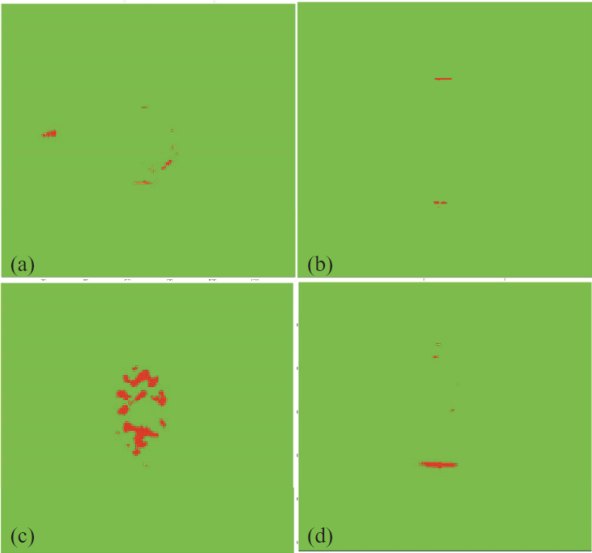


FIG. 4. Gamma pass-fail maps showing 2 mm distance-to-agreement, 2% dose difference failure criteria (failing pixels are shown). Gating windows of 0.25 cm (a), 0.5 cm (b), 0.75 cm (c), and 1.0 cm (d) are shown.

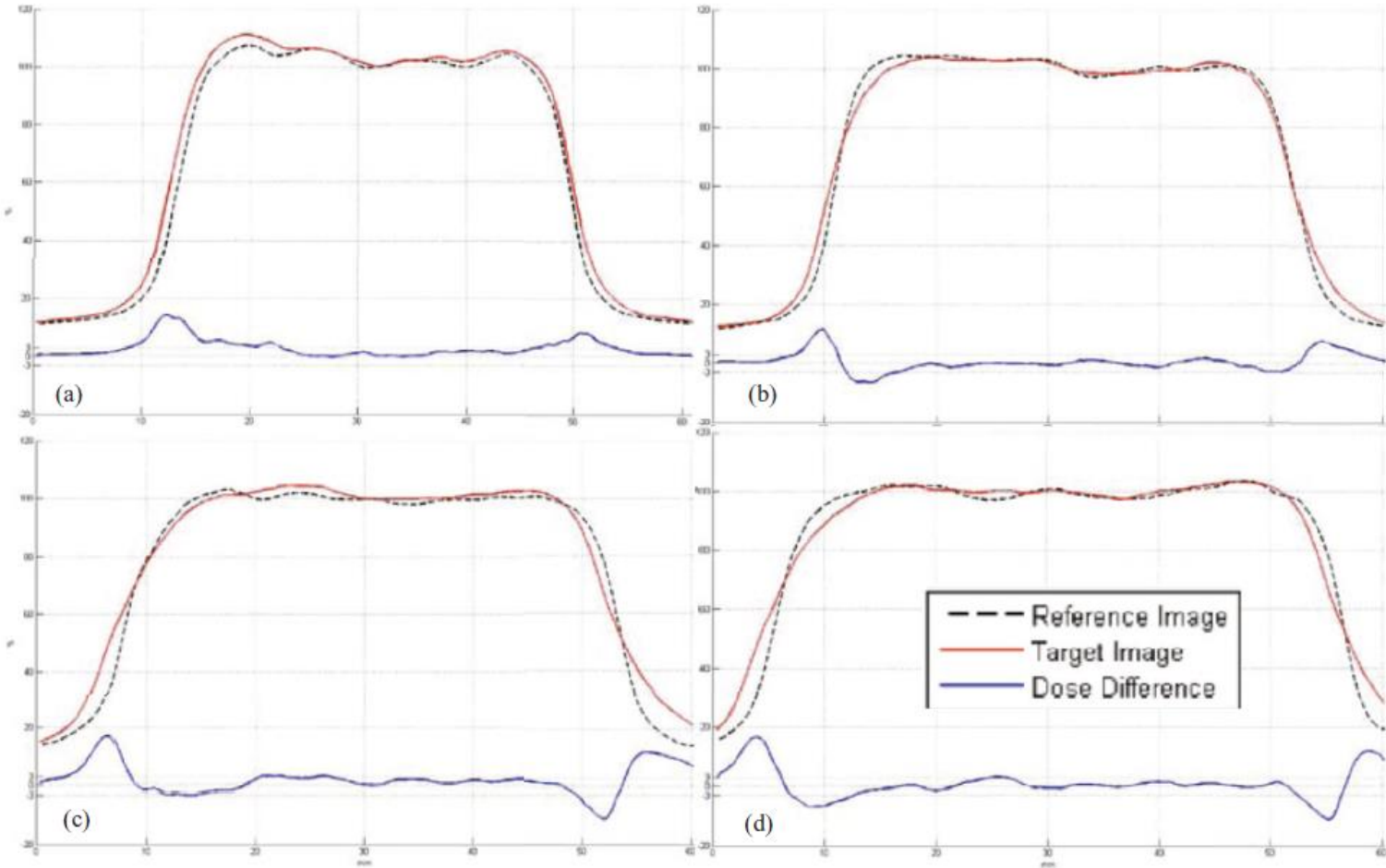


FIG. 3. Dose profiles for the gated vs nongated 1D phantom trials through isocenter in the plane of motion. Lines shown represent the dose percentage for the reference static plans (solid) and target gated plans (dashed), dose difference (solid lower) for 0.25 cm (a), 0.5 cm (b), 0.75 cm (c), and 1.0 cm (d) residual motion.

Amplitude total de 3cm e período de 4s.
Entrega com 6X-FFF 1400 UM/min