



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Patient-specific in-vivo QA in MRGRT: 3D EPID dosimetry for the Unity MR-linac

Torres Xirau, I.

Citation

Torres Xirau, I. (2020, September 15). *Patient-specific in-vivo QA in MRGRT: 3D EPID dosimetry for the Unity MR-linac*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/136754>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/136754>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/136754> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Torres Xirau, I.

Title: Patient-specific in-vivo QA in MRGRT: 3D EPID dosimetry for the Unity MR-linac

Issue Date: 2020-09-15

9.3. Resum:

Els tractaments de radioteràpia necessiten un control adequat per assegurar un correcte lliurament de la dosi prescrita a la regió tumoral. Una de les xarxes de seguretat més esteses per a tractaments en màquines de radioteràpia convencionals és la dosimetria *in-vivo* mitjançant EPIDs, que utilitza la dosi adquirida per un Dispositiu Electrònic d'Imatges de Portal (EPID) durant el tractament per reconstruir amb precisió la dosi a dipositada al pacient. Una vegada que les imatges EPID es projecten a la geometria del pacient, es pot fer una comparació en 2D o 3D amb la distribució de dosis del sistema de planificació del tractament. Per quantificar les diferències que es troben entre la dosi prescrita i la dosi rebuda pel pacient es realitza un anàlisi gamma, un mètode per identificar no només les diferències en intensitat (dosi), sinó també les distàncies en espai entre dos mapes 2D o 3D. Això serveix als mèdics físics per determinar si la dosi lliurada està dins dels paràmetres d'acceptació o no, i en aquest cas, emprendre accions.

Aquest treball pretén desenvolupar un mètode per validar els tractaments de radioteràpia realitzats en un sistema nou: l'Unity MR-Linac. Aquesta màquina, que combina una font de radiació (linac) i un dispositiu d'imatge per ressonància magnètica (MRI), permet irradiar els tumors amb més precisió mitjançant tècniques només disponibles gràcies al guiatge que proporcionen les imatges de l'MRI durant la irradiació. La verificació dels tractaments realitzats amb aquesta màquina es pot fer utilitzant imatges del raig irradiat un cop capturat per un EPID situat a l'altre costat de la font de radiació, just darrere del criòstat de l'escàner MRI. Aquest projecte es centra en l'adaptació d'un algorisme que ja existeix i que s'utilitza en linacs convencionals, a les noves característiques físiques i de disseny de l'Unity MR-Linac. El principal repte d'aquesta adaptació és la presència de l'escàner de l'MRI

(o criòstat) entre el pacient i l'EPID, que actua com a font secundària de dispersió i com a medi d'atenuació del raig.

El **Capítol 2** descriu el primer pas del projecte, destinat a crear un model matemàtic per tenir en compte la dispersió i atenuació addicionals mesurades pel panell EPID quan el feix de fotons irradiat des del linac travessa un prototip de l'escàner MRI fet amb una estructura d'11 cm d'alumini. Els paràmetres de l'algoritme s'estimen mitjançant un procés minimització entre la intensitat de les imatges de l'EPID i les mesures de dosis capturades amb cambres de ionització (IC) per a diferents tamanyes d'irradiació, tant amb com sense l'estructura d'alumini. La validació d'aquest model modificat es va realitzar en imatges 2D mitjançant 58 camps IMRT (tractaments de radioteràpia d'intensitat modulada) irradiats i capturats amb l'EPID, primer amb i després sense la maqueta d'alumini. Les distribucions de dosis reconstruïdes amb l'EPID es van comparar amb les distribucions de dosis planificades mitjançant el mètode d'avaluació γ . Els valors de γ obtinguts amb l'algoritme adaptat van donar resultats similars als obtingut amb el mètode convencional. Els perfils de dosis de diversos camps quadrats reconstruïts amb el nostre algoritme adaptat van mostrar un excel·lent acord en comparació amb TPS.

Al **Capítol 3** es va realitzar un estudi de caracterització de l'EPID en l'entorn de l'Unity MR-Linac, per tal de validar la viabilitat a l'hora d'utilitzar el panell EPID com a dosímetre. Una sèrie d'imatges EPID i mesuraments de dosi amb IC es van utilitzar per estudiar els efectes del camp magnètic, la dispersió generada en l'estructura de l'MRI fins arribar a l'EPID i l'atenuació inhomogènia de l'estructura de l'MRI. També es va determinar la linealitat de la dosi i la cadència de la dosi (en MU/min). Tots aquests resultats es van comparar amb el rendiment de panells EPID similars en linacs convencionals per avaluar les diferències (en el cas d'haver-n'hi) en la resposta a les característiques

de la dosi en aquest entorn. Els resultats van indicar que el camp magnètic al nivell de l'EPID, la dependència de la velocitat de dosi i la linealitat de la dosi mostren resultats similars en comparació amb els linacs convencionals. Tanmateix, es va trobar que tan l'atenuació com la dispersió del raig tenen un comportament depenent de l'angle i per tant el seu modelat suposaria seriosos reptes per a la implementació de dosimetria 3D *in-vivo*.

La primera prova del concepte de l'algoritme modificat complet es va demostrar al **Capítol 4**. Utilitzant els resultats dels capítols 2 i 3, es van fer les modificacions adequades en el software per tenir en compte els canvis en el model físic i així adaptar-se als reptes ja esmentats que presentava l'Unity MR-linac. Per validar el mètode, es van irradiar 25 camps IMRT en 3 angles cardinals (0°, 90°, 180°) i les imatges EPID adquirides durant la irradiació van ser projectades al pla de l'isocentre per cada angle. Les distribucions de dosis reconstruïdes en 2D es van comparar amb les mesures de dosis obtingudes amb l'eina 2D OCTAVIUS 1500 IC (PTW, Friburg, Alemanya). També es va introduir un mètode per tenir en compte la dependència de l'angle d'irradiació degut a la geometria de l'estructura de l'MRI, del pont i de la taula de de la màquina.

Al **Capítol 5** es van combinar tots els ingredients necessaris per a la dosimetria EPID *in-vivo* 3D i es va presentar un entorn de funcionament per a la verificació de tractaments de radioteràpia a l'Unity MR-linac. A més, es va realitzar una comparació directa entre de les distribucions de dosis reconstruïdes amb EPID i el sistema de planificació del tractament (TPS). El mètode es va validar per primera vegada mitjançant dades de tractaments clínics de 5 pacients (2 recte, 2 de càncer de pròstata i una metàstasi a l'oligo). Les imatges EPID "a l'aire" es van obtenir sense pacients i es van utilitzar per reconstruir les distribucions de dosis 3D, que es van comparar amb les distribucions de dosis tant planificades

com mesurades (amb el sistema Octavius 4D). La verificació prèvia al tractament amb dades de TPS va mostrar els següents resultats de y : $y_{\text{mean}} = 0,41 \pm 0,04$ i $y_{\text{passrate}} = 98,4 \pm 0,1$. La comparació amb el sistema OCTAVIUS 4D va mostrar $y_{\text{mean}} = 0,37 \pm 0,09$ i $y_{\text{passrate}} = 97,4$, 90% CI [95,2, 99,7]. En resum, es va demostrar que la verificació dosimètrica en 3D dels tractaments a l'Unity MR-linac mitjançant EPIDs és factible, tant per verificació prèvia al tractament, així com *in-vivo*.

Tot el projecte fins ara s'ha centrat en la reconstrucció de la dosi a la part central del raig irradiat, on hi ha una atenuació homogènia per part del criòstat. Tot i això, un problema restant era reconstruir amb precisió la dosi a les zones laterals on es dona una atenuació forta i inhomogènia. Per solucionar aquest problema, es va realitzar un estudi complementari al **Capítol 6** sobre la implementació d'una xarxa neuronal (CNN) que corregeix els artefactes en les imatges de dosi 2D. Es va entrenar una U-Net dedicada amb imatges 2D reconstruïdes amb EPID a l'isocentre i les seves imatges 2D del TPS corresponents com a veritat fonamental. Es va avaluar la validesa clínica de les imatges de dosi corregides per la U-Net (les anomenades imatges de dosi DEEPID) amb dades de verificació *in-vivo* de 45 camps IMRT de recte. Els resultats van demostrar que l'ús de DEEPID permet una reconstrucció precisa de la dosi en tot el marc d'adquisició de l'EPID, permetent així la verificació dosimètrica de mides de camp fins a $\sim 19 \times 22 \text{ cm}^2$ a isocentre.

