



Reseñas de tesis doctorales

Diego García Pinto*

José Luis Contreras González**

Comité de Redacción.

Este es el segundo número en el que aparece esta sección. Hemos incluido las tesis del campo de Física Médica que se han defendido en universidades españolas hasta el verano de 2018. Con ello prácticamente nos ponemos al día, de modo que cada número a partir de ahora, debería incluir los trabajos de los seis meses anteriores.

Al igual que hicimos en el número pasado hemos usado como fuente de información la base de datos TESEO del Ministerio de Educación, donde se deberían registrar todas las tesis que se defienden en España, y hemos seleccionando aquellas que incluyen entre sus palabras claves el término "Física Médica" (código de la clasificación de la UNESCO 240606). Somos conscientes de que en algunos casos no se suben los datos al TESEO, por lo que si fuera ese el caso os animamos a actualizarlo e incluir la clave "Física Médica" porque es un recurso de una utilidad enorme. Una vez seleccionadas las tesis, nos hemos puesto en contacto con autores y directores para solicitarles las reseñas y hemos incluido aquellas para las que hemos recibido respuesta. Os agradecemos a todos vuestro trabajo y esfuerzo para terminar en fecha con las reseñas. Intentaremos incluir en el próximo número las tesis que nos faltan y en los casos en los que no hemos recibido respuesta, animamos a los autores a que se pongan en contacto con nosotros directamente, ya que probablemente no hemos dado con la dirección de correo electrónico correcta.

La Dosimetría y Radioterapia son los temas que dominan en las tesis que se presentan en este número, reflejando a nuestro juicio la estrecha relación entre el desempeño profesional y el trabajo de investigación. También aparece un tema menos habitual como la aplicación de la Física al rendimiento deportivo. Os animamos a leer las reseñas y como siempre estamos abiertos a todas vuestras sugerencias y críticas.

* Facultad de Medicina, UCM, (garcia.pinto@med.ucm.es)

** Facultad de Ciencias Físicas, UCM (jlcontreras@fis.ucm.es)



Validación del registro deformable de imágenes en radioterapia adaptativa

Autor: Rafael García Mollá

Directores: Dr Facundo Ballester Pallarés y Dr José Pérez Calatayud

Lectura: Mayo del 2017. Universitat de València.

En los últimos años, una de las áreas de mayor interés en la radioterapia ha sido la radioterapia adaptativa (ART), siendo la forma más versátil y eficiente de realizarla, mediante la utilización del registro deformable de imágenes (DIR). Una de las grandes dificultades para implementar la ART es la dificultad para validar los algoritmos de DIR. En esta tesis se ha validado el algoritmo híbrido del sistema de planificación computarizada (TPS) RayStation (v.4.0.1.4, RaySearch Laboratories AB, Stockholm, Sweden), para dos diferentes localizaciones (cabeza y cuello y próstata).

En los pacientes con cáncer de cabeza y cuello, para validar el algoritmo se utilizaron las distancias entre puntos de interés (POI) en la tomografía computarizada (TC) y los POIs seleccionados en las mismas áreas y proyectados desde las imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Para determinar, en

términos de dosis absorbida la incertidumbre del DIR, se utilizó la propiedad de consistencia inversa (IC).

Para los pacientes de cáncer de próstata, se validó de nuevo el algoritmo híbrido en términos de dosis absorbida. En este caso, se seleccionaron veinte pacientes con cáncer de próstata. Se determinó la incertidumbre del DIR, con, o sin, la utilización de regiones de interés (ROIs) para guiar el algoritmo, comparando las dosis absorbidas de las ROI originales, con las corregidas y proyectadas desde de cada CBCT.

La incertidumbre en distancias de los pacientes de cabeza y cuello, estimada mediante el método de puntos, fue 1.7 ± 0.8 mm ($k = 1$). La distancia promedio obtenida con el método de IC, fue de 1.7 ± 0.9 mm. Esto nos permite obtener la incertidumbre del DIR en término de dosis absorbida mediante el método IC y como resultado se mostraron leves variaciones.

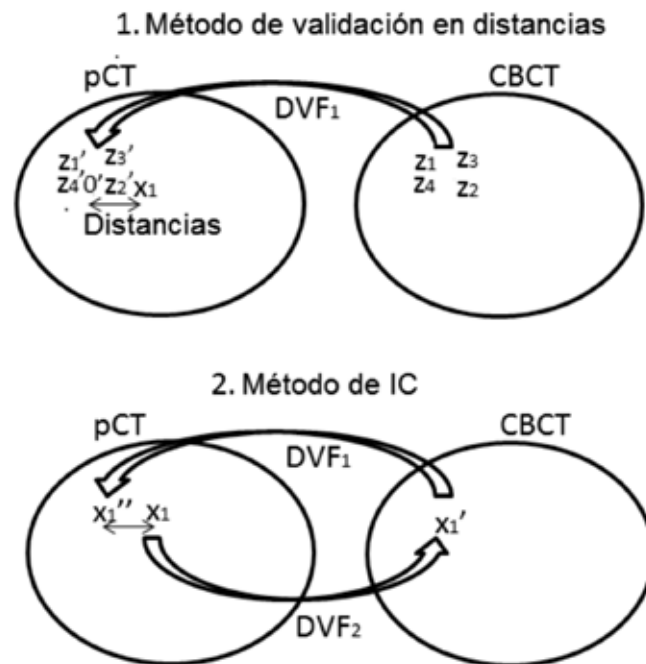


Fig. 1. En la parte superior del diagrama (1) se muestra el método de validación en distancias. La parte inferior del diagrama (2) muestra el método de consistencia inversa.

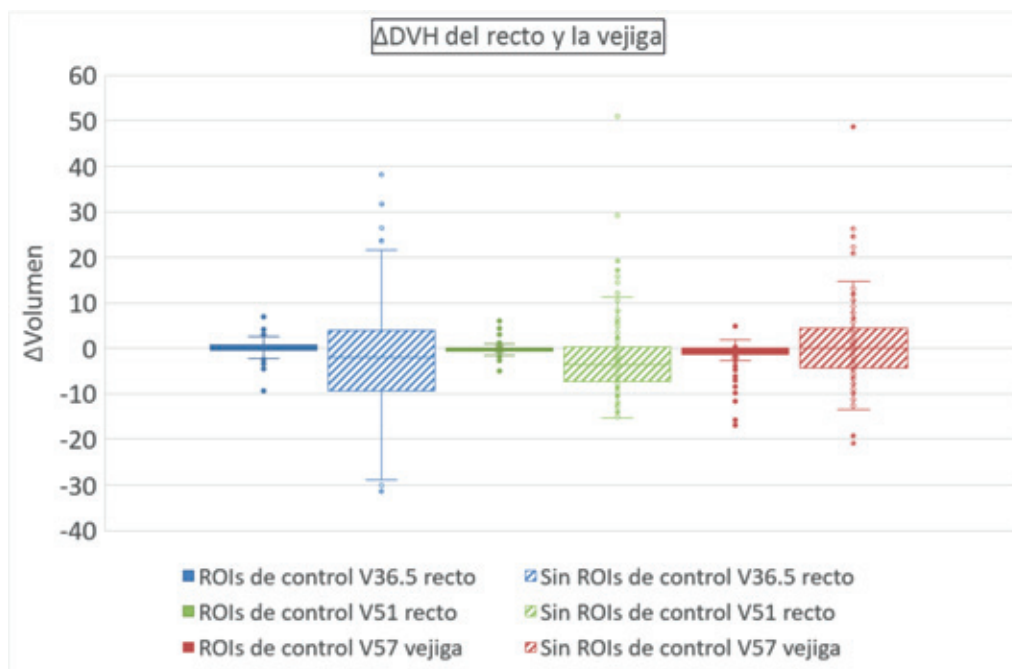


Fig. 2. Diagrama de barras y bigotes con la diferencia en porcentaje de volumen del histograma dosis-volumen (Δ DVH) para V51 y V36.5 para recto y V57 para vejiga.

En la localización de próstata, los resultados de las pruebas de Wilcoxon mostraron una mejoría para la media, la desviación estándar, el máximo y mínimo cuando se utilizan las ROIs de control, respecto a cuando no se utilizan.

Como conclusión, podemos señalar que este algoritmo es útil para la planificación de tratamientos de ART utilizando CBCT en pacientes con cáncer de cabeza

y cuello, aunque la incertidumbre introducida por el algoritmo debe tenerse en cuenta al adaptar un plan. Para los pacientes con cáncer de próstata, el algoritmo debe utilizarse con precaución cuando no se utilicen las ROIs de control. Por lo tanto, aconsejamos utilizar este, u otro método de validación del DIR, para cuantificar las incertidumbres en cada paciente en el que se va a aplicar ART.



Dosimetría en vivo en radioterapia empleando un dispositivo electrónico de imagen portal (EPID)

Autor: Jaime Martínez Ortega

Directores: Dra Rocío Sánchez Montero y Dr Luis Núñez Martín

Lectura: 13 de diciembre de 2017. Universidad de Alcalá.

<https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1594707>

La tesis doctoral presentada tiene su origen en una publicación de esta misma revista,¹ en la cual se mostraba un procedimiento novedoso de dosimetría portal pretratamiento, basado en la utilización de las imágenes

TC del EPID y su posterior utilización como maniquí en el propio planificador. Ese procedimiento permite realizar la predicción de dosis portal con el mismo modelado y algoritmo de cálculo que se utiliza para el cálculo de

los tratamientos. Hasta la fecha, hemos obtenido muy buenos resultados dosimétricos en la verificación de tratamientos de IMRT (superiores al 97% para índice gamma con 3%, 3 mm), el método pero tenía dos limitaciones: sólo era válido para dosimetría relativa y no corregía la asimetría de los perfiles en el eje cráneo-caudal debida a la retrodispersión de los componentes metálicos del brazo del EPID, que ocasiona una sobre-corrección² en los perfiles medidos por el EPID Varian PortalVision aS1000.

Por otro lado, la dosimetría in vivo ha demostrado ser una herramienta muy potente en el control de calidad de los tratamientos radioterápicos. Diversos autores han trabajado en la utilización del EPID en la dosimetría in vivo, tarea no exenta de dificultades. El EPID aporta, a diferencia de otros sistemas, información bidimensional e, incluso tridimensional si se utilizan técnicas de retroproyección. En nuestro caso, hemos trabajado únicamente con distribuciones de dosis bidimensionales.

El trabajo consta de dos partes: en la primera, se modifica el procedimiento de dosimetría portal ya existente para salvar las restricciones mencionadas, es decir, conseguir obtener valores absolutos de dosis absorbida y corregir la retrodispersión del brazo. Los resultados de esta fase se publicaron en *Medical Physics*.³ En la segunda parte, se adapta esta filosofía a la dosimetría de tránsito, es decir, interponiendo un maniquí entre la cabeza del acelerador y el EPID.⁴ En este caso, ya no es plausible utilizar las imágenes TC

del EPID y se simula su presencia mediante una estructura virtual de distintas densidades en el planificador. La presencia del maniquí introduce nuevos retos, dado que el espectro energético varía considerablemente y, consecuentemente, la respuesta del silicio. Por tanto, es necesario introducir nuevas correcciones, en función del espesor equivalente a agua atravesado por el haz de radiación, la distancia de cada punto del EPID respecto del centro del mismo, la distancia fuente-superficie del maniquí y el tamaño de campo de tratamiento. El procedimiento desarrollado también tiene en cuenta las heterogeneidades del paciente, basado en la obtención de un mapa de espesores equivalentes (Fig. 1).

Para la validación de este procedimiento, se recurrió a la utilización de un maniquí antropomórfico, sobre el cual se planificaron distintos campos de tratamiento en localizaciones de cabeza, pulmón y pelvis, además de un tratamiento de IMRT en próstata.

Los resultados obtenidos para el índice gamma (5%, 3 mm) son próximos al 95% en las diferentes localizaciones, descendiendo este valor en las localizaciones de mediastino a valores entre el 80% y el 93%. Este descenso parece ser debido más a un mal acoplamiento entre las láminas del maniquí antropomórfico que a una limitación en la metodología, dado que existen áreas dentro del pulmón que superan el índice gamma.

La principal ventaja del procedimiento desarrollado es que puede implementarse con las herramientas habituales de cualquier Servicio de Radiofísica.

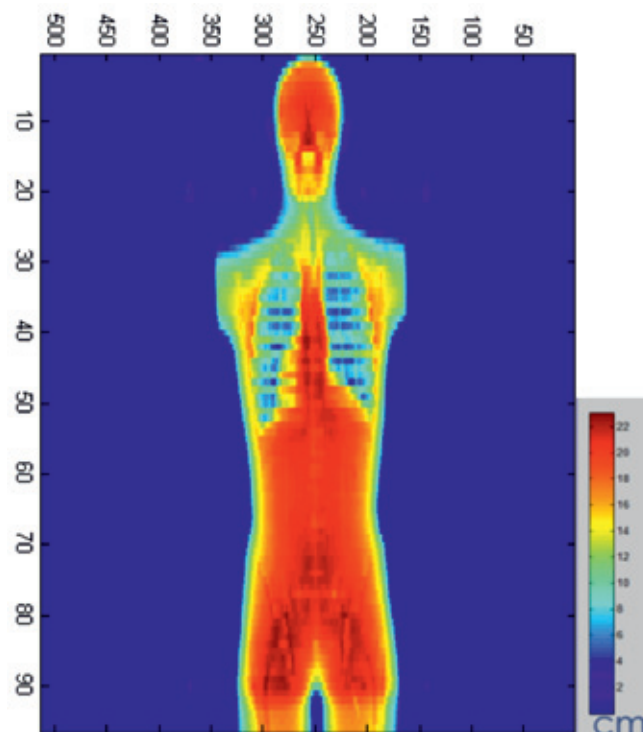


Fig. 1. Mapa de espesores efectivos del maniquí antropomórfico.

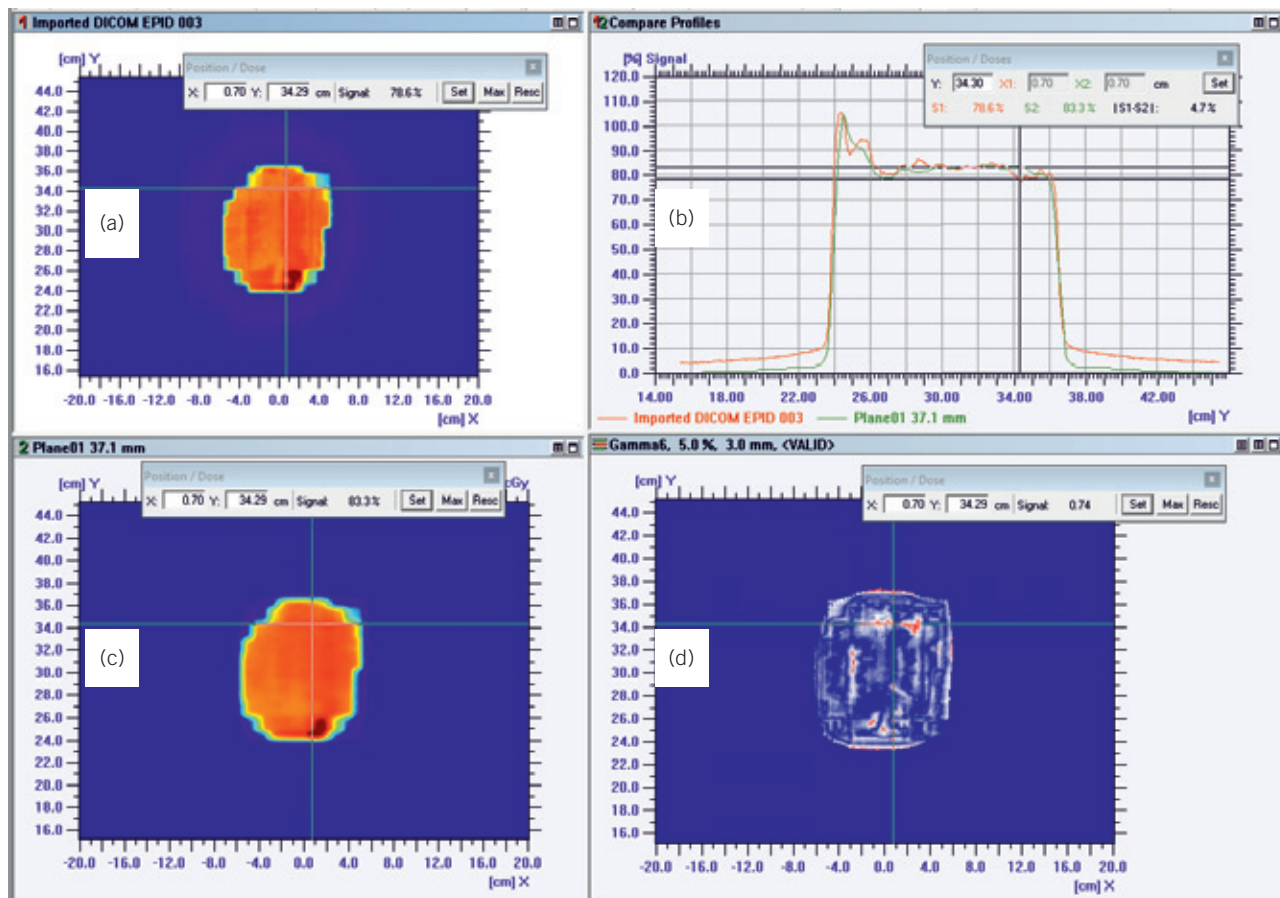


Fig. 2. Campo de tratamiento de próstata IMRT a través de maniquí antropomórfico. (a) medida obtenida con el EPID, (b) perfil cráneo-caudal, (c) distribución calculada por el planificador, (d) resultado del análisis gamma (5%, 3 mm).

1. Martínez Ortega J, Quintana Paz A, Medrano J and Ispizua M. Predicción de la imagen portal con un algoritmo de superposición en la verificación de tratamientos de IMRT, *Rev Fis Med* (2011);12(2):103-12.
2. Ko JO Kim and Siebers JV. Investigation of the optimal backscatter for an aSi electronic portal imaging device, *Physics in medicine and biology* (2004);49(9):1723-38.
3. Martínez Ortega J, Gómez González N, Castro Tejero P et al. A Portal Dosimetry Dose Prediction Method Based On Collapsed-Cone Algorithm Using The Clinical Beam Model, *Med Phys* (2017);44(1):333-41.
4. Martínez Ortega J, Pinto Monedero M, Gómez González N et al. A collapsed-cone based transit EPID dosimetry method, *Phys Med* (2018);46(February 2018):75-80.



Optimización de la exposición médica y ocupacional en cardiología intervencionista mediante el uso de sensores de radiaciones ionizantes

Autor: José Manuel Ordiales Solís

Directores: Dr Fernando Javier Álvarez Franco y Dr Eliseo Vañó Carruana

Lectura: 27 de octubre de 2017. Universidad de Extremadura.

El objetivo del trabajo fue realizar un conjunto de acciones encaminadas a optimizar la dosis de radiación ionizante necesaria para la práctica de la Cardiología Intervencionista, tanto en lo relacionado con la dosis recibida por los pacientes (exposición médica) como con la dosis recibida por los trabajadores (exposición ocupacional). Para ello se utilizaron sensores de radiaciones ionizantes basados en tecnología de semiconductor y de ionización de gas que permitieron realizar el registro de parámetros dosimétricos. Según su diseño fueron utilizados para registro de dosis en haz directo y en haz de radiación dispersa.

La optimización de dosis se realizó mediante dos estrategias. La primera consistió en una reducción controlada de los parámetros de irradiación del equipo de rayos X generando una menor exposición a la radiación de pacientes y trabajadores compatible con la calidad de imagen adecuada. Se estableció como condición de trabajo inicial en fluoroscopia 7.5 pulsos/segundo, manteniendo el ancho de pulso y se redujo un promedio del 26% la dosis por imagen en adquisición (cine).

La variación de la calidad de imagen se evaluó mediante un test de control de calidad de uso habitual y se diseñó un método rápido para evaluación de imágenes clínicas obtenidas en procedimientos médicos. Se realizó un seguimiento exhaustivo durante 42 meses divididos en 5 periodos. Un total de 1019 procedimientos diagnósticos y 616 terapéuticos fueron evaluados. La segunda consistió en la evaluación de un sistema de protección complementario a los de uso habitual situado sobre el paciente y se realizó en dos fases. En primer lugar se realizó un experimento controlado sobre maniquí antropomórfico reproduciendo un procedimiento diagnóstico y se registró la dosis en las posiciones ocupadas habitualmente por el personal de sala. En segundo lugar se realizó un estudio aleatorizado con procedimientos médicos en pacientes con y sin material de protección y se registraron las dosis ocupacionales asociadas a cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos con el nuevo protocolo de trabajo mostraron una reducción del 40% en los indicadores dosimétricos para muestras grandes de

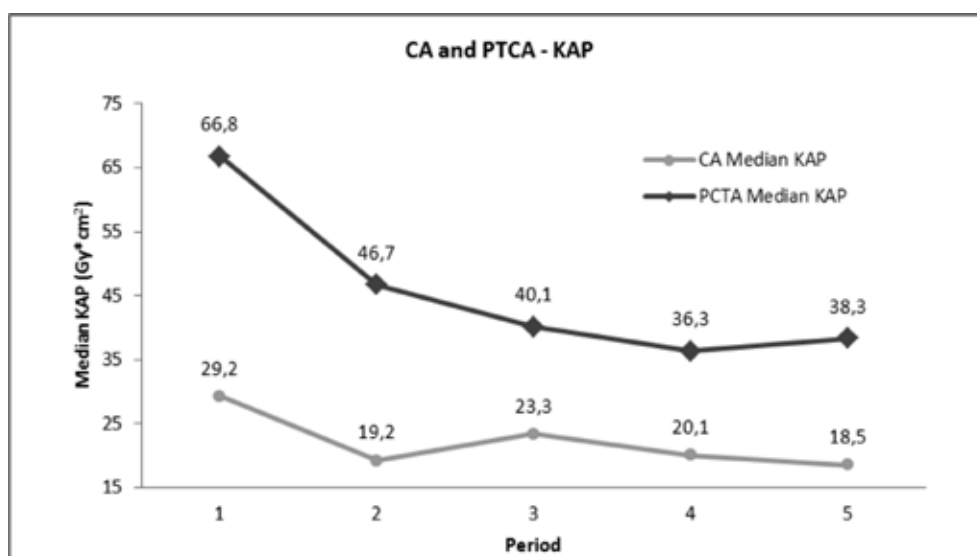


Fig. 1. Variación de los valores medios de KAP para CA (cardiac angiography) PTCA (percutaneous transluminal coronary angioplasty).

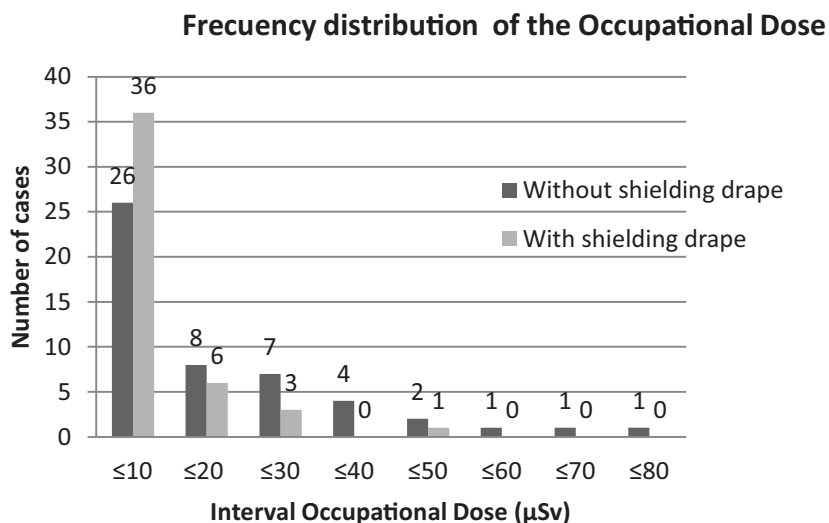


Fig. 2. Distribución de frecuencias de dosis ocupacional Hp[10] para cardiólogos en intervalos de 10 μSv.

procedimientos a lo que se añadió una reducción de la exposición ocupacional de un 50% con el uso del material complementario de protección. La tesis doctoral fue presentada como compendio de publicaciones

en el Programa de Doctorado de “Modelización y experimentación en ciencia y tecnología” de la Universidad de Extremadura.



Dosimetría y control de calidad con películas radiocrómicas en radioterapia externa

Autor: José Fernando Pérez Azorín

Directores: Dr Josep Martí Climent y Dr Luis Isaac Ramos García

Lectura: 23 de marzo de 2018. Universidad de Navarra.

https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/51504/1/Tesis_PerezAzorin.pdf

Hoy día, la implantación de la radiografía digital y la retirada de las reveladoras han hecho inviable el uso de estos dosímetros para el control de calidad en radioterapia externa y ha potenciado el uso de las películas radiocrómicas que, al igual que las radiográficas, poseen una buena resolución espacial pero que no necesitan revelado.

El objetivo de la presente memoria ha sido investigar el empleo de las películas radiocrómicas en el contexto de la verificación de tratamientos complejos de radioterapia:

- Proponiendo un nuevo método de calibración.

- Mejorando las técnicas y los procedimientos que se usan en dosimetría a través de un nuevo método dosimétrico multicanal.
- Desarrollando un sencillo método dosimétrico basado en las propiedades ópticas de las películas radiocrómicas, de forma alternativa al método dosimétrico clásico.

En primer lugar, se ha desarrollado un procedimiento de calibración que tiene en cuenta las incertidumbres de las magnitudes implicadas, lo cual permite caracterizar con más precisión tanto la dosis inferida en una distribución 2D como su incertidumbre.

A continuación, utilizando todos los canales de información de la señal medida, se ha desarrollado un procedimiento dosimétrico multicanal que mejora de forma significativa los resultados obtenidos con los

métodos multicanal desarrollados hasta el momento, reduciendo el impacto negativo que producen los artefactos laterales sobre la distribución espacial de dosis a través del uso de la película sin irradiar.

De forma alternativa y analizando las propiedades ópticas del conjunto escáner-película, se ha desarrollado un sencillo método dosimétrico que, seleccionando el estado de polarización de la luz incidente, ofrece unos resultados aceptables sin necesidad de emplear correcciones parabólicas para reducir los artefactos laterales.

Este método no mejora el método multicanal propuesto por Pérez-Azorin et al. (2014), debido principalmente a que el mecanismo de corrección lateral ya está incluido en el proceso de dosimetría al usar la película sin irradiar. Sin embargo, el método multicanal es un proceso muy complejo ya que necesita el uso de la imagen no expuesta de cada película y resuelve un conjunto de ecuaciones no lineales para cada píxel.

Además, la dosimetría usando un polarizador lineal, preferiblemente por encima de la película, es una manera fácil y económica de corregir los efectos laterales, porque después de escanear la película irradiada, el usuario sólo tiene que aplicar la dosimetría de canal rojo convencional sin usar correcciones laterales parabólicas.

Finalmente, los resultados se han comparado con otros dos detectores que miden la dosis en un plano, una matriz de cámaras de ionización y el EPID. De los tres dosímetros, el único que permite medir la dosis de un tratamiento completo en un maniquí con suficiente resolución espacial es la película radiocrómica. Usando además el método multicanal propuesto los resultados, cuando se pueden comparar, son muy parecidos a lo que da el EPID.

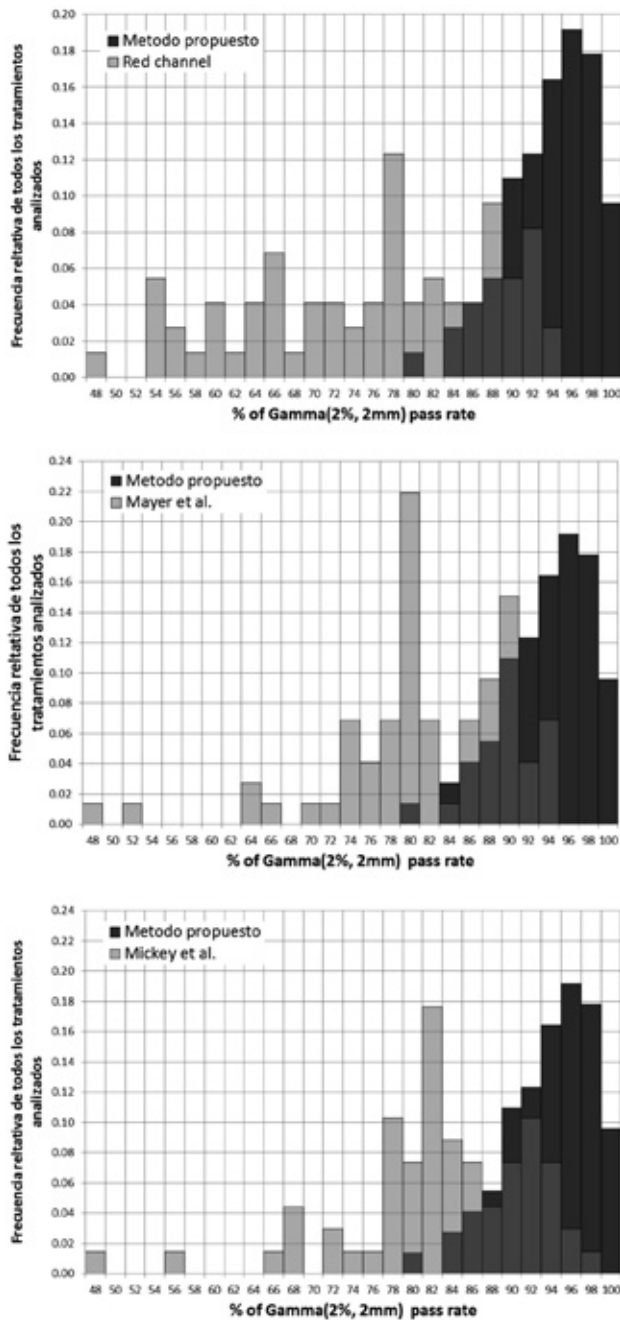


Fig. 1. Histogramas comparando los métodos multicanales considerados y el del canal rojo con el método propuesto. Los resultados del método propuesto ofrecen una menor dispersión, los valores se agrupan más entorno al máximo. En los tres gráficos el color oscuro representa el método propuesto y el claro el método frente al cual se compara, el color intermedio representa la superposición de ambos histogramas.



Applicability of infrared thermography in the assessment of the efficiency, performance, and posture of the cyclist

Autor: Jose Ignacio Priego Quesada

Directores: Dra Rosa María Cibrián Ortiz de Anda, Dra M^a Rosario Salvador Palmer y Dr Pedro Pérez Soriano

Lectura: 22 de diciembre de 2017. Universitat de València.

<https://goo.gl/2afgzX>

La aplicación de la termografía infrarroja en el deporte es un tema reciente y existen aspectos a resolver en relación a la metodología, así como a su aplicación en el contexto de la evaluación del rendimiento deportivo en el ciclismo. En este sentido, los objetivos de esta tesis fueron los siguientes:

1. analizar la validez de la utilización de la termografía infrarroja como medida de la temperatura de la piel en el ciclismo,
2. estudiar su aplicabilidad en el análisis de la eficiencia del ciclista,
3. evaluar su aplicabilidad como técnica complementaria para el ajuste de la postura del ciclista y
4. utilizar técnicas estadísticas para adaptar el estudio termográfico al ciclismo.

Cinco estudios fueron desarrollados para responder a dichos objetivos. Un total de 62 hombres participaron en los estudios. De manera general, la temperatura de la piel fue determinada mediante termografía infrarroja antes de cada test de ciclismo (Figura 1), inmediatamente después de cada test y 10 min después. Otras medidas realizadas en los diferentes estudios fueron el

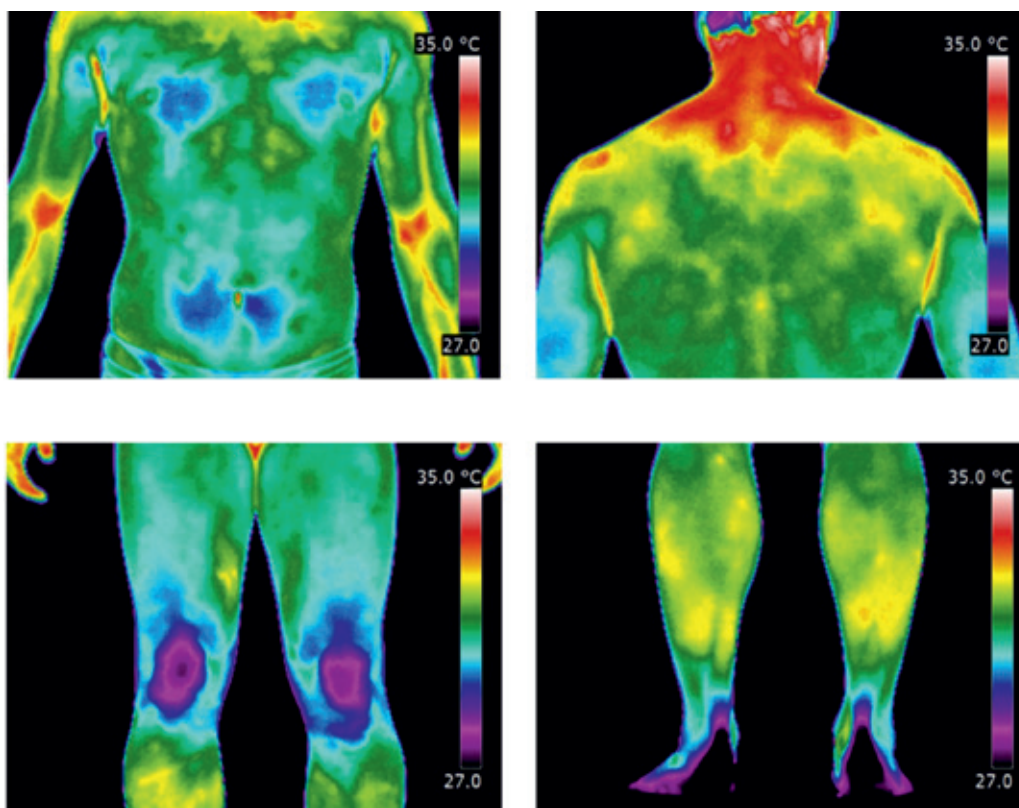


Fig. 1. Ejemplo de imágenes termográficas de un ciclista antes del ejercicio.

análisis cinemático 2D, el cálculo de la tasa de sudoración corporal global, la medida de la temperatura de la piel mediante sensores de contacto, la medida de la temperatura interna mediante un sensor interno ingerible, medidas de intercambio de gases, y el análisis del confort, dolor y fatiga del ciclista.

Las conclusiones más relevantes obtenidas en esta tesis fueron las siguientes. La termografía infrarroja demostró ser una tecnología válida para medir la temperatura de la piel en el ciclismo. Participantes con una mayor activación neuromuscular global con un menor componente de bajas frecuencias en el vasto lateral, presentaron una mejor respuesta termorreguladora a partir de menores aumentos de su temperatura de la piel tras un test incremental. De la misma manera, participantes con una mayor condición física (a partir de una mayor potencia) presentaron una mayor produc-

ción de calor interno y con ello una mayor temperatura de la piel. Sin embargo, la aplicación de la termografía infrarroja para estudiar los efectos del cambio de la altura de sillín no pareció ser adecuada. La variación de la temperatura de la piel puede ser una variable válida para estudiar el efecto de una intervención de ejercicio físico, pero es importante tener en cuenta las variables antropométricas durante el reclutamiento de los participantes con el fin de reducir su variabilidad.

Finalmente, mediante el análisis factorial, se obtuvieron regiones de interés las cuales presentaron diferencias entre ellas como resultado de la diferente composición de su tejido, actividad muscular y capacidad de sudoración. Todo el contenido de esta tesis ha sido publicado en diferentes artículos científicos y capítulos de libros.



Estudio de la precisión y exactitud de la película radiocrómica como dosímetro

Autora: Carmen Ruiz Morales

Director: Dr Antonio González López

Lectura: 8 de junio de 2018. Universidad de Granada.

<http://hdl.handle.net/10481/51894>

En los servicios de radiofísica hospitalaria, es habitual realizar una verificación de la planificación previa al tratamiento. Para llevar a cabo esta medida, es necesario el uso de un dosímetro con un alto nivel de precisión y exactitud. Existen varios dosímetros para realizar esta tarea, como la película radiocrómica.

La película radiocrómica es un dosímetro compuesto por una capa de material activo sensible a la radiación ionizante situada entre dos capas simétricas de poliéster. El material activo polimeriza cuando se irradia la película, provocando un oscurecimiento que es función de la dosis absorbida. El cambio de sus propiedades ópticas con la dosis absorbida permite utilizar la película para la realización de dosimetría absoluta. Además, sus cualidades como equivalencia a agua, baja dependencia con la energía de la radiación y con la tasa de dosis, y alta resolución espacial, hacen de la película un dosímetro muy extendido en la práctica clínica.

Sin embargo, varios efectos disminuyen la precisión y exactitud de la dosimetría absoluta realizada con película radiocrómica. Las diferencias entre películas del mismo lote, las variaciones de temperatura o las dife-

rencias entre las lecturas de las películas son algunos de los efectos que disminuyen la precisión y exactitud de la dosimetría.

Esta tesis se dedica a estudiar la precisión y exactitud de la película radiocrómica como dosímetro. Además, se desarrollan nuevos algoritmos de recalibración que compensan y minimizan el impacto de los efectos mencionados en los resultados. Estos nuevos algoritmos se aplican a los protocolos dosimétricos comúnmente empleados en dosimetría con película radiocrómica.

Los métodos de compensación de variabilidades utilizados en la dosimetría con película radiocrómica se comparan con los nuevos métodos propuestos en esta tesis. De los resultados se extrae que los algoritmos de recalibración consiguen mayor compensación de las variabilidades y más exactitud y precisión en los resultados que los métodos basados en un trozo de control. Además, se cuantifica el impacto de varios efectos presentes en la dosimetría y la minimización alcanzada con la aplicación de los métodos correctivos.

A continuación se investiga la exactitud alcanzable en la dosimetría con película radiocrómica. Se optimiza

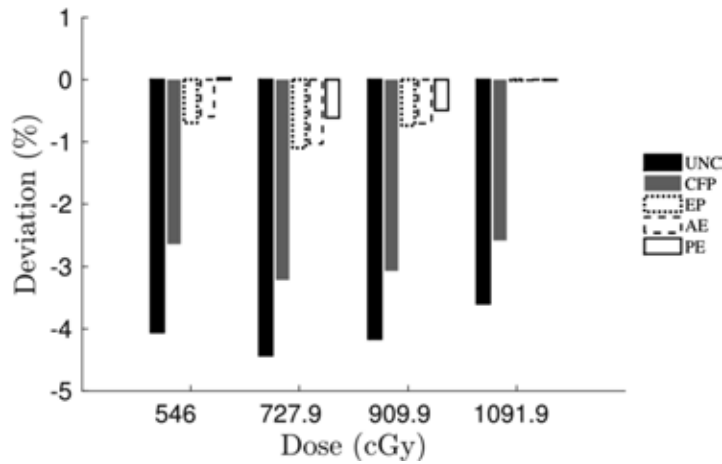


Fig. 1. Exactitud de la dosis estimada para varios valores de dosis en el canal verde sin uso de métodos correctivos (UNC), con utilización de compensación con trozo de control (CFP), con uso de protocolo eficiente (EP), uso de escalado de ejes (AE) y uso de escalado de parámetros (PE).

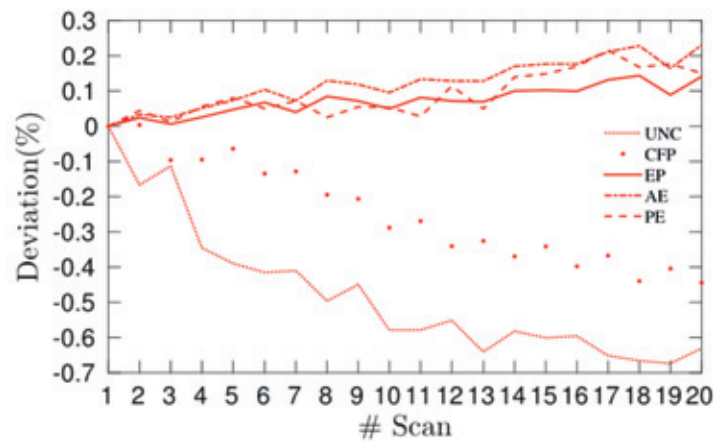


Fig. 2. Precisión de la estimación de dosis a lo largo de 20 escaneos consecutivos respecto a la primera digitalización en el canal rojo sin uso de métodos correctivos (UNC), con utilización de compensación con trozo de control (CFP), con uso de protocolo eficiente (EP), uso de escalado de ejes (AE) y uso de escalado de parámetros (PE).

el proceso de recalibración para conseguir una exactitud en los resultados comparable a la autocalibración de la película radiocrómica, esto es, la utilización de la misma película tanto para la dosimetría como para la calibración

de la respuesta. En función del protocolo dosimétrico empleado, se presentan recomendaciones sobre el número de niveles de recalibración y las dosis de irradiación de estos para obtener la máxima exactitud.



Estudio del ruido y análisis de la incertidumbre en dosimetría con película radiocrómica

Autor: Juan Antonio Vera Sánchez

Director: Dr Antonio González López

Lectura: 4 de Mayo de 2018. Universidad de Granada.

<http://hdl.handle.net/10481/51161>

Esta tesis doctoral, presentada bajo el formato de compendio de publicaciones, se ha dedicado al estudio y descripción de las fuentes de ruido presentes en la dosimetría con película radiocrómica, así como, al análisis y cálculo con técnicas Monte-Carlo de la incertidumbre presente en este tipo de dosimetría.

En las investigaciones llevadas a cabo, como es habitual en este campo, se parte del análisis de las respuestas leídas en escáneres digitales de películas radiocrómicas irradiadas. Por otro lado, se propone y prueba la validez de nuevos métodos matemáticos y enfoques que, hasta donde nuestro conocimiento alcanza, no han sido previamente aplicados en este campo, como son la descomposición multirresolución mediante procesado *wavelet*, el análisis de incertidumbre mediante métodos Monte-Carlo y la aplicación de la metodología para medida del ruido descrita en la norma ISO-15739.

Además, durante el desarrollo de esta tesis se ha hecho especial hincapié en las aplicaciones prácticas de la dosimetría con película radiocrómica. Así pues, se proponen mejoras en las verificaciones de los planes de tratamiento de Oncología Radioterápica y se presentan

nuevas pruebas destinadas al comisionamiento y medida de las características dosimétricas de los colimadores multiláminas de los aceleradores lineales.

La determinación final de la incertidumbre de las estimaciones de dosis con algoritmos multicanal mediante la ley de propagación de las incertidumbres es compleja debido a las propias ecuaciones de los algoritmos multicanal y a las relaciones estadísticas entre las respuestas de los diferentes canales. Sin embargo, este cálculo se puede llevar a cabo con técnicas Monte-Carlo y un modelo multietapa, que describe los pasos seguidos en la dosimetría con película radiocrómica. Esta metodología nos permite estudiar la incertidumbre en cada una de las etapas del proceso y la influencia del modelo del escáner empleado en la incertidumbre final de la dosimetría. Además, este enfoque de cálculo de incertidumbres puede aplicarse a algoritmos mono y multicanal.

Los modelos de escáneres EPSON 10000XL y EPSON V800 evaluados en esta tesis se comportan de igual forma con respecto al ruido. Para todas las resoluciones evaluadas y todos los canales de color,

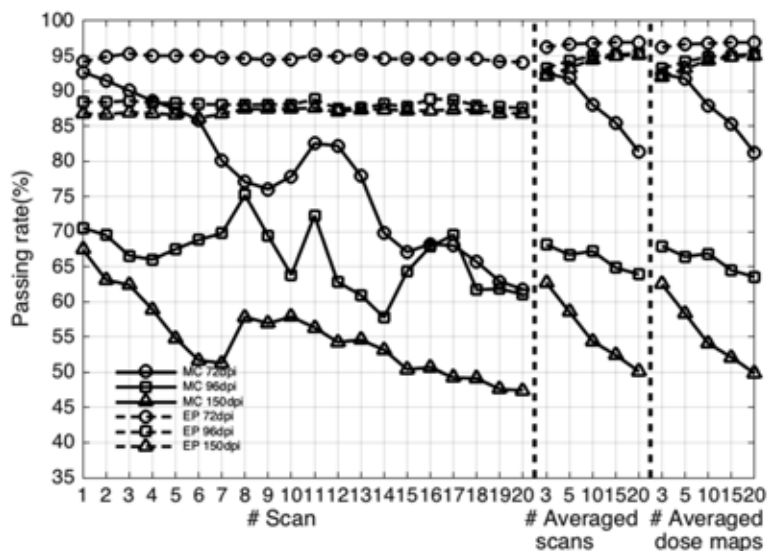


Fig. 1. Incertidumbre de las estimaciones de dosis a lo largo del rango de calibración para algoritmos monocanal y multicanal.

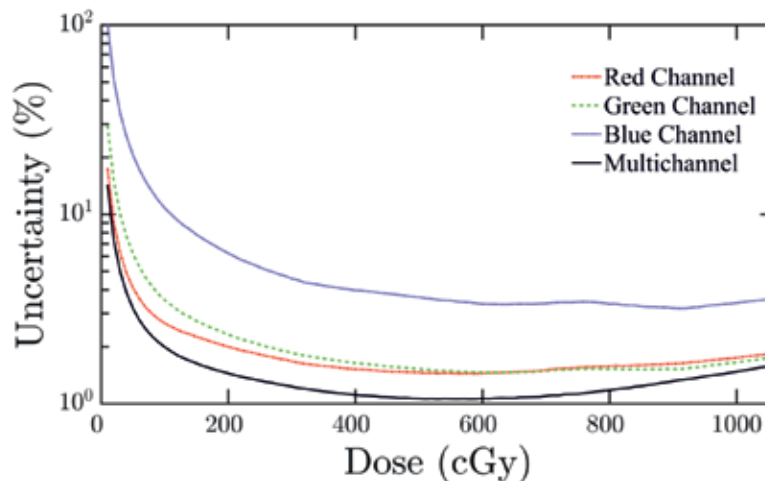


Fig. 2. Efecto de los métodos de compensación de variabilidades (EP) frente a los métodos multicanal sin compensación (MC) en el análisis gamma de un plan de tratamiento con película radiocrómica. El promediado de imágenes elimina ruido y propicia un aumento de la tasa de paso incluso para altas resoluciones.

el ruido de patrón fijo se incrementa al aumentar el valor de píxel, mientras que el ruido aleatorio es bastante constante e independiente del valor de píxel. Los algoritmos multicanal mitigan parcialmente el ruido de patrón fijo, pero no así el aleatorio. La mayor diferencia entre ambos escáneres se encuentra en la componente de ruido aleatorio, que es casi el doble para el modelo 10000XL. Así pues, el escáner V800 presenta menos ruido a altas dosis y altas resoluciones cuando se emplean algoritmos multicanal.

El ruido aleatorio presente en las imágenes de películas radiocrómicas puede mitigarse promediando varias imágenes, siempre que se empleen algoritmos de re-calibración, como el protocolo de Lewis y col.,

para compensar las variaciones en las lecturas. De esta forma, la eliminación del ruido conduce a mejores resultados en las verificaciones de tratamientos y permite aumentar la resolución espacial de trabajo.

En cuanto al efecto *tongue and groove*, se han presentado nuevas pruebas para su medida y se ha puesto de relevancia las discrepancias entre los cálculos de los sistemas de planificación y las medidas realizadas con cámara de ionización y película radiocrómica. Para eliminar estas discrepancias, se debe de mejorar el modelado de los colimadores multilámina en los sistemas de planificación.

Esta reseña ha sido sacada del resumen de la tesis y de sus conclusiones.