



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA



Nos volvemos a encontrar

9 - 11 NOVIEMBRE 2023

Jueves 9 de Noviembre

14:00 - 14:30	Acreditación
Auditorio 1	
14:30 - 15:30	Antonio Lallena* - Bases de la simulación Monte Carlo del transporte de radiación en medios materiales
15:30 - 15:50	Marianela Hervias - Caracterización dosimétrica del equipo de Braquiterapia electrónica ioRT-50 de para aplicadores superficiales mediante simulación de Monte Carlo
15:50 - 16:10	Victor Aguirre - Caracterización del Espectro de Neutrones de un modelo geométrico de LINAC de 10 MV
16:10 - 16:20	Ronda de Preguntas I
16:20 - 16:40	Coffee Break
16:40 - 16:50	Bienvenida
16:50 - 17:40	Marcel Frederico Alvarez - Controles de calidad en fluoroscopia e intervencionismo

Programa sujeto a modificaciones

*Participación telemática

varian

A Siemens Healthineers Company



Qaelum



E&G
Medical
Systems





IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA

Nos volvemos a encontrar

9 - 11 NOVIEMBRE 2023



Viernes 10 de Noviembre

8:30 - 9:15 Acreditación	
Auditorio 1	Auditorio 2
9:15 - 10:00 Wellington Pimenta - IGRT en hipofraccionamiento EXTREMO	9:15 - 10:00 Ioannis Sechopoulos* - Nuevo método de dosimetría para mamografía AAPM y EFOMP
10:00 - 11:00 Antonio Lallena* - Aplicaciones Monte Carlo en Radiobiología en Radioterapia, y cribado mamográfico	10:00 - 10:40 Ana Dolcet - Sistemas de gestión de dosis como herramienta de optimización (Qaelum)
11:00 - 11:10 Ronda de Preguntas I	10:40 - 11:00 Jugleys Seijas - Implementación de Software automático de gestión de dosis al paciente
11:10 - 11:45 Coffee Break	11:00 - 11:10 Ronda de Preguntas I
11:45 - 12:30 Beatriz Sánchez - Radiobiología del Fraccionamiento Extremo	11:45 - 12:30 Mario Marengo* - Estado del arte en la teragnosis desde el punto de vista de la Física Médica
12:30 - 12:50 Nuria Jornet* - Gestión del riesgo en Radioterapia	12:30 - 12:50 Melani Fuentealba - Implementación de Dosimetría Gel PAGAT y Procesamiento 3D con RM en el Laboratorio de Dosimetría Química y Biológica, Universidad de La Frontera
12:50 - 13:10 María Valenzuela - Predicciones de supervivencia celular por irradiación con partículas pesadas	12:50 - 13:10 Hernan Rodríguez - Implementación de un sistema de dosimetría alanina/EPR para aplicaciones en control de calidad de radioterapia
13:10 - 13:30 Nicolas Heumann - Análisis Crítico de modelo predictivo de radiocarcinogénesis	13:10 - 13:30 Rodrigo Cherubini - Caracterización Montecarlo y control de calidad de parches de Ho-166 para tratamientos superficiales
13:30 - 13:40 Ronda de Preguntas II	13:30 - 13:40 Ronda de Preguntas II
13:40 - 14:40 Auditorio I - Seminario Almuerzo Varian. Federico Bakal - Radioterapia estereotáxica ablativa: Punto sin retorno en el manejo del cáncer	
14:40 - 15:15 Claudia Prieto - Inteligencia Artificial en Imágenes Médicas	14:40 - 15:15 Christian Valdés - Desafíos en dosimetría de fotones de baja energía
15:15 - 15:55 Carlos Bohorquez - Nuevos controles de calidad integral utilizando tecnología de EPID (RADCALC)	15:15 - 15:35 Christopher Vergara - Experimental dosimetric characterization of the percentage depth dose of the Zeiss INTRABEAM
15:55-16:15 Ana Dolcet - Optimización en radiodiagnóstico más allá de la dosis: contraste y tasa de repeticiones	15:35 - 16:15 Rodrigo Cherubini -Caracterización Monte Carlo y control de calidad con películas radiocrómicas de un equipo de radioterapia con kV para aplicaciones superficiales
16:15 - 16:25 Ronda de Preguntas III	16:15 - 16:25 Ronda de Preguntas III
16:25 - 16:45 Coffee Break	
16:45 - 17:30 Alejandro Floriano - Metodología para la construcción de un repositorio de datos centralizado en el Instituto Nacional del Cáncer	16:45 - 17:30 Gabriela Chorbadjian - Mamografía: Aspectos imprescindibles en el aseguramiento de la calidad
17:30 - 17:50 Rubén Yáñez - Impacto de las nuevas tecnologías en Radioterapia. El caso Valdivia	17:30 - 17:50 Francisco Cabrera - Desarrollo de un modelo predictivo de agresividad en cáncer de próstata
17:50 - 18:10 Alejandro Floriano - Metodología para la generación diaria y automática de la curva Kaplan Meier de los pacientes del INC	17:50 - 18:10 Macarena Soto - Desarrollo de un modelo de predicción de respuesta a la quimioterapia neoadyuvante en pacientes con cáncer de mama
18:10 - 18:20 Ronda de Preguntas IV	18:10 - 18:20 Ronda de Preguntas IV
18:20 - 20:00 Recepción	

Programa sujeto a modificaciones

*Participación telemática



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA



Nos volvemos a encontrar

9 - 11 NOVIEMBRE 2023

Sábado 11 de Noviembre

8:30 - 9:15 Acreditación	
Auditorio 1	Auditorio 2
9:15 - 10:00 Marcel Frederico Alvarez - Figuras de mérito para la evaluación de la calidad de imagen en radiodiagnóstico	9:15 - 10:00 Hilde Buzza - Terapia fotodinámica - el uso de luz visible para tratamiento de tumores e infecciones
10:00 - 10:20 Ana Dolcet - Niveles de referencia diagnósticos: definición, revisión de algunos NRD internacionales, aspectos prácticos de su uso	10:00 - 10:20 Catalina Ramírez - Optimización del Estudio de Terapia Fotodinámica en Cultivos Celulares In Vitro
10:20 - 10:40 Wilmer Useche - Monitoreo en tiempo real del movimiento intrafracción de la próstata utilizando imágenes de ultrasonido en pacientes de Radioterapia	10:20 - 10:40 Rodolfo Figueroa - Flash Radiotherapy with Conveyray
10:40 - 11:00 Jhonalbert Aponte - Comparación de Diferencias Dosimétricas en Braquiterapia con Cilindro	10:40 - 11:00 José Velasquez - Diseño y caracterización dosimétrica de una grilla para radioterapia espacialmente fraccionada
11:00 - 11:15 Ronda de Preguntas I	11:00 - 11:15 Ronda de Preguntas I
11:15 - 11:45 Coffee Break	
11:45 - 12:30 Wellington Pimenta - Implementación y uso Clínico de Scripting en Hospital Sírio-Libanés	11:45 - 12:15 Ignacio Verdugo - Explorando algoritmos de cálculo de dosis en Monaco
12:30 - 12:50 Jhonalbert Aponte - Validación del Algoritmo iMAR a través de comparaciones dosimétricas	12:15-12:35 Roberto Gajardo - Implementación de un modelo de cálculo de dosis basado en la ecuación lineal de transporte de Boltzmann para haces de fotones de kilovoltaje
12:50 - 13:30 Álvaro Ruiz Plata - Gerenciamiento del Control de Calidad de Paciente y Maquina en la FALP (IBA Dosimetry)	12:35-13:40 Mesa Redonda: Sociedad de Física Médica Chilena - Construyendo un Código de Ética
13:30 - 13:40 Ronda de Preguntas II	
13:40 - 14:40 Almuerzo	
14:40 - 15:00 Gabriel Zelada - El acelerador de partículas Van der Graaff: UTEM, una facilidad experimental que renace	14:40 - 15:20 Víctor Torrellas y Ernesto Rodríguez - El físico médico más allá de la Radioterapia
15:00 - 15:20 Camilo de La Barra - Consideración de VMAT para el cálculo de blindaje en radioterapia	15:20 - 15:50 Alan Martínez - Experiencia de Tratamiento en SBRT de Pulmón (E&G)
15:20 - 15:40 Francisco Troncoso - Estudio preliminar mediante simulación Monte Carlo de la variación en la dosimetría por presencia de campos magnéticos en equipos MRI-LINAC	15:50 - 16:00 Ronda de Preguntas III
15:40 - 15:50 Ronda de Preguntas III	16:00 - 16:50 Claudio Mancilla - Proceso de certificación internacional en física médica IMPCB-IOMP. Experiencia de un chileno
15:50 - 16:50 Rubén Yáñez - Plan Nacional del Cáncer desde la mirada de un físico médico	
16:50 - 17:00 Cierre	

Programa sujeto a modificaciones

Caracterización del Espectro de Neutrones de un modelo geométrico de LINAC de 10 MV mediante Simulación de Monte Carlo utilizando GEANT4/GAMOS

Víctor Aguirre-Bravo^{1,2,3*}, Rodrigo Cherubini-Cisternas^{1,2}

¹ Red de Salud UC CHRISTUS

² Universidad de Valencia

³ iHEALTH - Instituto Milenio en Ingeniería e Inteligencia Artificial para la Salud

*Email: victor.aguirre.bravo@gmail.com

Abstract

La radioterapia con aceleradores lineales (LINAC) actualmente utiliza haces de alta energía (≥ 10 MV) sin filtro aplanador (FFF). Tales resultan en la producción secundaria de neutrones, principalmente generados por la interacción de fotones de alta energía con componentes del cabezal del LINAC, partículas que no contribuyen al propósito de la irradiación y que involucra un riesgo para el paciente, al depositar dosis fuera del sitio de tratamiento¹. El espectro de energía de neutrones producidos abarca desde los epitérmicos hasta los rápidos, siendo los térmicos los más importantes desde el punto de vista radiobiológico^{2,3}. El objetivo de este estudio es caracterizar el espectro de neutrones producidos en un modelo geométrico de cabezal de LINAC que opera a 10 MV FFF en dos configuraciones de tamaño de campo. Utilizando el código de Monte Carlo GEANT4 mediante el toolkit GAMOS^{4,5} (versión 6.2.0), se construyó un modelo geométrico de un cabezal de LINAC considerando como componentes: blanco, colimador primario, mordazas y colimador multiláminas. Se seleccionaron dos configuraciones de simulación: campo de 10 cm por 10 cm y campo “cerrado”. Se utilizó como partículas primarias electrones de 10 MeV. La simulación se optimizó aplicando técnicas de reducción de varianza. Se obtuvo para cada configuración el espectro de energía de los neutrones producidos, en donde se observó que en ambos casos predominan los neutrones térmicos. El espectro generado con el campo “cerrado” presenta mayor componente de neutrones rápidos. El sistema de colimación presenta mayor contribución a la producción neutrónica; en ambas configuraciones, predominan los neutrones térmicos de y epitérmicos, mostrando un pico en energías cercanas a 0,15 MeV, lo que supone relevancia e interés desde el punto de vista radiobiológico en la dosis secundaria de los tratamientos que se realizan con haces de fotones de altas energías ≥ 10 MV.

Keywords: Monte Carlo, Neutrones, LINAC.

Referencias:

1. Kry, S. F., Howell, R. M., Titt, U., Salehpour, M., Mohan, R., & Vassiliev, O. N. (2008). Energy spectra, sources, and shielding considerations for neutrons generated by a flattening filter-free Clinac. *Medical physics*, 35(5), 1906-1911.



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA

9 - 11 NOVIEMBRE
2023

FACULTAD DE FÍSICA UC
CAMPUS SAN JOAQUÍN

SANTIAGO

2. Vega-Carrillo, H. R., Martínez-Ovalle, S. A., Lallena, A. M., Mercado, G. A., & Benites-Rengifo, J. L. (2012). Neutron and photon spectra in LINACs. *Applied Radiation and Isotopes*, 71, 75-80.
3. Podgoršak, E. B. (2006). *Radiation physics for medical physicists* (Vol. 1). Berlin: Springer.
4. Arce, P., Rato, P., Canadas, M., & Lagares, J. I. (2008, October). GAMOS: A Geant4-based easy and flexible framework for nuclear medicine applications. In *2008 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record* (pp. 3162-3168). IEEE.
5. Arce, P., Lagares, J. I., Harkness, L., Pérez-Astudillo, D., Cañadas, M., Rato, P., ... & Díaz, A. (2014). Gamos: A framework to do Geant4 simulations in different physics fields with an user-friendly interface. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 735, 304-313.

Estudio e implementación de la técnica de irradiación corporal total con arcoterapia volumétrica modulada (VMAT-TBI)

Tomás Alvear^{*1}, Rodrigo El Far², Andrea Russomando¹, Ignacio Espinoza^{1,2}

¹ Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

² Centro del Cáncer, Red de Salud UC-Christus, Santiago, Chile

*Email: tialvear@uc.cl

Abstract

Este estudio se centra en la implementación de la técnica de irradiación corporal total (TBI) mediante terapia de arco volumétrico modulado (VMAT-TBI), su aplicación a un fantoma antropomórfico, y la comparación con una técnica de TBI convencional (cTBI) con distancia fuente-superficie extendida.

Se utiliza el fantoma antropomórfico adulto ATOM (CIRS Inc.), complementado con extremidades construidas a partir de materiales tejido-equivalentes, incluyendo parafina sólida para simular músculo y silicona de caucho con carbonato de calcio para representar hueso. Se adquiere imágenes de CT del fantoma completo y se planifica un tratamiento de TBI representativo (12 Gy en 6 fracciones, con restricción de dosis a pulmones) con MONACO 6.1 (Elekta Inc.), para ser irradiado con el acelerador lineal Versa HD (Elekta Inc.). Se hace verificación paciente-específico del tratamiento VMAT-TBI y se mide distribución de dosis con dosímetros termoluminiscentes en ambos tratamientos a comparar. Se hace también dosimetría in-vivo con MOSFETs. Se realiza además una simulación Monte Carlo de la distribución de dosis del tratamiento cTBI utilizando el sistema FLUKA.

Los resultados preliminares de la planificación en MONACO del tratamiento VMAT-TBI indican que se cumplieron las prescripciones de dosis, con una dosis media de 8.4 Gy en el pulmón y 12.9 Gy en el PTV. La comparación con la técnica cTBI está actualmente en desarrollo.

Este estudio aborda no solo los desafíos técnicos inherentes a la implementación de VMAT-TBI, sino que también destaca sus beneficios y desventajas en relación con aspectos tanto dosimétricos como de viabilidad.

Keywords: *Irradiación Corporal Total, VMAT-TBI, Monaco*



Comparación de Diferencias Dosimétricas en Braquiterapia con Cilindro Vaginal: Plan de Tratamiento Por Sesión vs. Único plan de Tratamiento

Jhonalbert Aponte^{1*}, José Luís Rodríguez-Mongua¹, Rixy Plata¹, Alvaro Ruíz¹, Marcelo Riveiro¹, Matías Pino¹, Hervé Broque¹, Filippo Marangoni¹

¹ Fundación Arturo López Pérez FALP, Santiago, Chile

*Email: jhonalbert.aponte@falp.org, radiofisica@falp.org

Abstract

Introducción: En la braquiterapia endometrial, que involucra el uso de un cilindro como aplicador, la dosis de tratamiento se prescribe típicamente a una profundidad de 5 mm desde la superficie del aplicador[1], administrado generalmente en tres fracciones, lo que garantiza una alta reproducibilidad del PTV. Algunos profesionales aprovechan esta ventaja para realizar una sola adquisición de imágenes de planificación para todas las sesiones de tratamiento [2]. En este estudio, nos proponemos determinar diferencias dosimétricas en tratamientos cuando se utiliza una imagen por sesión en comparación con el uso de una sola imagen, correspondiendo a la primera sesión de tratamiento. **Metodología:** Se recopiló y analizó la información de tratamiento de un grupo de 25 pacientes tratados con sus diferentes imágenes y planes para cada sesión. Se crearon réplicas de cada plan de tratamiento, manteniendo la misma configuración de paradas y detenciones que en el primer plan. A continuación, se compararon estos planes para evaluar las diferencias en la dosis del tratamiento para los órganos a riesgo, así como posibles variaciones en la cobertura del PTV. **Resultados:** La evaluación de las diferencias en la dosis recibida en los órganos a riesgo mostró variaciones significativas tanto en la diferencia promedio entre las fracciones como en la diferencia acumulada a lo largo de las sesiones de tratamiento. Las diferencias más notables se observaron en el recto, donde la mayor diferencia alcanzó los 15 Gy **Conclusiones:** Los resultados de este estudio sugieren que la elección de utilizar una sola imagen de planificación, puede tener un impacto significativo en la dosis entregada a los órganos a riesgo. Además, se debe tener en cuenta la variabilidad entre pacientes para garantizar un tratamiento seguro y efectivo. Estos hallazgos resaltan la importancia de una atención personalizada en la braquiterapia ginecológica.

Keywords: Braquiterapia, Endometrial, Planificación

Referencias:

1. American Brachytherapy Society consensus guidelines for adjuvant vaginal cuff brachytherapy after hysterectomy. Small W Jr, Beriwal S, Demanes DJ, et al. Brachytherapy. 2012;11:58-67
2. Ohno T, Toita T, Tsujino K, Uchida N, Hatano K, Nishimura T, Ishikura S. A questionnaire-based survey on 3D image-guided brachytherapy for cervical cancer in Japan: advances and obstacles. J Radiat Res. 2015 Nov;56(6):897-903.

Validación del Algoritmo iMAR a través de comparaciones dosimétricas con Método de Corrección de Densidades en Diferentes TPS

Jhonalbert Aponte^{1*}, José Luís Rodríguez-Mongua¹, Rixy Plata¹, Alvaro Ruíz¹, Marcelo Riveiro¹, Matías Pino¹, Hervé Broque¹, Filippo Marangoni¹

¹ Fundación Arturo López Pérez FALP, Santiago, Chile

*Email: jhonalbert.aponte@falp.org, radiofisica@falp.org

Abstract

Introducción: Los artefactos causados por implantes metálicos son uno de los desafíos a enfrentarse en radioterapia, especialmente cuando los volúmenes objetivo se encuentran cerca de dichos implantes. Aunque existen metodologías para mitigar el impacto de los artefactos en el TPS, como la aplicación de Corrección Manual de Densidad (CMD) y algoritmos de reducción de artefactos, no se han realizado comparaciones entre estas prácticas. Algunos tomógrafos proponen una solución mediante algoritmos de reducción de artefactos. Este trabajo evalúa mediante una serie de pruebas el algoritmo iMAR (Reducción de Artefactos Metálicos Iterativo) y su impacto en las unidades Hounsfield (HU), la dosis absorbida en los planes de radioterapia para diferentes algoritmos de cálculo y máquinas de tratamiento. Además, se realiza una comparación dosimétrica de iMAR con CMD como metodología de validación previa a la implementación clínica de iMAR.

Metodología: Se evaluaron las HU generadas por iMAR en un maniquí que contenía insertos metálicos para crear artefactos en la imagen. Luego, mediante medidas, se evaluó el impacto dosimétrico luego de aplicar iMAR. Finalmente, se realizó una comparación dosimétrica entre diferentes planes de tratamiento y diferentes sistemas de planificación para estimar las diferencias con respecto a CMD.

Resultados: Después de la aplicación del algoritmo iMAR en el maniquí con artefactos, las HU obtenidas coincidieron con los del maniquí sin artefactos (la diferencia máxima fue de 98 UH) El ruido en la imagen resultante fue ligeramente mayor en la imagen procesada.

Conclusiones: El uso de iMAR se validó incluso cuando los artefactos causados por implantes metálicos son elevados. Permite una mejor representación de la dosis en comparación con CMD. Además, iMAR mejora el flujo de trabajo clínico, reduce la posibilidad de errores y ahorra tiempo durante la planificación del tratamiento. En casos donde los tomógrafos no proporcionen iMAR, sigue siendo una opción aplicar CMD.

Keywords: iMAR, artefactos Metalicos, Radioterapia

Referencias:

1. Puvanasuntharajah S, Fontanarosa D, Wille ML, Camps SM. The application of metal artifact reduction methods on computed tomography scans for radiotherapy applications: A literature review. J Appl Clin Med Phys. 2021
2. Axente M, Paidi A, Von Eyben R, Zeng C, Bani-Hashemi A, Krauss A, Hristov D. Clinical evaluation of the iterative metal artifact reduction algorithm for CT simulation in radiotherapy. Med Phys. 2015 Mar;42(3):1170-83.

Desarrollo de un modelo predictivo de agresividad en cáncer de próstata, basado en imágenes de resonancia magnética bi-paramétricas y herramientas de aprendizaje automatizado: Impacto del uso de datos aumentados y análisis de estabilidad de características

Francisco Cabrera^{1*}, Cecilia Besa², Odette Rios¹, Ignacio Domínguez¹, Paola Caprile¹

¹ Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile.

² Departamento de Radiología, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile.

*Email: fvcabrera@uc.cl

Resumen

La determinación de la agresividad en el cáncer de próstata (PCa) se evalúa mediante el índice de Gleason (GS), obtenido a partir de una biopsia. Actualmente, las imágenes biparamétricas de resonancia magnética (bpMRI) aparecen como una alternativa prometedora en la búsqueda de métodos precisos y no invasivos para realizar la clasificación de riesgo (significativo: $GS \geq 7$ vs no significativo: $GS = 6$)¹. En esta investigación, se plantea generar un modelo de clasificación de riesgo en PCa, utilizando técnicas de aprendizaje automatizado en base a bpMRI y a datos clínicos. Este estudio retrospectivo, fue realizado para una cohorte local de 86 pacientes con información clínica y resultado de GS en base a una biopsia guiada por ultrasonido. Las imágenes con peso T2 y mapas de coeficiente de difusión aparente (ADC) fueron segmentadas por radiólogos expertos y las características radiómicas (CR) fueron extraídas utilizando python. Los pacientes fueron separados en un 80/20% para entrenamiento/validación de los modelos de clasificación de riesgo y se añadieron modificaciones en el brillo, contraste, ruido, rotación y tamaño de las segmentaciones de entrenamiento, con la finalidad de aumentar² la diversidad y estudiar la estabilidad de las CR. Los modelos que fueron seleccionados incluyen solamente las CR estadísticamente relevantes y estables frente a las modificaciones descritas previamente. El mejor modelo tiene un AUC de entrenamiento de 0.88 (CI: 0.80–0.92) y de 0.89 para la validación en la clasificación y tiene mayor estabilidad (menor CI) que un modelo que sólo considera los datos originales sin incorporar la estabilidad de las CR (AUC entrenamiento/validación de 0.84 (CI: 0.67–0.96)/0.93). Lo anterior demuestra el potencial que tiene este análisis, sugiriendo que esta técnica podría mejorar la precisión de las predicciones en cohortes reducidos. Como próximo paso, se planea ampliar el grupo de pacientes y utilizar una base de datos externa como validación.

Palabras claves: Radiomics, bpMRI, cáncer de próstata

Referencias:

1. Ghai, S., & Haider, M. A. 2015. Multiparametric-MRI in diagnosis of prostate cancer. Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India, 31, 3, 194-201.
2. Makowski, M. R., Bressan, K. K., Franz, L., Kader, A., Niehues, S. M., Keller, S., ... & Adams, L. C. 2021. De novo radiomics approach using image augmentation and features from T1 mapping to predict Gleason scores in prostate cancer. Investigative Radiology, 56, 10, 661-668.

Caracterización Monte Carlo y control de calidad con películas radiocrómicas de un equipo de radioterapia con kV para aplicaciones superficiales.

Rodrigo Cherubini C^{1*}, Sergio Diez², Francisco Bova³, Alejandro Ferreira⁴, Apolo Salgado⁵

¹ Universitat de Valencia

² Universitat de Valencia

³ Controlmed

⁴ Universidad San Sebastián

⁵ IORT Chile

*Email: r.cherubini.c@gmail.com

Abstract

La radioterapia con kV se ha desarrollado como una opción para tratamientos superficiales a través de tubos generadores de rayos X. La unidad Womed ioRT-50 de BEBIG ® consiste en un sistema de radioterapia con kV móvil que permite realizar tratamientos superficiales e intraoperatorios con 50 kV y 70kV respectivamente. En este trabajo se presenta la caracterización dosimétrica a través de simulaciones Monte Carlo y películas radiocrómicas XR RV3 para aplicaciones superficiales con el equipo mencionado.

Considerando el diseño del generador de rayos X, se realizaron simulaciones Monte Carlo con código PENELOPE de los aplicadores superficiales y con una configuración de 50 kV. Luego se realizaron medidas experimentales con películas radiocrómicas XR RV3 de Gafchromic ® en un maniquí con agua construido con filamento de PETG en impresora 3D. La transformación de la exposición de las películas radiocrómicas a dosis se obtuvo mediante un software “in house” desarrollado con Matlab ®. Luego, se realizó la comparación de los perfiles de dosis y PDDs entre los resultados obtenidos con Monte Carlo y películas radiocrómicas.

De las comparaciones realizadas con los datos extraídos de las simulaciones Monte Carlo y las distribuciones de dosis desde las películas radiocrómicas, se obtuvo una diferencia máxima de alrededor de 3% en los PDDs. Para el caso de los perfiles a 5 mm de profundidad, se obtuvo diferencias menores a 2.5% en la zona central, encontrando mayores diferencias en la zona del borde de campo.

Las comparaciones entre los datos obtenidos con simulaciones Monte Carlo con PENELOPE y las distribuciones de dosis obtenidas con películas XR RV3 muestran buena concordancia, considerando las gradientes pronunciadas propias de una configuración de haces con kV para radioterapia superficial.

Keywords: Radioterapia superficial, Monte Carlo, dosimetría.



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA

9 - 11 NOVIEMBRE
2023

FACULTAD DE FÍSICA UC
CAMPUS SAN JOAQUÍN

SANTIAGO

Referencias:

1. Salvat F., 2015, PENELOPE-2014: A Code System for Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport. 2015. Nuclear Energy Agency.
2. Salvat F., The PENELOPE code system: Specific features and recent improvements. 2013. Joint International Conference on Supercomputing in Nuclear Applications and Monte Carlo.
3. Ramachandran P. New era of electronic brachytherapy. 2017. World J Radiol 9(4): 148-216.
4. Simon C. P. Lam, Yang Xu, Gregory Ingram, Lanceford Chong. Dosimetric characteristics of INTRABEAM® flat and surface applicators. 2014. Transl Cancer Res ;3(1):106-111.

Caracterización Montecarlo y control de calidad de parches de Ho-166 para tratamientos superficiales.

Rodrigo Cherubini C^{1*}, Alejandro Ferreira², Apolo Salgado³

¹ Universitat de Valencia

² Universidad San Sebastián

³ IORT Chile

*Email: r.cherubini.c@gmail.cl

Abstract

Para los tratamientos de radioterapia superficial, particularmente en piel, se han estudiado múltiples soluciones basadas en radioisótopos o en productores artificiales de rayos X. Una de las soluciones que se ha utilizado en el pasado han sido radioisótopos emisores beta con el objetivo de obtener dosis más superficial dada la naturaleza de la partícula que este emite. En el siguiente trabajo se estudió la aplicación de parches con Holmio 166, emisor beta, en tratamientos de lesiones superficiales para un estudio clínico de un proyecto FONDEF.

Se realizaron simulaciones Montecarlo con código PENELOPE para evaluar el comportamiento de parches con Ho-166 en agua, obteniendo la distribución de dosis proyectada en dicho elemento. Luego, se realizaron pruebas experimentales en un maniquí de agua sólida, con películas radiocrómicas EBT3, para los parches con una actividad conocida.

Los resultados obtenidos en este trabajo con PENELOPE fueron utilizados para calcular el tiempo de tratamiento, con una incertidumbre estadística de la dosis de alrededor de 1%. El cálculo de tiempo de aplicación se automatizó por medio de un software simple "in house" desarrollado con el código Python para mayor eficiencia al momento de la aplicación del tratamiento, obteniendo tiempos de entre 20 y 30 minutos por sesión dependiendo de la prescripción de dosis y de la actividad del radioisótopo. La caracterización experimental con películas EBT3 mostró repetitividad, reproducibilidad y homogeneidad aceptables para la utilización de los parches en la clínica de manera segura.

Se caracterizó adecuadamente los parches con Ho-166 desde el punto de vista de física médica para cálculo de tiempo de tratamiento a una dosis y profundidad establecida en la prescripción médica. Además, se obtuvieron datos experimentales para el control de calidad de los parches para utilizarlos de manera segura clínicamente.

Keywords: Braquiterapia, Holmio, Monte Carlo.

Referencias:

1. Lee et al., Radionuclide Therapy of Skin Cancers and Bowen's Disease Using a Specially Designed Skin Patch, The Journal of Nuclear Medicine, Vol. 38, N° 5, May 1997.
2. R. E. Faw, Absorbed Doses to Skin from Radionuclide Sources on the Body Surface, Health Phys. 63(4):443-448; 1992.

Consideración de VMAT para el cálculo de blindaje en radioterapia

N. Alveyay^{1*}, D. Cumian¹, C. De la Barra^{2*}, N. Santis², M. Hervias³

¹ Estudiantes de Tecnología Médica Universidad de Chile

² Instituto Nacional del Cáncer

³ Departamento de Tecnología Médica, Universidad de Chile

cdelabarrao@gmail.com

Abstract

Las instalaciones de teleterapia que emplean aceleradores lineales de partículas requieren previo a su operación, entre otras cosas, una memoria de cálculo de blindaje que asegure que las dosis que reciben trabajadores y miembros del público en las zonas aledañas cumplen con los límites de diseño. El abordaje más utilizado para estos efectos se describe en el reporte 151 del NCRP¹ que considera mayormente tratamientos con irradiación de ángulo de gantry fijo, por lo que, en principio, no sería aplicable para tratamientos VMAT.

Se realizó una revisión del cálculo de blindaje realizado en el Instituto Nacional del Cáncer para un equipo Elekta Infinity instalado en 2020. La carga de trabajo se determinó empíricamente a partir de los tratamientos de 2022 y 2023. Se realizaron dos cálculos, uno considerando fielmente las recomendaciones del reporte NCRP 151 y otro considerando características de tratamientos VMAT con giro de gantry continuo durante la irradiación. Particularmente, se propuso una metodología para calcular el factor de la fracción de radiación dispersa en las barreras secundarias y se utilizaron recomendaciones de la literatura para el cálculo del factor de uso para barreras primarias y la distancia promedio de la fuente a cada punto de cálculo.

Se encontraron diferencias significativas en el factor de la fracción de radiación dispersa con la metodología propuesta y en el factor de uso para barreras primarias. La distancia promedio de la fuente a cada punto de cálculo, requerida para el cálculo de la componente de radiación de fuga para barreras secundarias no mostró cambios significativos. Además, el considerar el punto que presenta menor diferencia en los cálculos, del orden de 64,5%, implica que potencialmente es posible aumentar la carga de trabajo en un valor equivalente; esto es relevante, por ejemplo, si se quisiera aumentar la cantidad de radiocirugías realizadas en el equipo.

Keywords: *Cálculo de blindaje, radioterapia, VMAT*

Referencias:

1. NCRP REPORT No 151. Structural shielding design and evaluation for megavoltage X- and Gamma-Ray radiotherapy facilities. 2005



Experiencia de un cálculo de blindaje para una instalación de medicina nuclear para una SPECT

C. De la Barra^{1*}, C. Mancilla¹, M. Hervias²

¹ Instituto Nacional del Cáncer

² Departamento de Tecnología Médica, Universidad de Chile

*Email: cdelabarrao@gmail.com

Abstract

Actualmente existe un abordaje dado por la AAPM (American Association of Physicists in Medicine) para el cálculo de blindaje de instalaciones que utilizan Fluor-18¹, sin embargo, la literatura para el cálculo de blindaje para instalaciones que emplean Tecnecio-99m y I-131 es limitada.

En el contexto de una licitación de un equipo SPECT, en el Instituto Nacional del Cáncer se realizó una memoria de cálculo de blindaje para el servicio de medicina nuclear considerando fuentes de Tc-99m y I-131. Cada fuente se consideró compuesta por contribuciones de dos o más isótopos. En cada zona de interés, se determinó la sumatoria de las contribuciones de tasa de dosis de todas las demás fuentes y posteriormente, de manera iterativa, se aumentó el blindaje de las barreras para conseguir que en todas las zonas de interés se cumplieran los límites de diseño recomendados. Para calcular la transmisión de las barreras se evaluaron diferentes espesores hemirreductores de diferentes fuentes bibliográficas y también se empleó un abordaje utilizando factores de build up para las calidades de los radioisótopos considerados.

La metodología resultó efectiva para el cálculo de blindaje y fue posible implementar el cálculo iterativo con uso de HVL o factores de build up en una planilla Excel. El cálculo de la transmisión con factores de Build up es mayor a 1 para espesores pequeños de concreto (menores a 5 cm), aunque en general resultan grosores menores con esta metodología.

El abordaje con un cálculo iterativo demuestra ser el más conveniente cuando se consideran múltiples fuentes en un servicio de medicina nuclear. Se ha encontrado diversidad en las transmisiones de los isótopos en la literatura, lo que hace necesario unificar los criterios para los cálculos de blindaje en un servicio clínico.

Keywords: Medicina nuclear, cálculo de blindaje.

Referencias:

1. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements. 2006.



FLASH RADIOTHERAPY WITH CONVERAY: THEORETICAL ASSESSMENT AND OPERATIONAL PARAMETERS WITH ELECTRONS AND PHOTONS

Rodolfo Figueroa¹, Mauro Valente^{1,2}, Jaime Guarda¹, Natalia Villar¹

1 Universidad de la Frontera, Centro de Física e Ingeniería en Salud, CFIS, Temuco, Chile

2 University of Córdoba, Institute of Physics E. Gaviola, FaMAF, Córdoba, Argentina

*Email: Rodolfo.figueroa@ufrontera.cl

Abstract

Recent strides in radiotherapy spotlight FLASH radiotherapy, known for rapid radiation dose delivery¹. This approach minimizes side effects and enhances outcomes². The convergent beam³, called CONVERAY crafted to emit converging rotating radiation beams⁴, is notable for its adaptability and promise in the FLASH modality. Our study aims to discern its potential and relevance in modern radiotherapy.

Methods: The adaptability of the CONVERAY to radiotherapy machines with electron output was theoretically examined. Optimal operational conditions were evaluated using a 6 MeV beam on a 1 mm W target, observing useful photon rates within angles beams of 1 to 5°.

Results: During the radiation beam generation process, significant losses occur when converting electrons into photons. These losses, though notable, do not prevent machines with capabilities of rates up to 10⁹ Gy/s from being optimized and becoming suitable for operation in flash mode using photons. To ensure the efficiency of this process and the effectiveness in radiation delivery, operational parameters were meticulously established. These aim to achieve, and in some cases surpass, dose rates of 40 Gy/s, guaranteeing a rapid dose administration be under 1 s.

Conclusions: The CONVERAY exhibits remarkable adaptability and capability in generating converging rotating radiation beams. It stands out as a promising tool for flash mode with either electrons or photons. The dynamic CONVERAY exhibits remarkable adaptability and capability in generating a fast converging rotating radiation beams. It stands out as a promising tool for flash mode with either electrons or photons.

Keywords: *Convergent beam, Flash radiotherapy, Electron & Photons*

References:

1. Matuszak N, Suchorska, W. et al, Rep Pract Oncol Radiother. 2022; 27(2): 344–351.
2. Wilson JD, Hammond EM, Higgins GS, et al. Front Oncol. 2019; 9:1563.
3. Figueroa, R & Valente M, Physics in Medicine and Biology, 2015 60 7191–7206.
4. Figueroa R., Rojas L & Valente M., Applied Radiation Isotope 2019, 151,46-51.



Metodología para la construcción de un repositorio de datos centralizado en el Instituto Nacional del Cáncer

Alejandro Floriano Pardal*

¹ Radiofísico Hospitalario. Información para la Gestión (Subdirección de desarrollo institucional)
Instituto Nacional del Cáncer

*Email: alejandro.floriano@incancer.cl

Abstract

En el año 2021 el Instituto Nacional del Cáncer a través de su Subdirección de Desarrollo Institucional decidió la creación del área de Información para la Gestión que tuviese como responsabilidad principal liderar el proyecto de construcción de un repositorio de datos unificado (*data warehouse*¹ en inglés) que permitiera la integración de los datos principales de la institución para su explotación futura en las áreas administrativas y clínicas. Este trabajo presenta la metodología empleada para la construcción de dicho repositorio, la herramienta de software R utilizada para los procesos de extracción-transformación y carga (procesos *ETL*), así como el modelo de datos que ha servido de guía en dicho proceso, el levantamiento de metadatos asociados y el programa de garantía de calidad que se está estableciendo para asegurar la calidad de los datos. Actualmente el repositorio es alimentado por 40 fuentes de información diferentes ordenadas por áreas de interés, con más de 200 variables ingresadas y actualizadas de manera periódica. La creación de este repositorio está permitiendo la creación de informes administrativos de seguimiento de pacientes de forma centralizada, y permitirá la explotación de los datos tanto con metodologías tradicionales de investigación como con metodologías de machine learning avanzadas.

Keywords: *data warehouse, ETL, data science*

Referencias:

1. Inmon, W.H (1996). Building the Data Warehouse. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.
2. Mattison, R (1996). Data Warehousing: Strategies, Technologies and Techniques. Computing McGraw-Hill.

Metodología para la generación diaria y automática de la curva Kaplan Meier de los pacientes del INC (2003 a fecha) a partir del repositorio de datos centralizado del INC

Alejandro Floriano Pardal*

¹ Radiofísico Hospitalario. Información para la Gestión (Subdirección de desarrollo institucional)
Instituto Nacional del Cáncer

*Email: alejandro.floriano@incancer.cl

Abstract

El análisis de sobrevida de los pacientes de cáncer es uno de los elementos principales que permiten la evaluación de los resultados clínicos de las instituciones que se dedican al tratamiento de dicha patología¹. La curva Kaplan Meier es un estimador de la sobrevida global ampliamente empleado para tal fin y permite tener una aproximación a la probabilidad de fallecimiento para una determinada población de estudio². Los datos que se requieren para la construcción de dicha curva son el tiempo de sobrevida (periodo temporal desde el comienzo del seguimiento de un paciente hasta la fecha de un evento determinado, en este caso el fallecimiento) y el tiempo de seguimiento para los datos censurados (que son aquellos datos en los que tenemos cierta información sobre el tiempo de sobrevida, pero no sabemos el tiempo de sobrevida exacto. Lo que sabemos es que el tiempo de sobrevida es mayor a un determinado tiempo, y posterior a eso no tenemos mayor información al respecto).

Este trabajo muestra cómo a partir del repositorio de datos centralizado podemos calcular las variables necesarias para la creación de la curva Kaplan Meier de manera automática y diaria, permitiendo la actualización de la información de los pacientes que son tratados en nuestra institución. Los trabajos futuros estarán relacionados con la categorización de los pacientes en función de variables clínicas de interés (tipo de cáncer, estadio de la enfermedad, TNM...) que permita la profundización en la evaluación de nuestros resultados clínicos.

Keywords: data warehouse, Kaplan Meier, análisis de sobrevida.

Referencias:

1. Constanza Prado, Esther de Vires. Revista colombiana de cancerología. Supervivencia global de pacientes con cáncer en el Instituto Nacional de Cancerología de Colombia.v21, 1-18
2. David G. Kleinbaum, Mitchel Klein (2005- second edition). Survival Analysis. A self-learning text.
3. Mattison, R (1996). Data Warehousing: Strategies, Technologies and Techniques. Computing McGraw-Hill.

Implementación de Dosimetría Gel PAGAT y Procesamiento 3D con RM en el Laboratorio de Dosimetría Química y Biológica, Universidad de La Frontera.

Melani Fuentealba^{1,2*}, Christopher Vergara², Mauricio Santibáñez^{1,2}

¹ Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

² Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

*Email: melani.fuentealba@ufrontera.cl

Abstract.

La complejidad de la entrega de dosis en las técnicas especiales de radioterapia incrementan el desafío dosimétrico haciendo fundamental la obtención de distribuciones de dosis integral y volumétrica. Los dosímetros gel poliméricos son una excelente alternativa por su alta resolución, registro y cuantificación 3D de dosis, junto con ser un material tejido-equivalente. Estos materiales al ser expuestos a radiación ionizante, reaccionan en polimerizaciones denominadas hidrogel, que se manifiestan como cambios en su densidad óptica o en los tiempos de relajación de magnetización nuclear, proporcional a la dosis recibida. En consideración, se ideó como proyecto la creación de un laboratorio con la implementación y formación requerida para dosimetría química, con el objetivo de elaborar material radiosensible con comportamiento dosimétrico que pueda ser analizado tridimensionalmente por RM mediante mapas de dosis. De esta forma, se realizó la elaboración de un tipo de dosímetro gel denominado PAGAT, contenido al interior de viales de espectrofotometría y caracterizado en el rango de 1-10Gy mediante un haz de rayos-X de calidad UW-150M (150kVp y HVL 10.3mm Al). La irradiación se realizó utilizando la modalidad de 4 campos en caja, configurando un campo circular de 5.7cm de diámetro a una SSD de 30cm. Cada irradiación se realizó por cuadruplicado a fin de evaluar repetibilidad de respuesta ante la fabricación del dosímetro. Para el procesamiento por RM se adquirieron imágenes FSE-T2 multieco, obteniendo la tasa de relajación R2 (a partir de tiempos de eco e intensidad de pixel) que tiene proporcionalidad directa con la dosis. Conjuntamente, se utilizó espectrofotometría óptica para comparación de ambos métodos de lectura. Los dosímetros elaborados respondieron según lo esperado a la radiación con cambios visuales inmediatos tras polimerizar. Al análisis por espectrofotometría y RM, hubo una relación lineal en el rango de dosis de 1-7Gy y polinómica de 7-10Gy con un $R^2 = 0.99$, compatible con lo reportado. Esto logró ser gráficamente visible en un mapa tridimensional de dosis, entregando la ventaja de cuantificar y visualizar la distribución de dosis no solo en una región de interés sino en todo el recorrido del haz de radiación. La consolidación de este desarrollo dosimétrico, permitirá avanzar a una segunda etapa de producción de nuevas generaciones de dosímetros PAGAT infundidos con elementos de alto Z capaces de incrementar su sensibilidad a la radiación o caracterizar sus efectos como compuestos generadores de realce de dosis.

Keywords: Dosimetría Gel, PAGAT, mapa R2

Implementación de un modelo de cálculo de dosis basado en la ecuación lineal de transporte de Boltzmann para haces de fotones de kilovoltaje.

Roberto Gajardo^{1*}, Paola Caprile¹.

¹ Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: rpgajardo@uc.cl

Resumen

En la era de la medicina de precisión es fundamental conocer con exactitud la distribución de las dosis de radiación entregadas. Este requerimiento aplica también a la investigación preclínica (Verhaegen et al. 2023). Actualmente, las herramientas comerciales o de uso público para abordar esta tarea en irradiadores preclínicos de animales pequeños son muy limitadas. En este trabajo presentamos los primeros avances en el desarrollo de un programa de cálculo de dosis para haces de fotones con energías en el rango del kilovoltaje (entre 40 y 320 kVp), basado en soluciones determinísticas de las Ecuaciones Lineales de Transporte de Boltzmann (*LBTE*) usando el método de discretización de variables. Se realizaron implementaciones de 1 y 2 dimensiones, para las cuales realizamos pruebas de sensibilidad paramétrica para la discretización energética (DE) y angular (DA), evaluamos la inclusión del efecto fotoeléctrico (FE) y como forma de validación preliminar comparamos nuestros resultados de dosis con mediciones realizadas por Hill et al. (2014) para distintos espectros de energía. Para las pruebas de sensibilidad paramétrica no observamos cambios mayores a un 3% en la dosis calculada a partir de la inclusión de más de 5 grupos de energía, para la DA observamos un aumento en promedio de hasta un 8% al pasar de 4 a 20 direcciones. Para la evaluación de la inclusión del FE, observamos una subestimación promedio de 11% de dosis en profundidad (PDD) para haces de 50 keV al no considerarlo, para haces de más de 100 keV la incidencia del FE fue despreciable. Para la validación, se obtuvieron diferencias punto a punto promedio de entre 6,6% y 10,5% para los valores de PDD para los distintos espectros. Si bien el logro de la implementación de este método es prometedor, esperamos concretar la implementación tridimensional para evaluar su desempeño en condiciones reales, incluyendo medios heterogéneos.

Palabras Clave: *LBTE, Kilovoltaje, Cálculo de dosis*

Referencias:

1. Frank Verhaegen et al (2023) Phys. Med. Biol. 68 06RM01
2. James L Bedford 2019 Phys. Med. Biol. 64 02TR01
3. Hartmut Hensel et al 2006 Phys. Med. Biol. 51 675
4. Robin Hill et al 2014 Phys. Med. Biol. 59 R183
5. Lewis E.E., Miller W.F. Jr., (1984), Computational Methods of Neutron Transport, Wiley-Interscience.
6. Vassiliev, O. (2017), Monte Carlo Methods for Radiation Transport, Springer.

Implementación de la Plataforma SunCheck en Servicios de Radioterapia.

Francisco J. Hernandez Flores¹; Fernando Pachecos Ahumada²
Email. franciscohernandez_f2010@hotmail.com

Abstract.

El propósito de este trabajo es la implementación de la plataforma SunCheck, la cual permite a los centros de radioterapia gestionar la calidad de los tratamientos, integrando la gestión entre pacientes y máquinas. Además, facilita la estandarización de los flujos de trabajo relacionados con la garantía de calidad. Esta plataforma abarca varios aspectos, que incluyen la verificación de planes de tratamiento, cálculos de dosis independientes y el control de cada fracción de dosis mediante imágenes EPID o log files para monitorizar la dosis durante todo el curso de tratamiento. También registra la periodicidad de las pruebas de calidad de las máquinas de tratamiento. La metodología para evaluar la calidad de las máquinas se basa en las recomendaciones de grupos de trabajo de la AAPM, como TG 142 y TG 198, así como en los estándares de ICRU y RTOG, para evaluar las restricciones de dosis a órganos de riesgos y cobertura en los volúmenes blancos en tratamientos radioterápicos de pacientes oncológicos. Los resultados se obtienen comparando los criterios de referencia con los resultados de las pruebas medidas, evaluados a través de la función gamma, dentro de un criterio de aceptación del 3% y 2 mm global, con un objetivo de al menos un 95% de pase. En resumen, la implementación de esta plataforma SunCHECK permite a los centros de radioterapia que la poseen mantener registros integrales y de fácil acceso a la información registrada, ya que se puede acceder a esta desde cualquier computadora conectada a la misma red.

Keywords. SunCHECK, Calidad, Integración.

Bibliografía.

Zhuang AH., Olch AJ. 2018, J Appl Clin Med Phys, 4-5

Erick E. Klein, Joseph Hanley et all. 2019, Am. Assoc. Phys. Med., 4199-4203.

Joseph Hanley, Sean Dresser et all. 2019, Am. Assoc. Phys. Med., 851, 866-874.

SUN NUCLEAR CORPORATION // sunnuclear.com

Caracterización dosimétrica del equipo de Braquiterapia electrónica ioRT-50 de para aplicadores superficiales mediante simulación de Monte Carlo y mediciones dosimétricas de referencia

Marianela Hervias^{1*}, Mauricio Santibáñez Villalobos ²

¹ Departamento de Tecnología Médica, Universidad de Chile

² Universidad de la Frontera

* marianelahervias@gmail.com

Abstract

La braquiterapia electrónica es un tratamiento que emplea una fuente de rayos x de baja energía cercana a la zona a irradiar. El equipo ioRT-50 se utiliza para tratamientos intraoperatorios y superficiales de braquiterapia electrónica empleando rayos X de 35 a 70 kV. Para los aplicadores superficiales, el fabricante da información de la tasa de dosis depositada en agua en el eje central en diferentes profundidades de PMMA, por lo que se desconoce cómo es la distribución de dosis producida en un medio homogéneo de agua y no se dispone de un valor de referencia de dosis depositada en agua en la superficie de agua, según se indica en los códigos de práctica dosimétricos actuales.

Se realizaron mediciones con películas radiocrómicas EBT3 en dos planos ortogonales en un fantoma de PMMA en haces de 50 kV utilizando los aplicadores superficiales d3/30 y d2/30. Por otro lado, se determinó la dosis absorbida en agua en la superficie de agua para el aplicador d3/30 utilizando los códigos de práctica TRS-398¹ y TG-61² con la cámara PTW 34013. Posteriormente se realizaron simulaciones en Monte Carlo con el código PENELOPE 2018 replicando el montaje experimental de la irradiación de las películas radiocrómicas y las características del equipo ioRT-50.

El presente estudio permitió caracterizar la distribución espacial de dosis en medios homogéneos de agua y PMMA para dos aplicadores superficiales del equipo ioRT-50 mediante simulaciones de Monte Carlo validadas con mediciones experimentales de dosis con películas EBT3 y con la medición de una cámara de ionización PTW 34013 con dos códigos de práctica diferentes. Se espera que la información de las curvas de isodosis en agua y en PMMA y los factores de conversión de dosis correspondientes sean de utilidad clínica en la prescripción de los pacientes.

Keywords: Braquiterapia electrónica. IORT-50

Referencias:

1. TRS-398. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. 2006.
2. TG-61. AAPM protocol for 40–300 kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology. 2001.

Evaluación de la dotación de físicos médicos en centros de radioterapia chilenos

F. Miranda ¹, J. Ramírez ¹, M. Hervias ^{2*}

¹ Estudiantes de Tecnología Médica Universidad de Chile

² Departamento de Tecnología Médica, Universidad de Chile

* marianelahervias@gmail.com

Abstract

La radioterapia es una técnica que utiliza radiaciones ionizantes para el tratamiento del cáncer con el objetivo de destruir las células tumorales con el menor daño posible a los tejidos circundantes sanos. Para la implementación de este tratamiento es necesario contar con un equipo multidisciplinario, entre los que se encuentra el físico médico. Para cuantificar la cantidad mínima necesaria de estos profesionales existen algoritmos desarrollados por organismos internacionales, cuya implementación permite estimar la dotación necesaria de personal por centro.

El objetivo de este estudio fue comparar la dotación actual de físicos médicos en Chile con recomendaciones internacionales ¹⁻². Para ello, se realizó un estudio cuantitativo, no experimental transversal y exploratorio mediante la aplicación de cuestionarios basados en 2 algoritmos internacionales a Físicos Médicos que se desempeñan en los 20 establecimientos de radioterapia sometidos a evaluación por el Instituto de Salud pública mediante su Programa de Evaluación de la Calidad en Radioterapia.

Se realizó un análisis descriptivo y correlacional para evaluar la dotación real de Físicos Médicos con respecto a las recomendaciones obtenidas. A partir de los datos recopilados y utilizando los algoritmos, se obtuvo una estimación del número requerido de físicos médicos en cada servicio encuestado. Esta información se comparó con la apreciación subjetiva de cada servicio de la cantidad de profesionales requeridos. Se encontraron discrepancias entre las recomendaciones y la dotación real de las instituciones de radioterapia en Chile, con recomendaciones mayores en comparación a la dotación actual. Sería necesario aumentar la dotación de personal en los centros de radioterapia con el fin de cumplir con las recomendaciones internacionales, por lo que se sugiere continuar con la línea investigativa y desarrollar una herramienta de cálculo que se ajuste al contexto chileno.

Keywords: *Cálculo de personal, Físicos Médicos.*

Referencias:

1. OIEA. Informes Sobre Salud Humana N° 1. El físico médico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina. 2010.
2. Malkoske et al. An updated algorithm to estimate medical physics staffing levels for radiation oncology. Journal of Applied Clinical Medical Physics. 2021.

Análisis Crítico de modelo predictivo de radiocarcinogénesis

Nicolas Heumann¹

Beatriz Sánchez²

Ignacio Espinoza³

¹ Instituto de física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago 7820436, Chile

² Instituto de física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago 7820436, Chile

³ Instituto de física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago 7820436, Chile

*Email: nmheumann@uc.cl ,iespinoza@fis.puc.cl, bsanchezn@uc.cl

Abstract

El poder carcinogénico de las radiaciones ionizantes está firmemente establecido en la actualidad, como se ha visto en estudios a supervivientes de bombas atómicas [1]. Debido a su masificado uso en tratamiento de cáncer, resulta relevante conocer el riesgo que existe al irradiar a un paciente de radioterapia. El modelo semi-mecanístico propuesto por Shuryak et al. (2009)[2][3], si bien tiene gran potencial gracias a la gran cantidad de procesos radiobiológicos que considera, no es frecuentemente utilizado debido a la complejidad de su implementación. Por ello se realizó un análisis crítico del modelo para permitir una cabal comprensión de sus múltiples parámetros. Se recalcularon los parámetros propuestos por Shuryak utilizando datos más actuales del SEER[4]. Se desarrolló también un código en Python que permite realizar cálculos con facilidad, permitiendo así la comparación de distintos planes de radioterapia. Debido a las altas incertidumbres asociadas a los datos que requiere el ajuste de parámetros del modelo, se realizó una serie de estudios de sensibilidad paramétrica. Este proceso fue repetido utilizando estadística de Bayes con el módulo de Python “pymc” con el fin de comparar las metodologías. De esta forma, se logró desarrollar una herramienta de cálculo que permite calcular de forma sencilla los parámetros del modelo en base a datos actualizados. El modelo se utilizó para encontrar ERR a 6 órganos tras una radioterapia de próstata aun paciente de 30 años en 43 fracciones[5].

Órgano	Dosis (mGy)	ERR
Pulmón	63	5.157E-4
Tiroides	50	1.413E-2
Vejiga	19369	2.759E-1
Estómago	68	3,168E-4
Colon	456	9.510E-3
Recto	29	7.118E-5



Estos valores dan un ERR total de aproximadamente 0.278, lo que equivale a un 27.8% de exceso de aparición de un cáncer secundario en comparación a población de fondo. Este valor coincide con los encontrados en literatura[6], pero puede aun ser mejorado con mejor proceso de parametrización.

Keywords: ERR, Radioterapia, Cáncer Secundario

Referencias:

1. Preston et al (2007). Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. doi: 10.1667/RR0763.1. PMID: 17722996.
2. Shuryak et al (2009). A new view of radiation-induced cancer: integrating short- and long-term processes. Part I: approach. PMID: 19536557; PMCID: PMC2714893.
3. Shuryak et al (2009) A new view of radiation-induced cancer: integrating short- and long-term processes. Part II: second cancer risk estimation. doi: 10.1007/s00411-009-0231-2.
4. "SEER Incidence Data, 1975-2017." <https://seer.cancer.gov/data/>.
5. Sánchez-Nieto et al, External photon radiation treatment for prostate cancer: Uncomplicated and cancer-free control probability assessment of 36 plans, dpo: 10.1017/j.ejmp.2019.09.076
6. Aksnessæther et al., Second cancers in radically treated Norwegian prostate cancer patients, 2019 doi: 10.1080/0284186X.2019.1581377.

Determinación de factor de corrección para determinación de dosis absoluta utilizando sistema Arccheck con inserto Multiplug

Alan Martínez^{1*}, Teresa Resquín², Gabriel Zelada³

¹Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

²Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

³Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

*Email: amartinez@alemana.cl

Abstract

La IAEA a través del TRS 398 presenta un código de práctica internacional para la dosimetría basada en patrones de dosis absorbida en agua.

Al utilizar otro medio distinto al agua se debe agregar un factor que corrija el resultado debido al cambio de densidad del medio con respecto al agua. En Clínica Alemana tenemos un dispositivo Arccheck (Sun nuclear) el cual permite colocar una cámara de ionización en su interior (cavidad) denominado Multiplug que permite la ubicación de la cámara en 25 posiciones diferentes, construido de PPMA.

Como parte del control de calidad paciente específico realizamos test gamma analizando la distribución de dosis entregada por los diodos del Arccheck y además la determinación de dosis absoluta en un punto representativo de dicha distribución. Al hacerlo al mismo tiempo con una sola irradiación del plan del tratamiento del paciente es más eficiente desde el punto de vista de uso del equipo de tratamiento y de tiempo de físico médico. Es por esto que buscamos un factor para la utilización del Arccheck también para medir dosis absoluta. La determinación la realizamos comprobando los resultados obtenidos en TPS Monaco (Elekta) con algoritmo Montecarlo, al centro del Arccheck (13,3 cm de profundidad irradiando un campo de 10 cm x10 cm, con 100 UM). Se utilizó densidad de 1,16 gr/cm³ para PPMA. El factor es calculando haciendo el cociente entre la dosis calculada en fantoma de PPMA de 30x30x30 cm y la dosis al centro del Arccheck, luego es medido utilizando formalismo TRS 398 utilizando factor calculado de 0.9604, obteniendo 0,045% de diferencia entre lo medido y lo calculado. Luego chequeamos 50 tratamientos VMAT para validar el factor obteniendo un promedio de diferencia de -0.41% ± 2.03, por lo que protocolizamos el uso del Arccheck con inserto de Multiplug para determinación de dosis absoluta.

Keywords: Arccheck, dosis absoluta, PPMA

Referencias:

1. Seuntjens, J., Olivares, M., Evans, M. 2005, Medical Physics, 32, 2945-2953.
2. Saiful Huq, M., Andreo, P. 2004, Physics in Medicine & Biology, 49(4), R49.
3. IAEA, Viena 2005, Colección de informes técnicos n°398.

Determinación del factor de atenuación del aceite de silicona para su uso en braquiterapia ocular con fuentes de I-125

Alan Martínez^{1*}, Gabriel Zelada², Eduardo Labbé³

¹Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

²Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

³Servicio de Oftalmología, Clínica Alemana de Santiago.

*Email: amartinez@alemana.cl

Abstract

La retinopatía por radiación puede ser un efecto adverso de la braquiterapia oftálmica, estudios han reportado que el reemplazo del humor vitreo por aceite de silicona durante la braquiterapia epiescleral disminuye el riesgo de retinopatía por radiación. El procedimiento de braquiterapia de baja tasa de dosis para melanoma de coroides, retinoblastoma y metástasis oculares, la realizamos hace varios años en Clínica Alemana, es por esto que buscar un factor de atenuación para el aceite de silicona nos permite evaluar el posible beneficio de su uso, este compuesto es utilizado usualmente en el tratamiento del desprendimiento de retina y no representa mayor dificultad para el médico oftalmólogo, su uso durante la braquiterapia. Para la evaluación se hicieron medidas en dos fantasmas esféricos huecos de 24mm de diámetro (diámetro promedio del ojo humano) creados con impresión 3D, espesor de la pared 2mm, material utilizado polímero de ácido poliláctico, uno fue relleno con suero fisiológico y el otro con aceite de silicona, ambos en un volumen de 4,1ml. Se utilizó el aplicador habitual que utilizamos con los pacientes que corresponde a una placa de oro de 16 mm de diámetro cargada con 10 fuentes de I-125 en un inserto de silicona, al momento de la exposición de los dosímetros la placa entrega una tasa de dosis de 3,75 cGy/h a 24 mm calculado en TPS XiO v.5.1. En contraposición a la placa se colocó un detector OSL de 8mm de diámetro durante 2 min, el procedimiento se realizó 2 veces en cada fantoma. Los resultados promedio de las lecturas de los dosímetros fueron para suero fisiológico 0,93mSv y para aceite de silicona 0,42 mSv, esto permite calcular un factor de atenuación de 0,55. Como la reducción es importante es posible evaluar su uso en los próximos pacientes a tratar.

Keywords: *aceite de silicona, braquiterapia oftálmica, I-125*

Referencias:

1. Lance, L., Ethan, H., Sarada, C. 2019, Cureus, 11(7), e5270.
2. Lafe, N., Xu, D., Su, D. 2018, Invest.Ophthalmol.Vis.Sci, 59, 4297.
3. Morrison, H., Larocque, M., Menon, G. 2019, Brachytherapy, 18(5), 668-674.

Disminución de dosis cardíaca en irradiación de mama izquierda con uso de CPAP

Alan Martínez^{1*}, Teresa Resquín², Diego Aravena³

¹Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

²Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

³Servicio de Radioterapia, Clínica Alemana de Santiago.

*Email: amartinez@alemana.cl

Abstract

La toxicidad cardíaca es uno de los efectos secundarios relevantes en irradiación de cáncer de mama. Existen dispositivos diseñados para control respiratorio en radioterapia, que suelen ser de elevado costo y que requiere completa colaboración del paciente.

El propósito de este estudio es reportar la experiencia inicial del uso del CPAP (continuous positive airway pressure) en Clínica Alemana, como dispositivo de control respiratorio de bajo costo, alta disponibilidad y fácil uso, para radioterapia de mama. Para la evaluación 11 pacientes con cáncer de mama izquierda fueron simuladas obteniendo dos sets de imágenes uno en respiración libre y otro con utilización del CPAP, 6 pacientes con indicación de irradiación de la mama y otros 5 con indicación de irradiación de mama más linfonodos locorregionales. Se compararon los planes de tratamiento de cada paciente realizados con respiración libre y con uso de CPAP calculados en TPS Monaco (Elekta) con algoritmo Montecarlo. Se obtuvo que 10 de las once pacientes toleró el uso del CPAP con presiones entre 13 a 15 cm H₂O. Comparando la respiración libre con el uso de CPAP el volumen promedio del pulmón izquierdo aumento en un 53%. De las 10 pacientes tratadas con CPAP, 2 se trataron con 3DCRT, 4 con VMAT y 4 con IMRT. El plan calculado con uso del CPAP disminuyó la dosis media promedio del corazón (D_{mean}) en un 38% ($p < 0.01$). Los tratamientos fueron chequeados con sistema Arccheck (Sun nuclear) y analizados con test gamma (3%, 2mm) todos cumpliendo criterio sobre 95%. También se realizó dosimetría absoluta con cámara de ionización micropoint A16 (Standar Imaging), dando todos unos resultados de diferencia menor a 5% con respecto a lo calculado en el TPS. Concluimos que el uso del CPAP es eficaz para la protección del corazón en los tratamientos de radioterapia por cáncer de mama izquierda.

Keywords: CPAP, mama izquierda, dosis cardíaca

Referencias:

1. Jong, W., Pham, T., Kim, K. 2020, Acta Oncológica, 58(1), 105-109.
2. Allen, A., Korsetz, Y., Shochat, T. 2020, Radiation Oncology, 15, 59.
3. Reckhow, J., Kaidar-Person, O., Ben-David, M. 2021, Medical Dosimetry, 46(3), 127-131.

Dosimetría cardiaca y correlación con una peor sobrevida en pacientes con cáncer de mama

Julio Montoya^{1*}, Paola Caprile¹, Daniela Cornejo¹, Ignacio Espinoza¹, Tomás Merino², Ignacio Acevedo², Esteban Barnafi³

¹Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

²Departamento de Hematología-Oncología, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

³Facultad de Medicina, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

*Email: jmmontoya@uc.cl

Resumen

La radioterapia (RT) es una herramienta fundamental para combatir el cáncer de mama (CM). Sin embargo, evidencia reciente sugiere que altas dosis administradas al corazón y sus subestructuras están asociadas a posibles cardiopatías y pueden resultar en un exceso de mortalidad¹. Debido a que la mayoría de los tratamientos de CM en Chile incluyen RT, es importante estudiar localmente la correlación entre la dosis administrada a subestructuras cardíacas y la supervivencia de estas pacientes. Se empleó un programa *open source* para autosegmentar el corazón, sus cavidades, y las arterias coronarias en imágenes CT de planificación para 85 pacientes control y fallecidas que fueron tratadas con RT de CM en la Red de Salud UC-Christus². Además, se estimó la presencia de calcificaciones en las arterias coronarias mediante un método de umbralización³. Se evaluó la correlación del score de calcio y de los parámetros dosimétricos de las regiones cardíacas con la supervivencia. El análisis de regresión multivariado mostró que la dosis media recibida por la arteria descendente anterior izquierda (LAD-mean), la edad a la RT, el score de calcio y la etapa del cáncer T fueron factores significativos asociados con la supervivencia a través del tiempo, con *hazard ratios* de 1,04 (95% CI 1,01-1,08; p = 0,0194), 1,03 (95% CI, 1,01-1,05; p = 0,0033), 1,03 (95% CI 1,01-1,06; p = 0,0046) y 2.47 (95% CI 1,63-3,75; p < 0,001) respectivamente. Asimismo, se trazaron curvas de supervivencia, demostrando que la cohorte que recibió una LAD-mean superior a 9,5 Gy mostró una supervivencia más baja (*log-rank* p = 0,0374). La aplicación de esta metodología en pacientes con CM valida a la LAD-mean como un importante parámetro predictor de muerte prematura.

Palabra clave: *cáncer de mama, radioterapia, sobrevida*

Referencias:

1. McWilliam, A., Kennedy, J., Hodgson, C., Vasquez Osorio, E., Faivre-Finn, C., & van Herk, M. (2017). Radiation dose to heart base linked with poorer survival in lung cancer patients. *European Journal of Cancer*, 85, 106–113.
2. Finnegan, R. N., Chin, V., Chlap, P., Haidar, A., Otton, J., Dowling, J., Thwaites, D. I., Vinod, S. K., Delaney, G. P., & Holloway, L. (2023). Open-source, fully-automated hybrid cardiac substructure segmentation: development and optimisation. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 46(1), 377-393.
3. Agatston, A. S., Janowitz, W. R., Hildner, F. J., Zusmer, N. R., Viamonte, M., & Detrano, R. (1990). Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*, 15(4).

Resultados preliminares del estudio de microalgas fotosintéticas para oxigenar células tumorales hipóxicas

Karol Raccoursier¹, Hilde Harb Buzzá¹, Beatriz Sánchez-Nieto¹, Ignacio Espinoza^{1*}

¹ Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: igespino@uc.cl

Abstract

La hipoxia es de las causas más comunes de radioresistencia en tumores sólidos tratados con radioterapia. Para atacar ese problema sería necesario aumentar la dosis al tumor, lo que podría sobre irradiar los órganos aledaños. Uno de los métodos más novedosos para reducir la hipoxia es el uso de microalgas fotosintéticas que producen oxígeno cuando son iluminadas [1]. Este trabajo estudia este efecto mediante un ensayo clonogénico in vitro [2].

Se empleó el irradiador preclínico XRAD 320 para exponer a rayos X de 125 kV (HVL = 5.02 mm Al) cultivos celulares de la línea comercial MCF-7 en condiciones de normoxia, hipoxia y co-cultivo (con microalgas iluminadas *Chlamydomonas reinhardtii* UVM4) a dosis de 2, 4 y 6 Gy. La dosimetría del haz se realizó en base TG-61 [3]. Lo anterior se repite 3 veces para cada condición. Los distintos ensayos clonogénicos realizados permitieron la generación de las curvas de supervivencia para cada una de las condiciones de irradiación consideradas, así como la obtención del parámetro α/β de acuerdo al modelo lineal-cuadrático. La caracterización de la sobrevivencia de algas, así como su eventual cambio en la tasa de producción de O₂ luego de exposición a radiación ionizante (RI) se realiza mediante un hemocitómetro y un oxígrafo, respectivamente.

Las microalgas sobreviven y mantienen su tasa de producción oxígeno después de la irradiación. Los co-cultivos de UVM4 y MCF7 bajo condiciones estándar de incubación celular resultaron exitosos. El ajuste del modelo LQ a la curva de supervivencia tras irradiación en de normoxia arroja un $\alpha/\beta = 8.9$ Gy compatible con valores reportados para esta [4]. El ensayo clonogénico para las otras condiciones aún se encuentra en desarrollo.

En resumen, los primeros resultados indican que las microalgas sobreviven a la irradiación y continúan produciendo oxígeno por lo que se desprende que también lo hicieron durante la irradiación bajo iluminación y podrían radiosensibilizar células tumorales durante una irradiación. Se espera obtener una reducción significativa de la sobrevivencia celular para irradiación de co-cultivo iluminado en condiciones de hipoxia, con respecto al caso hipóxico sin producción de O₂, eventualmente reproduciendo las condiciones de normoxia.

Keywords: Hipoxia, ensayo clonogénico, microalgas fotosintéticas.

Referencias:

- [1] Zhong D, Du Z, Zhou M. VIEW. 2021; 2:20200189
- [2] Franken, N. et al. Nat Protoc 1, 2315–2319 (2006); 10.1038/nprot.2006.339
- [3] Ma et al. Med. Phys. Vol 28, No. 6, June 2001; 10.1118/1.1374247
- [4] Cancers 2022, 14, 3794. <https://doi.org/10.3390/cancers14153794>



Optimización del Estudio de Terapia Fotodinámica en Cultivos Celulares *In Vitro*.

Catalina Ramírez Araya^{1*}, Hilde Harb Buzzá¹

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: caramirez14@uc.cl

Abstract

El cáncer sigue siendo la principal causa de muerte a nivel mundial a pesar de los avances en tecnología y técnicas clínicas. Esto subraya la urgencia de abordar esta problemática desde diversos enfoques.[1] La biofotónica, estudia la interacción y efectos de la luz visible en tejidos y células. Un enfoque crucial de la biofotónica es la terapia fotodinámica (TFD), basada en la foto-oxidación de materia biológica mediante la activación de moléculas fotosensibles con luz y oxígeno a una longitud de onda específica.[2] Se realizó un estudio experimental para investigar técnicas y efectos de la TFD en células cancerosas de mama (MCF-7). Se utilizó como fotosensibilizante azul de metileno, junto con LEDs de 630 nanómetros de longitud de onda. Se buscaron los mejores ajustes para parámetros clave como el tiempo de exposición (entre 150 y 300 segundos), fluencia de luz (4.5 y 9.0 $\frac{J}{cm^2}$) y concentración de fotosensibilizante (0 a 3.5 μM). Los resultados revelaron que concentraciones de azul de metileno superiores a 3.5 μM en la oscuridad resultaron tóxicas para las células, con una supervivencia celular inferior al 80%. Además, al aplicar una concentración de 3.5 μM de azul de metileno con cinco minutos de iluminación a una fluencia de 9.0 J/cm^2 , la supervivencia de MCF-7 fue nula después de 28 horas desde la exposición a la luz. También se logró obtener una curva de supervivencia en relación con los tres parámetros mencionados, lo que permitió predecir el efecto fotodinámico en esta línea celular. Con los datos, es posible predecir los resultados esperados del efecto fotodinámico para esa línea celular. Además, se va a aplicar dicho modelo a la línea celular U-251 correspondiente a glioblastomas, tipo de cáncer del sistema nervioso bastante más agresivo. Así, se puede relacionar la dosis de la terapia fotodinámica con el efecto en distintas líneas celulares.

Keywords: *Terapia fotodinámica, cáncer, azul de metileno.*

Referencias:

1. Ancly Ferreira Dos Santos, Daria Raquel Queiroz De Almeida, Leticia Ferreira Terra, Mauricio S. Baptista, and Leticia Labriola. Photodynamic therapy in cancer treatment - an update review. *Journal of Cancer Metastasis and Treatment*, 2019, 3 2019.
2. M. D. Daniell and J. S. Hill. A history of photodynamic therapy. *Australian and New Zealand Journal of Surgery*, 61(5):340–348, 1991.

“Implementación de un sistema de dosimetría alanina/EPR para aplicaciones en control de calidad de radioterapia”

Hernán Rodríguez^{1*}, Paola Caprile¹, Beatriz Sánchez¹
, Roberto Rodríguez¹

¹ Instituto de Física Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: hurodriguez@uc.cl

Abstract

La dosimetría por Espectrometría Paramagnética Electrónica (EPR), se basa en la cuantificación de radicales formados en una muestra de alanina tras exposición a radiaciones ionizantes. Este trabajo pretende la caracterización e implementación de un protocolo alanina/EPR aplicable en radioterapia (RT) con haces de fotones (dosis de 5 a 20 Gy) para aseguramiento de la calidad (QA) de la entrega de dosis en tratamientos clínicos y con posibles aplicaciones en auditorías dosimétricas postales.

Se utilizaron pastillas cilíndricas de alanina ($\phi=4.8$ mm y 2.8 mm de espesor) de Harwell dosimetry Ltd. y espectrómetro Bruker EMX micro. Se optimizaron los parámetros de operación del espectrómetro para maximizar la señal EPR en el rango de dosis de interés, así como de posicionamientos de la muestra. Se caracterizó la dependencia energética del sistema en haces de fotones desde 29 keV(energía promedio), hasta 6 MeV(energía nominal), incluyendo como referencia ^{60}Co . Se generó una curva de calibración para el haz clínico de 6 MV y el protocolo dosimétrico fue validado en irradiaciones en campos clínicos y de referencia.

La dependencia energética encontrada fue compatible con lo reportado (1). En el rango de kV, la diferencia máxima a la respuesta de ^{60}Co alcanzó un máximo de 45%, mientras en MV fue $< 1\%$. La optimización de los parámetros y protocolo de medida establecido permitió medir dosis absorbida en agua en RT con incertidumbre en el rango 1.16%-2.4% ($k=1$). Las diferencias entre dosis obtenidas con el sistema y medidas con cámara de ionización o reportadas por el planificador, oscilaron entre 0.7%(dosis >8 Gy) y 2.4%(dosis ≈ 5 Gy).

El protocolo establecido permite la determinación de dosis absorbida con una incertidumbre $<3\%$. Lo anterior permitiría su uso en QA de tratamientos radioterapéuticos específicos, así como recomendable para ser considerado en programas de auditoría postal.

Keywords: Dosimetría, Alanina, Espectrometría.

Referencias:

1. M. R. Mcewen, D. Ph, C. Ross, D. Ph, “Chapter 31 Fricke and Alanine Dosimeters,” in *Clinical Dosimetry Measurements in Radiotherapy: AAPM 2009 Summer School*, 2009, pp. 1027–1057.

Desarrollo de un modelo de predicción de respuesta a la quimioterapia neoadyuvante en pacientes con cáncer de mama, usando información cuantitativa de imágenes de resonancia magnética con contraste.

Macarena Soto Moreira^{3*}, Andrea Ciardiello², Cecilia Besa C¹, Paola Caprile E.³

¹ Departamento de Radiología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile.

² Departamento de Física, Universidad de Roma La Sapienza.

³ Instituto de Física, Facultad de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Email: mcsoto4@uc.cl

Resumen

El cáncer de mama es el tipo de cáncer más frecuente en mujeres. Aunque existen diversas estrategias de tratamiento, en la era de la medicina personalizada, surge la necesidad de contar herramientas para predecir la respuesta. En este estudio, se desarrolló un modelo de predicción de la respuesta patológica en pacientes con cáncer de mama sometidas a quimioterapia neoadyuvante.

Se utilizaron dos cohortes (141 y 81 pacientes) de un repositorio abierto de imágenes de resonancia magnética (IRM) con contraste, adquiridas antes del tratamiento, que incluyen información sobre la respuesta de los pacientes al tratamiento, además de información clínica. Las lesiones en las imágenes con peso T1 fueron segmentadas por un experto y se extrajeron características clínicas y radiómicas. Las características radiómicas se extrajeron de las imágenes T1 y de los mapas paramétricos generados en base a la información dinámica de las imágenes con contraste, en este caso solo se extrajeron características estadísticas. El primer cohorte se separó de forma estratificada en 70/30% para entrenamiento/prueba, mientras que el segundo fue usado como validación externa. Se realizó una evaluación estadística de las características y se desarrollaron modelos multivariados de aprendizaje automatizado para la predicción. Se identificaron 17 características como relevantes en el estudio, incluyendo radiómicas de imagen T1, de los parámetros cinéticos y de subtipo molecular. Estas características alcanzaron de forma individual un AUC máximo de 0,82 en la predicción de respuesta patológica completa. Dentro de los modelos multivariados, destacó el modelo basado en Vecinos Cercanos, incluyendo 6 características, con un AUC de 0,95 [0,89-0,99] en entrenamiento, 0,98 en validación interna y 0,96 en validación externa. Estos resultados subrayan el potencial de los modelos de aprendizaje automático en la toma de decisiones clínicas personalizadas y la exploración integral de imágenes médicas para comprender mejor la respuesta tumoral.

Palabras claves: *Cáncer de mama, predicción patológica, resonancia magnética.*

Referencias:

1. Feng, Yixiao, et al., "Breast cancer development and progression: Risk factors, cancer stem cells, signaling pathways, genomics, and molecular pathogenesis.", 2018, Genes & diseases, Vol. 5, No 2, 77-106.
2. Aghaei F, et al., "Applying a new quantitative global breast MRI feature analysis scheme to assess tumor response to chemotherapy.", 2016, Medical Physics, Vol 42, No 11.



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA

9 - 11 NOVIEMBRE
2023

FACULTAD DE FÍSICA UC
CAMPUS SAN JOAQUÍN

SANTIAGO

3. Fan, Ming, et al., “Radiomic analysis of DCE-MRI for prediction of response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients.”, 2017, European journal of radiology, 140-147.
4. Ashraf, Ahmed, et al., “Breast DCE-MRI kinetic heterogeneity tumor markers: preliminary associations with neoadjuvant chemotherapy response.”, 2015, Translational oncology, Vol. 8, No 3, 154-162.



Estudio preliminar mediante simulación Monte Carlo de la variación en la dosimetría por presencia de campos magnéticos en equipos MRI-LINAC

Francisco Troncoso^{1*}, Dr. Mauro Valente^{1,2}, Dr. Francisco Malano^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile

² Centro de Excelencia en Física e Ingeniería en Salud (CFIS), Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

*Email: f.troncoso08@ufromail.cl

Abstract

Gracias al desarrollo de Radioterapia Guiada por Imágenes (IGRT) es posible utilizar modalidades de imágenes en casi todos los pasos de la radioterapia. Un avance importante en la tecnología IGRT, es la Radioterapia Guiada por Resonancia Magnética (MRgRT), la cual es posible gracias al desarrollo de equipos híbridos, que combinan la alta resolución tisular inherente de las imágenes por resonancia magnética (MRI) con un equipo capaz de emitir rayos X con energías de megavoltaje. Un desafío actual, es entender cómo el intenso campo magnético necesario para la generación de imágenes en un equipo híbrido MRI-LINAC afecta la dosimetría [1] producto del cambio de dirección que experimentan los electrones por la fuerza de Lorentz. Este cambio en la dirección puede caracterizarse por el Electron Returning Effect (ERE) [2] y el Electron Streaming Effect (ESE) [3].

En el presente trabajo se estudió, mediante simulaciones Monte Carlo realizadas con el código PENELOPE 2008[4], cómo el campo magnético generado por equipos MRI-LINAC afecta a la dosimetría del haz de radiación. Se estudiaron 4 geometrías de irradiación basadas en modelos utilizados por otros autores que permitieron evidenciar el ERE y ESE. Se simularon condiciones de irradiación con un espectro de 6 MV en presencia de campos magnéticos con intensidades de 0 a 3 T, orientados perpendicularmente al haz de radiación. Se observó que en las interfaces tejido-aire existió un aumento de dosis de hasta un 23% para la intensidad de campo de 1 T atribuible al ERE. En cuanto al ESE, se observó un aumento de hasta un 9% en la dosis absorbida en cuerpos adyacentes al irradiado. Los resultados obtenidos para las variaciones dosimétricas atribuibles a la presencia de campos magnéticos muestran un buen acuerdo con los reportados por otros autores.

Keywords: Simulación Monte Carlo; MRI-LINAC; Dosimetría.



IV CONGRESO CHILENO DE FÍSICA MÉDICA

9 - 11 NOVIEMBRE
2023

FACULTAD DE FÍSICA UC
CAMPUS SAN JOAQUÍN
SANTIAGO

Referencias:

- [1] Huang, C.-Y., Yang, B., Lam, W. W., Geng, H., Cheung, K. Y., & Yu, S. K. (2023). Magnetic field induced dose effects in radiation therapy using MR-linacs. *Medical Physics*, 50(6), 3623–3636.
- [2] Kirkby, C., Stanescu, T., Rathee, S., Carlone, M., Murray, B., & Fallone, B. G. (2008). Patient dosimetry for hybrid MRI-radiotherapy systems: Patient dosimetry for hybrid MRI-radiotherapy systems. *Medical Physics*, 35(3), 1019–1027.
- [3] Malkov, V. N., Hackett, S. L., Wolthaus, J. W. H., Raaymakers, B. W., & van Asselen, B. (2019). Monte Carlo simulations of out-of-field surface doses due to the electron streaming effect in orthogonal magnetic fields. *Physics in Medicine and Biology*, 64(11), 115029.
- [4] Sempau, J., Fernández-Varea, J. M., Acosta, E., & Salvat, F. (2003). Experimental benchmarks of the Monte Carlo code PENELOPE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 207(2), 107–123.

Monitoreo en tiempo real del movimiento intrafracción de la próstata utilizando imágenes de ultrasonido en pacientes de Radioterapia.

Useche W.^{1*}, Medina-Ascanio K.N.¹, Espinoza I.^{1,2}, Salcedo E.¹, El-Far R.¹, Castillo R.¹

¹ Centro de Cáncer UC CHRISTUS

² Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: wuseche@ucchristus.cl

Abstract

Con la evolución de las técnicas de tratamiento de radioterapia externa ha sido necesario garantizar una creciente precisión en la entrega de la dosis prescrita a los pacientes. Esta necesidad toma especial relevancia para esquemas hipofraccionados, asociados típicamente a márgenes de tratamiento menores. El movimiento intrafracción de la próstata puede ser relevante cuando se quiere entregar el tratamiento al paciente con alguna de las técnicas antes mencionadas. En este trabajo describiremos como ha sido nuestra experiencia utilizando el equipo de monitoreo en tiempo real Clarity Autoscan®, el cual utiliza un sistema de imágenes de ultrasonido transperineal que permite monitorear los movimientos intrafracción de la próstata^{1,2}. Para el desarrollo de este trabajo se analizaron los datos de 72 fracciones de tratamiento de 18 pacientes. Del total de los casos evaluados, en el 78% de ellos se observó que el movimiento del volumen monitoreado se mantuvo dentro del umbral establecido (desplazamientos del centro geométrico del PTV menores a 2, 3 o 4 mm, en cada dirección del espacio). Además, el movimiento intrafracción promedio, y su desviación estándar, en estos casos fue de: (0,56 ± 0,45) mm en LAT IZQ; (-0,59 ± 0,50) mm en LAT DER; (0,88 ± 0,99) mm en ANT; (-1,17 ± 0,80) mm en POS; (0,73 ± 0,60) mm en INF; (0,69 ± 0,72) mm en SUP. Por otro lado, en el 22% restante se superaron los umbrales establecidos, en los que el sistema fue capaz de detener el haz hasta que la posición del PTV volviera a ser la adecuada. El sistema Clarity Autoscan® ofrece la oportunidad de tener un monitoreo en tiempo real del volumen en cuestión, además de detener la irradiación si se supera el umbral de movimiento previamente establecido, asegurando así el adecuado cumplimiento de la prescripción de los tratamientos de próstata.

Keywords: Intrafracción, Próstata, Ultrasonido.

Referencias:

1. Richardson, A., Jacobs, P., Radiography, 23, 310-313, 2017.
2. Lachaine, M., Falco, T., Medical Physics International, 1, 2013.

Predicciones de supervivencia celular por irradiación con partículas pesadas a través de simulaciones Monte Carlo y Machine learning

María Pía Valenzuela^{1*}, Andrea Russomando¹

¹ Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile

*Email: mpiavalenzuela@uc.cl

Abstract

El uso de protones o iones pesados en las últimas décadas se ha convertido en una alternativa efectiva de radioterapia. Estas partículas se caracterizan por su forma de perder energía que se agudiza en el final de su trayecto, dando lugar a un Bragg peak donde se maximiza la deposición de dosis. Una métrica para el efecto biológico de partículas pesadas es el efecto biológico relativo (RBE) el cual relaciona la dosis de radiaciones distintas. Esto no considera el aumento en energía lineal transferida (LET) hacia el final del Bragg peak, donde se deposita una menor dosis, pero con un mayor LET que puede producir daño al ADN de mayor complejidad. En este trabajo se plantea utilizar la supervivencia celular como métrica complementaria a la dosis para estimar el efecto biológico. Se utilizó un código Monte Carlo para transporte de partículas (FLUKA) para simular la deposición de dosis en profundidad con sus respectivos espectros de energía. Esto fue combinado con un modelo de Machine learning basado en árboles (RandomForest) para hacer predicciones de supervivencia celular a partir de las características de la célula y de las condiciones de irradiación. Para el entrenamiento del modelo se utilizó la base de datos PIDE [1] que compila resultados de experimentos in-vitro de supervivencia celular. Las predicciones del modelo fueron comparadas con resultados experimentales para células V79 irradiadas con protones. El modelo propuesto podría ser un complemento a la dosis al predecir el efecto biológico y es posible extender la base de datos con la que éste es entrenado para mejorar sus predicciones en un futuro.

Keywords: *Supervivencia celular, machine learning*

Referencias:

[1] Friedrich T, Pfuhl T and Scholz M (2021) Update of the particle irradiation data ensemble (PIDE) for cell survival J. Radiat. Res. 62 645–55

Diseño y caracterización dosimétrica de una grilla para radioterapia espacialmente fraccionada (SFGRT) manufacturada mediante técnica FDM y filamentos de tungsteno de alta concentración.

Jose Velásquez^{1*}, Mauricio Santibáñez¹

¹ Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Departamento de Cs. Físicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

*Email: jose.velasquez @ufrontera.cl

En este estudio se manufacturo y caracterizo una grilla para radioterapia espacialmente fraccionada manufacturada por deposición fundida (FDM) mediante una impresora 3D y filamento de tungsteno de alta concentración (PLA 6% y W 94%) de 7.8 gr/cm³. La grilla fue diseñada para producir un patrón de geometría hexagonal formado por 39 colimadores de 9.65 mm de diámetro, equidistantes 14.5 mm respecto a sus centros. La caracterización dosimétrica de la grilla se realizó siguiendo el código de practica TRS-483, utilizando un haz de 6 MV y mediciones en fantoma de agua a profundidad de 10cm y SSD 100cm. La dosimetría absoluta y los output factor se realizó mediante la metodología de campo intermedio (Daisy-Chaining (DC) con factores de corrección) mediante dos detectores *reference class*: Diodo Sun Nuclear modelo EDGE (E) y Mini Cámara de ionización ExRadin A1 (CI). Los perfiles de dosis In-Plane y Cross-Plane sobre el CAX y PDD coincidente con el agujero central, se realizó mediante barridos de pasos de 1 mm mediante el Diodo y la mini cámara de ionización como también mediante un Arreglo Mapcheck 2 (MC2). Los resultados obtenidos para el colimador central de la grilla muestran un valor de output factor de 0.807 mediante DC y de 0.745 mediante MC2. La evaluación de los perfiles de dosis In-Plane mostraron el patrón ondulatorio de máximos y mínimos esperados con un FWHM medido para el campo dosimétrico de los colimadores de: 1.48±0.05 mm, 1.46±0.05 mm y 1.6±0.1 mm, para el diodo, la mini cámara de ionización y el mapcheck, respectivamente. De igual forma, al evaluar la razón de valor máximo-mínimo (zona eclipsada/zona abierta) asociado a factor de transmisión los valores fueron 0.172±0.004_E, 0.198±0.005_{CI} y 0.227±0.004_{MC}. Finalmente los perfiles de dosis en profundidad a lo largo del CAX del agujero central del accesorio generado por 1 colimador y por la totalidad de los colimadores (definidos por campos cuadrados de las mandíbulas de 2.5x2.5 cm² y 10x10 cm²) mostraron valores de $Z_{\max}(2.5 \times 2.5)_E = 1,052$ cm, $Z_{\max}(10 \times 10)_E = 1,204$ cm, $Z_{\max}(2.5 \times 2.5)_{CI} = 1,30$ cm, $Z_{\max}(10 \times 10)_{CI} = 1,4$ cm. De los resultados expuestos se concluye que el output factor obtenido por DC discrepa en un 8% respecto los detectores individuales, reafirmando la necesidad del uso de campos intermedios. Respecto a los factores de transmisión estos varían según la dirección de exploración, siendo en la determinación del FWHM el diodo EDGE el con la menor discrepancia respecto al tamaño del campo físico. Los parámetros dosimétricos de la grilla se ajustan a lo reportado en la literatura indicando que el accesorio es apto para ser utilizado en radioterapia espacialmente fraccionada.

Keywords: FDM, SFGRT, PLA-W



Experimental dosimetric characterization of the percentage depth dose of the Zeiss INTRABEAM intraoperative radiotherapy kV unit using multiple reference class ion chambers

Christopher Vergara^{1*}, Melani Fuentealba¹, Mauricio Santibáñez¹

¹ Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Departamento de Ciencias Físicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

*Email: c.vergara17@ufromail.cl

Abstract

Currently, there are several codes of practice for the determination of absolute dosimetry in reference positions at surface and at 2 cm depth for low and medium energy x-ray beams. However, the determination of output factors and percentage depth dose (PDD) present difficulties especially in the low energy range since reference ion chambers show important variations in their response at depth for different field sizes, and are usually not waterproof. Thus, many therapy units use dose distributions specified by the manufacturer with no information on the measurement conditions, many of them performed in solid water phantoms, which is problematic since relative dosimetry at depth can show non-negligible variations from measurements in water. In this study a dosimetric characterization of the Zeiss INTRABEAM unit was performed through the measurement of PDDs for a spherical applicator of diameter 3 cm, which is the reference field size typically used in primary and secondary calibration laboratories. Measures were performed in solid and liquid water phantoms using multiple chambers, including the PTW23342, PTW34013, IBA PPC40, and Exradin A1 chambers. PDDs in water were obtained using PPC40 and A1 chambers inside a 35x39x36.2 cm³ SunNuclear phantom and 34013 chamber inside a Zeiss water phantom which includes a dedicated holder of 1 mm thickness. For solid water measurements, a 15x15x15 cm³ PMMA phantom was used along with chamber holders machined using a CNC cutter. A depth of 1 mm was chosen as a relative dose normalization point since it is the minimum depth at which agreement has been reported between Roos-like chambers and Monte Carlo simulations for kV relative dosimetry. Comparing PDD curves obtained with the 34013 chamber versus the ROOS chamber, average discrepancies using the 3 cm applicator were 3.5±1.4% for the 1-10 mm range and 0.96±0.80% for depths greater than 10 mm. Likewise, the same analysis for the A1 chamber yielded a difference of 0.90±0.80% for the 1-10 mm range and 3.3±1.2% for greater depths. Finally, the water to solid water ratio calculated along the curves ranges from 1.0 at the surface to 0.81 for z = 21 mm, which suggests the need for a correction factor when measuring in solid water which is a function of depth due to the drastic change in beam quality. According to these preliminary results, the 34013 chamber is suitable for relative dosimetry both in solid water as well as water phantoms using the appropriate sheath, as opposed to previous generations of reference chambers for low-energy x-rays.

Keywords: Relative kV dosimetry, intraoperative radiotherapy, electronic brachytherapy