

III Jornadas RSEF / IFIMED de Física Médica

Monday 14 December 2020 - Tuesday 15 December 2020

Virtuales

Book of Abstracts

Contents

Artefacto de reconstrucción en un estudio de tomografía computarizada sincronizada con el ciclo respiratorio (TC4D)	1
Background evaluation in a LaBr3 Compton camera for hadron therapy	1
Bajo la punta del iceberg: nuevos haces para nuevos tratamientos	2
Calibración de gel polimérico a bajas dosis para estudiar la distribución de dosis en Imágenes cardíacas de Medicina nuclear por RMI	3
Centro de protonterapia Quirónsalud	3
Comisionado de un sistema de terapia con protones basado en un sincrotrón	3
Complete characterization of the energy spectra of laser-accelerated protons for the production of radioisotopes used in medical imaging.	4
Concluding remarks	4
Contribución de la Física y la Computación a la Radiología y la Medicina	4
Control de calidad y caracterización de minigammacámara portátil con sonda quirúrgica	5
Cross section measurements of Contrast Agents: a promising solution to drawbacks of in-vivo dose verification techniques.	5
Cuantificación de la masa de restos tiroideos en tratamientos ablativos con I-131	6
Delegado institucional del CSIC en la Comunidad Valenciana.	7
Developing a prototype of pCT scanner	7
Development of an external beam line for radiobiology experiments at the 18 MeV proton cyclotron facility at CNA	8
Dictionary-based Protoacoustic Imaging for Proton Range Verification	9
Directora del Instituto de Física Corpuscular.	10
Dose distribution and multiple Coulomb scattering for protons by PENELOPE, TOPAS and FLUKA	10
Dosimetría personal en tiempo real en un quirófano durante el uso de rayos X	10
EUROBENCH: El primer centro Europeo de Valoración, Entrenamiento, Educación y Estandarización de Robótica de Rehabilitación	11

Ejemplos de uso de técnicas de Inteligencia Artificial para pacientes con COVID	11
Estabilidad de las características radiómicas en PET	12
Estimulación magnética transcraneal: protocolo Theta Burst (TBS)	12
Estudiando la ecología y evolución en el tratamiento de cancer de próstata usando oncología matemática	13
Evaluation of cytotoxicity and biodistribution of a new citrate capped iron oxide nanoparticle doped with zinc on several cell lines and a glioblastoma murine model	13
Experimental characterization of MACACO III Compton telescope for hadron therapy treatment monitoring	14
FLASH proton irradiation of normal and breast cancer cells	15
First 2D Microdosimetry Measurements in Proton Therapy	16
Hologramas acústicos bilaterales para terapia transcraneal	17
Improving the quality of the images obtained by the MACACO Compton telescope by means of a joint reconstruction algorithm	17
MRI IVIM Parameter Estimation by Model weighting	18
Microdosimetry for proton radiotherapy	19
Modelling the inhomogeneities of EBT3 radiochromic films for multichannel dosimetry	19
Multi purpose Ultra fast Monte Carlo PET simulator	20
Métodos de segmentación aplicados a la cuantificación de la imagen del simulador físico en mamografía	21
Organ-dedicated high-performance PET developments at i3M	22
PETALO: Time-of-Flight PET with liquid xenon	22
PREDICCIÓN DE TOXICIDADES EN BRAQUITERAPIA DE PRÓSTATA MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES	23
PRONTO: Explorando tecnologías nucleares para verificación de dosis en protonterapia	23
Performance of the MACACOp Compton camera at high photon energies	24
Positron Range Correction based on Deep-Learning	25
Preparation of laser-proton cell irradiation experiments at L2A2	25
Presidenta del Grupo Especializado de Física Médica de la RSEF.	26
Presidente de la Real Sociedad Española de Física.	26
Prevention of mechanical collisions during radiotherapy treatment planning in RayStation	26
Procedimiento de dosimetría en radioembolización hepática con microesferas de ⁹⁰ Y	27

Production of β^+ emitters for range verification at the WPE proton therapy centre	28
Propuesta de modelo para la respuesta de gel dosimétrico en T2 usando MC	28
Radioterapia en tratamientos de próstata mediante sistemas de planificación automáticos basados en el conocimiento.	29
Seguimiento de pacientes con altas dosis en procedimientos intervencionistas	30
Simultaneous imaging of hard and soft biological tissues in a low-field MRI scanner	31
Study of sensibility for a new gamma-MRI compatible detector	32
TERMOGRAFÍA INFRARROJA: TÉCNICA DE IMAGEN ÚTIL EN PEDIATRÍA	33
Terapia Haces Protones e Iones. Visión-Indicaciones Clínicas. Presente-Perspectivas Futuras.	34
The challenge of dosimetry in Flash Radiotherapy	34
Towards a detailed simulation of the physics underlying hadrontherapy: from beam propagation to biodamage on the nanoscale	34
UNDERSTANDING THE TRANSITION TO FLASH: THE NEXT REVOLUTION IN THE TREATMENT OF CANCER	36
Vicerrectora de Innovación y Transferencia de la Universitat de València.	36
X-COV - ANÁLISIS DE RADIOGRAFÍAS DE PACIENTES DE COVID-19 CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL	36
X-ray irradiator design and optimization study	37

Session 5 / 49

Artefacto de reconstrucción en un estudio de tomografía computarizada sincronizada con el ciclo respiratorio (TC4D)

Iban Conles Picos^{None}; Sofía Pena Vaquero¹; Mario Martín Veganzones¹; David Miguel²; Antonio Enrique Hurtado Romero¹; Carlos Andrés Rodríguez¹; Manuel Agulla Otero¹; María Ruiz Aznar¹; Angel del Castillo³; Delfín Alonso⁴; Jesús M^a de Frutos⁵; Raquel Barquero Sanz¹; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

⁴ H C Universitario de Valladolid

⁵ Baraja

Corresponding Author(s): iconles@saludcastillayleon.es

Introducción: Los estudios TC sincronizados con la señal respiratoria del paciente (TC4D) llevan extendiéndose en radioterapia varios años debido a su uso en técnicas de gating y de Radioterapia Corporal Estereotáctica (SBRT), en las que se pretende definir, de la forma más exacta posible, el movimiento interno del volumen blanco (ITV), con lo que se disminuye el volumen blanco de planificación (PTV), con la consiguiente reducción de tejido sano irradiado.

El proceso de reconstrucción no está exento de la aparición de artefactos espaciales. Algunos debidos a una señal respiratoria irregular y otros debidos al propio movimiento interno de los tejidos.

El objetivo de este trabajo es evaluar los artefactos espaciales intrínsecos que introduce el algoritmo de reconstrucción 4D, de forma sencilla, cuantitativa e independiente del paciente.

Material y métodos: Disponemos de un TC Toshiba Aquilion (Canon Medical Systems, Japón) y el sistema Real-time Position Manager (RPM de Varian Medical Systems, EEUU) consistente en una cámara infrarroja y un cubo plástico con dos círculos reflectantes, para registrar el ciclo respiratorio. Conseguimos un patrón respiratorio periódico y sin alteraciones de amplitud mediante el maniquí suministrado por Varian, consistente en una elipse que gira de forma excéntrica y desplaza una plataforma sobre la que se apoya el cubo reflectante.

Realizamos un TC4D con 120KV, 200mA, tiempo rotación del tubo de 0.5s, ancho del haz de radiación de 1cm (16 filas de detectores de 0,625mm por fila), pitch 0,031 y grosor de corte de 1mm. El TC realiza la reconstrucción 4D en fase de forma retrospectiva, dividiendo la curva respiratoria en 10 fases (Imagen 1)

Se exportan las diez reconstrucciones y la curva respiratoria al planificador Eclipse (Varian Medical Systems). Se buscan posibles artefactos geométricos. Medimos las discrepancias entre sucesivos cortes de la imagen en la vista sagital (imagen 1) y los relacionamos con el rango de variación correspondiente a dicha fase.

Resultados: Se aprecian varias fases en las que existen artefactos.

Discusión: Los mayores artefactos se corresponden con las fases que presentan un rango de movimiento vertical más amplio. Los rangos de amplitud y los artefactos de reconstrucción pueden ser interpretados como incertidumbres para la delimitación del PTV en cada una de las fases respiratorias. En una situación clínica real, las variaciones en la frecuencia respiratoria y los cambios de amplitud en la curva a lo largo de todo el estudio TC4D añaden incertidumbres adicionales.

Conclusiones: El método descrito establece un procedimiento sencillo para comprobar la existencia de artefactos de reconstrucción y su cuantificación para la aceptación y sucesivos controles de calidad de un equipo 4D.

Background evaluation in a LaBr₃ Compton camera for hadron therapy

Author(s): Marina Borja-Lloret¹

Co-author(s): Luis Barrientos² ; Jose Bernabeu³ ; Jose Vicente Casaña Copado⁴ ; Carlos Lacasta⁵ ; Enrique Muñoz Albaladejo⁴ ; Ana Ros Garcia⁶ ; Jorge Roser Martínez⁷ ; Rita Viegas⁸ ; Gabriela Llosa⁹

¹ IFIC (University of Valencia-CSIC)

² Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)

³ IFIC - Valencia

⁴ IFIC

⁵ IFIC-Valencia

⁶ IFIC (IFIMED)

⁷ Instituto de Física Corpuscular (IFIC)

⁸ IFIC (CSIC - U. Valencia)

⁹ IFIC (CSIC-UV)

Corresponding Author(s): marina.borja@ific.uv.es

En terapia hadrónica, la detección de partículas secundarias emitidas durante la irradiación puede ser utilizada para la verificación del tratamiento. En particular, la detección de prompt gamma -fotones de alta energía emitidos por los núcleos excitados por el haz- mediante cámaras Compton es una técnica con creciente interés. Con estos sistemas se pueden reconstruir imágenes de la distribución de prompt gammas emitidos, que guardan correlación con la dosis depositada en el paciente.

En una cámara Compton de dos planos, los eventos que constituyen la señal son aquellos en que el fotón incidente sufre una dispersión Compton en el primer plano seguido de una interacción del fotón dispersado en el segundo plano. Los eventos debidos a otro tipo de interacciones constituyen el fondo de la medida, es decir, no contienen información sobre la distribución de actividad de la fuente medida y su detección contribuye a la degradación de la imagen.

En este estudio se ha llevado a cabo, por medio de simulaciones Monte Carlo, una evaluación de los eventos de fondo en una cámara Compton de dos planos constituidos por cristales centelleadores de LaBr₃ acoplados a fotomultiplicadores de silicio. Se han implementado dos tipos de simulaciones en GATE 8.2. En primer lugar, se ha simulado la distribución de prompt gamma que emite un fantoma de PMMA cuando es irradiado por un haz de protones de 150 MeV. En segundo lugar, se han simulado todas las interacciones producidas por el haz de protones en el fantoma de PMMA, por lo que la cámara Compton detecta otras partículas secundarias además de prompt gamma.

En cada tipo de simulación, se ha determinado la proporción de las diferentes clases de eventos de fondo y se han reconstruido imágenes incluyendo los distintos tipos por separado, con el fin de determinar la contribución de cada tipo a la degradación de las imágenes reconstruidas. La producción de pares y los eventos desencadenados por la detección de neutrones son los eventos que más repercuten en la calidad de imagen.

Finalmente, con el fin de reducir la proporción de eventos de fondo, se ha estudiado la incorporación de detectores de silicio para la identificación de eventos asociados a partículas cargadas. Los resultados preliminares en simulaciones muestran que rechazando este tipo de eventos se mejora la imagen reconstruida.

4

Bajo la punta del iceberg: nuevos haces para nuevos tratamientos

Corresponding Author(s):

The therapeutic use of ionizing radiation has been largely guided by the goal of directly eliminating all cancer cells while minimizing the toxicity to adjacent tissues. Nowadays, technological advances in radiation delivery, including image guidance and particle therapy (i.e. proton therapy), have notably improved tumor dose conformation, thus reducing the dose to the organs-at-risk. Despite remarkable advancements, the dose tolerances of normal tissues continue to be the main limitation

in RT and still compromise the treatment of some radioresistant tumors, tumors close to a sensitive structure (e.g. central nervous system (CNS)) and pediatric cancer. One possible way to overcome this limitation is to employ new modes of radiation dose deposition that activate biological processes different from those in standard radiotherapy. Some examples are FLASH therapy, the spatial fractionation of the dose or the use of very high energy electrons. This lecture will give a general overview about these strategies.

Session 5 / 54

Calibración de gel polimérico a bajas dosis para estudiar la distribución de dosis en Imágenes cardíacas de Medicina nuclear por RMI

Author(s): Sharon Gómez¹

Co-author(s): Andrea Abril²

¹ Pontificia Universidad Javeriana

² Pontificia Universidad Javeriana , Universidad Nacional de Colombia

Corresponding Author(s): shgomez@javeriana.edu.co

La dosimetría en gel ha sido una alternativa para medir las distribuciones tridimensionales de la dosis absorbida en radioterapia tanto en la verificación de tratamiento, como en control de calidad- gracias a la posibilidad de evidenciar cambios en la polimerización a través de la variación en el tiempo de relajación spin-spin (T2). Hasta el momento, la respuesta del gel se ha estudiado a altas dosis y se conoce que la relación de dosis-T2 es proporcional y lineal en el rango de 2 a 10 Gy (Baldock2010); Sin embargo para fuentes puntuales por debajo de cGy, se ha explorado su uso como detector en imágenes híbridas. (Fajardo2017)

En medicina nuclear, las dosis asociadas a los procedimientos diagnósticos, son del orden de magnitud de cGy, por lo tanto se consideran bajas.

En este trabajo se propone usar geles poliméricos como herramienta alternativa para determinar la dosis de imágenes cardíacas de medicina nuclear IMN- cuya respuesta de gel no ha sido ampliamente estudiada- a partir de la relación Dosis-T2 ($D \propto 1/T2$).

Los resultados esperados son la obtención de la forma funcional de la relación Dosis-T2 a bajas dosis y de éste modo definir los parámetros para el uso del gel como herramienta para medir la dosis asociada a un procedimiento estándar de imágenes cardíacas de medicina nuclear.

2

Centro de protonterapia Quirónsalud

Corresponding Author(s):

3

Comisionado de un sistema de terapia con protones basado en un sincrotrón

Corresponding Author(s): jazcona@unav.es

En el último año la terapia con protones ha comenzado a ser utilizada clínicamente en España. En la presente charla se va a presentar la instalación de protonterapia ubicada en la Clínica Universidad de Navarra en Madrid. En la primera parte de la charla se hará una introducción histórica, describiendo brevemente el proceso de selección de tecnología así como la configuración de la instalación. En la segunda parte se describirá el proceso de comisionado clínico de los haces, TAC, y componentes auxiliares.

Session 3 / 29

Complete characterization of the energy spectra of laser-accelerated protons for the production of radioisotopes used in medical imaging.

Author(s): Juan Peñas Nadales¹

Co-author(s): Jose Benlliure²; Dolores Cortina³; Juan José Llerena Cristobo⁴; Ramiro Contreras⁵; Adrian Bembibre⁵; Andrew Coathup⁵; Camilo Ruiz⁶; Michael Seimetz⁷; Alberto Torralba; Lidia Palenciano⁷

¹ *Universidade de Santiago de Compostela*

² *University of Santiago de Compostela*

³ *Universidad Santiago Compostela*

⁴ *Universidad de Santiago de Compostela*

⁵ *Instituto Galego de Física de Altas Enerxías (IGFAE)*

⁶ *Instituto de Física Fundamental y Matemáticas, Universidad de Salamanca*

⁷ *Instituto de Investigación para Imagen Molecular (i3M)*

Corresponding Author(s): juan.penas@usc.es

Laser-driven ion accelerators may represent a competitive technology for the future production of medical radioisotopes. First experiments on laser-driven proton acceleration in the Target Normal Sheath Acceleration (TNSA) regime were performed at the Laser Laboratory for Acceleration and Applications (L2A2) by focusing a 45 TW, 10 Hz repetition rate femtosecond laser on Al foils of a few micrometer thickness. Typical exponential maxwellian-like proton spectra with a cut-off energy up to 1.65 MeV were measured with a time-of-flight (ToF) detector system. Results have been compared to recently published data, regarding maximum energy, particle number, and distribution temperature in order to infer correlations between these parameters and the laser pulses characteristics. These correlations were used to extrapolate our results to obtain estimations on production activities for various proton- and deuteron-induced nuclear reactions, for optimized experimental parameters. Activity levels of ~32.1 MBq for ¹¹C via ¹¹B(p;n)¹¹C reaction are estimated for one hour of irradiation at a laser repetition rate of 10 Hz, which are in the range of doses required for preclinical Positron Emission Tomography (PET) imaging. Other radioisotope production reactions are also considered and studied.

66

Concluding remarks

Corresponding Author(s): gabriela.llosa@ific.uv.es

5

Contribución de la Física y la Computación a la Radiología y la Medicina

Corresponding Author(s):

Session 5 / 44

Control de calidad y caracterización de minigammacámara portátil con sonda quirúrgica

Mario Martín Veganzones¹; Sofía Pena Vaquero¹; Carlos Andrés Rodríguez¹; Antonio Enrique Hurtado Romero¹; Víctor de la Llana Granja^{None}; Manuel Agulla Otero¹; David Miguel²; Iban Conles Picos^{None}; Angel del Castillo³; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

Corresponding Author(s): mmartinver@saludcastillayleon.es

Introducción: Los servicios de medicina nuclear no solo disponen de gammacámaras o PET, sino que disponen además de otra serie de instrumental relacionado con la radiación al cual el radiofísico debe dedicar su atención.

En nuestro servicio disponemos de una minigammacámara portátil, la cual permite hacer una imagen del radiotrazador dentro del propio quirófano en procedimientos quirúrgicos como la cirugía de ganglio centinela en cáncer de mama.

Como parte del Programa de Garantía de Calidad del servicio se realizan verificaciones periódicas a dicha minigammacámara y su sonda quirúrgica.

Material y métodos: El equipo utilizado es la minigammacámara Sentinella 102 (Oncovision, Boston, EE.UU) y la sonda quirúrgica S-probe que viene acoplada al equipo.

Basándonos en el Protocolo Español de Control de Calidad en Instrumentación de Medicina Nuclear (1) se realizan las siguientes pruebas a la minigammacámara: uniformidad extrínseca, sensibilidad, resolución espacial extrínseca, resolución temporal, resolución energética, tamaño de píxel.

Por otro lado las pruebas realizadas a la sonda quirúrgica son las siguientes: fondo, señal acústica, sensibilidad medida a distintas distancias, resolución espacial y resolución angular.

Resultados: Las verificaciones periódicas nos permiten garantizar una calidad de servicio adecuada y comprobar el estado del equipo.

A modo de ejemplo se muestra una serie de deficiencias que se detectaron en diferentes controles periódicos.

Se encontró un fallo en la exactitud de la determinación de la energía con un desplazamiento del pico del 12.5%. Dicha deficiencia tenía consecuencias clínicas con pérdida de uniformidad extrínseca (Figura 2) la cual se encontraba fuera de tolerancias para la energía teórica del Tc99m y aceptable cuando la adquisición se realizaba con el pico desplazado ese 12.5%.

En otra ocasión también se comprobó que la señal acústica de la sonda quirúrgica era demasiado baja.

En ambos casos se notificó al Servicio Técnico del equipo para que realizara las reparaciones correspondientes.

Conclusiones: Un control de calidad con una periodicidad adecuada es fundamental para asegurar la calidad del proceso clínico y así detectar posibles fallos.

Bibliografía

(1) Protocolo Español de Control de Calidad en Instrumentación de Medicina Nuclear

Session 2 / 40

Cross section measurements of Contrast Agents: a promising solution to drawbacks of in-vivo dose verification techniques.

Víctor Valladolid Onecha^{None} ; Paula Ibáñez García¹ ; Andrea Espinosa Rodríguez¹ ; Jose Udias¹ ; Luis Mario Fraile¹ ; Daniel Sanchez Parcerisa¹ ; Víctor Sánchez-Tembleque Verbo² ; Samuel España³

¹ Universidad Complutense de Madrid

² Grupo de Física Nuclear

³ Universidad Complutense de Madrid

Corresponding Author(s): vicvalla@ucm.es

Proton therapy uses protons to irradiate tumors and the way they deposit energy, characterised by the well-known Bragg peak, allows to conform dose better than in traditional techniques. Accuracy is very important to reach the maximal potential of this technique, which currently cannot be achieved due to the existence of uncertainties in the calculation of the proton range. In-vivo dose verification techniques would help to reach this objective. Different techniques such as PET image, PG image guiding and ultrasound have been proposed to verify the dose during a proton treatment. All these techniques have their own drawbacks. For example, PET is subject to wash-out, half-life and the spatial distribution of the isotopes generated; and PG has to deal with the large amount of gamma emitted and with the detectors efficiency of the high energy photon.

In order to overcome these drawbacks we propose the use of contrast agents. These are elements that must be introduced in the target previously to the irradiation and must present useful properties when protons interact with them. In PET we could look for elements that generate very short life isotopes in the Bragg peak region, which would solve the wash-out effect, or isotopes that do not suffer from wash-out. Instead, in PG imaging we would look for isotopes which produce some low energy gammas in the BP region improving the system efficiency.

Three experiments have been carried out using the multiple energy proton beams delivered by up to 10 MeV protons at CMAM tandetron accelerator (Centro de Microanálisis de Materiales, Madrid, Spain) to calculate the cross section up to 10 MeV of some of the studied contrast agents. The most promising reactions and those studied in these experiments are $^{127}\text{I}(p,n)^{127*}\text{Xe}$ ($t_{1/2}=69.2$ s) for SPECT purpose, $^{23}\text{Na}(p,n)^{23}\text{Mg}$ ($t_{1/2}=11.3$ s) and $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ ($t_{1/2}=109$ min) for PET and also PGs of the ^{18}O and ^{23}Na . Figure 1 shows the Cross Section obtained for the $^{23}\text{Na}(p,n)^{23}\text{Mg}$ and the corresponding theoretical activation for the first minute after the irradiation of a PMMA phantom with a 5% of this contrast agent, using a 100 MeV proton beam. A sharp peak is generated just under the Bragg peak due to the contrast agent, which could help to dose reconstruction. In figure 2 the spectrums of the PGs of a water and a water-18 (93% H₂O+ 7% H₂¹⁸O) target irradiated during the experiments are shown. Three PGs in the water-18 clearly stand out from the spectrum of normal water and also have a lower energy than the most typical PGs of natural tissues, which facilitates their detection.

Session 5 / 46

Cuantificación de la masa de restos tiroideos en tratamientos ablativos con I-131

Sofía Pena Vaquero¹ ; Mario Martín Vezanones¹ ; Antonio Enrique Hurtado Romero¹ ; Raquel Barquero Sanz¹ ; Carlos Andrés Rodríguez¹ ; Manuel Agulla Otero¹ ; David Miguel² ; Iban Conles Picos^{None} ; Aurora Sainz Esteban¹ ; Angel del Castillo³ ; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

Corresponding Author(s): spenav@saludcastillayleon.es

Introducción: Una de las aplicaciones médicas con más historia en la medicina nuclear es el tratamiento ablativo de restos tiroideos con I-131 de pacientes con cáncer diferenciado de tiroides (CDT).

El pequeño tamaño de los restos de la glándula tiroidea hace que sea difícil la cuantificación de su volumen y la correspondiente dosis absorbida. Numerosos artículos muestran cómo es posible hacerlo a partir de imágenes SPECT/CT, pero este tipo de estudios requieren largos tiempos de adquisición con la gammacámara.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un método que permita cuantificar la masa de los restos mencionados a partir de una gammagrafía planar suponiendo que son esféricos.

Material y métodos: Se dispone de una gammacámara Philips Skylight con colimador de alta energía HEGP y distintas esferas rellenas de volumen conocido. Adquiriremos imágenes planares de estas esferas, rellenas con una solución que contiene I-131.

Para obtener el radio experimental utilizamos un perfil de la zona central de la imagen filtrada de la captación del que calculamos el FWHM gracias al programa SigmaPlot (Systat Software, California, EE. UU.). Con los radios experimentales y reales que ajustamos a una función de calibración.

La caracterización del tamaño de las captaciones en pacientes seguirá un proceso similar, cuantificando el radio real a partir del experimental usando la curva de calibración obtenida previamente. Con esto podemos obtener el volumen y/o la masa.

Resultados y discusión: En la Figura 2 se visualizan las masas de 19 lesiones, considerando una densidad de 1.05 g/cm³, obtenidas con imagen planar tras el alta del paciente (3-4 días) y otra de verificación (7-8 días). El valor medio es (3.89 ± 1.26) g y (3.38 ± 1.47) g a 3-4 días y 7-8 días respectivamente.

Vemos como, generalmente, la masa de las lesiones va disminuyendo con el tiempo a medida que va haciendo efecto el radiofármaco destruyendo las células tumorales que todavía persistían.

Conclusión: El método establecido es sencillo y proporciona resultados coherentes. Además, la adquisición de una imagen planar es mucho más rápida que la realización de un SPECT/CT lo que evita tiempo de máquina y la incomodidad del paciente.

La determinación de la masa es imprescindible para conocer la dosis absorbida en los mismos y con ello la eficacia terapéutica del tratamiento.

Welcome / 62

Delegado institucional del CSIC en la Comunidad Valenciana.

Corresponding Author(s): juan.fuster@ific.uv.es

Session 1 / 28

Developing a prototype of pCT scanner

JOSE ANTONIO BRIZ MONAGO¹ ; Enrique Nacher² ; Inmaculada Posadillo³ ; Vicente Garcia Távora³ ; Olof Tengblad⁴ ; Maria Jose Garcia Borge⁵ ; Angel Perea Martinez⁶ ; Alejandro Ortiz³ ; Javier Díaz Ovejas¹ ; Sílvia Viñals Onsès⁷

¹ IEM-CSIC

² Instituto de Física Corpuscular - CSIC

³ IEM (CSIC)

⁴ IEM -CSIC

⁵ *Instituto de Estructura de la Materia*

⁶ *IEM/CSIC*

⁷ *CSIC - IEM*

Corresponding Author(s): ja.briz@cern.ch

The cancer treatment technique of proton therapy has more than 60 years history and recently arrived to Spain. It allows for a more selective treatment of tumors since higher dose is concentrated in the region where the protons stop, whereas far less dose is deposited in the surrounding tissue as compared to radiotherapy with X- or γ -rays. In this context, a system of imaging and dose verification to define effective and accurate treatment plans and to guarantee the correct location of the applied dose is mandatory.

Currently, the treatment planning is guided via X-ray computed tomography (X-ray CT) images. Since the energy deposition by X-rays in matter differs from that of protons, the lack of accuracy in the estimation of proton ranges calculated using X-ray images is quite large (~3 %) coming mainly from the conversion from Hounsfield units (HU) to Relative Stopping Powers (RSP). Meanwhile, treatment plans made via proton-CT images will offer more accurate estimations and better control of the treatment.

To this aim, we are building a prototype for pCT scanner using particle detectors extensively used in experimental nuclear physics. Those are the Double-Sided-Silicon-Strip-Detectors (DSSDs) and the LaBr3(Ce) scintillation detectors. The former, being segmented horizontally and vertically, are to be used as tracking detectors and the latter, an array of 2x2 modern scintillators of LaBr3(Ce) offering fast response and good energy resolution, is to be used as residual energy detector. With these detectors, we map the energy losses with respect to horizontal and vertical positions to produce a spatial image of the sample, and obtain a 3D distribution of Relative Stopping Powers (RSP) needed for proton therapy treatment plans.

In this contribution, we report on a proof-of-concept test using a simpler experimental setup with low-energy protons (10 MeV) carried out at the CMAM tandem (Madrid, Spain) in June 2019. The work of Monte Carlo simulations to optimize the setup, the data-taking and the analysis was the topic for two Master theses. Our future plans will be presented including two experiments where we plan to test our full prototype at realistic proton therapy beam energies. These experiments are already approved at KVI-CART (Groningen, Netherlands) and CCB (Krakow, Poland) and will be performed in 2021.

Session 2 / 51

Development of an external beam line for radiobiology experiments at the 18 MeV proton cyclotron facility at CNA

Anna Baratto-Roldán¹ ; María del Carmen Jiménez-Ramos² ; Sonia Jimeno³ ; Pablo Huertas³ ; Javier García-López⁴ ; María Isabel Gallardo⁵ ; Miguel Antonio Cortés-Giraldo⁵ ; José Manuel Espino⁴

¹ *Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla / Centro Nacional de Aceleradores*

² *Centro Nacional de Aceleradores*

³ *Departamento de Genética, Universidad de Sevilla / Centro Andaluz de Biología Molecular y Medicina Regenerativa CABIMER*

⁴ *Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla / Centro Nacional de Aceleradores*

⁵ *Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla*

Corresponding Author(s): abaratto@us.es

Cancer is one of the leading causes of mortality world-wide, killing more than one million people per year just in Europe. Nowadays, proton therapy is one of the most promising techniques in the fight against cancer, being two the main bases of its success: (1) the physical advantages of protons with respect to conventional radiotherapy with photons, resulting in a more selective energy deposition in depth; (2) the increased biological effectiveness of protons with respect to photons and their denser pattern of energy deposition in matter, usually determining a more lethal damage to the DNA. The biological effect of protons and other ions with respect to photons is described in

terms of the Relative Biological Effectiveness (RBE), i.e., the ratio between the doses of the reference and studied radiation determining the same effect. In clinical proton therapy, a RBE value of 1.1 is currently used [1]. However, there is an increasing awareness that proton RBE is not a constant, but seems to increase linearly with the Linear Energy Transfer (LET) of the proton as it slows down in tissues, especially close to the distal region of the Bragg peak, possibly leading to toxicity in healthy tissue beyond the target.

The rationale behind this work is given by the necessity of performing studies of proton RBE at low energies, close to the Bragg peak region of clinical proton beams (below 40MeV), which would help reaching a consensus on the variation of proton RBE with LET. To do so, a low energy proton beam line was designed and mounted at the 18 MeV proton cyclotron facility installed at the National Centre of Accelerators (CNA, Seville), for the experimental study of RBE in mono-layer cell cultures.

A protocol for the irradiation of biological samples was established, consisting in: (1) an accurate alignment of the target position with the beam axis by means of the steering magnets of the cyclotron external beam line; (2) a verification of the beam profile homogeneity, prior to irradiation, with radiochromic EBT3 films and (3) a control of the environmental parameters, such as temperature and pressure, to avoid extra stress to the cells that could lead to biased results. Finally, a successful irradiation of mono-layer cell cultures was performed, which proved the validity of the beam line for radiobiology experiments.

Session 1 / 13

Dictionary-based Protoacoustic Imaging for Proton Range Verification

Clara Freijo Escudero¹ ; JOAQUIN LOPEZ HERRAIZ² ; Daniel Sanchez Parcerisa³ ; Jose Udias³

¹ Universidad Complutense de Madrid, Grupo de Física Nuclear

² Universidad Complutense de Madrid. Grupo de Física Nuclear. UPARCO

³ Universidad Complutense de Madrid

Corresponding Author(s): cfreijo@ucm.es

Proton therapy is a modality of external radiotherapy that has the potential to provide state-of-the-art dose conformality in the tumor area, since protons have a limited range and deposit most of their energy at the end of their path, in the so-called Bragg peak region. Therefore, it can reduce possible adverse effects on surrounding organs at risk. However, uncertainties in the exact location of the proton Bragg peak inside the patient prevent this technique from achieving full clinical potential. In this context, *in vivo* verification of the range of protons in patients is key to reduce uncertainty margins. Protoacoustic range verification employs acoustic pressure waves generated by protons due to the radio-induced thermoacoustic effect to reconstruct the dose deposited in a patient during proton therapy. Nevertheless, dose image reconstruction implies a high computational cost which makes difficult to implement this technique in real time during treatment. In this work, we propose to use the *a priori* knowledge of the shape of the proton dose distribution to create a dictionary with the expected ultrasonic signals at predetermined detector locations. Using this dictionary, the reconstruction of the dose deposited is performed by matching pre-calculated dictionary acoustic signals with data acquired online during treatment. The dictionary method was evaluated on a single-field proton plan for a prostate cancer patient. Dose calculation was performed with the open-source treatment planning system *matRad*, while acoustic wave propagation was carried out with *k-Wave*. We studied the ability of the proposed dictionary method to detect range variations caused by anatomical variations, patient position misalignment and errors in CT Hounsfield Units conversion to relative stopping power. Our results show that the dictionary-based protoacoustic method was able to identify the changes in range originated by all the alterations introduced, with an average accuracy of 1.1 mm. This procedure could be used for *in vivo* verification, since the in-house developed algorithm takes approximately 100 ms to identify the most probable Bragg peak position.

Welcome / 64

Directora del Instituto de Física Corpuscular.

Corresponding Author(s): nuria@ific.uv.es

Session 2 / 33

Dose distribution and multiple Coulomb scattering for protons by PENELOPE, TOPAS and FLUKA

Adrian Montes Plaza¹

¹ Universidad de Granada

Corresponding Author(s): amontesplaza@gmail.com

The Monte Carlo codes PENH, TOPAS and FLUKA have been used in this work to simulate proton dose distributions in materials of medical interest such as water, bone or titanium. It has been possible to verify the almost total agreement on crucial magnitudes such as the depth dose.

However, discrepancies have appeared in the multiple Coulomb scattering (MCS), that comes from the large number of collisions that take place in the interaction of the beam through a slab of material, which is responsible for the differences in the deposited dose curves at the central beam axis. From this MCS angles study, for now, better results compared with experimental data are generated with codes based on theoretical models and with experimental adjustment (TOPAS and FLUKA), than more detailed ones, such as PENH.

Finally, the nuclear models used by each of these programs have been also compared with experimental data from the Massachusetts General Hospital via the dose deposited at different radii of the incident axis in concentric cylinders inside a water tank. It has not been possible to obtain the desired accuracy but it has been achieved the verification of the high quality models for nuclear reactions of the codes and their importance in explaining the available experimental results.

Session 5 / 41

Dosimetría personal en tiempo real en un quirófano durante el uso de rayos X

Manuel Agulla Otero¹ ; Mario Martín Veganzones¹ ; Victor de la Llana Granja^{None} ; Carlos Andrés Rodríguez¹ ; Sofía Pena Vaquero¹ ; Antonio Enrique Hurtado Romero¹ ; David Miguel² ; Iban Conles Picos^{None} ; Angel del Castillo³ ; Delfin Alonso⁴ ; Jesús M^a de Frutos⁵ ; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

⁴ H C Universitario de Valladolid

⁵ Baraja

Corresponding Author(s): magulot@saludcastillayleon.es

Objetivo: Se presenta la experiencia llevada a cabo en un quirófano para evaluar, mediante un sistema de dosimetría personal electrónica de lectura directa, las dosis recibidas por el personal durante un procedimiento urológico guiado por imagen de rayos X.

Material y método: Se han evaluado las dosis recibidas por los diferentes profesionales implicados en el procedimiento mediante el dispositivo Philips DoseAware. En nuestro caso, este sistema cuenta con hasta un total de diez dosímetros electrónicos de lectura directa conectados vía wifi a una tablet desde la que se pueden ver en tiempo real los resultados de la dosimetría.

El estudio se llevó a cabo en un quirófano dedicado a intervenciones urológicas durante un procedimiento de litotricia renal guiado mediante las imágenes fluoroscópicas obtenidas con un arco móvil Philips BV Pulsera. Se colocaron dosímetros tanto en el exterior de las prendas de protección de los profesionales como en su interior, así como en el entorno del equipo.

Resultados y discusión: Los profesionales pudieron ver en tiempo real cuales eran sus niveles de exposición individuales según iban variando las circunstancias de la intervención. La persona más expuesta fue el urólogo principal que llevó a cabo la mayor parte de la intervención, con una dosis acumulada de 52 μSv por encima del mandil plomado, mientras que un dosímetro colocado por debajo de su prenda de protección no alcanzó el nivel mínimo de registro de 1 μSv . Este profesional fue el que estuvo más cerca de la zona irradiada del paciente. La uróloga asistente, que estuvo a su lado, aunque ligeramente más alejada, recibió 8 μSv y la enfermera, posicionada tras ellos junto al carro del instrumental, recibió solamente 1 μSv , debido principalmente al apantallamiento que le ofrecían los urólogos. Por otra parte, tanto el técnico de rayos X como la anestésista, situados al otro lado de la mesa de exploración y lejos de la zona irradiada del paciente, no alcanzaron el nivel mínimo de registro de 1 μSv de dosis acumulada. En todos estos casos, los dosímetros se situaron por delante del mandil plomado. Un dosímetro situado sobre el propio arco del equipo de rayos X, muy próximo al haz de irradiación, registró una dosis acumulada de 292 μSv .

Conclusiones: Los resultados permiten asegurar que las condiciones de protección radiológica son adecuadas durante el uso de los rayos X en el quirófano. Además, la experiencia fue valorada muy positivamente por los profesionales implicados, pues les ayudó a visualizar claramente cómo influyen los diferentes elementos de protección radiológica en sus niveles de exposición.

Agradecimientos: Al equipo de profesionales del Servicio de Urología del Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid.

21

EUROBENCH: El primer centro Europeo de Valoración, Entrenamiento, Educación y Estandarización de Robótica de Rehabilitación

Corresponding Author(s):

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) está actualmente liderando el proyecto europeo "EUROBENCH: European Robotic framework for bipedal locomotion benchmarking". Con más de 8 millones de financiación, el proyecto tiene como objetivo principal crear un marco metodológico y experimental para la evaluación de las habilidades de los sistemas robóticos de rehabilitación de una manera rigurosa, cuantitativa y repetible. Entre los objetivos del proyecto está la creación de un centro internacional que concentrará las más avanzadas tecnologías de medida y valoración disponibles hoy en día. Este centro, el primero en Europa, permitirá dar vida a un modelo de negocio auto-sostenible dirigido a un amplio abanico de usuarios, como empresas tecnológicas, instituciones de salud, universidades, colectivos científicos, organismos de certificación y organizaciones nacionales y europeas.

22

Ejemplos de uso de técnicas de Inteligencia Artificial para pacientes con COVID

Corresponding Author(s): v.sanz@sussex.ac.uk

En esta charla explicaré dos aplicaciones de Inteligencia Artificial al apoyo al diagnóstico que he desarrollado, o estoy desarrollando, con colaboradores. La primera, se basa en el uso de Redes Neuronales para el análisis de radiografías y su implementación en dispositivos móviles. La segunda se centra en el desarrollo de un sistema de recomendación de medicación.

Session 4 / 12

Estabilidad de las características radiómicas en PET

Montserrat Carles^{None}

Corresponding Author(s): montserrat.carles@uniklinik-freiburg.es

Introducción

La radiómica consiste en la extracción y análisis de una gran cantidad de parámetros cuantitativos de la imagen (características radiómicas) con el objetivo de desarrollar modelos clínicos descriptivos o predictivos, figura 1. Para conseguir modelos generalizables es necesario un gran número de pacientes. Los estudios multicentro tienen como propósito proporcionar grandes cohortes, pero constan a menudo de distintos protocolos de adquisición, de reconstrucción y de procesamiento de imagen. Las diferencias en los protocolos empleados para tomografía por emisión de positrones (PET) pueden resultar en diferencias significativas en las características radiómicas y por consiguiente, en una incorrecta modelización. El objetivo de nuestro estudio es identificar las características radiómicas que son estables (robustas) con respecto a diferentes factores con impacto en la calidad de imagen PET.

Materiales y métodos.

130 características radiómicas han sido evaluadas. Para poder identificar retrospectivamente características radiómicas robustas con respecto a diferentes protocolos de reconstrucción y a diferentes equipos PET/CT (analógicos y digitales), proponemos un análisis basado en las medidas de la acreditación European-Association-Research-Ltd (EARL). También presentamos un análisis adicional que permite identificar características radiómicas robustas con respecto a los artefactos metálicos (aluminio, titanio y acero). Además, 17 maniqués heterogéneos de producción casera, figura 2, en los que el volumen de referencia puede determinarse con exactitud con la imagen por tomografía computerizada (TAC), nos permiten evaluar las características radiómicas obtenidas a partir de dos algoritmos de segmentación comúnmente utilizados en PET: contrast-oriented-algorithm (COA) y el umbral de 40%.

Resultados

48 características radiómicas fueron robustas con respecto a los 3 sistemas PET/CT considerados, 22 con respecto a la resolución en la reconstrucción (4 y 2 mm), 102 con respecto a los artefactos metálicos y 42 con respecto a las diferentes segmentaciones. Solamente 4 características radiómicas fueron robustas considerando simultáneamente todos los factores: área-bajo-la-curva del histograma acumulativo, Kurtosis, Skewness y una característica de textura derivada de la matriz de vecindad. Aunque los algoritmos de segmentación PET subestimaron el volumen ($-62\pm 36\%$ en COA y $-50\pm 44\%$ en 40%), la mayoría de características radiómicas (98 para COA y 102 para 40%) fueron comparables y/o estuvieron correlacionadas linealmente con los valores derivados del volumen de referencia.

Conclusiones

El carácter retrospectivo del análisis EARL propuesto supone una gran ventaja para identificar radiómicas robustas en estudios multicentro. Se recomienda el cómputo de las 4 características radiómicas PET que han demostrado ser robustas con respecto a todos los factores. Se ha validado el uso de los algoritmos COA y 40% para el cómputo de características radiómicas.

Session 2 / 11

Estimulación magnética transcraneal: protocolo Theta Burst (TBS)

Author(s): Ane Miren Gutiérrez Muto¹

Co-author(s): Javier Castilla¹ ; Manuel Freire² ; Antonio Oliviero¹ ; Jesús Tornero¹

¹ Hospital Los Madroños

² Universidad de Sevilla

Corresponding Author(s): anemiren.gutierrez@inntegra.es

La estimulación magnética transcraneal (TMS) es una técnica neurofisiológica que permite la inducción, de forma segura y no invasiva, de una corriente en el cerebro capaz de modular la actividad neuronal [1]. La TMS ocupa una posición privilegiada para la selección de las funciones cerebrales, gracias a la combinación de su resolución espacial y temporal [2].

Entre los protocolos clínicos actuales de TMS destaca el denominado Theta Burst continuo (cTBS). cTBS consiste en ráfagas de tres pulsos simples de TMS a frecuencia gamma (50 Hz) que son repetidos a intervalos de frecuencia theta (5 Hz). Se ha identificado en animales y en humanos cambios neuronales de larga duración inducidos por la estimulación bajo protocolo TBS [3].

En este estudio se presentan medidas de la estabilidad en intensidad de los campos magnéticos generados en dos sistemas de TMS comerciales bajo protocolo cTBS. Los resultados evalúan los campos magnéticos generados a lo largo del protocolo (600 pulsos) [4].

Con este fin, se ha desarrollado un sistema automatizado que permite el análisis simultáneo de las tres componentes del campo magnético y campo eléctrico inducido con resolución temporal y espacial.

[1] Ueno S, Sekino M. Biomagnetics: Principles and Applications of Biomagnetic Stimulation and Imaging 2016. CRC Press.

[2] Wagner T, Valero-Cabre A, Pascual-Leone A. Noninvasive human brain stimulation. Annu. Rev. Biomed. Eng. 2007; 9: 527-65.

[3] Larson J, Munkácsy E. Theta-burst LTP. Brain Res 2015 Oct 27; 1621: 38-50.

[4] Gutiérrez-Muto, A. M., J. Castilla, M. Freire, A. Oliviero, J. Tornero. 2020. Theta burst stimulation: Technical aspects about TMS devices title. Brain Stimul. 13:562-64.

24

Estudiando la ecología y evolución en el tratamiento de cancer de próstata usando oncología matemática

Corresponding Author(s):

Si bien es cierto que existen varios tratamientos para el cancer de próstata, la inmensa mayoría de los pacientes con metastasis no sobreviven mas de 2-3 años. Esto es debido a la emergencia de clones resistentes a los tratamientos del standard of care, un proceso que se puede describir utilizando los principios de evolucion Darwiniana. En esta charla hablare sobre modelos matemáticos para describir procesos evolutivos en cancer en general y en cancer de próstata metastatico en particular y de como este tipo de modelos pueden ser empleados para producir nuevos tipos de tratamiento que tienen en cuenta la evolucion Darwiniana.

Session 4 / 37

Evaluation of cytotoxicity and biodistribution of a new citrate capped iron oxide nanoparticle doped with zinc on several cell lines and a glioblastoma murine model

Marta Ibañez¹ ; Irene Fernandez-Barahona² ; Marta Oteo¹ ; Rocío Santacruz¹ ; Victor M. Luján¹ ; Eduardo Romero¹ ; Fernando Herranz³ ; Miguel Ángel Morcillo¹

¹ CIEMAT² IQM-CSIC³ IQM-CSIC; CNIC**Corresponding Author(s):** marta.ibanez@ciemat.es

Iron oxide nanoparticles are the most extensively explored magnetic materials in nanomedicine, with applications as drug delivery agents, probes for magnetic particle imaging, and contrast agents for magnetic resonance imaging (MRI). Furthermore, radiolabelling of these nanomaterials has emerged in the last years as a very promising tool for molecular imaging applications; the possibility of obtaining Gallium-66/68 after proton irradiation of tissues offers the possibility of testing these nanoparticles as protoactivable probes with the aim to use PET/CT imaging for dose verification after proton therapy. Here, we want to present the initial work about iron oxide nanoparticle doped with zinc and coated with citrate (IONP@Zn-cit). MTT assay was applied to assess the nanoparticles-induced cytotoxicity in several cell lines: A549 (type II pulmonary epithelial cell from a human lung adenocarcinoma), U251 (cell line from a malignant glioblastoma tumour) and V79 (fibroblast from a Hamster Chinese lung). Incubation of different amounts of nanoparticles for 24 hours in cell culture conditions showed differences in the response among the three cell lines (**Figure a**). IONP@Zn-cit induced cell cytotoxicity in a concentration dependent manner; EC50 concentrations (reducing survival by 50%) ranged from 0.05-0.08 mg/mL of Fe concentration and 0.07-0.12 mg/mL of Zn, being U251 and A549 the most and the least sensitive cell lines respectively. Parallely, we tested *de visu* the stability of the IONP@Zn-cit in DMEM cell culture medium alone or supplemented with 10% of Fetal Bovine Serum (FBS), resulting on the increasing of colloidal stability in culture medium with FBS. Finally, nanoparticle biodistribution was assessed inoculating Gallium-67 IONP@Zn-cit core doped nanoparticles synthesized by a microwave-driven protocol in a xenograft U251 murine model at 6 hours, 1, 3 and 7 days after intravenous injection. The results showed major accumulation of ⁶⁷Ga-IONP@Zn-cit at 1-day post inoculation in liver (33.71 %ID/g) and spleen (32.23 %ID/g), common elimination pathway for these type of nanoparticles, followed by bone (4.41 %ID/g) and with a tumour uptake value of 0.95 %ID/g (**Figure b**). These results were consistent with the published before with IONP-cit nanoparticles pointing out the role of the mononuclear phagocytic system on nanoparticle biodistribution. Non-compartmental pharmacokinetic analysis of plasma data was performed using PK Solver 2.0 software. The terminal phase half-life and the mean residence time were 3.9 and 2.8 days, respectively. The blood clearance was very low (0.43 mL/d/kg). In conclusion, tumour uptake of nanoparticles presented here would be useful for validation of dose deposition with protons and, moreover, it could be improve by active-targeting.

Session 2 / 39

Experimental characterization of MACACO III Compton telescope for hadron therapy treatment monitoring

Author(s): Luis Barrientos¹

Co-author(s): Marina Borja-Lloret ²; Jose Vicente Casaña Copado ³; García López J.; Fernando Hueso Gonzalez ⁴; Jiménez Ramos M.C.; Carlos Lacasta ⁵; Enrique Muñoz Albaladejo ³; Ana Ros Garcia ⁶; Jorge Roser Martínez ⁷; Cesar Senra ¹; Carles Solaz ⁸; Rita Viegas ⁹; Gabriela Llosa ¹⁰

¹ Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)² IFIC (University of Valencia-CSIC)³ IFIC⁴ IFIC/CSIC⁵ IFIC-Valencia⁶ IFIC (IFIMED)⁷ Instituto de Física Corpuscular (IFIC)⁸ IFIC (Valencia)⁹ IFIC (CSIC - U. Valencia)¹⁰ IFIC (CSIC-UV)

Corresponding Author(s): luis.barrientos@ific.uv.es

La terapia hadrónica es una técnica de tratamiento del cáncer consistente en la irradiación de tumores con protones u otros iones ligeros. El uso de esta técnica se ha incrementado por su ventaja de maximización de la dosis depositada sobre un tumor y de reducción de toxicidad del tratamiento comparado con la radioterapia convencional. Sin embargo, una de sus desventajas es la dificultad en la monitorización del rango del haz. Las cámaras Compton han resurgido como posibles candidatas para la monitorización de la terapia hadrónica, mediante la detección de los fotones producidos en la desexcitación de núcleos de los tejidos irradiados.

El grupo IRIS del IFIC en Valencia se encuentra desarrollando un prototipo de una cámara Compton con la finalidad de ser empleada en monitorización de la terapia hadrónica. El prototipo MACACO (Medical Applications CompAct COMpton camera) se compone de cristales centelleadores de LaBr_3 acoplados a una matriz de fotomultiplicadores de silicio. Con la finalidad de mejorar las prestaciones del prototipo, se ha construido una tercera versión que presenta un rendimiento mejorado respecto de sus predecesores.

Los nuevos detectores de MACACO III se componen de cristales continuos de LaBr_3 de $25,8 \times 25,8 \text{ mm}^2$ y 5 mm. El sistema de lectura AliVATA, desarrollado por el grupo, opera el ASIC VATA64HDR16 utilizado como electrónica de lectura.

La caracterización de los detectores en el laboratorio se ha realizado utilizando fuentes radiactivas de ^{22}Na , ^{152}Eu y ^{137}Cs . El mejor valor de resolución energética obtenido ha sido de 4.8 % FWHM a 662 keV, resolución angular de 6.0° FWHM a 1275 keV y eficiencia de detección en coincidencias de 1×10^{-3} a 1275 keV. A partir de los datos experimentales se han reconstruido imágenes de una fuente puntual de ^{22}Na seleccionando eventos dobles y triples. El código de reconstrucción de MACACO III produce imágenes cuatridimensionales (energía y posición) usando eventos dobles o triples. Imágenes con la combinación de estos dos tipos de eventos ha sido recientemente conseguida. La FWHM de las imágenes reconstruidas fue de 2.4 mm y 3.3 mm FWHM a 1275 keV respectivamente a una distancia de la fuente de 70 mm.

Con la finalidad de reproducir los resultados experimentales, MACACO III ha sido simulado en GATE v8.2 utilizando el módulo CCMOD, obteniendo una buena correlación con los datos experimentales.

MACACO III también ha sido caracterizado en aceleradores, con el fin de evaluar su respuesta en escenarios más realistas. Recientemente se ha testado en el CNA (Sevilla) en un haz de protones de 18 MeV sobre un blanco de grafito. Los datos experimentales fueron tomados con el blanco en distintas posiciones y diferentes intensidades de haz. Imágenes con dos y tres planos fueron reconstruidas exitosamente en cada caso pudiendo distinguir distancias de 1 mm de separación del blanco.

Futuras mejoras y pruebas en centros clínicos están en curso para alcanzar las prestaciones requeridas para la aplicación.

Session 1 / 16

FLASH proton irradiation of normal and breast cancer cells

Daniel Sanchez Parcerisa¹ ; Alvaro Gutierrez-Uzquiza² ; Paloma Bragado² ; Samuel España³ ; Andrea Espinosa Rodríguez¹ ; Carolina Gutierrez Neira⁴ ; Paula Ibáñez García¹ ; Almudena Porras² ; Jose Udias¹ ; Víctor Valladolid Onecha^{None} ; Luis Mario Fraile¹

¹ *Universidad Complutense de Madrid*

² *UCM*

³ *Ghent University*

⁴ *CMAM*

Corresponding Author(s): dsparcerisa@ucm.es

Recent preclinical studies in mice and other animal models have demonstrated a protective effect of FLASH (very high dose-rate) radiotherapy in healthy tissues, while apparently not compromising its curative ability. Since clinical proton accelerators still require of hardware adaptation to produce FLASH rates, biological experiments on FLASH proton therapy (FLASH-PT) can be conducted on nuclear physics accelerators. The 5-MV tandem accelerator at CMAM (Madrid) offers an excellent setup for such experiments, with proton beams up to 10 MeV and hundreds of times more intense than clinical beams and the capacity to irradiate samples with sub-millimeter precision.

Using specifically designed pinhole collimators, we were able to obtain a range of dose rates from 0.1 to 1000 Gy/s, covering both FLASH and standard-rate protontherapy. We developed a smart irradiation system based on 3D-printed materials and robotic actuators, coupled with a specifically designed 2D treatment planning system for cell-culture samples. Dosimetry was performed using a Faraday cup combined with EBT3 films.

We used the irradiation system to deliver up to 8 Gy in healthy fibroblast cell lines (obtained from fresh mammary tissue from women undergoing mammoplasty), tumor associated fibroblasts and MDA-MB-231 (triple negative) breast cancer cells. Initial results show a clear negative spatial correlation between delivered dose and cell survival for tumour cells irradiated at FLASH rates. Full analysis of the irradiated samples (ongoing) will include determination of DNA damage by H2AX foci formation, proliferation using Ki67, and study of additional markers like HIF-1 α .

Session 1 / 8

First 2D Microdosimetry Measurements in Proton Therapy

Diana Bachiller-Perea¹ ; Ludovic De Marzi² ; Celeste Fleta³ ; David Quirion⁴ ; Giulio Pellegrini⁵ ; Cédric Esnault⁶ ; Faustino Gómez⁷ ; Juan Prieto-Pena⁷ ; Consuelo Guardiola⁶

¹ IJCLab (CNRS, Université de Paris, Université Paris-Saclay)

² Centre de Protonthérapie d'Orsay

³ Instituto de Microelectrónica de Barcelona, IMB-CNM (CSIC)

⁴ IMB-CNM, CSIC

⁵ Centro Nacional de Microelectrónica (IMB-CNM-CSIC)

⁶ IJCLab (CNRS)

⁷ Universidad de Santiago de Compostela

Corresponding Author(s): diana.bachiller-pera@ijclab.in2p3.fr

A new detection system for microdosimetry has been developed and successfully tested at the Orsay Proton Therapy Center (CPO, France). It is based on novel silicon 3D-cylindrical microdetectors designed and manufactured at the Centro Nacional de Microelectrónica (IMB-CNM, CSIC) in Barcelona, Spain. The microdetectors have a cylindrical shape with a size comparable to that of the nuclei of human cells (20 μm -thick, 25 μm -diameter) and have been specifically customized for being used in particle therapy, overcoming some of the technological challenges in this domain, namely the low noise capability, well-defined sensitive volume, high spatial resolution and pile-up robustness. Likewise, the 3D-cylindrical architectures reduce loss of charge carriers due to trapping effects, charge collection time, and voltage for full depletion when compared to planar silicon detectors.

The new detection system includes two 2D-arrays of 121 independent microdosimeters, two multi-channel readout chips, and a customized data acquisition system. The real-time data analysis during the irradiations is possible by means of an in-house developed software. This detection system and the new software allow us to register the information of each individual dosimeter and obtain, in situ, all microdosimetric quantities relevant for proton therapy, such as the lineal energy (y), and the associated probability density functions, such as $f(y)$ or $d(y)$.

During the first tests, an 11×11 array has been irradiated at the CPO under clinical-like conditions. We present here the results of the performed microdosimetric measurements and the first 2D lineal-energy maps ever obtained. Hence, this microdosimetry system can have a positive impact in clinical treatments by allowing for further relative biological effectiveness (RBE) calculations under clinical

conditions and, therefore, reducing the radiobiological uncertainties in healthy tissue surrounding the target.

Session 3 / 7

Hologramas acústicos bilaterales para terapia transcraneal

Author(s): Diana Andrés Bautista¹

Co-author(s): Diego Míguez Abad¹ ; Sergio Jiménez Gambín¹ ; Noé Jiménez González¹ ; Francisco Camarena Femenía¹

¹ *Universitat Politècnica de València*

Corresponding Author(s): diaanbau@upv.es

En los últimos años se ha demostrado la utilidad de la aplicación de los ultrasonidos focalizados en el interior del cerebro con finalidades terapéuticas. Mediante la ablación térmica se han desarrollado tratamientos para el temblor esencial y el Parkinson, mientras que a intensidades moderadas se emplean para neuromodulación y apertura de la barrera hematoencefálica, permitiendo administrar fármacos de una forma no invasiva, localizada y reversible. No obstante, el haz de ultrasonidos sufre aberraciones en su camino hacia el sistema nervioso central (SNC) debido a la atenuación y dispersión que introduce el cráneo. Además, las estructuras cerebrales presentan una forma y distribución compleja a la que se debe adaptar el haz ultrasónico.

Hemos diseñado hologramas acústicos impresos en 3D para compensar las aberraciones introducidas por el cráneo y dirigir el haz ultrasónico hacia dianas terapéuticas bilaterales en el SNC, concretamente hacia el putamen, núcleo caudado e hipocampo, cuya forma y tamaño se ha obtenido con imágenes MRI. Hemos empleado un cráneo exvivo (varón, 73 años) del cual sabemos sus propiedades mediante una imagen TAC. Los hologramas se diseñan haciendo uso de la simetría de inversión temporal de las ecuaciones que dominan la propagación de ondas acústicas y empleando fuentes virtuales que siguen la forma de estructuras a tratar, utilizando métodos numéricos pseudoespectrales. La información holográfica se registra en la ubicación del transductor y se diseñan lentes de solo fase basadas en resonadores Fabry-Perot, utilizando métodos de conjugación de fase. Las mismas se imprimen en 3D mediante estereolitografía de fotopolímeros.

Los experimentos se han realizado en un tanque de agua, con un transductor ultrasónico focalizado de 100 mm de apertura y 140 mm de focal, con una frecuencia central de 500 kHz. Para posicionar la lente holográfica respecto del cráneo de forma que la localización coincida con la de las simulaciones y además asegurar que la posición del cráneo permanezca constante a lo largo de las medidas, se ha diseñado e impreso un soporte. Las medidas se han realizado con un hidrófono de aguja con una sensibilidad de -228 dB ref. 1V/ μ Pa.

Se ha simulado el campo acústico generado por las lentes diseñadas para las tres estructuras bilaterales en el interior del cerebro. De media, el volumen tratado ha sido de un 24 % del volumen total, mientras que con el foco natural del transductor solo trataríamos un 5%. Las ganancias han sido de 3.5 p/p₀, donde p₀ es la presión en la superficie del transductor, mientras que sin usar lente es de 6.8 p/p₀. Los experimentos ex vivo con las lentes impresas 3D han demostrado un completo acuerdo con los valores obtenidos mediante simulaciones numéricas.

En conclusión, los hologramas pueden usarse para diseñar sistemas robustos y económicos para focalizar los ultrasonidos en estructuras complejas en el interior del cerebro para neuromodulación y la apertura de la barrera hematoencefálica.

Session 2 / 32

Improving the quality of the images obtained by the MACACO

Compton telescope by means of a joint reconstruction algorithm

Jorge Roser¹ ; Luis Barrientos¹ ; Jose Bernabéu¹ ; Marina Borja-Lloret¹ ; Enrique Muñoz¹ ; Josep F. Oliver¹ ; Ana Ros¹ ; Rita Viegas¹ ; Gabriela Llosá¹

¹ *Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)*

Corresponding Author(s): romarjor@ific.uv.es

La terapia con hadrones es una modalidad de tratamiento de cáncer con haces externos compuestos por núcleos ligeros. Presenta ciertas ventajas respecto a la más común radioterapia con fotones, en particular una menor irradiación a tejidos sanos, como consecuencia del rango finito de los componentes del haz dentro del paciente. No obstante, su implementación se ve limitada por la falta de un método de verificación online de dicho rango. Una posible solución a este problema pasa por la detección de los rayos gamma provocados por las interacciones inelásticas de los componentes del haz. La imagen de la distribución de emisión de estos rayos gamma está correlacionada con la dosis depositada por el haz en el paciente. Para obtener esta imagen es necesario un instrumento con la suficiente eficiencia para detectar y obtener una imagen robusta de rayos gammas en el rango de los pocos MeV.

Con este fin, el grupo IRIS (IFIC-Valencia) está desarrollando el prototipo MACACO, una Cámara Compton compuesta por tres cristales centelleadores continuos de LaBr3 acoplados a SiPMs. En una Cámara Compton, el origen de los rayos gamma incidente se puede reconstruir si éstos interaccionan en al menos dos de los detectores. Así, la geometría de MACACO permite disponer de cuatro canales de detección diferentes, con los que puede reconstruir la distribución de rayos gamma de forma independiente. Cabe esperar que la combinación de estos canales a través de un algoritmo de reconstrucción de la imagen conjunto permita la obtención de imágenes mucho más robustas que las obtenidas por cualquiera de sus canales individuales. Los recientes avances en software realizados por el grupo permiten explorar ahora esta posibilidad.

En este trabajo presentamos un algoritmo de reconstrucción de la imagen conjunto basado en el comúnmente empleado List Mode Maximum Likelihood Expectation Maximization (LM-MLEM), y su aplicación tanto a datos sintéticos (simulaciones de haz de protones incidiendo en fantomas) como a datos experimentales tomados por MACACO. Entre estos últimos cabe destacar la reconstrucción de estructuras complejas en el laboratorio así como medidas realizadas en el haz. En todos los casos, los resultados muestran imágenes más robustas y con mayor relación señal/ruido, constituyendo así un prometedor paso en el desarrollo de MACACO como medio de verificación del rango en terapia por hadrones.

Session 5 / 19

MRI IVIM Parameter Estimation by Model weighting

Luis agulles pedrós¹ ; Yousef Mazaheri²

¹ *Universidad nacional de Colombia*

² *Memorial Sloan Kettering Cancer Center*

Corresponding Author(s): lagullesp@unal.edu.co

Diffusion (D), perfusion fraction (PF), and pseudo-diffusion (D) can be obtained by IntraVoxel Incoherent Movement (IVIM) fitting. Segmented fitting is the standard procedure to fit this bi-exponential decay model [1]. It is based on 2 steps; 1st only intra- and extracellular diffusion is assumed for high b-values (larger than 180 mm²/s), thus the D and PF are obtained by linear regression of the logarithmic signal decay, 2nd the D is fitted from the exponential decay based on the previously fitted parameters. Other models based on ADC images can also provide the D and PF information based on IVIM approximation with only one linear regression [2]. Both linear regression-based models contain valuable residuals information for testing the robustness and to improve the fitted parameters. In

addition, non-Gaussian diffusion anisotropy can be introduced to these models assuming kurtosis, although a quadratic dependence should be considered.

In silico Matlab simulations are performed to obtain the signal of a bi-exponential decay model. Rician noise is added to the signal to analyze the SNR dependence: 9, 15, 23, 48, 63 SNR. Prostate literature values of D , PF , and D^* are then used to simulate the signal decay. After a study of the accuracy and precision of the method by residual weight and model classification, real patient images are used with the improved algorithm. Other techniques like Machine Learning, may be used for parameterization improvement.

[1] Koh et al. "Intravoxel Incoherent Motion in Body Diffusion-Weighted MRI: Reality and Challenges" *AJR*:196, June 2011

[2] Pang et al. "Intravoxel Incoherent Motion (IVIM) MR Imaging for Prostate Cancer: An Evaluation of Diffusion Coefficient and Perfusion Fraction Derived from Different b-Value Combinations" *Magn Reson Med*. 2013 Feb;69(2):553-62

Session 1 / 6

Microdosimetry for proton radiotherapy

Alejandro Bertolet¹ ; Miguel Antonio Cortes-Giraldo² ; Alejandro Cárabe Fernández³

¹ *Massachusetts General Hospital*

² *Universidad de Sevilla*

³ *Hampton University Proton Therapy Institute*

Corresponding Author(s): alebertolet@gmail.com

Ion radiotherapy as a treatment for cancer is increasingly used worldwide, particularly with protons. Heavy ions have high linear energy transfer (LET) compared to x-ray, which means that ionizations tend to be locally concentrated around the particle track. This, in turn, corresponds to a greater capability of producing lethal damage to the DNA, eventually leading to chromosome aberrations and cell death. Current clinical indications for proton therapy assume a constant relative biological effectiveness (RBE) of 1.1 with respect to x-ray radiotherapy, meaning that protons are considered to produce a 10% higher effect delivering the same dose as with low-LET radiations (e.g. x-rays). However, there is growing evidence of variable RBE depending on the point of the proton track within the patient. RBE also depends on the considered endpoint and the biological properties of different cells and tissues as well as on the dose fractionation scheme. Microdosimetry is a theory that studies the patterns of energy deposition in microscopic sized volumes. By determining the local concentration of the energy imparted at such dimensions, it is possible to characterize the quality of the beam from this theory, which is strongly related with the production of lethal damage to the DNA.

We have established a connection between elementary description of proton-matter interaction in microdosimetric terms and its clinical application. First, the basics of microdosimetric quantities and their dependencies and focuses on how to produce correct microdosimetric results from Monte Carlo (MC) simulations were studied. Simulations of monoenergetic protons traversing sites made of liquid water were performed, gathering distributions of energy imparted to those sites. These distributions were used to create analytical models to derive microdosimetric quantities in polyenergetic beams instead performing dedicated MC simulations for each individual case. Results were compared to actual measurements with silicon-based microdosimeters exposed to monoenergetic proton beams. Independently, a formalism to calculate spectral fluences in clinical proton beams as a function of depth and lateral position in water was developed. The combination of both formalisms allowed to produce calculations of dose distributions in a treatment planning system (TPS). Finally, these results were compared to independent MC simulations with the code MCsquare and analytical calculations clinically validated from a commercial TPS, showing consistent results. Microdosimetric calculations of dose-mean lineal energy (yD), and both unrestricted and restricted dose-averaged LET can also be obtained from the combination of these formalisms.

Session 4 / 58

Modelling the inhomogeneities of EBT3 radiochromic films for multichannel dosimetry**Author(s):** A. Damián Domínguez Muñoz¹**Co-author(s):** Héctor Miras ² ; María Isabel Gallardo Fuentes ³¹ *Universidad de Sevilla*² *Hospital Universitario Virgen Macarena*³ *Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Universidad de Sevilla***Corresponding Author(s):** adominguez18@us.es

Radiotherapy treatment verification requires the use of robust dosimeters. Radiochromic film response to radiation [1] makes it a good candidate as a bidimensional dosimeter together with the use of a flatbed scanner. Film digital image is processed into the three colour (RGB) channel independently. Dose to water calibration curve for each channel is made using the mean response of different irradiated areas. The dose of an individual irradiated pixel will be affected by the deviation of scanned level of darkness from the mean behaviour. Two different sources of deviation are established in the literature [2]: variation in film thickness/composition due to manufacturing process and scanner irregular illumination during the digitalization. The three independent dose values affected by pixel inhomogeneity can be combined in order to estimate a unique corrected dose value. This is the basic idea of the so-called multichannel dosimetry methods [3].

In this work, we present a novel description for film thickness variation based on Beer-Lambert law of optical absorption. The level of darkness is expressed in terms of net optical density (netOD) and the scanner noise effect is considered independent for each channel. This model is introduced within the framework of Bayesian estimation. The prior distribution of film inhomogeneity parameter is obtained from calibration curve. First studies, performed in EBT3 Gafchromic model, show that film inhomogeneity does not behave as a normal distribution random variable as is considered in previous multichannel methods [4]. We analyse and parameterize the prior distribution obtained for different film lots irradiated with standard clinical 6 MV X-ray fields at Hospital Universitario Virgen Macarena (HUVVM). Then the complete Bayesian multichannel method is applied to treatment verification films and results are compared with the ones obtained with the multichannel method developed in the radiophysics unity of HUVVM.

The new multichannel method is expected to be helpful in low energy proton irradiation. In this case, film variation can introduce important changes on the absorbed doses if Bragg peak region coincides with active volume of film [5].

[1] S. Devic et al. Reference radiochromic film dosimetry: review of technical aspects. *Physica Medica*, 32, 4, 541-556 (2016).

[2] Rulon R. Mayer et al. Enhanced dosimetry procedures and assessment for EBT2 radiochromic film. *Med Phys*, 39, 4, 2147-55 (2012).

[3] A. Micke et al. Multichannel dosimetry with nonuniformity correction. *Medical Physics* 38, 2523-2534 (2011).

[4] I. Méndez. On multichannel film dosimetry with channel-independent perturbations. *Med Phys*, 41, 011705 (2014).

[5] M.C. Battaglia et al. EBT3 film calibration in the Bragg peak region for proton beams below 5 MeV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 444, 117-124 (2019).

Session 2 / 60

Multi purpose Ultra fast Monte Carlo PET simulator

Pablo Galve Lahoz¹ ; Fernando Arias Valcayo² ; Alejandro López Montes³ ; AMAIA VILLA ABAUNZA⁴ ; Paula Ibáñez García² ; JOAQUIN LOPEZ HERRAIZ⁵ ; Jose Udias²

¹ *Grupo de Física Nuclear, EMFTEL & IPARCOS Universidad Complutense de Madrid, CEI Moncloa, Madrid, Spain*

² *Universidad Complutense de Madrid*

³ *Grupo de Física Nuclear, Facultad de Ciencias Físicas, C.E.I. Moncloa, E.28040, Madrid, Spain*

⁴ *Grupo de física nuclear, Facultad de Físicas. Universidad Complutense - CEI Moncloa, E-28040 Madrid, Spain*

⁵ *Universidad Complutense de Madrid. Grupo de Física Nuclear. UPARCO*

Corresponding Author(s): pgalve@ucm.es

Accurate Monte Carlo simulations play a major role in PET corrections and scanner design. We present the Ultra-fast Monte Carlo PET simulator (UMC-PET) developed for multiple purposes, an accurate, fast and flexible PET simulator. The UMC-PET includes all the relevant physics related to the emission, transport and detection of the radiation in a PET acquisition, such as positron range, scatter and attenuation inside the patient, photon interaction with the scanner, and detector response (energy resolution, time of flight, etc.). The simulator accuracy has been extensively tested against other MC PET simulators such as PeneloPET, obtaining similar results, while being more than 3000 times faster. The code can handle arbitrary scanner geometries with simple and intuitive input files. These features allow applying UMC-PET beyond standard MC uses. UMC-PET has been tested to accurately predict scatter and attenuation corrections during reconstruction, or to compute system response matrix (SRM) for adapting scanner geometries. Furthermore, the speed of UMC-PET allows for a 3D iterative reconstruction for complex scanners, with a projection step based on, on the fly, raw, MC calculations with UMC-PET and thus avoiding explicit storage of the SRM or physics simplifications. On a single common (500 USD) GPU these fully MC reconstructions require a few hours for a scanner with > 1 billion lines of response. This provides not only a useful and flexible gold standard method, but may become a practical reconstruction approach if it is combined with variance reduction methods and/or high performance multi-GPU systems.

Session 5 / 55

Métodos de segmentación aplicados a la cuantificación de la imagen del simulador físico en mamografía

Author(s): Milton Conde¹ ; José Daza²

Co-author(s): Andrea Abril³

¹ *Pontificia Universidad Javeriana*

² *Fundación Santafé de Bogotá*

³ *Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Nacional de Colombia*

Corresponding Author(s): meconde@javeriana.edu.co

El cáncer de mama es el cáncer con mayor incidencia en las mujeres colombianas \cite{CancerMama2018}, esto obliga a no escatimar esfuerzos en su diagnóstico y tratamiento, dentro de las estrategias de detección temprana se encuentra la mamografía como prueba de tamizaje en la mujeres mayores de 50 años. Debido a la necesidad de calidad de imagen en mamografía digital, fueron creados los protocolos para el control de calidad, del cual las pruebas cualitativas presentan el mayor desafío en el momento del análisis por la subjetividad que implican al ser realizadas por humanos, esto conlleva a la necesidad de mejorar el proceso de verificación de calidad de imagen en mamografía digital, garantizando al radiólogo un insumo de calidad y asegurando un gran aporte en la cadena de detección temprana en el cáncer de mama.

Las pruebas propuestas en la calidad de imagen, están basadas en la adquisición de una imagen con un simulador físico, en el se debe observar tres tipos de estructuras, las fibras, grupos de microcalcificaciones y masas. analizandolas con base en el procedimiento aceptado por la ACR.\

Un análisis morfológico de la imagen, así como la resolución y el contraste, serán las herramientas utilizadas para realizar detección de bordes que determinará el reconocimiento de formas determinado

por comparación geométrica. implementando un algoritmo de decisión discretizando las estructuras validas en el análisis de calidad de imagen.

La fase de prueba y ajuste de valores fundamentará su operación en el análisis y resultado obtenido en el ítem de calidad de la imagen en controles de calidad previo, de la Fundación Santa Fe de Bogotá, comparando los resultados del algoritmo con los criterios estándar proporcionado por el ACR.

Este trabajo mostrará como el uso de métodos de segmentación permite optimizar la interpretación cualitativa a una interpretación cuantitativa de las pruebas de control de calidad de imagen que se realizan con un simulador físico propuesto por la Asociación Americana de Física Médica (AAPM) o el Colegio Americano de Radiología (ACR) \cite{QX_Mamo_ACR}.

Session 3 / 15

Organ-dedicated high-performance PET developments at i3M

Antonio J. Gonzalez¹; John Barrio¹; Gabriel Cañizares¹; Marta Freire¹; Andrea Gonzalez-Montoro¹; Victor Ilisie¹; Georgios Konstantinou²; Efthymios Lamprou³; Filomeno Sanchez¹; José M. Benlloch¹

¹ *i3M (CSIC-UPV)*

² *Multiwave Imaging*

³ *i3m (CSIC-UPV)*

Corresponding Author(s): agonzalez@i3m.upv.es

Positron Emission Tomography (PET) systems have significantly evolved in the last decade with the access to new photosensor technology such as Silicon Photomultipliers (SiPM) and novel read-out electronics enabling the possibility to accurately determine the Coincidence Timing Resolution (CTR) of the two annihilation photons.

There has been a large effort into the so-called Total-Body PET (TB-PET) imaging for humans. That means, PET systems with a very large axial coverage, in one case up to 2 meters long. This development makes it possible to increase the system sensitivity a factor 40 compared to 20-25 cm axial length of conventional whole-body PET systems. TB-PET also allows clinicians to perform multi-organ imaging. The non-negligible drawback of such TB-PET endeavors is their huge cost.

An alternative to increase the effective sensitivity is to improve the timing capabilities. For instance, a CTR of 100 ps FWHM will boost this sensitivity by a factor of 16. Moreover, organ-dedicated systems exhibit higher overall performance than WB or TB-PET due to their smaller geometries. I3M has developed several organ-dedicated PET systems, recently including the capabilities to reach 240 ps CTR. In most of the systems monolithic crystal technology is used, offering determination of the depth of interaction of the annihilation event and, thus, allowing one to correct for the parallax error.

In this contribution we describe systems such as the breast dedicated MAMMI reaching 1.4 mm spatial resolution with few thousands of patients already scanned. Two new designs are ongoing, one based on two-panels PET and another on an edgeless crystal geometry. We will also describe the brain dedicated PET so-called MINDView that is also an insert, that means MR compatible. This system uses the largest volume of monolithic crystals in a clinical PET scanner. A circular prostate-dedicated PET system was developed few years ago, after the attempt of using novel geometries, and tested at the neighboring largest hospital in our region. Our last development is a heart PET system, based on crystal arrays but reaching timing resolutions below 240 ps CTR. Other novel designs will also be discussed.

Session 5 / 14

PETALO: Time-of-Flight PET with liquid xenon

Paola Ferrario¹

¹ *Donostia International Physics Center - Ikerbasque*

Corresponding Author(s): paola.ferrario@dipc.org

Liquid xenon has several attractive features, which make it suitable for applications to nuclear medicine, such as high scintillation yield and fast scintillation decay time. Moreover, being a continuous medium, liquid xenon improves the homogeneity of the detector response. In this talk, I will describe the PETALO concept (Positron Emission ToF Apparatus with Liquid xenOn), a recent idea for Positron Emission Tomography, which combines liquid xenon scintillating cells and silicon photomultipliers for the readout. I will describe the status of the project, in particular the commissioning of a first prototype, which has the aim of assessing the energy, position and time resolution of the technology.

Session 4 / 20

PREDICCIÓN DE TOXICIDADES EN BRAQUITERAPIA DE PRÓSTATA MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Author(s): José Domingo Lago¹

Co-author(s): Alba Montaner Alemany²; Alba Sánchez Rodríguez²; Vicente Crispín Contreras²; Víctor González Pérez³; Victor de los Dolores Alemany²; Carmen Guardino de la Flor²

¹ *Fundación Instituto Valenciano de Oncología (IVO)*

² *Fundación Instituto Valenciano de Oncología*

³ *Medical Physicist*

Corresponding Author(s): jdlagomartin@gmail.com

El cáncer de próstata es uno de los más comunes en los países desarrollados y en vías de desarrollo. La braquiterapia de próstata (BT) constituye una de las terapias más efectivas contra este tipo de tumores. Este tratamiento consiste en introducir una fuente radiactiva en distintas posiciones del tumor mediante el uso de catéteres. Uno de los principales problemas de este tipo de tratamiento (y de radioterapia en general) es la toxicidad en los órganos sanos adyacentes al tumor.

La aplicación de técnicas de *machine learning* (ML) a la cantidad de información clínica disponible sobre los pacientes y sobre el proceso de BT nos puede permitir mejorar nuestra capacidad de predicción de efectos secundarios

Estos sistemas de ML no son ajenos al mundo clínico y se están utilizando con éxito en la medicina para la evaluación de riesgos en pacientes o ayuda a diagnóstico entre otros usos mediante la información clínica disponible del mismo.

El presente trabajo modela y entrena una red neuronal artificial capaz de predecir, a partir de variables clínicas del paciente y variables dosimétricas del tratamiento impartido, la aparición de estas toxicidades en órganos sanos. Entrenando la red con 199 instancias de otros tantos pacientes se obtienen valores de sensibilidad de 0.79 ± 0.04 y de especificidad de 0.59 ± 0.09 . A pesar de ser valores relativamente buenos, un aumento en la cantidad y calidad de los datos de entrenamiento podría mejorar los resultados de la red.

59

PRONTO: Explorando tecnologías nucleares para verificación de dosis en protonterapia

Corresponding Author(s): sespana@ucm.es

La protonterapia ofrece potencialmente una mejor conformación del tratamiento que la radioterapia convencional. Sin embargo, existen una serie de incertidumbres en la deposición de la dosis en el paciente que impiden aprovechar al máximo el potencial de la técnica. En el marco del proyecto PRONTO se están desarrollando metodologías novedosas que pretenden solventar las carencias de las técnicas de verificación en protonterapia. Esto incluye la detección de la activación de tejidos aportando la utilización de detectores de alta resolución y de contrastes con alta capacidad de activación.

Session 2 / 35

Performance of the MACACOp Compton camera at high photon energies

Author(s): Rita Viegas¹

Co-author(s): Gabriela Llosa²; Ana Ros Garcia³; Jorge Roser Martínez⁴; Enrique Muñoz Albaladejo⁵; Luis Barrientos⁶; M^a Carmen Jiménez-Ramos; Marina Borja-Lloret⁷; Jose Vicente Casaña Copado⁵; Javier Garcia-Lopez⁸

¹ IFIC (CSIC - U. Valencia)

² IFIC (CSIC-UV)

³ IFIC (IFIMED)

⁴ Instituto de Física Corpuscular (IFIC)

⁵ IFIC

⁶ Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)

⁷ IFIC (University of Valencia-CSIC)

⁸ Centro Nacional de Aceleradores-Sevilla

Corresponding Author(s): rita.viegas@ific.uv.es

The IRIS group of IFIC (Valencia) has recently developed and characterized a new version of a three-layer Compton camera (CC) for hadron therapy monitoring, known as MACACO (Medical Applications CompAct Compton camera). With the main purpose of improving the timing response of 25 ns of the current MACACO II, a new system, MACACO_p, has been assembled employing the novel TOFPET2 ASIC (PETsys, Portugal) to read and process the photosensor signals. This prototype is composed by two detector planes, each one consists of a monolithic Lanthanum (III) Bromide (LaBr₃) crystal from Epic-Crystal coupled to a silicon photomultiplier (SiPM) array with 64 elements from KETEK. The ASIC employed provides time and energy digitization of signals from 64 channels, each containing ADCs and TDCs, allowing to read out each one individually. By using a low threshold for timing and a high one for accepting events, the ASIC can discard dark counts without introducing dead time and discard pulses with low amplitude.

Characterization and coincidence tests have been performed in laboratory, at a controlled temperature of 20 °C, using the MACACO_p two-layer prototype. Promising results have been obtained, with a fully working system. Namely an energy resolution of 6.2% Full-Width at Half Maximum (FWHM) at 511 keV and a preliminary time resolution of 2.2 ns FWHM. Moreover, images of a ²²Na have been successfully reconstructed.

In order to test the device in a more realistic scenario, at high photon energies, in-beam tests with proton beams have been carried out at the National Accelerator Centre (CNA, Seville). A graphite target was irradiated by an 18 MeV proton beam, to produce 4.4 MeV photons. Data were taken at three different beam intensities (250 pA, 2.5 nA and 3.6 nA) with the first detector at 135 mm from the target. The distance between planes was set to 60 mm. Different measurements were taken by moving the graphite target in 1 mm steps with a linear motorised stage with micrometric precision. Preliminary data analysis has been carried out. Energy spectra were obtained in both singles and coincidences data acquisition modes. The measurements allowed to reconstruct the photon emission distribution at target positions separated by 1 mm. The results obtained demonstrate the potential of the MACACOp as a monitoring device for hadron therapy.

Session 4 / 57

Positron Range Correction based on Deep-Learning

Alejandro López Montes¹ ; Adrian Bembibre¹ ; JOAQUIN LOPEZ HERRAIZ²

¹ Nuclear Physics Group and IPARCOS, Faculty of Physical Sciences. University Complutense of Madrid. CEI Moncloa., Madrid, Spain

² Nuclear Physics Group and IPARCOS, Faculty of Physical Sciences. University Complutense of Madrid. CEI Moncloa., Madrid, Spain and Health Research Institute of the Hospital Clínico San Carlos (IdISSC), Madrid, Spain

Corresponding Author(s): alelopez@ucm.es

Positron Emission Tomography (PET) is a biomedical imaging technique based on the detection of the two collinear 511-keV photons originated from the annihilation of the positrons emitted by administered radiotracers. Before the annihilation occurs, positrons travel some distance, known as positron range (PR). PR depends both on the initial energy of the positrons, which follows a different distribution for each radionuclide, and for the composition and density of the surrounding materials. PR produces a blurring in PET images which is especially relevant in preclinical studies with small animals, where the PR may be of the same size as some relevant structures. In the last few years, a wide number of radiotracers labeled with radionuclides with large PR such as ⁶⁸Ga and ¹²⁴I have been proposed. In these cases, PR may significantly compromise the spatial resolution.

There are many different approaches to model and correct the PR in PET. In this work, we propose the use of a Neural Network (NN) to perform the PR correction as a post-processing step applied to the reconstructed images. The NN has been trained with simulated cases of ¹⁸F and ⁶⁸Ga acquisitions from a set of numerical mice models. In order to generate realistic cases, the PR was simulated with penEasy, a Monte Carlo simulation tool based on PENELOPE, and then the PET acquisition was simulated with MCGPU-PET and reconstructed with an iterative MLEM algorithm. A U-Net NN, commonly used in medical imaging, was used to train a model able to convert PR-blurred images to their PR-free counterparts. Our results show that the proposed approach is able to perform PR corrections improving the accuracy of the PET images up to 95% of the original images in a fast and accurate way without incrementing statistical noise.

Session 3 / 25

Preparation of laser-proton cell irradiation experiments at L2A2

Adrian Bembibre¹ ; Alberto Torralba Torregrosa^{None} ; Ana Vega Gliemo² ; Andrew Coathup¹ ; Camilo Ruiz³ ; Jose Benlliure⁴ ; Juan Peñas Nadas⁵ ; Lidia Palenciano⁶ ; Michael Seimetz⁶ ; Miguel Elías Aguado-Barrera² ; Ramiro Contreras¹

¹ Instituto Galego de Física de Altas Enerxías (IGFAE)

² Fundación Pública Galega Medicina Xenómica, Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago de Compostela (IDIS)

³ Instituto de Física Fundamental y Matemáticas, Universidad de Salamanca

⁴ University of Santiago de Compostela

⁵ Universidade de Santiago de Compostela

⁶ Instituto de Investigación para Imagen Molecular (i3M)

Corresponding Author(s): atorralba@i3m.upv.es

Ultra-short and ultra-intense pulsed lasers allow for accelerating short bunches of protons and ions to MeV-range energies. Our aim is to design and build an experimental setup for the L2A2 laboratory, at the University of Santiago de Compostela, for the study of radiobiological effects caused by laser-accelerated protons on human cancer cell cultures. The Ti:Sapphire laser at L2A2 delivers 1.2 J pulses at a rate of 10 Hz and peak power of 50 TW. The corresponding focused intensity is sufficient for accelerating protons to 5-10 MeV through the Target Normal Sheath Acceleration mechanism

(TNSA).

The beam of accelerated protons/ions passes through a pinhole collimator followed by a sequence of permanent magnets that generate a configuration of antiparallel magnetic fields with the purpose of bending the trajectories of the protons and separating them from electrons and photons originating from the laser-plasma interaction. In addition, the magnetic fields act as an energy separator with a resulting, lateral displacement of the protons depending on their momentum. This allows for selecting a narrow range of energies with approximately uniform dose deposition within the irradiated area. This entire setup is located inside a vacuum chamber. The particles leave the chamber through a thin foil of kapton (polyimide) and finally impinge on the cell culture outside the vacuum system. Cell cultures are prepared and analysed at the Fundación Pública Galega Medicina Xenómica and IDIS. The first trials will be centred around the quantification of DNA double-strand breaks as a function of radiation dose.

A major challenge of this project is the precise measurement of the dose deposited by the laser-driven beams. For significant doses (up to 5 Gy), several shots have to be accumulated. Shot-to-shot fluctuations of the proton flux impose the necessity for online monitoring which is demanding in our range of energies. Furthermore, the response of electronic detectors to ultra-high instantaneous rates will be studied in careful cross-calibration measurements with passive materials. The experiment is under construction and it is planned to be running in 2021.

Welcome / 65

Presidenta del Grupo Especializado de Física Médica de la RSEF.

Corresponding Author(s): gabriela.llosa@ific.uv.es

Welcome / 63

Presidente de la Real Sociedad Española de Física.

Corresponding Author(s):

Session 2 / 38

Prevention of mechanical collisions during radiotherapy treatment planning in RayStation

Fernando Hueso Gonzalez¹ ; Patrick Wohlfahrt² ; David Craft² ; Kyla Remillard²

¹ MGH, now with IFIC (CSIC/UV)

² Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School

Corresponding Author(s): fernando.hueso@ific.uv.es

We present a RayStation script to aid medical dosimetrists in preventing collisions between gantry head and patient or couch during treatment planning. The script, developed at Massachusetts General Hospital, imports 3D models of the treatment machine elements in STL format. These are visualized in the Patient Modelling tab together with the contoured patient surface. A graphical dialogue with sliders allows the interactive adjustment of gantry angle and couch angle. Hence, treatment planners can assess in advance beam orientations with a potential risk of collision. The script is publicly available on GitHub and has been validated for RayStation 8B or higher. The goal of this tool is to minimize the risk of replanning and thus of treatment delays when a collision is found during a dry run. The clinical workflow can be streamlined at the treatment planning stage and at

no cost. Furthermore, by providing real-time feedback and assurance of clearance, the script might foster the use of couch angles that are optimum from the dosimetric perspective, but that a planner might shy away from if the plan feasibility is uncertain.

References:

- F Hueso-González et al 2020 Biomed. Phys. Eng. Express 6 055013

Session 5 / 47

Procedimiento de dosimetría en radioembolización hepática con microesferas de 90Y

Sofía Pena Vaquero¹ ; Mario Martín Vezanones¹ ; Antonio Enrique Hurtado Romero¹ ; Noelia Álvarez Mena¹ ; Raquel Barquero Sanz¹ ; Manuel Agulla Otero¹ ; Carlos Andrés Rodríguez¹ ; Iban Conles Picos^{None} ; David Miguel² ; Claudia Gamazo Laherran¹ ; Jose Javier Velasco Gómez¹ ; Angel del Castillo³ ; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

Corresponding Author(s): spenav@saludcastillayleon.es

Introducción: Una de las opciones terapéuticas para combatir los tumores hepáticos es la radioterapia interna selectiva (SIRT). Esta consiste en radioembolización con microesferas de 90Y, ya sean de resina o vidrio, por vía intraarterial (TARE) que circularán hasta la vasculatura hepática quedando alojadas en el lecho tumoral.

Es una intervención compleja y debido a la implicación del sistema arterial es necesaria una planificación del tratamiento con un radiofármaco de diagnóstico para simular la distribución de dosis en torno a la lesión.

El objetivo de este trabajo es comparar la distribución de actividad de microesferas de 90Y de vidrio con la obtenida a partir de la planificación previa del tratamiento con macroagregados de albúmina (MAA) marcados con 99mTc, y visualizar la distribución de dosis absorbida proporcionada por el programa Simplicity90Y v.2.2 (Miranda Medical, Oxford, UK).

Material y métodos: La intervención requiere de un equipo multidisciplinar formado por médicos nucleares, radiólogos intervencionistas y radiofísicos. El procedimiento consiste en la embolización de aquellos vasos que puedan causar fugas, para después inyectar entre 222 y 370 MBq de 99mTc-MAA que simulan las microesferas al presentar un tamaño similar.

Una vez introducido el 99mTc se adquieren una gammagrafía planar y un SPECT/CT donde se valorará si el tratamiento puede llevarse a cabo comprobando parámetros como el shunt pulmonar (LSF).

$$LSF(\%) = 100 \cdot \frac{A(MBq)_{lung}}{A(MBq)_{lung} + A(MBq)_{liver}}$$

Si es viable, se utiliza la ecuación del modelo compartimental recomendada por TheraSphere (BTG Biocompatibles, UK) para determinar la actividad de 90Y necesaria para liberar 120 Gy en el volumen perfundido o más de 200 Gy en el tumor, siendo R la fracción residual.

$$A_{90Y}(GBq) = \frac{120(Gy) \cdot m_{perfused}(kg)}{50 \cdot (1 - LSF) \cdot (1 - R)}$$

El proceso posterior de radioembolización con 90Y se realizará aproximadamente en 2 semanas para evitar que la vasculatura no cambie. Después, se estimará la actividad inyectada a partir de los residuos generados y realizaremos nuevamente una gammagrafía planar y un SPECT/CT para estimar la dosis absorbida según el volumen perfundido.

Resultados: En la Figura 1 se muestra cómo se han distribuido los 99mTc-MAA por la lesión y la distribución de las microesferas de 90Y en el tratamiento posterior.

En la Figura 2 se ve el cálculo de la dosis absorbida de ^{90}Y obtenida con el programa Simplicity90Y v.2.2 para el mismo paciente que la Figura 1. Presenta un máximo de dosis al volumen perfundido de 226 Gy superando el objetivo de 120 Gy con dosis mínimas al hígado sano.

Conclusión: Se ha comprobado que los macroagregados de albúmina marcados con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ son un buen radiofármaco para la simulación del tratamiento debido a la distribución similar de la actividad, evitando así posibles problemas. También se ha visto como las dosis absorbidas en el tumor superan el objetivo propuesto con una escasa toxicidad en el tejido sano debido al pequeño alcance de la emisión de las partículas beta (11 mm).

Session 1 / 27

Production of β^+ emitters for range verification at the WPE proton therapy centre

Author(s): M^a Teresa Rodríguez González¹

Co-author(s): Carlos Guerrero¹; Claus Maximilian Bäcker²; Christian Bäumer²; Walter Jentzen³; M^a Carmen Jiménez-Ramos⁴; Jorge Lerendegui Marco¹; María de los Ángeles Millán Callado⁵; Beate Timmermann²; José Manuel Quesada¹

¹ Universidad de Sevilla

² West Proton Therapy Centre

³ West German Cancer Centre

⁴ Centro Nacional de Aceleradores-Sevilla

⁵ Centro Nacional de Aceleradores - Universidad de Sevilla

Corresponding Author(s): mrodriguezg@us.es

In proton therapy, PET range verification requires a comparison of the measured and expected β^+ activity distributions produced by the beam in the body of the patient by means of nuclear reactions. The accuracy of the expected activity distributions depends on that of the Monte Carlo simulations, and hence by that of the underlying cross sections data [1]. These are not available in the full energy range of interest (up to 230 MeV) and, when they are, there are sizable discrepancies between data sets. Indeed, several studies confirm the need for more and better measurements and evaluations [2,3].

In this work we have measured the production yields of the long-lived positron emitters ^{11}C , ^{13}N and ^{15}O in the most abundant elements in the human body (carbon, nitrogen and oxygen) in the full energy range for proton therapy (up to ~230 MeV). The method employed consists in the combination of the multi-foil activation technique followed by the measurement of the induced activity with a clinical PET scanner. The foils used are rich in C, N and O, with polyethylene layers between them to reduce the beam energy from one foil to the next. The method has been successfully used and tested below 18 MeV at CNA (Sevilla, Spain) to obtain the differential cross sections for these reactions (paper to be submitted soon).

The experiment was carried out at the West German Proton Therapy Centre (WPE) in Essen (Germany), with three initial beam energies: 190, 150 and 100 MeV. The experimental set up and preliminary results will be presented.

[1] Tárkányi et al. J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 319 533–666 (2019)

[2] España et al., Phys. Med. Biol. 56(9) 2687-2698 (2011)

[3] E. Seravalli et al., Phys. Med. Biol. 57 1659 (2012)

Session 5 / 56

Propuesta de modelo para la respuesta de gel dosimétrico en T2 usando MC

Camilo Mateus¹ ; Andrea Abril²

¹ Pontificia Universidad Javeriana

² Pontificia Universidad Javeriana , Universidad Nacional de Colombia

Corresponding Author(s): camiloa_mateus@javeriana.edu.co

Los geles poliméricos han sido desarrollados desde los años 50s y actualmente se usan en la verificación de tratamientos complejos en radioterapia . Su principio de funcionamiento es la polimerización, que sucede en el gel cuando los monómeros radio-sensibles que la componen interactúan con la radiación ionizante. Los polímeros resultantes alteran la estructura molecular del compuesto, influyendo sobre la capacidad de acople dipolar entre protones vecinos. Los cambios en esta propiedad están relacionados con el observable tiempo de relajación Spin-Spin(T2), el cual se puede medir mediante el uso de resonancia magnética nuclear(RMN). Estos geles tienen la capacidad de medir distribuciones de dosis en el espacio tridimensional (3D). Este trabajo mostrará como los geles poliméricos, polimerizan los monómeros suspendidos en el gel por efectos radioinducidos, la cual sucede por la interacción entre los radicales libres radioinducidos en el agua y los monómeros disueltos en el gel. Al cambiar estructura molecular y densidad local del gel, produce alteraciones en la dinámica molecular del compuesto.

La mayoría de las curvas de respuesta dosis-T2 de los dosímetros basados en gel dosimétrico son ajustadas con un modelo lineal o mono-exponencial en el rango de en los aceleradores de terapia [2 Gy-10 Gy]. Sin embargo, a la fecha estos modelos no se ajustan bien a la respuesta en la región de baja dosis [0 Gy-1 Gy]. Con este trabajo se pretende entender el comportamiento del proceso de polimerización radio-inducido en los geles dosimétricos PGD, lo que nos ayudará a establecer un modelo que refleje el comportamiento del T2 con relación a la dosis entregada en la región de bajas dosis, ampliando las aplicaciones de uso de gel dosimétrico. Esto se realizará mediante el uso de herramientas computacionales como simulaciones Monte Carlo (MC).

Session 5 / 43

Radioterapia en tratamientos de próstata mediante sistemas de planificación automáticos basados en el conocimiento.

David Miguel Pérez¹ ; Mario Martín Veganzones² ; Iban Conles Picos^{None} ; Sofia Pena Vaquero² ; Angel del Castillo³ ; Jesús M^a de Frutos⁴ ; Delfin Alonso⁵ ; Maria Ruiz Aznar⁶ ; Carlos Andrés Rodríguez² ; Manuel Agulla Otero² ; Antonio Enrique Hurtado Romero² ; Ricardo Torres Cabrera³ ; Raquel Barquero Sanz²

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

⁴ Baraja

⁵ H C Universitario de Valladolid

⁶ H. C. Universitario de Valladolid

Corresponding Author(s): dmiguel@saludcastillayleon.es

Introducción

A pesar de los avances de la radioterapia, la planificación del tratamiento, realizada fundamentalmente por los radiofísicos, sigue siendo actualmente un desafío. Con objeto de lograr planes clínicamente aceptables dicho proceso resulta en gran medida manual y requiere de varias secuencias iterativas mediante ensayos de prueba y error en los que se ajustan continua y manualmente los objetivos y pesos dosimétricos. Además, la calidad de dicha dosimetría depende en gran medida de la experiencia del planificador.

La planificación basada en el conocimiento consiste en el uso de modelos matemáticos predictivos aplicados a la planificación en radioterapia. El modelo se nutre de información de planes de tratamiento

existentes mediante un ajuste de las variables geométricas (propias de la anatomía del paciente) y las dosimétricas (extraídas de las planificaciones) para aplicar este conocimiento a los nuevos casos. El objetivo de este trabajo es emplear el software RapidPlan™ (Varian Medical Systems, Palo Alto, USA) para generar un modelo y con él planes clínicamente aceptables, así como comprobar la calidad de las dosimetrías y el posible ahorro de tiempo en comparación con la planificación convencional.

Material y método

El modelo empleado se ha basado en el tratamiento de 247 casos de próstata de bajo, medio y alto riesgo de los últimos 2 años, impartidos en el H. C. de Valladolid.

Para evaluar los planes se reoptimizarán las dosimetrías de 10 pacientes que no estaban incluidos en el modelo y cuya planificación fue realizada y aceptada por un radiofísico con experiencia. La técnica empleada fue la arcoterapia volumétrica y las dosis han sido evaluadas con el algoritmo Acuros 15.6.04 (Varian Medical Systems, Palo Alto, USA).

Se compararán las siguientes variables: Dosis máxima y media de la vejiga y el recto, índice de homogeneidad ($IH = D_{\text{máxima}}/D_{\text{mínima}}$) e índice de cobertura ($IC = \text{Volumen isodosis referencia} / \text{Volumen planificación}$).

Resultados y discusión

El tiempo de planificación ha disminuido de unos aproximados 90 minutos - tiempo estimado para una planificación promedio- a 7 minutos.

En todos los planes calculados con el modelo se ha producido una reducción de las dosis máximas en vejiga y recto en torno al 1.5% esto es especialmente importante pues está relacionado con la toxicidad severa de los tratamientos. Las dosis medias a los órganos de riesgo no han presentado grandes variaciones, su diferencia en ningún caso supera el 5%.

Existe una ganancia significativa en las homogeneidades de los planes pues en todos los casos mejoran, la ganancia promedio fue de un 2%. El índice de conformación no presenta, en promedio, un comportamiento distinto a la planificación original.

Conclusiones

En todos los casos el modelo proporciona dosimetrías clínicamente aceptables independientes de la experiencia del personal planificador con un gran ahorro de tiempo, una ganancia en homogeneidad y una reducción significativa de dosis a los órganos de riesgo.

Session 5 / 42

Seguimiento de pacientes con altas dosis en procedimientos intervencionistas

Carlos Andrés Rodríguez¹; Mario Martín Veganzones¹; Victor de la Llana Granja^{None}; Manuel Agulla Otero¹; Sofía Pena Vaquero¹; Antonio Enrique Hurtado Romero¹; David Miguel²; Iban Conles Picos^{None}; Angel del Castillo³; Delfín Alonso⁴; Jesús M^a de Frutos⁵; Ricardo Torres Cabrera¹

¹ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

² Hospital Clínico Universitario de Valladolid

³ Hospital Clínico Universitario de Valladolid

⁴ H C Universitario de Valladolid

⁵ Baraja

Corresponding Author(s): candresr@saludcastillayleon.es

Objetivo: Se muestra el seguimiento realizado en nuestro hospital a los pacientes que han sido sometidos a procedimientos de radiología intervencionista, de manera que, en caso de que se supere alguno de los umbrales recomendados por las sociedades científicas españolas, se realice un registro del mismo y se notifique al responsable de la intervención.

Material y Métodos: Se dispone de una aplicación propia que recoge los informes estructurados de dosis de cuatro salas dedicadas a cardiología intervencionista (3 hemodinámicas Philips Allura Clarity y una electrofisiología Siemens Artis Zee) y de un equipo dedicado a angiografía vascular (GE Innova IGS 540) desde mayo de 2020. De manera automática se analizan los parámetros dosimétricos de la intervención: Producto dosis-área (PDA), kerma en aire en el punto de referencia intervencionista y tiempo de fluoroscopia. En caso de que alguno de los valores superen los umbrales mostrados en la tabla 1, el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica realiza una evaluación y

se notifica al médico intervencionista responsable de la intervención para que evalúe la necesidad de realizar un seguimiento clínico del paciente por posibles lesiones de radiación.

Resultados y discusión: Desde la puesta en marcha del sistema de alertas, en los últimos siete meses se han revisado un total de 2528 intervenciones, de las cuales el 72% pertenecen a estudios de hemodinámica, 20% a angiografía vascular y 8% a electrofisiología.

El 1.7% de dichas intervenciones (un total de 43) superó en al menos un parámetro los umbrales de dosis, siendo 28 las intervenciones que superaron sólo uno de los parámetros (1.1%), 8 intervenciones superaron dos parámetros (0.3%) y 7 superaron los 3 criterios (0.3%). Dentro de las magnitudes, el tiempo fue el factor más limitante, ya que 34 intervenciones superaron el umbral de 60 minutos (1.3%). El PDA se superó en 17 intervenciones (0.7%) y la dosis en punto de referencia en 14 ocasiones (0.6%).

Por tipo de intervención, los estudios de angiografía vascular fueron, en proporción, los que más veces superaron los umbrales de dosis, con 13 intervenciones (2.5% del total de estudios de angiografía vascular). Los estudios de hemodinámica fueron, en total, 28 (1.5% del total de este tipo de intervenciones) y los de electrofisiología 2 (1.0% del total de este tipo de intervenciones).

Conclusiones: Se muestran las estadísticas del seguimiento de las dosis a paciente en radiología intervencionista de nuestro hospital. De las más de 2500 intervenciones realizadas en los siete meses que ha durado el estudio, apenas un 1.7% ha superado los valores umbrales de dosis altas. A pesar de ello, es importante detectar con premura dichas intervenciones para poder iniciar el seguimiento clínico del paciente con la mayor brevedad posible.

Session 3 / 10

Simultaneous imaging of hard and soft biological tissues in a low-field MRI scanner

José Miguel Algarín¹; Elena Díaz-Caballero²; Pepe Borreguero¹; Fernando Galve¹; Daniel Grau²; Juan Pablo Rigla²; Rubén Bosch¹; José Manuel González¹; Eduardo Pallás¹; Miguel Corberán¹; Carlos Gramage¹; Alfonso Ríos²; José María Benlloch¹; Joseba Alonso¹

¹ MRILab, I3M, CSIC and Universitat Politècnica de València Valencia

² Tesoro Imaging S.L.

Corresponding Author(s): josalggui@i3m.upv.es

INTRODUCTION

Here we present “DentMRI – Gen I” (Fig. 1(a)), a home-made special-purpose MRI scanner designed with the goal of demonstrating dental imaging at low field (260 mT). We use two variations of zero echo time (ZTE) pulse sequences (Fig. 1(b)): standard PETRA [1,2], and Double Radial Non Stop Spin Echo (DRaNSSE), which we have devised to address limitations we encounter with PETRA. We perform image reconstruction by Algebraic Reconstruction Techniques (ART, [3]).

METHODS

“DentMRI – Gen I” operates with a “C”-shaped permanent NdFeB magnet that provides 260 mT over a spherical region of 150 mm in diameter. The system is equipped with a gradient system capable of reaching strengths > 0.4 T/m along any spatial direction and a TxRx RF solenoid coil able to induce a flip angle of 90 degrees in a few microseconds.

RESULTS

Figure 2(c) contains selected slices from the full 3D ART reconstruction of a rabbit head employing a PETRA sequence with 0.5 mm isotropic resolution. We acquired two images: one with a short (90 μ s) dead time (Fig. 3(c) top) with a scan time of 61 minutes; and one with a long (1 ms) dead time (Fig. 2(c) middle) with a scan time of 31 minutes. The bottom image in Fig. 3(c) shows difference between both images to highlight hard tissues.

Figure 3 shows ART reconstructions slices from DRaNSSE (top) and PETRA (bottom) acquisitions. Images were acquired with 1 mm isotropic resolution with a total scan time of 30 (15) minutes for

DRaNSSE (PETRA). Due to the long echo time for the second echo (10 ms), tissue contrast is higher with DRaNSSE.

DISCUSSION/CONCLUSION

In the present work we have demonstrated the capability of our new low-cost “DentMRI – Gen I” scanner to simultaneously image hard and soft biological tissues; we have devised a new pulse sequence (DRaNSSE) that, compared to standard sequences such as PETRA, yields higher SNR images and enhanced tissue contrast.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the European Commission under Grants 737180 (FET-OPEN: HISTO-MRI) and 481 (ATTRACT: DentMRI). S. Aja-Fernández acknowledges Ministerio de Ciencia e Innovación of Spain for Research grant RTI2018-094569-B-I00

REFERENCES

- [1] M. Weiger, K. P. Pruessmann, A.-K. Bracher, S. Köhler, V. Lehmann, U. Wolfram, F. Hennel, and V. Rasche, “High-resolution ZTE imaging of human teeth,” *NMR in Biomedicine*, vol. 25, no. 10, pp. 1144–1151, oct 2012. [Online]. Available: <http://doi.wiley.com/10.1002/nbm.2783>
- [2] D. M. Grodzki, P. M. Jakob, and B. Heismann, “Ultrashort echo time imaging using pointwise encoding time reduction with radial acquisition (PETRA),” *Magnetic Resonance in Medicine*, vol. 67, no. 2, pp. 510–518, feb 2012.
- [3] R. M. Gower and P. Richtarik, “Randomized iterative methods for linear systems,” *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, vol. 36, no. 4, pp. 1660–1690, 2015.

Session 5 / 17

Study of sensibility for a new gamma-MRI compatible detector

Andrea Abril Fajardo¹ ; Luis agulles pedrós²

¹ *Universidad Javeriana y Universidad Nacional de Colombia*

² *Universidad nacional de Colombia*

Corresponding Author(s): ajabrif@unal.edu.co

Up today, hybrid nuclear medicine image systems basically integrate two techniques: X-ray based or MRI for anatomic images and PET for the functional ones 1. These systems need instrumentation susceptible to interfere with the MRI signal during the photon-charges conversion process in the photomultiplier or other similar detector techniques.

We propose a hybrid system whose main characteristic is that the gamma image is obtained directly by MRI [2,3] (patent pending).

The detector is based on a radiosensitive gel whose absorbed radiation produces polymerization changes. These changes are linearly dependent on T2 relaxation time [4] among other MRI parameters.

In this work, the features of the gamma detector gel are explored as hybrid image technique by GEANT4 Monte Carlo simulations, as well as the radiation process and statistical noise on radiation MRI images.

It is presented the preliminary designs using two different collimators, comparing the limits and optimal conditions of sensibility as a function of the absorbed dose and SNR in the MRI.

Finally, an experimental prototype for one-dimensional images is tested proving the viability of the previous simulations.

1 Andrew B. Rosenkrantz, Kent Friedman, Hersh Chandarana, et al. Current Status of Hybrid PET/MRI in Oncologic

Imaging American Journal of Roentgenology. 2016;206: pp 162-172.

[2] L. Agulles-Pedrós and A. Abril One dimensional spatial resolution optimization on a hybrid low field MRI-gamma

detector AIP Conference Proceedings (2016) 1753, 080020;

[3] A. Abril and L. Agulles-Pedrós 2D dose distribution images of a hybrid low field MRI- γ detector

AIP Conference
Proceedings (2016) 1753, 080012;
[4] C Baldock. Topical review: Polymer gel dosimetry, The Journal of Physics Medical Biology, 2010
Feb 11th; 55(5):
R1–R63.

Session 3 / 52

TERMOGRAFÍA INFRARROJA: TÉCNICA DE IMAGEN ÚTIL EN PEDIATRÍA

Author(s): Olga Benavent Casanova¹

Co-author(s): José Ignacio Priego Quesada ² ; Rosario Salvador Palmer ² ; Rosa M Cibrian ² ; Francisco Núñez Gómez ³

¹ *Departamento de Salud de la Ribera*

² *Universitat de València*

³ *Hospital Clínico Universitario de Valencia*

Corresponding Author(s): olbeca@alumni.uv.es

Introducción y objetivo

La Termografía Infrarroja, permite registrar el mapa de temperaturas de la piel, de manera inocua, rápida y sin contacto con el paciente. Detecta las asimetrías que se producen en la microcirculación cutánea cuando existen procesos inflamatorios, infecciosos, vasculares...que alteran su distribución. Por estas razones, su uso resultaría especialmente útil en población pediátrica, y en patologías que alteran la vascularización periférica. El objetivo de este trabajo es realizar una correlación descriptiva entre las imágenes obtenidas mediante técnicas convencionales y mediante Termografía Infrarroja en diferentes patologías pediátricas.

Material y métodos

Se realizó un estudio prospectivo descriptivo en 6 niños (2 anomalías vasculares, 2 complicaciones de catéteres y 2 óseas) atendidos en el Hospital Clínico Universitario de Valencia. Se realizaron los controles rutinarios y las técnicas de imagen convencionales cuando estaban indicadas, y además se complementó la valoración con imágenes termográficas. El registro de las imágenes termográficas se realizó con cámara Flir E60, siguiendo el protocolo estándar, adaptado a población pediátrica. Los parámetros termográficos fueron: emisividad: 0,98, distancia: 1 metro, temperatura ambiente: 24°C y humedad ambiente: 50%. El análisis de las imágenes se realizó con el programa ThermaCAMResearcher Pro 2.10, determinando temperatura media (TM), máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}) de las regiones de interés (ROIs): zona afecta, sana y referencia (frente). Se realizó valoración cualitativa de las imágenes termográficas y cuantitativa, mediante el cálculo de un Índice Térmico ((IT= (TM ROIafecta – TM ROI sana/TM frente) x 100)

Resultados

En las imágenes termográficas se apreció cualitativamente y cuantitativamente (IT) asimetría térmica entre la zona patológica y la contralateral sana, mayor al diagnóstico que tras la administración de tratamiento, cuando la evolución fue favorable. Las imágenes termográficas se correlacionaron con las pruebas complementarias rutinarias y con la evolución clínica del paciente. Ejemplos de hemangioma infantil en Figura 1 y de celulitis de catéter de derivación ventrículo-peritoneal en Figura 2.

Conclusiones

La Termografía Infrarroja aporta información relevante para el diagnóstico y seguimiento de pacientes pediátricos con patologías que alteran la vascularización periférica, ya que es capaz de identificar incluso hallazgos que pasan inadvertidos en la exploración clínica, y detectar cambios en la microcirculación cutánea no detectables mediante pruebas convencionales.

1

Terapia Haces Protones e Iones. Visión-Indicaciones Clínicas. Presente-Perspectivas Futuras.

Corresponding Author(s):

Session 2 / 9

The challenge of dosimetry in Flash Radiotherapy

Faustino Gomez Rodriguez¹ ; Jose Paz Martin² ; Diego M Gonzalez-Castaño³ ; Nicolás Gómez Fernández² ; Juan Pardo-Montero⁴ ; Araceli Gago-Arias⁵ ; Celeste Fleta⁶ ; Andreas Schüeller⁷ ; Alexandra Bourgoïn⁷

¹ *Univresidad de Santiago*

² *Universidad de Santiago*

³ *Universidad de santiago*

⁴ *Instituto de Investigación Sanitaria*

⁵ *Instituto de Investigación Sanitaria*

⁶ *CSIC*

⁷ *PTB*

Corresponding Author(s): faustino.gomez@usc.es

Flash radiotherapy (FLASH-RT) is a new delivery mode for radiation therapy using very high instantaneous dose rate with pulsed radiation beams. Even from around 1960 there were indications that the delivery of the ionizing radiation dose in ultra-short pulses could improve the therapeutic window respect to standard radiotherapy. During last years there is a growing interest in the clinical community about FLASH-RT due to the evidence of lower toxicity in healthy tissue keeping a similar tumour control probability (TCP) than conventional radiotherapy. In this way the so called FLASH effect would provide a new radiotherapy delivery mode with lower side effects allowing more aggressive strategies for tumour treatment. FLASH effect has been observed with photon and proton beams but usually most of the studies have been performed with electron beams. Although in most clinical facilities the achievable electron energies are below 20 MeV, the use of higher beam energies, even over 100 MeV, can extend the use of these modalities to deep seated tumours and boost its clinical use.

With instantaneous dose rates exceeding 10^6 Gy/s, FLASH-RT represents a challenge for current dosimetry standards. The European Joint Research Project UHdpulse – “Metrology for advanced radiotherapy using particle beams with ultra-high pulse dose rates” is an international collaboration with the objective of studying this challenge providing metrological methods for dosimetry in FLASH-RT and trying to develop Code of Practice for this radiotherapy modality.

Different primary standards are considered for this new delivery modality, such as Fricke dosimetry or graphite calorimetry. For the secondary standards the project considers solutions based on ionization chambers, silicon and diamond devices or other custom solutions for the dosimetry. Air ionization chambers are the most used secondary standards for dosimetry worldwide. Unfortunately for these detectors the saturation correction factor can differ substantially from unity reaching values even above 10 for some high dose per pulse deliveries. The problem of ion volume recombination that arises both from the high charge carrier densities produced by the ionizing beam and the electric field perturbation of the chambers lead to an unreliable operation of these standards, One of the options to overcome this problem is the use of ultra-thin air ionization chambers, with the corresponding assembly challenge and added effects such as electron multiplication in high electric field. We will present some results on the simulation and measurement with some commercial and custom built chambers. The effort conducted under the collaboration will contribute to a better dosimetry understanding also at intermediate dose rate modalities such as Intra Operative Radiotherapy.

Session 1 / 31

Towards a detailed simulation of the physics underlying hadrontherapy: from beam propagation to biodamage on the nanoscale

Pablo de Vera¹; Paolo Trevisanutto²; Stefano Simonucci³; Simone Taioli²; Maurizio Dapor²; Rafael Garcia-Molina⁴; Isabel Abril⁵

¹ *European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT*, Trento)*

² *European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT*)*

³ *School of Science and Technology, University of Camerino, Italy*

⁴ *Departamento de Física - Centro de Investigación en Óptica y Nanofísica, Universidad de Murcia, Murcia, Spain*

⁵ *Departament de Física Aplicada, Universitat d'Alacant, Alacant, Spain*

Corresponding Author(s): pdeveragomis@ectstar.eu

Although the use of ion beams in cancer therapy has experienced a significant progress in the last decades, it is still needed to gain further basic knowledge on the physical processes underlying hadrontherapy in order to better understand and improve it [1]. These involve different space, time and energy scales, spanning from the macroscopic propagation of the ion beam (with the subsequent generation and transport of secondary electrons on the micro- and nanoscale) to the clustered damage of the sensitive biomolecules such as DNA by different types of interactions.

In recent years we have developed models for the computer simulation of the physical phenomena behind hadrontherapy. First, a dielectric response model for obtaining reliable electronic excitation and ionisation cross sections for ion beams in complex condensed-phase biomaterials was introduced, producing accurate energy and angular distributions of secondary electrons [2,3]. This allows the precise simulation of ions propagation through biologically relevant materials and to assess the electron production along their trajectories by using the SEICS (Simulation of Energetic Ions and Clusters through Solids) code [4].

This model has been extended to electron impact by introducing exchange and low-energy corrections [5,6], yielding excitation and ionisation cross sections in liquid water, DNA molecular components and other biomaterials in excellent agreement with experiments. These cross sections permit detailed simulations of the transport of secondary electrons in realistic biomaterials with the SEED (Secondary Electron Energy Deposition) code [7], which has been used to assess how the relevant physical interactions (excitation, ionisation and dissociative electron attachment –DEA–) contribute to the generation of complex DNA damage for carbon ions in liquid water in a wide energy range [8]. While ionisations sum up ~70% of the complex biodamage and excitations contribute around 20-25%, DEA (a process usually regarded as very relevant) only accounts for 5-10%. These results are important for the improvement of nanodosimetry, in which only ionisations can be currently measured in experimental setups.

1 *Nanoscale Insights into Ion-Beam Cancer Therapy*, ed. A. V. Solov'yov, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2017.

[2] P. de Vera, R. Garcia-Molina, I. Abril, A. V. Solov'yov, *Phys. Rev. Lett.* 110 (2013) 148104

[3] P. de Vera, R. Garcia-Molina, I. Abril, *Phys. Rev. Lett.* 114 (2015) 018101

[4] P. de Vera, I. Abril, R. Garcia-Molina, *Rad. Res.* 190 (2018) 282

[5] P. de Vera, R. Garcia-Molina, *J. Phys. Chem. C* 123 (2019) 2075

[6] P. de Vera, I. Abril, R. Garcia-Molina, *Phys. Chem. Chem. Phys.* (2020, in press). [aXiv:2009.09267v1](https://arxiv.org/abs/2009.09267v1) [physics.chem-ph]

[7] M. Dapor, I. Abril, P. de Vera, R. Garcia-Molina, *Phys. Rev. B* 96 (2017) 064113

[8] S. Taioli, P. E. Trevisanutto, P. de Vera, S. Simonucci, I. Abril, R. Garcia-Molina, M. Dapor (2020, submitted). [arXiv:2010.02366v1](https://arxiv.org/abs/2010.02366v1) [physics.bio-ph]

Session 1 / 26

UNDERSTANDING THE TRANSITION TO FLASH: THE NEXT REVOLUTION IN THE TREATMENT OF CANCER**Author(s):** Andrea Espinosa Rodríguez¹**Co-author(s):** Daniel Sanchez Parcerisa ¹ ; Paula Ibáñez García ¹ ; Víctor Valladolid Onecha ; AMAIA VILLA ABAUNZA ² ; Samuel España ³ ; Jose Udias ¹ ; Luis Mario Fraile ¹¹ *Universidad Complutense de Madrid*² *Grupo de física nuclear, Facultad de Físicas. Universidad Complutense - CEI Moncloa, E-28040 Madrid, Spain*³ *Ghent University***Corresponding Author(s):** andreaespinosa_95@hotmail.com

During the last years, ultrahigh dose irradiation (≥ 40 Gy/s), also known as FLASH-RT, has emerged as a revolutionary technique with the potential to change the current radiotherapy paradigm. Compared to conventional dose rate radiotherapy (CONV-RT), it spares normal tissue while keeping an equivalent or superior tumoricidal effect. In vitro and in vivo studies have shown that oxygen plays a key role in the FLASH effect. However, although several hypotheses have been proposed, the exact mechanism behind this process is still far to be well understood. Since experimental data is scarce, simulations of the radiolysis of water in oxygenated conditions at ultra-high dose irradiation can shed some light on this issue.

In this work, we present a new simulation framework aiming to study dose rate effects in the production of radical species in water and biological media. The physical stage is simulated using the Monte Carlo track structure code TOPAS-nBio whereas the chemical stage is based on a nonlinear reaction-diffusion model implemented in GPU. This approach allows to consider the oxygen and other substances explicitly without compromising the global computational time of the simulation. To cover the biological stage simulations are extended over a longer period ($\sim 10^2$ s) assuming a homogeneous distribution of radicals.

We found a good agreement between our simulations and the previous experimental data and calculations available in the literature. The results obtained in organic matter media support the theory of enhanced radical recombination rather than transient radiolytic oxygen consumption as the main driver to the FLASH effect. Finally, the influence of other key beam parameters for inducing the FLASH have been tested in the simulations and the variation of the NTCP is presented for different intrapulse dose rate and pulse frequency configurations, which are relevant in the clinical scenario.

Welcome / 61

Vicerrectora de Innovación y Transferencia de la Universitat de València.**Corresponding Author(s):**

23

X-COV - ANÁLISIS DE RADIOGRAFÍAS DE PACIENTES DE COVID-19 CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL**Corresponding Author(s):** herraiz@nuclear.fis.ucm.es

La actual crisis sanitaria global ha impulsado la investigación y desarrollo de numerosos proyectos de salud basados en inteligencia artificial (IA). El proyecto X-COV está desarrollando una herramienta

de análisis de radiografías de tórax basado en IA para la detección y evaluación del progreso de pacientes de COVID-19. El modelo ha sido entrenado con miles de radiografías en formato DICOM y datos de repositorios públicos y de hospitales colaboradores. En esta presentación se mostrará la implementación realizada, los buenos resultados obtenidos, así como los retos que se presentan para el uso de la IA en la práctica clínica.

Session 2 / 53

X-ray irradiator design and optimization study

Author(s): Amaia Villa Abaunza¹

Co-author(s): Paula Ibáñez¹ ; José Manuel Udías¹ ; Andrea Espinosa¹

¹ UCM

Corresponding Author(s): amavil01@ucm.es

Authors: A. Villa-Abaunza, P. Ibáñez, A. Espinosa and JM Udías

Introduction. As radiation research and cancer biology reach new horizons, the need for improved pre-clinical methodology has become paramount. In this work, we are interested in designing an x-ray based irradiator for small animals and cells, which is able to deliver a dose rate of 1 Gy/min. To do this, some measurements and Monte Carlo (MC) simulations have been performed to characterize different elements of the device.

Materials and methods. On the one hand, a detailed characterization of different x-ray generators has been performed in order to select the optimal beam parameters for our irradiator. Absolute dose measurements with EBT2 Gafchromic films have been performed in 3 x-ray tubes [2-4]. Different voltages and beam intensities were studied. On the other hand, a shielding study has been done. We calculated the lead shielding required for our device so that the irradiations could be done in a controlled area (< 3 uSv/h). 150 and 250 kV beam voltages have been simulated and the worst-case scenario with no object and all the x-rays exiting the beam impacting directly on the lead wall was considered. The animal has been defined as a water cylinder in the MC simulations to calculate an estimation of the dose distribution.

Results. Dose estimations were done defining a water cylinder at 20 cm from the source. At this distance the area of the object exposed to radiation has a diameter of 8 cm, and an average dose of 1 Gy/min is delivered operating with 150 kV and 200 W and with 250 kV the needed power decreases to 150 W. The thickness of the lead walls needed to operate in a controlled area with the mentioned tube voltages were found to be of 4 mm and 9 mm, respectively. With these thicknesses, the leakage doses are 0.53 and 2.34 uSv/h [figure 1], leading to a maximum dose rate delivery of 5.62 and 1.28 Gy/min.

Conclusions. According to the results of this study, an x-ray-based irradiator could deliver about 1 Gy/min at 20 cm distance with 150 kV@200 W with a lead shielding of 4 mm, or with 250 kV@150 KW with 9 mm lead shielding. The lead shielding for 150 kV would be about 2 times less expensive, but it would require higher power increasing the heating of the anode. To reach a dose rate of 1 Gy/min in the animal it would be necessary to operate in a controlled area, as in both cases (150 kV, 4mm Pb and 250 kV, 9 mm Pb) the leakage dose was found to be higher than 0.5 uSv/h [table 1].

1 Martišíková M, Jäkel O. Gafchromic® EBT films for ion dosimetry. Radiation measurements. 2010 Dec 1;45(10):1268-70.

[2] Toshiba electron tubes & devices. Technical data Rotanode E7252X. samedelektronik.com. <http://www.samedelektronik.com>

[3] Toshiba electron tubes & devices. Product information Rotanode E7869X. skphotoray.co.kr <http://www.skphotoray.co.kr/dat>

[4] Thermo Scientific (2011). PXS10 microfocuss High-resolution Microfocuss x-ray source 130 kV. assets.thermofisher.com <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Specification-Sheets/D20505~.pdf>