

Información de interrupciones en el calendario de radioterapia con Mosaik

Information on radiotherapy schedule interruptions using Mosaik

Benigno Barbés Fernández*, Lorena del Carmen Hernández Solano

Servicio de Oncología Radioterápica, IMED Murcia.

Fecha de Recepción: 08/04/2022 - Fecha de Aceptación: 22/09/2022

Se presenta una metodología para obtener automáticamente de una base de datos de un sistema de información oncológica la información necesaria para realizar un seguimiento de interrupciones en los tratamientos de radioterapia, de una manera rápida y fiable.

Palabras clave: Gestión de interrupciones, sistema de información oncológico, calendario de radioterapia.

A methodology is presented to get automatically from the database of an oncologic information system, those data that are needed to monitor interruptions in radiotherapy treatments, on a quick and reliable way.

Key words: Interruption management, oncologic information system, radiotherapy schedule.

Introducción

Por lo general, las células cancerígenas son más sensibles que las sanas a las radiaciones ionizantes, lo que hace que tengan menor capacidad de recuperación al cesar la irradiación. Por eso, es habitual en radioterapia fraccionar los tratamientos en varios días, introduciendo intervalos suficientemente largos como para permitir la recuperación del tejido sano, pero no para permitir la repoblación de células cancerígenas.¹⁻³ Idealmente, un tratamiento curativo no debería ser interrumpido, y si las interrupciones son inevitables,^{4,5} es preciso estudiar cómo compensar su efecto.⁶⁻⁸ Existe abundante bibliografía sobre el efecto biológico de las interrupciones, en amplias cohortes de pacientes y para las distintas patologías.^{5,9-16}

La puesta en práctica en un hospital de un sistema de compensación de interrupciones en los tratamientos¹⁷ requiere tres elementos:

- técnicas de compensación: tratar fines de semana, impartir dos sesiones por día, o emplear modelos de respuesta biológica³ para modificar el número de fracciones o la dosis por sesión en todas o alguna de las fracciones;

- recursos para llevar a cabo las compensaciones: disponibilidad de máquina y de personal de radioterapia;
- un método factible y fiable para detectar las interrupciones: preferiblemente automático, de modo que no haya que dedicar tiempo a la obtención de los datos y se minimice la posibilidad de errores humanos.

Todos los servicios de radioterapia han de emplear un programa para la gestión de información (*oncologic information system*, OIS), que incluye una base de datos para gestionar los tratamientos de los pacientes¹⁸ y para realizar la grabación y verificación de los tratamientos (*record and verify*, R&V). Aunque estos programas ayudan a realizar numerosas tareas de gestión de recursos, no implementan soluciones específicas para el control de interrupciones de los pacientes.

En este trabajo se expone cómo se pueden obtener de un sistema de información oncológica concreto los datos relativos a interrupciones de tratamiento, y su posterior análisis en un programa externo, para poder evaluar y prever las posibles compensaciones en dichos tratamientos.

*Correspondencia: bbarbes@unav.es

Material y métodos

El sistema de información oncológico *Mosaiq*^{*} (IMPAC Medical System Inc., CA, USA) permite obtener un listado de anomalías en el calendario de tratamiento de los pacientes, que posteriormente es analizado con un programa externo. En concreto:

- pacientes que no han recibido el tratamiento previsto más de dos días, independientemente del motivo: problemas de salud, cambios en el plan de tratamiento, problemas de transporte, o paradas de máquina previstas o imprevistas;
- pacientes que no se han tratado en los dos días anteriores al informe: en realidad es el mismo caso que el anterior, pero para el programa es un criterio diferente, y permite investigar la causa por la que el paciente está faltando al tratamiento: enfermedad, finalización por orden médica, que el paciente no haya entendido la importancia de acudir, etc.;
- previsión de interrupciones futuras por eventos previstos (paradas programadas, festivos o fines de semana);
- pacientes que ya han recibido alguna sesión más como compensación.

Recogida de datos de la base de datos SQL de *Mosaiq*

Se realiza una búsqueda automática (*query*) de la base de datos de *Mosaiq*¹⁹ (versión 2.64) en lenguaje SQL, para obtener un listado con los datos necesarios para realizar el estudio de interrupciones. Por política de seguridad informática en nuestro hospital, esa operación se realiza directamente en el servidor de SQL de *Mosaiq*, que genera una tabla que luego se transfiere en modo texto (csv) a otro ordenador. Con el permiso del administrador de la red informática, se puede realizar esa consulta desde el ordenador externo[†] y elaborar una aplicación integrada.

La tabla base es *DoseSummarySnapshot* (DSN), en la que se va almacenando cada “evento” ocurrido en el curso del tratamiento: inicio, fracción de tratamiento o fin de tratamiento. En la tabla también se almacenan otros eventos sin repercusión a efectos dosimétricos: consultas con el médico, simulación, fracciones canceladas, etc. Se emplean otras cinco tablas de las que se extraen otros datos necesarios para el listado o para los filtros. En la fig. 1 se presenta un esquema de los campos que empleados de cada tabla.

A continuación, se presenta una breve explicación del contenido de los campos usados. Algunos aparecen en el listado, y otros se emplean para filtrar, pero no contienen información de interés.

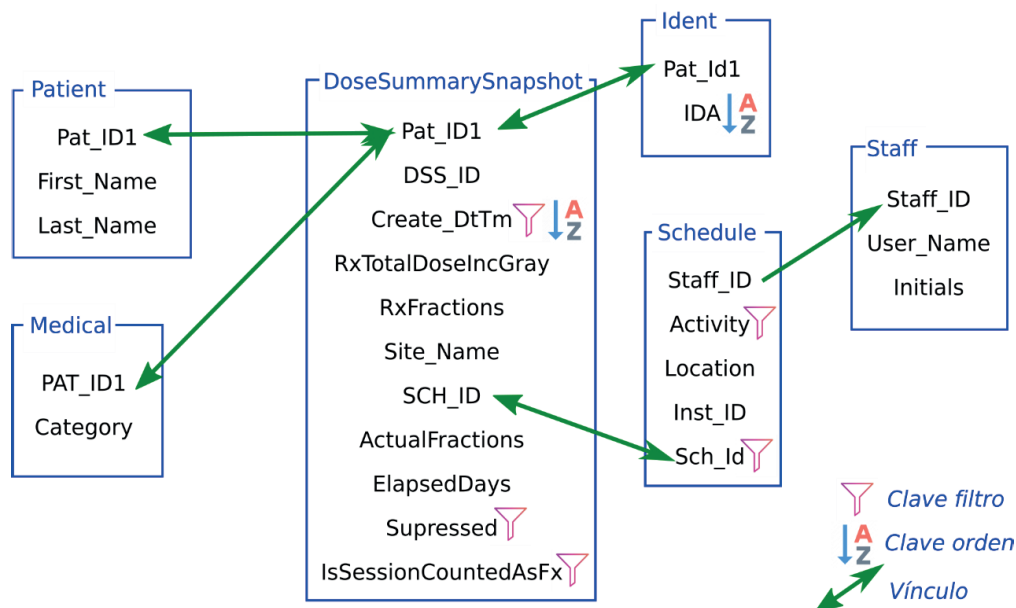


Fig. 1. Esquema de los campos que se emplean de cada tabla. Se señalan los vínculos que relacionan las diferentes tablas, y los campos que se emplean para filtrar y para ordenar.

^{*} El listado de campos de *Mosaiq*¹⁹ es un documento confidencial que ha de ser solicitado directamente a *Elekta*.

[†] Por ejemplo, empleando la librería *mosaiq* de *pymedphys*, <https://docs.pymedphys.com/lib/ref/mosaiq.html>

Campos que aparecen en el listado

<i>Ident.IDA</i>	Número de Historia Clínica (NHC) en el centro hospitalario
<i>DSN.Pat_ID1</i>	Clave única en Mosaic para identificar al paciente
<i>DSN.DSS_ID</i>	Clave única en Mosaic para identificar el tratamiento
<i>Patient.Last_Name</i>	Apellidos del paciente
<i>Patient.First_Name</i>	Nombre del paciente
<i>Schedule.Activity</i>	Clave del tipo de evento de tratamiento [‡]
<i>Staff.User_Name</i>	Abreviatura del médico responsable
<i>Medical.Category</i>	Tipo genérico de tumor
<i>DSN.Create_DtTm</i>	Fecha del evento de tratamiento
<i>Staff.Initials</i>	Abreviatura de la máquina de tratamiento
<i>DSN.RxTotalDoseIncGray</i>	Dosis total prescrita, en cGy
<i>DSN. RxFractions</i>	Fracciones previstas
<i>DSN.Site_Name</i>	Nombre del sitio o prescripción de tratamiento
<i>DSN.ActualFractions</i>	Número de fracciones que lleva dadas
<i>DSN.ElapsedDays</i>	Número de días naturales transcurridos

Campos que no aparecen en el listado

<i>Schedule.Inst_ID</i>	Clave de la sede del hospital (para centros con varias sedes)
<i>DSN. IsSessionCountedAsFx</i>	Si una entrada de la tabla DSN se cuenta o no como fracción
<i>DSN. Suppressed</i>	Fracciones suprimidas

[‡] Esos tipos de evento son definidos por el usuario. En nuestro caso se emplean inicio, fin y tratamiento, que son los únicos que pueden suponer dosis administrada al paciente. En nuestro hospital se emplean otros como consulta con médico, enfermera o dietista, tomografía de planificación, contorno, planificación, revisión del plan, etc.

El listado se restringe a eventos ocurridos en los últimos 100 días, que hayan supuesto una fracción de tratamiento: no los cancelados ni los que se refieren a otras actividades. Además, solo se tiene en cuenta los ocurridos en nuestro centro, y no otros centros que comparten la misma base de datos *Mosaic*.

Análisis de los datos con un programa externo

Se ha programado un proceso en Python (3.x) para analizar los datos del listado en SQL*. El esquema es el siguiente.

- Hace una lista de NHC, clave única para cada paciente. Añade los datos demográficos.
- Para cada NHC, localiza los eventos de comienzo de tratamiento: puede haber más de uno si hay varios tratamientos simultáneos. De ellos se obtiene la "localización" (es decir, el nombre que se le da al tratamiento, que proviene de *DSN.Site_Name*), tipo de tumor, dosis total y número de fracciones.

* Los autores no tienen inconveniente en compartir los programas que han desarrollado, ni en colaborar a la adaptación para otros centros.

- Para cada NHC y localización, selecciona el último evento de tratamiento en orden cronológico. De allí obtiene el número de fracciones dadas y el número de días naturales transcurridos.
- Con esos datos, el programa calcula el retraso que lleva ese tratamiento con respecto a un plan ideal en el que no hubiera más interrupciones que los fines de semana. Calcula además el número de días transcurridos desde el último tratamiento hasta el día presente.
- Busca en un archivo si hay algún comentario anterior con respecto a ese tratamiento y, si es así, lo añade.
- Por último, selecciona los pacientes que cumplan una de estas cinco condiciones:
 - Llevan más de dos días de retraso
 - Se prevé que terminarán con más de dos días de retraso por fines de semana o festivos adicionales
 - No han recibido todas las sesiones de tratamiento, pero ha transcurrido más de dos días desde la última fracción de tratamiento.
 - Han recibido doble sesión en un día.
 - Se ha programado un tratamiento que incluye un fin de semana adicional. Por ejemplo, un

tratamiento en 15 fracciones que no empiezan en lunes, se interrumpe tres -no dos- fines de semana.

Metodología adoptada en nuestro hospital

Un día a la semana, se obtiene el listado de pacientes con discontinuidad en formato de hoja de cálculo: todo el proceso lleva unos dos minutos. El listado contiene:

- Datos demográficos: nombre, apellidos, número de historia clínica
- Datos de la prescripción: número de identidad de la prescripción (clave interna de *Mosaiq*), nombre de la prescripción, localización, dosis total, número de fracciones, médico responsable.
- Datos del tratamiento: fecha de comienzo, fecha de la última fracción, número de días de tratamiento, número de fracciones impartidas, días naturales que lleva de tratamiento.
- Datos de interrupciones: número de interrupciones actuales y número que se prevén al final del tratamiento por festivos o fines de semana adicionales.
- Un campo “estado”, que el programa rellena automáticamente, con algunos comentarios: completado, probable abandono del tratamiento, fines de semana sin optimizar, etc.
- Un campo “comentarios” con anotaciones que se han tomado en búsquedas anteriores: si el médico ha decidido compensar o no, técnica que se seguirá para compensar, motivos de interrupción del tratamiento, etc.

Se pasa el informe al encargado de calidad del servicio (en nuestro caso, personal de enfermería) que, después de consultar con los oncólogos responsables y especialistas en radiofísica hospitalaria, devuelve por escrito los comentarios oportunos: dar una sesión de más uno de los días, añadir una sesión al final del tratamiento, no tomar medidas si no aumentan las interrupciones, etc. Esos comentarios se almacenan en un fichero para que el programa los incluya en los próximos listados.

Dadas las características de nuestro centro, que dispone de dos aceleradores lineales intercambiables, que tratan en torno a 60-80 pacientes al día, y con capacidad para tratar a todos los pacientes durante las averías o mantenimientos de una máquina, es habitual encontrar tres o cuatro casos de interrupciones cada semana y hasta 10 en torno a los días festivos. El modo habitual de compensar en nuestro centro es administrar dos fracciones en viernes, por lo que, previendo los casos con antelación, se puede ajustar la agenda de las máquinas para incluir esas sesiones. En algunos

casos, estudiada la dosimetría de órganos de riesgo del paciente, se ha aumentado el número de fracciones al final de acuerdo con consideraciones radiobiológicas contrastadas.³

Resultados

A modo de prueba, se ha empleado el método para analizar de forma retrospectiva los 885 pacientes del último año. Se detectaron 25 pacientes que finalizaron el tratamiento sin completarlo, 6 que no pudieron ser compensados por su estado crítico, y 8 que fueron compensados: 6 tratando dos veces al día y 2 añadiendo una fracción al final. El resto no requerían compensación.

Conclusión

El método descrito ha sido implementado en nuestro centro, permitiendo así una mejor gestión de las interrupciones de tratamiento, sin requerir un gran consumo de tiempo.

Aunque el método expuesto aquí no está enfocado al análisis de las causas de las interrupciones, también podría incluirse dicha información.

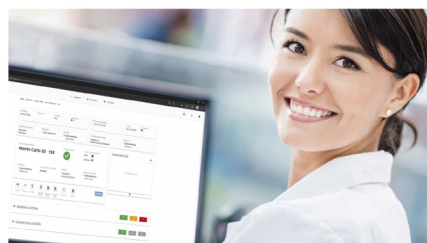
Bibliografía

1. Rew DA, Wilson GD. Cell production rates in human tissues and tumours and their significance. Part II: clinical data. *Eur J Surg Oncol*. 2000;26(4):405-17. doi:10.1053/EJSO.1999.0907
2. Harari PM, Fowler JF. Idealized versus realized overall treatment times. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1994;29(1):209-11. doi:10.1016/0360-3016(94)90249-6
3. Guirado Llorente D, Brosed Serreta A. *Fundamentos de Física Médica*, Vol. 8. ADI; 2016. <http://www.auladoc.com>
4. James NJ, Robertson G, Squire CJ, et al. A national audit of radiotherapy in head and neck cancer. *Clin Oncol*. 2003;15(2):41-6. doi:10.1053/clon.2002.0198
5. James ND, Williams M V., Summers ET, Jones K, Cottier B. The management of interruptions to radiotherapy in head and neck cancer: an audit of the effectiveness of national guidelines. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2008;20(8):599-605. doi:10.1016/J.CLON.2008.05.003
6. Hendry JH, Bentzen SM, Dale RG, et al. A modelled comparison of the effects of using different ways to compensate for missed treatment days in radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 1996;8(5):297-307. doi:10.1016/S0936-6555(05)80715-0
7. The Royal College of Radiologists. *The timely delivery of radical radiotherapy: guidelines for the management of unscheduled treatment interruptions*, fourth edition. 2019;(January):1-39. www.rccr.ac.uk
8. Bese NS, Hendry J, Jeremic B. Effects of Prolongation of Overall Treatment Time Due To Unplanned Interruptions

- During Radiotherapy of Different Tumor Sites and Practical Methods for Compensation. *Int J Radiat Oncol*. 2007;68(3):654-61. doi:10.1016/J.IJROBP.2007.03.010
9. Hendry JH, Roberts SA, Slevin NJ, Keane TJ, Barton MB, Ågren-Cronqvist A. Influence of radiotherapy treatment time on control of laryngeal cancer: comparisons between centres in Manchester, UK and Toronto, Canada. *Radiother Oncol*. 1994;31(1):14-22. doi:10.1016/0167-8140(94)90409-X
 10. Van den Bogaert W, Van der Leest A, Rijnders A, Delaere P, Thames H, van der Schueren E. Does tumor control decrease by prolonging overall treatment time or interrupting treatment in laryngeal cancer? *Radiother Oncol*. 1995;36(3):177-82. doi:10.1016/0167-8140(95)01597-A
 11. Delaloye JF, Coucke PA, Pampallona S, De Grandi P. Effect of total treatment time on event-free survival in carcinoma of the cervix. *Gynecol Oncol*. 1996;60(1):42-8. doi:10.1006/GYNO.1996.0009
 12. Machtay M, Hsu C, Komaki R, et al. Effect of overall treatment time on outcomes after concurrent chemoradiation for locally advanced non-small-cell lung carcinoma: Analysis of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2005;63(3):667-71. doi:10.1016/J.IJROBP.2005.03.037
 13. Stuschke M, Pöttgen C. Localized small-cell lung cancer: which type of thoracic radiotherapy and which time schedule. *Lung Cancer*. 2004;45 Suppl 2(SUPPL. 2). doi:10.1016/J.LUNGCAN.2004.07.981
 14. Nishimura Y, Ono K, Tsutsui K, et al. Esophageal cancer treated with radiotherapy: impact of total treatment time and fractionation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1994;30(5):1099-105. doi:10.1016/0360-3016(94)90315-8
 15. DelCharco JO, Bolek TW, McCollough WM, et al. Medulloblastoma: time-dose relationship based on a 30-year review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1998;42(1):147-54. doi:10.1016/S0360-3016(98)00197-7
 16. Ben-Josef E, Moughan J, Ajani JA, et al. Impact of overall treatment time on survival and local control in patients with anal cancer: A pooled data analysis of radiation therapy oncology group trials 87-04 and 98-11. *J Clin Oncol*. 2010;28(34):5061-6. doi:10.1200/JCO.2010.29.1351
 17. de la Vega JM, Ríos B, del Río JT, Guerrero R, Castillo I, Guirado D. Management of interruptions to fractionated radiotherapy treatments: Four and a half years of experience. *Phys Medica*. 2016;32(12):1551-8. doi:10.1016/j.ejmp.2016.11.108
 18. European Council Directive 2013/59/Euratom on basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Published online 2014:57:1-73.
 19. Elekta (Proprietary/Confidential). Mosaic 2.64 External - Tables Data Dictionary. Published online 2017.

VERIQA - The Modular Software Platform

For comprehensive Patient QA



Treatment plan visualization
VERIQA module RT View



Treatment plan evaluation
VERIQA module RT Evaluate



Pre-treatment verification
VERIQA module RT MonteCarlo 3D



Pre-treatment and in vivo verification
VERIQA module RT EPID 3D

Your advantages

- ▶ One platform: From visualization and evaluation to verification and reporting. All in one modular platform, built on future-proof client-server architecture
- ▶ Take your workflow efficiency to a next level and automate your processes
- ▶ Track and analyse your results with the automated integration of Track-it
- ▶ Clinically proven, independent 3D dose verification tools and calculation algorithms for reliable results, independent of treatment complexity

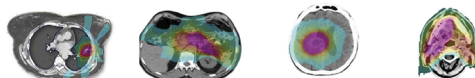


VERIQA RT MonteCarlo 3D

3D dose calculation with SciMoCa. Accurate. Fast. Automated.



Discover VERIQA RT MonteCarlo 3D



	LUNG SBRT	Pancreas	Brain	Head and neck
	3D / 7 beams 6 MV FFF	VMAT / 2 arcs / 180 CP ¹ 6 MV - SIB ²	VMAT / 1arc / 90 CP ¹ 6 MV FFF	VMAT / 2arc / 180 CP ¹ 6 MV - SIB ²
PTV volume	46.45 cm ³	589.26 cm ³	264.48 cm ³	907.74 cm ³
Dose grid size	3 x 3 x 3 mm	3 x 3 x 3 mm	2 x 2 x 2 mm	2 x 2 x 2 mm
MC accuracy	1 %	1 %	0.5 %	0.5 %
Calculation time	12 sec	30 sec	46 sec	246 sec

Calculated on a dual 12-core Intel Xeon Silver 4214 2.2 GHz server with hyperthreading (48 logical cores).

Your advantages

- ▶ Monte Carlo simulations are the most accurate method for dose calculation in radiotherapy treatment planning. With its ability to simulate the physics of photons and charged particles transport through matter, Monte Carlo can accurately compute the dose under almost any circumstances
- ▶ VERIQA RT MonteCarlo 3D comes pre-installed on a powerful server, allowing for high-speed dose computations. Calculation results are available in less than 2 minutes
- ▶ Due to its specific beam modelling process, which is based on water phantom measurements, VERIQA RT MonteCarlo 3D performs truly independent dose calculations for a reliable secondary plan check



VERIQA RT EPID 3D

True EPID dosimetry. Pre-treatment. In vivo. Fully automated.



Discover VERIQA RT EPID 3D

Advanced 3D back-projection approach

* For simplicity, the comparison of forward-projection and back-projection approach is explained using the example of in vivo EPID dosimetry. However, the same concept holds true for EPID-based pre-treatment dosimetry.

Forward approach*

Current standard of commercial products



Treatment plan is used to predict EPID images. Measured EPID images are compared against predicted EPID images.

Back-projection approach*

Used in VERIQA RT EPID 3D



EPID measured dose is back-projected into patient. Dose is reconstructed in patient anatomy and compared against planned dose.

Comparison level	EPID	Patient
Reference	Predicted EPID image/dose distribution	TPS
Visualization	2D only	3D
Comparison metrics	2D Gamma	3D Gamma, GVH, DVH
True composite (TC) as recommended by AAPM TG-218	✗	✓

Your advantages

- ▶ Detect unnoticed clinically relevant errors during pre-treatment verification and quantitatively assess their dosimetric impact
- ▶ True 3D patient dosimetry: Compare the EPID-reconstructed dose directly to the planned patient dose as well as the calculation of patient dose-volume histograms (DVHs) for both pre-treatment and in vivo dosimetry
- ▶ Phantomless, efficient and fully automated
- ▶ Clinically proven back-projection algorithm: Successfully used at The Netherlands Cancer Institute - Antoni van Leeuwenhoek Hospital (NKI-AVL) in more than 75,000 patient treatments since 2005

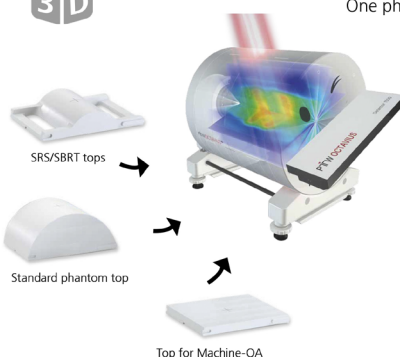


OCTAVIUS^{4D}

One phantom - modular solutions for 4D patient and machine QA



Discover OCTAVIUS 4D Detector 1600SR5



TPS independent 3D dose



Detector modularity
Three different detectors covering a full range of applications: from simple treatment plans to complex stereotactic procedures.

Your advantages

- ▶ Time dependent and angular dependent dose measurement
- ▶ Synchronous phantom rotation with the linac gantry
- ▶ Detector array always perpendicular to the beam - no angular dependence
- ▶ Only 4D dose verification system that measures dose in the entire phantom volume
- ▶ Verification of treatments including non-coplanar beams, off-axis target volumes, large fields and treatment plans with multiple energies