

Algoritmos de planificación del tratamiento: cálculos de dosis de fotones

Khan's Treatment Planning in Radiation Oncology [1]

Christopher López Ruiz

Instituto Nacional de Cancerología

6 de julio de 2024

INTRODUCCION
●oooo

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
oooo

FISICA BASICA DE LA RADIACION
oo

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
o

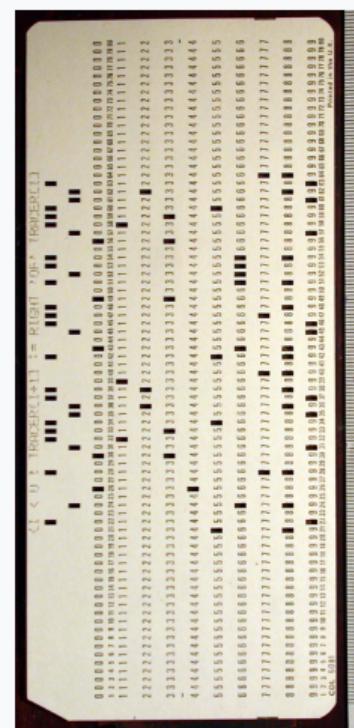
MONTE CARLO
o

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
o

INTRODUCCIÓN

Historia

- Los sistemas computarizados de planificación del tratamiento se han utilizado en la **planificación de la radioterapia desde la década de 1950**.
 - El primer algoritmo informático utilizado se atribuyó a Tsien, quien **utilizó tarjetas perforadas para almacenar distribuciones de isodosis y permitir la adición de múltiples haces**.
 - Los avances en la **velocidad de las computadoras y el desarrollo de algoritmos** han mejorado enormemente nuestra capacidad para **predecir las distribuciones de dosis de fotones en los pacientes**.



En 1987 el **informe 42 de la ICRU** hace el primer intento de **clasificar los algoritmos de planificación informática**.

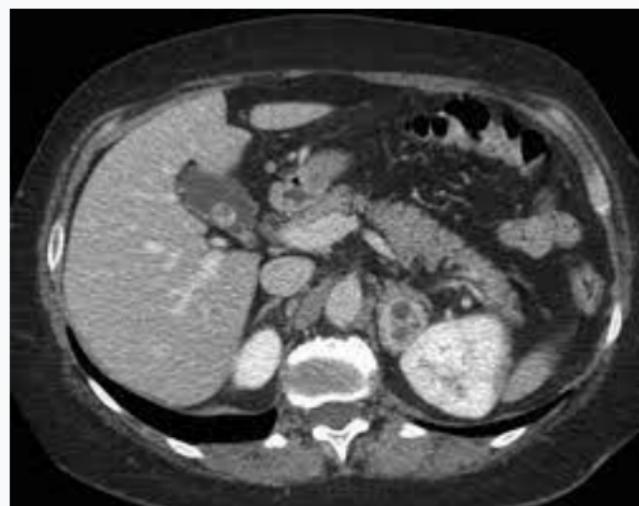


Empíricos

- **Primeros algoritmos** se desarrollaron utilizando como **entrada datos de haces clínicos medidos en un phantom de agua plana**. Luego se hicieron **correcciones** para incorporar varios efectos.
- Con el tiempo, se incorporaron **factores de corrección de la heterogeneidad del paciente**, pero se aplicaron después, es decir, **después de realizar cálculos basados en agua asumiendo una geometría homogénea del paciente**.

- La mayor parte de este desarrollo se produjo **antes de la llegada de la CT**.
- Con el tiempo, la **utilización comercial de algoritmos empíricos se desvaneció**.

Basados en modelos



- En 1990, la **radioterapia conformada tridimensional (3D CRT)** comenzó a utilizar **datos de imágenes de CT** específicos del paciente en el proceso de planificación.
- Al principio **se limitaba a una simulación virtual**. Ya que aún no estaban disponibles **algoritmos informáticos** que pudieran incorporar la **información de densidad volumétrica** y calcular **distribuciones de dosis** tridimensionales en un período de tiempo razonable.

- Para utilizar plenamente esta nueva información, fue necesario **desarrollar nuevos algoritmos que pudieran incorporar con mayor precisión variaciones en la anatomía de cada paciente.**
- Como resultado, los **sistemas comerciales de planificación de tratamientos han pasado a métodos de cálculo de fotones basados en modelos.**

En este capítulo, se describen **tres modelos de cálculo de fotones que se utilizan actualmente en clínicas de radioterapia.**

Los modelos de cálculo de fotones son **un área de desarrollo continuo y es probable que la implementación de uno o más de estos modelos por parte de cada proveedor comercial difiera en muchos aspectos.** Sin embargo, la intención es proporcionar **una comprensión básica de los principios detrás de estos algoritmos.**

INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
●OOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
OO

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
O

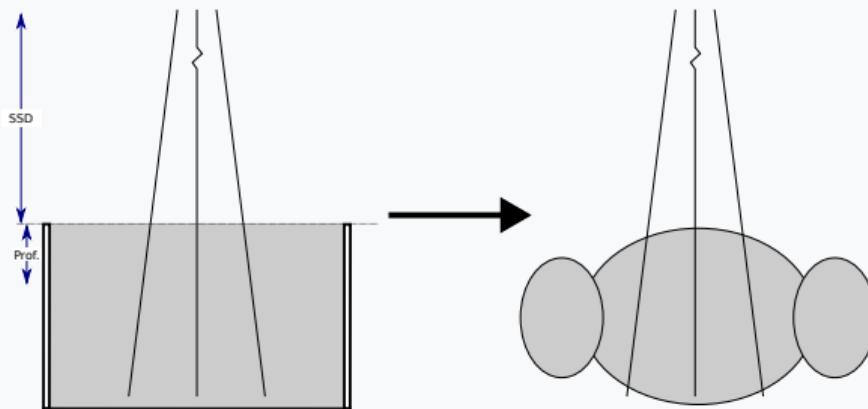
MONTE CARLO
O

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
O

LA REPRESENTACIÓN DEL PACIENTE PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA DOSIS

Inicialmente, los pacientes eran considerados como un **phantom de agua plana** con un **SSD** y una **profundidad específicos** para su uso en **cálculos de dosis simples o de unidades de monitorización**.

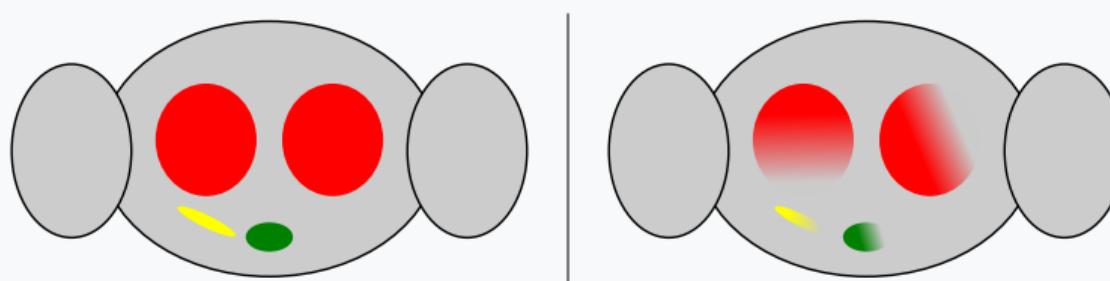
El desarrollo de **herramientas de contorno externo** ayudó al planificador del tratamiento a determinar **distribuciones de dosis específicas para el paciente**. Dichos procedimientos dieron como resultado que el **paciente fuera representado como una composición homogénea** (es decir, agua), pero permitieron la aplicación de correcciones superficiales al cálculo.



Las **heterogeneidades** de los pacientes podrían representarse de formas sencillas, como utilizando **contornos internos con densidades asignadas**.

La densidad electrónica a asignar a la región podría **inferirse de los atlas de CT** o, si están disponibles, del **número medio de CT específico del paciente dentro de la estructura contorneada**.

El **problema** con este enfoque fue que **tejidos** como el pulmón y el hueso **no son homogéneos en sí mismos y sus variaciones de densidad no se tendrían en cuenta al utilizar este enfoque**.



Todos los **sistemas de radioterapia modernos** utilizan **datos de imágenes volumétricas** para caracterizar al paciente en una **descripción 3D voxel por voxel**.

El **conjunto de datos de imágenes más común utilizado** para la planificación es una **CT de planificación del tratamiento**, obtenida utilizando un **simulador de CT convencional**.

Este conjunto **constituye la representación más precisa del paciente aplicable para el cálculo de dosis**, debido a la **relación uno a uno entre el número de CT y la densidad física y/o electrónica**.

La **confiabilidad espacial de los escáneres de CT** suele estar dentro del **2 %**, lo que genera **incertidumbres de dosis de aproximadamente el 1 %**.

- **CBCT:** proporciona información sobre la alineación del paciente, pero la dispersión contenida en las imágenes dificulta la determinación precisa de la densidad.
- **MRI:** puede proporcionar un contraste tisular superior, pero la información no está fuertemente relacionada con la densidad electrónica. Y es más propensa a artefactos.

INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
OOOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
●○

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
○

MONTE CARLO
○

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
○

FÍSICA BÁSICA DE LA RADIACIÓN PARA EL CÁLCULO DE DOSIS DEL HAZ DE FOTONES

Producción de fotones de megavoltaje

INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
OOOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
OO

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
O

MONTE CARLO
O

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
O



INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
OOOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
OO

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
●

MONTE CARLO
○

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
○

ALGORITMO DE SUPERPOSICIÓN/CONVOLUCIÓN

INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
OOOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
OO

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
O

MONTE CARLO
●

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
○

MONTE CARLO

INTRODUCCION
OOOO

LA REPRESENTACION DEL PACIENTE
OOOO

FISICA BASICA DE LA RADIACION
OO

ALGORITMO DE SUPERPOSICION/CONVOLUCION
O

MONTE CARLO
O

METODO DE ORDENADAS DISCRETAS
●

MÉTODO DE ORDENADAS DISCRETAS

- [1] Khan, F. M., Gibbons, J. P., & Sperduto, P. W. (2016). *Khan's Treatment Planning in Radiation Oncology* (4.^a ed.). Wolters Kluwer.