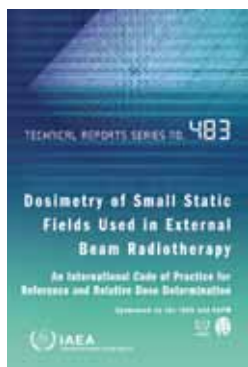


### Nuevo protocolo TRS483 de la OIEA y AAPM para campos estáticos en radioterapia externa de pequeñas dimensiones



Alfonso R, Andreo P, Capote R, Christaki K, Huq M Saiful, Izewska J, Johansson J, Kilby W, Mackie TR, Meghzifene A, Palmans H, Seuntjens J, Ullrich W & Vatnitsky S.

211 páginas

ISBN: 978-92-0-105916-1

El protocolo publicado en el año 2017 representa un considerable paso adelante para mejorar la calidad de medida y la trazabilidad en la dosimetría de las nuevas técnicas de radioterapia que usan de modo frecuente pequeños campos de radiación. Además, este protocolo pretende establecer procedimientos y métodos de medida uniformes a escala mundial en la dosimetría en condiciones de referencia no estándar y campos pequeños. Finalmente, aunque no menos importante, por primera vez se realiza la publicación de un protocolo de dosimetría conjuntamente por la OIEA y la AAPM. Dicho protocolo se ha restringido a campos estáticos de fotones de megavoltaje inferior a 10 MV por motivos prácticos. El protocolo TRS483 se puede dividir en tres grandes secciones: la primera dedicada a la definición del concepto de un campo estático de pequeña dimensión y las diferencias y dificultades de medida respecto a los campos de gran tamaño o de referencia estándar; la segunda aborda la dosimetría absoluta de referencia en condiciones no convencionales y una tercera que establece los procedimientos para la dosimetría relativa: medida de perfiles de dosis y factores de salida. Aunque una de las justificaciones de la elaboración del protocolo ha sido la definición de la dosimetría de referencia en máquinas de radioterapia que no pueden producir el campo convencional de 10 cm x 10 cm a una profundidad de 10 g/cm<sup>2</sup> en agua, debemos entender que este nos proporciona también un conjunto de procedimientos para realizar la medida de dosis con mayor calidad y uniformidad en los campos de dimensiones reducidas.

### 1. Campos de radiación pequeños: conceptos y dificultades en la medida dosimétrica

En primer lugar, el tamaño de un campo de radiación, en una dirección transversal al mismo, se define como la distancia entre los puntos cuya dosis absorbida es la mitad de la dosis máxima a esa profundidad de medida (*FWHM*). Hay que señalar que esta definición puede no corresponder con la posición geométrica de los colimadores que definen el campo de radiación. El protocolo adopta esta definición con el objetivo de evitar posibles ambigüedades provenientes de otras definiciones del tamaño de haz.

Por otra parte, cuando irradiamos un material semi-infinito con un campo de radiación colimado nos encontramos dos regiones en las que no existe equilibrio en la fluencia de partículas cargadas (*CPE*): la región superficial donde incide el haz y las regiones laterales que corresponden al borde del haz colimado. Estas regiones tienen una dimensión aproximadamente igual al alcance máximo de los electrones secundarios producidos en el medio. Al reducir el tamaño de campo, el eje del haz se acerca progresivamente a la región donde no existe equilibrio lateral de partículas cargadas (*LCPE*). Dado un campo circularmente colimado el radio mínimo necesario para alcanzar *LCPE* en el eje del haz (igualdad de kerma y dosis absorbida en agua) se denomina  $r_{LCPE}$ . Este parámetro depende de la calidad de haz, es decir del espectro de energía de los fotones del haz, que puede parametrizarse en función del  $TPR_{20,10}$  ( $10$ ) (o bien usando el porcentaje de dosis en profundidad  $\%dd(10,10)x$ ) para el campo de referencia convencional.

Además de la condición de *LCPE*, la distribución de dosis en el borde de campo de radiación está también afectada por la penumbra del sistema de colimación: bien por la transmisión del haz en el borde de los colimadores o bien por el propio tamaño del foco (*FS*) y de la fuente extrafocal de radiación. Por todo ello hablaremos de campos de radiación pequeños en tres situaciones generales:

- No se alcanza equilibrio lateral de partículas cargadas en el eje del haz ( $2 r_{LCPE} \geq FWHM$ ).
- El sistema de colimación ocluye parcialmente la región de foco primario del haz ( $FS \geq FWHM$ ).
- El tamaño del detector  $d$  usado es análogo al tamaño del campo de radiación ( $d + 2 r_{LCPE} \geq FWHM$ ).

Por tanto un campo de radiación será pequeño o bien debido a las características intrínsecas del haz o bien como consecuencia del tamaño relativo del haz y nuestro detector. En general, debemos utilizar detectores de pequeñas dimensiones lo más equivalentes a agua que sea posible. Los detectores reales estarán afectados por factores de corrección debido a los materiales de construcción y a la perturbación de la fluencia de partículas cargadas en el medio. A su vez es muy importante comprobar en nuestro detector el efecto de volumen y la recombinación de la carga eléctrica especialmente en campos sin filtro aplanador (*FFF*). El protocolo propone un método para el cálculo del efecto volumen basado en una integral bidimensional que incluye un factor de peso igual a la longitud de la cuerda que interseca el detector una recta normal a su eje de simetría (supuesta ésta la dirección de incidencia del haz). En general, el uso de detectores en regiones donde no existe *CPE* o *LCPE* puede implicar el uso de factores de corrección significativamente diferentes de la unidad (si se conocen) y por tanto se trata de una situación con elevada incertidumbre de medida. El protocolo recomienda que no trabajemos con detectores cuyos factores de corrección difieran de la unidad más del 5% en las condiciones de medida.

## 2. Dosimetría de referencia en condiciones no estándar

Para aquellas máquinas que puedan alcanzar las condiciones convencionales de referencia (i.e. campo 10 cm x 10 cm a 10 g/cm<sup>2</sup> de profundidad en agua a *SSD/SDD* 100 cm) se aplican los protocolos ya existentes TRS398 y TG51. En el caso de las técnicas que no permitan alcanzar estas condiciones de referencia, el nuevo protocolo define un campo de referencia dependiente de máquina (*machine specific reference field* o *msr*). De modo específico se describe la dosimetría de referencia para Tomoterapia, CyberKnife, GammaKnife, Radiocirugía Estereotáctica (SRS) con colimadores específicos y equipos con colimadores micro-multi-lámina de BrainLab. En general el campo *msr* será el mayor que podamos alcanzar o el más próximo al campo 10 cm x 10 cm. Otra de las cuestiones prácticas cubiertas por el protocolo es la determinación de la calidad de haz en campos diferentes del campo de referencia convencional. Para ello encontraremos tabulado el campo cuadrado de lado *S* equivalente a un campo rectangular o circular de radiación. Análogamente podremos convertir los valores de *TPR<sub>20,10(S)</sub>* o *%dd(10,S)<sub>x</sub>* a los valores de los parámetros de calidad de haz en un campo virtual de 10 cm x 10 cm en el haz de nuestra máquina con una corrección adicional cuando el parámetro *SSD* no es 100 cm. El protocolo contempla diferentes situaciones, desde una cámara

calibrada en la calidad de haz del usuario hasta aquella calibrada en una calidad de referencia  $Q_0$  tanto para una máquina con filtro aplanador (*WFF*) como sin él (*FFF*). Si la medida no se realiza en agua sino en maniquí de plástico, habrá de calcularse la profundidad equivalente corrigiendo por la densidad de electrones y multiplicar además por un factor corrección debido a la no equivalencia a agua del medio.

La instrumentación de medida para la dosis de referencia en el campo *msr* serán preferentemente cámaras de ionización cilíndricas tales como Farmer para campos de dimensiones mayores de 6 cm x 6 cm con filtro aplanador. Si se trata de campos sin filtro aplanador debemos considerar cámaras de volumen entre 0.1 cm<sup>3</sup> y 0.3 cm<sup>3</sup> para evitar el efecto de la no uniformidad de la fluencia del campo de radiación. Tengamos en cuenta que en un campo de 6 MV *FFF* el factor de corrección para una Farmer alcanza el 1.5%. En caso de campos de dimensiones inferiores deberán usarse cámaras de menor volumen siempre que su estabilidad, corriente de fuga, recombinación, efecto de polaridad y linealidad sean aceptables para la dosimetría de referencia. Dado un tamaño de campo deberemos utilizar detectores que satisfagan la condición  $d + 2 r_{LCPE} < FWHM$ .

## 3. Dosimetría relativa para campos pequeños y de no referencia

En este caso el protocolo se circunscribe a la determinación de factores de salida y perfiles de dosis de campos de radiación de pequeñas dimensiones. Lo primero que destaca el TRS483 es que los usuarios no deben confundir el valor del factor de salida con el cociente de lecturas de un detector para diferentes tamaños de campo. El factor de salida hace referencia al cociente de las dosis absorbidas en agua en el eje del haz a una profundidad de referencia (aquella establecida en el *msr*) para diferentes tamaños de campo. Será necesario introducir factores de corrección para las lecturas de nuestros detectores para estimar el valor correcto del factor de salida a través del cociente de estas lecturas. Además estos factores de corrección dependen del tamaño de campo y del tipo de detector. El protocolo proporciona los factores de corrección para los cocientes de lecturas de diferentes cámaras en función del tamaño de campo y específicamente para las técnicas especiales comentadas previamente y para campos cuadrados de 6 MV y 10 MV tanto *WFF* como *FFF*.

Para la dosimetría relativa de campos pequeños y no referencia se recomienda usar cámaras de ionización de aire, diodos de silicio, diamante natural y diodo de diamante, cámaras líquidas, centelleadores orgánicos, película radiocrómica, *TLD* o detectores *OSL* teniendo en cuenta para todas ellas sus dimen-

siones y el efecto de volumen. Todos estos detectores deberán usarse con la necesaria precaución, evaluando sus características y fiabilidad en las condiciones de medida. El documento de la OIEA y AAPM indica los detectores más adecuados para estas medidas en sus tablas. En cualquier caso, resulta provechoso realizar la medida con varios detectores para obtener información comparativa siempre que sea posible o para cubrir un amplio intervalo de tamaños de campo mediante la concatenación de medidas de varios detectores complementarios. Además, el TRS483 señala la necesidad de una correcta orientación de la cámara y posicionamiento de su punto de referencia ya que en campos de pequeño tamaño desviaciones de tamaño milimétrico afectan sustancialmente a los resultados de medida. En el caso de la determinación de perfiles mediante barrido de un detector el TRS483 nos indica la orientación relativa recomendada del eje del mismo respecto al eje

del haz y la dirección de barrido así como diferentes recomendaciones prácticas en la medida de perfiles de dosis.

En resumen el protocolo TRS483 de la OIEA establece la nomenclatura y metodología para medir y obtener los valores de dosimetría en radioterapia externa de fotones de aceleradores lineales con calidades de 6 MV y 10 MV así como para Tomoterapia, CyberKnife, GammaKnife, Radiocirugía Estereotáctica (SRS) con colimadores específicos y equipos con colimadores micro-multilámina de BrainLab para condiciones de referencia no convencionales, o bien realizar dosimetría relativa en campos de dimensiones reducidas y no estándar.

**Faustino Gómez Rodríguez**

*Facultad de Física.*

*Universidad de Santiago de Compostela*

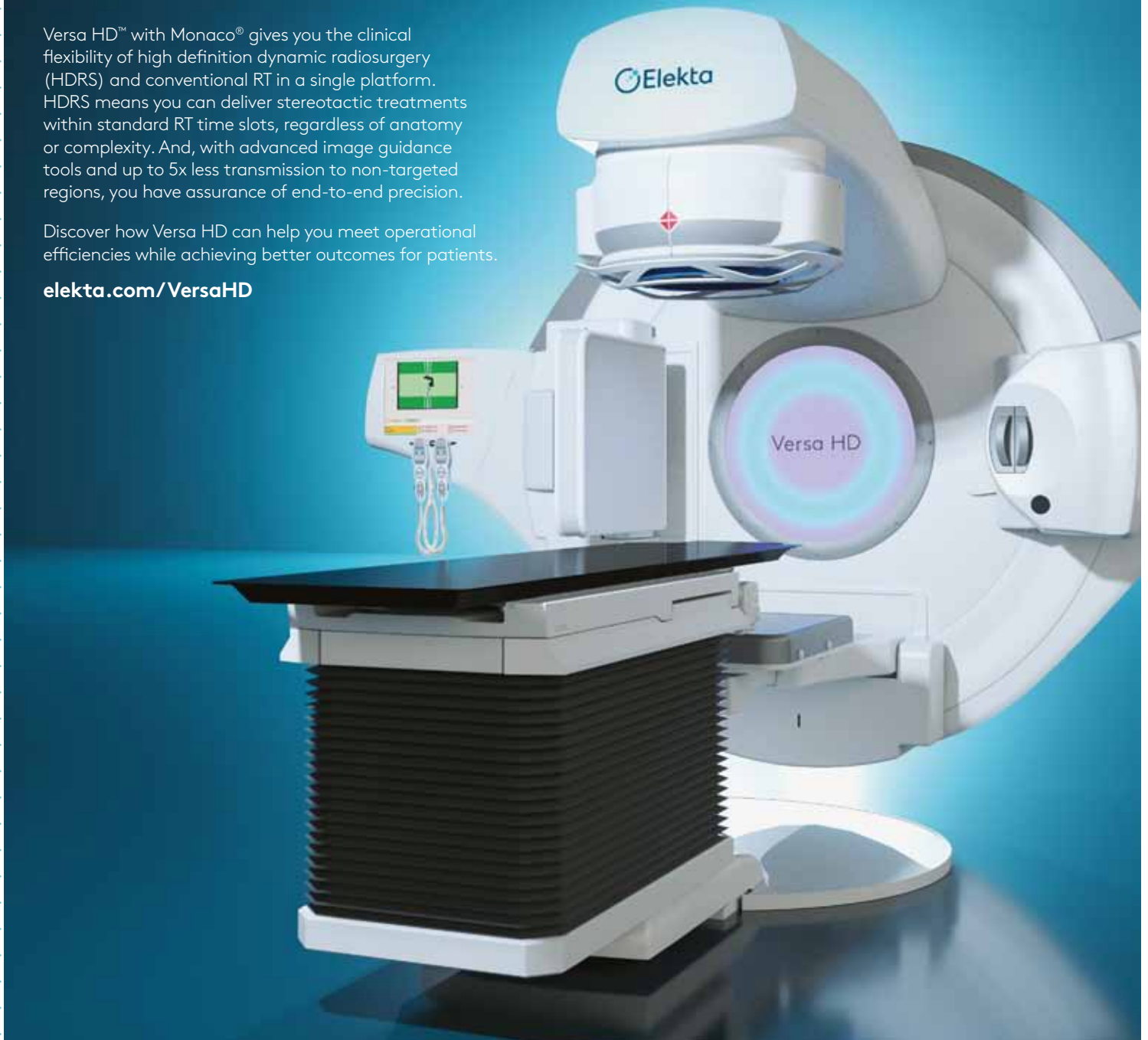
# VersaHD.

## Powered by high definition dynamic radiosurgery.

Versa HD™ with Monaco® gives you the clinical flexibility of high definition dynamic radiosurgery (HDRS) and conventional RT in a single platform. HDRS means you can deliver stereotactic treatments within standard RT time slots, regardless of anatomy or complexity. And, with advanced image guidance tools and up to 5x less transmission to non-targeted regions, you have assurance of end-to-end precision.

Discover how Versa HD can help you meet operational efficiencies while achieving better outcomes for patients.

[elekta.com/VersaHD](http://elekta.com/VersaHD)



Focus where it matters.

4513 371 1539 03.17

 Elekta