

ISODOSES CIRCULAIRES STANDARD EN ENDO- ET PLESIOCURIETHERAPIE

Note technique

par

B. PIERQUIN et D. CHASSAGNE

A partir de la technique de dosimétrie ' sur points ' que nous avons exposée dans des travaux récents en endo- et plésiocuriéthérapie (PIERQUIN et coll. 1960, 1962), nous voudrions présenter quelques améliorations techniques dans l'utilisation des isodoses circulaires standard.

Rappel de la technique sur points. Il s'agit d'une étude dosimétrique destinée à contrôler la répartition de la dose à l'intérieur et autour d'un dispositif radifère formé de lignes continues et parallèles — fils ou aiguilles — (Fig. 1). Cette dosimétrie est établie sur un ou plusieurs plans de coupe perpendiculaires aux lignes radio-actives. Ce, ou ces plans de coupe sont obtenus par tomographie, dont la modalité du mouvement dépend de l'orientation anatomique du matériel radioactif — tomographie transversale, sagittale ou frontale. Les images des fils ou aiguilles apparaissent sur la tomographie sous forme de points (Fig. 2). Ces points et les contours des structures anatomiques reconnus sur le cliché sont dessinés sur un calque.

Soumis à la Rédaction le 21 janvier 1964.

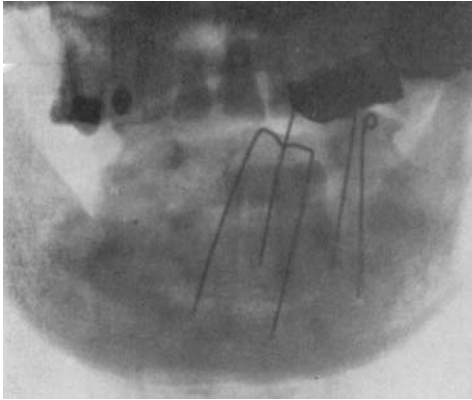


Fig. 1. Endocuriethérapie avec fils d'iridium 192, cliché de face, dans un cas de carcinome épidermoïde glosso-amygdalien gauche. Une épingle double postérieure se situe dans la base de langue, une épingle double antérieure se situe dans la langue mobile, et une épingle simple latérale gauche se situe dans le pilier antérieur de la zone amygdalienne ; chaque ligne = 4 cm de longueur radioactive.

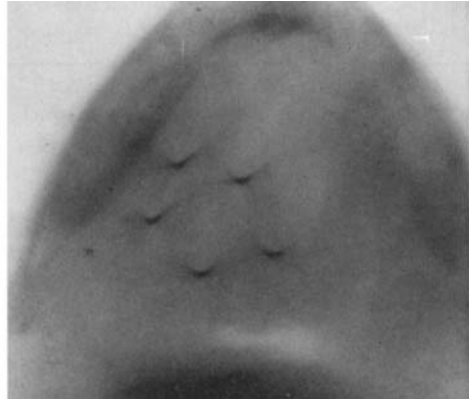


Fig. 2. Endocuriethérapie avec fils d'iridium 192, tomographie transversale dans un cas de carcinome épidermoïde glosso-amygdalien gauche. Les cinq lignes radio-actives apparaissent sous forme de 5 points : les 2 points postérieurs répondent à l'épingle double dans la base de langue, les 2 points antérieurs répondent à l'épingle double dans la langue mobile, le point latéral gauche répond à l'épingle simple dans le pilier antérieur. On voit que le volume-cible se présente comme un cylindre vertical à section 'grosso modo' circulaire.

C'est à partir de ces points de section que des isodoses circulaires standard, calculées pour chaque isotope et pour différentes longueurs radio-actives (en R/h pour 1 mCi/cm) et agrandies au même coefficient que celui des clichés tomographiques (1,33), sont appliquées sur le calque et dessinées par transparence (Fig. 3). Elles permettent par recoupement de calculer le débit de dose en n'importe quel point du plan de coupe et de tracer des isodoses continues autour du dispositif de curiepointure. Simultanément, ces isodoses se superposent aux images des structures anatomiques (Fig. 4). Il s'agit donc d'une technique de dosimétrie spatiale calculée directement à partir d'une tomographie.

Améliorations techniques

Nous proposons deux améliorations techniques :

1. *Isodoses circulaires universelles calculées à partir d'un facteur $k = 1$ R/h.* Cette constante spécifique de dose gamma est arbitraire. Les isodoses circulaires sont calculées et dessinées pour diverses longueurs radio-actives allant de 1 à 12 cm (Fig. 5). Nous utilisons actuellement un jeu d'isodoses calculées pour les

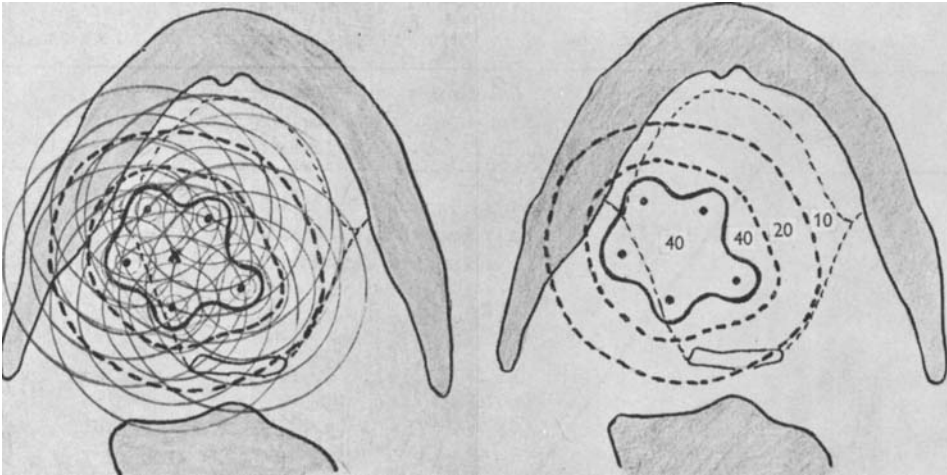


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 3. Isodoses circulaires standard (calculées pour 4 cm de longueur radio-active) tamponnées autour des 5 points, schéma de la tomographie à l'état ' brut ', non retouché. Pour calculer par exemple la dose tumorale au centre de volume-cible (croix centrale), on repère aisément, en partant de chaque point, la valeur du débit de dose respectif au niveau de la croix ; l'addition se fait en quelques secondes. En partant du point antérogauche et en suivant le mouvement des aiguilles d'une montre, on trouve en R/h pour 1 mCi/cm (facteur $k = 1$ R/h) : $1,7 + 1,8 + 0,8 + 1,8 + 1,9 = 8$. En tenant compte du facteur k de l'iridium 192, on arrive à un débit de dose horaire de 8 fois 5 = 40 R/h pour 1 mCi/cm.

Fig. 4. Schéma des isodoses autour du volume-cible dans un cas de cancer épidermoïde glosso-amygdalien gauche. Les valeurs sont calculées en R/h pour 1 mCi/cm (iridium 192). L'isodose de référence correspond à l'isodose dessinée en trait plein. Pour une dose tumorale totale de 6 000 R fixée sur l'isodose de référence, la durée totale de l'irradiation sera calculée en tenant compte de l'activité linéaire réelle du matériel radio-actif utilisé. Dans le cas étudié, l'activité des épingles d'iridium 192 est de 1,5 mCi/cm. Le débit de dose horaire effectif est donc, sur l'isodose de référence de 40 fois 1,5 = 60 R/h. La durée totale de l'irradiation sera donc $\frac{6\ 000}{60} = 100$ heures (4 jours, 4 heures). Cette dosimétrie est établie dans un plan passant par le milieu des 5 lignes radio-actives (à 2 cm de chaque extrémité). Elle ne tient pas compte de la dose distribuée par les têtes des épingles. Cette dose supplémentaire n'intervient que dans un faible pourcentage à 2 cm de distance. Si l'on veut en tenir compte, il faut compléter le schéma de dosimétrie en y incorporant, à partir des isodoses provenant de chaque tête, les valeurs de leur débit de dose en tel ou tel point du plan de coupe tomographique. Pour une durée d'irradiation de quelques jours nous ne tenons pas compte de la décroissance de l'iridium 192 (période : 74 jours).

longueurs suivantes : 1—2—3—4—5—6—7—8—10—12 cm. Nous avons choisi les isodoses de valeur suivantes (en R/h pour 1 mCi/cm) : 10—4—2—1—0,6—0,4—0,2 ; ce choix répond à un écart suffisant entre chaque isodose pour permettre une lecture harmonieuse sur le schéma. Lorsque le calcul du débit de dose (à partir de ces isodoses circulaires de valeur arbitraire) a été effectué en tel ou tel point du schéma, il suffit, pour calculer ce débit de dose en valeur

Tableau*Principales indications de la technique ' sur points ' avec emploi des isodoses circulaires standard*

Localisation	Application endo plésio-		Orientation des lignes radifères		Technique du plan de coupe	
			Vt	Fr Sg*	Tomographie Tr Fr Sg TFI*	Mensuration directe
Cerveau	+	0	à la demande		à la demande 0	
Oeil	0	+	à la demande		à la demande +	
Sinus maxillaire	0	+	à la demande		à la demande +	
Sinus sphénoïdal						
Cavum	0	+	Vt	Sg	Tr Fr	+
Lèvre	+	0	Fr		Sg	+
Langue mobile	+	0	Vt	Sg	Tr Fr	0
Plancher	+	0	Vt		Tr	0
Joue	+	0	Sg		Fr	0
Voûte palatine	+	0	Sg		Fr	0
Voile	+	0	Fr		Sg	0
Amygdale	+	0	Vt		Tr	0
Base de langue	+	0	Vt	Sg	Tr TFI	0
Sinus piriforme	+	0	Sg		Fr	0
Ganglions cou	+	0	Vt	Sg (Fr)	Tr Fr (Sg)	+
Sein	+	0	Fr	Sg (Fr)	Sg Fr TFI	+
Peau	+	0	à la demande		à la demande +	
Anus et ano-rectal	+	0	Vt		Tr TFI	0
Verge et urètre	+	0	Vt		Tr TFI	0
Vagin	+	+	Vt		Tr TFI	0 endo + plésio
Vulve	+	0	Sg		Fr TFI	0

* Vt : vertical, Fr : frontal, Sg : sagittal, TFI : tomographie frontale inclinée, Tr : transversal.

Dans la région pelvienne, le malade doit être examiné par tomographie en position debout. Cette position modifie relativement peu la situation du dispositif radifère par rapport à celle qu'il occupe en position couchée, tout au moins dans les indications que nous venons d'énumérer. Il n'en est pas de même pour les applications en lignes continues au niveau de l'utérus et des paramètres ; pour ces 2 dernières localisations les isodoses circulaires standard ne peuvent être utilisées qu'à partir d'une reconstruction avec clichés radiographiques pris en position couchée.

réelle, de multiplier cette valeur arbitraire obtenue : (a) par la valeur du facteur k du radio-élément utilisé (par exemple: 8,3 pour le radium, 5 pour l'iridium 192, etc. . . .) ; (b) par la valeur en mCi/cm de l'activité linéaire spécifique du matériel radifère utilisé. (Cet ordre du calcul suppose une activité linéaire identique pour toutes les lignes radio-actives.)

Ce débit de dose en valeur réelle une fois calculé en tel ou tel point du plan de coupe du volume-cible — et particulièrement sur l'isodose de référence

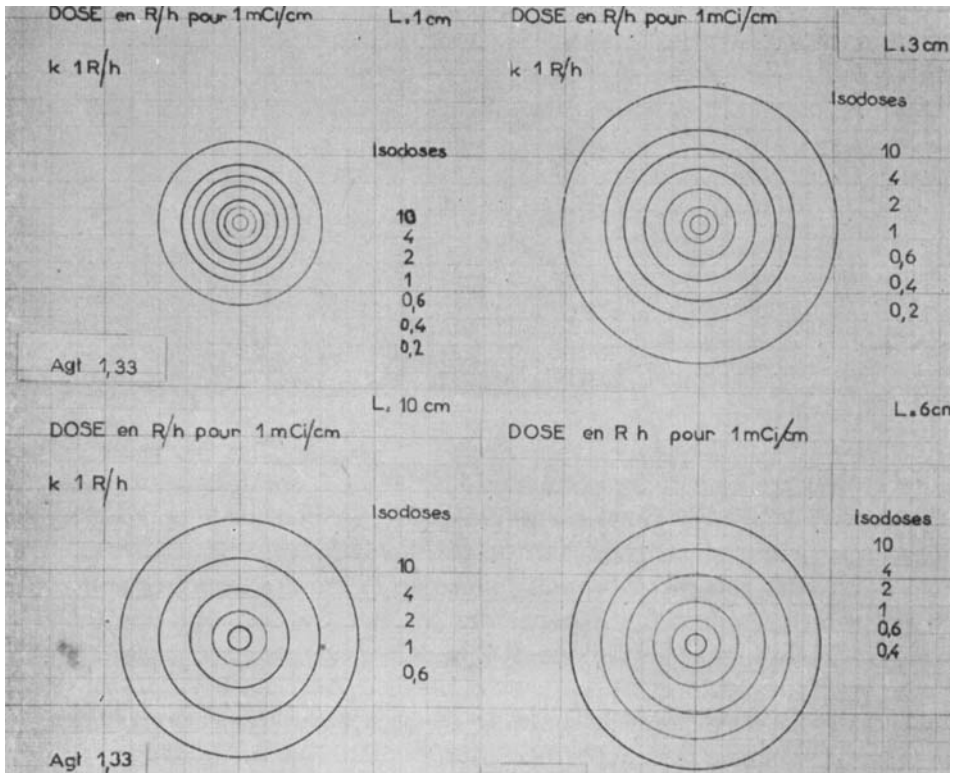


Fig. 5. Isodoses circulaires standard. Quatre exemples pour des longueurs radio-actives de 1, 3, 6 et 10 cm.

(PIERQUIN & FAYOS 1962) (Fig. 4), il ne reste plus, pour le radiothérapeute, qu'à évaluer la dose tumorale totale, sur l'isodose de référence, en tenant compte de la durée totale qui sera nécessaire pour l'irradiation et, s'il s'agit d'un radio-élément de courte période, de la décroissance du corps radio-actif utilisé.

Avec un facteur k d'une valeur arbitraire de 1 R/h pour une activité linéaire spécifique de 1 mCi/cm, on peut donc utiliser pour n'importe quel radio-élément — en curiethérapie par photons — un seul et même jeu d'isodoses circulaires standard.

2. *Inscription des isodoses circulaires sur tampons en caoutchouc.* Pour chaque longueur radio-actives, les isodoses circulaires standard sont gravées sur un tampon de caoutchouc. Le centre de chaque tampon est percé d'un trou de 5 mm de diamètre (ce diamètre est légèrement inférieur à celui de l'isodose 10 cal-

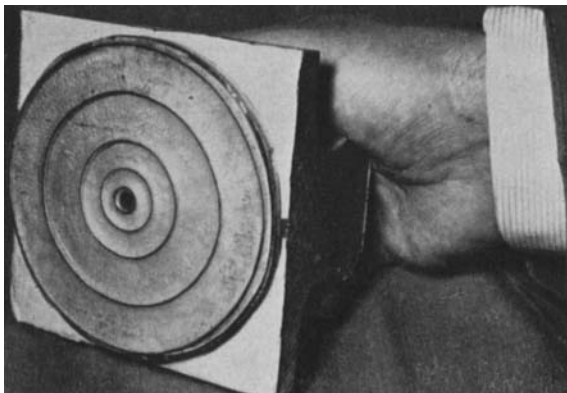


Fig. 6. Inscription des isodoses circulaires standard sur un tampon en caoutchouc. Il s'agit, sur cette figure, du tampon pour une longueur radio-active de 10 cm. On distingue la perforation centrale entourée de l'isodose 10.

culée et dessinée pour la longueur radio-active de 1 cm — la plus courte) : ce trou permet de centrer directement à la vue le tampon sur le point de section de chaque ligne radio-active. Afin de maintenir les dimensions des tampons dans des limites peu encombrantes (moins de 12 cm de diamètre) nous avons dû supprimer l'isodose 0,2 à partir des isodoses tracées pour une longueur radio-active de 4 cm, puis l'isodose 0,4 au delà d'une longueur radio-active de 8 cm (Fig. 6).

Ces tampons permettent de marquer en quelques secondes, avec une encre de même couleur ou des encres de couleurs différentes, sur le schéma de dosimétrie l'ensemble des isodoses circulaires autour des différents points de section des lignes radio-actives.

Discussion et Conclusion

La création d'un tel jeu d'isodoses circulaires standard à partir d'un facteur k de 1 R/h permet de simplifier l'emploi de cette technique de dosimétrie 'sur points' tout en la généralisant à n'importe quel radio-élément (en curie-photonthérapie).

L'emploi des tampons en caoutchouc permet de gagner un temps appréciable — quelques secondes au lieu de quelques minutes — tout en améliorant la qualité du dessin ; la régularité et la finesse des traits circulaires étant ainsi assurées par impression sans attention fatigante pour l'utilisateur.

La tomographie constitue un plan de coupe idéal puisqu'elle offre à la fois l'image des sections des lignes radio-actives et celle des structures anatomiques intéressées par l'endo- ou la plésiocuriethérapie. On peut cependant lui substituer quand elle se révèle techniquement difficile, voire impossible, un plan

de coupe établi sur un schéma — qui sera grandi au même coefficient que celui des isodoses circulaires standard, 1,33 — soit à partir d'une reconstruction du dispositif radifère — avec des clichés en position orthogonale ou en stéréo —, soit à partir de mensurations directes — en particulier pour les applications dans les plans cutanés ou sous-cutanés.

L'utilisation de cette technique de contrôle dosimétrique 'sur points' nous paraît pouvoir être universalisée pour la plupart des applications d'endo- et de plésiocuriethérapie en lignes continues et parallèles. Cette condition du parallélisme peut d'ailleurs être assouplie, dans une certaine mesure, à des lignes courbes ou divergentes ; le cas échéant, des facteurs de correction doivent intervenir (PIERQUIN & FAYOS 1962, pp 590—591) compte tenu d'une approximation que doit rester acceptable sur le plan biologique.

Remerciements

Nous tenons à remercier Madame A. DUTREIX (chef de l'Unité de Radio-Physique de l'Institut Gustave Roussy) pour ses conseils et son aide technique.

RÉSUMÉ

Afin de faciliter l'emploi de la 'technique sur points' pour la dosimétrie par tomographie en endo- et plésiophotoncuriethérapie, nous avons réalisé un jeu d'isodoses circulaires standard gravées sur tampons en caoutchouc. Ces isodoses sont dessinées dans le plan équatorial passant par le centre de la ligne radioactive, pour des longueurs croissantes allant de 1 à 12 cm. Elles sont calculées à partir d'une constante spécifique de dose gamma d'une valeur de 1 R/h pour 1 mCi/cm. Cette valeur arbitraire permet d'employer ce seul jeu d'isodoses avec n'importe quel radio-élément à émission gamma.

SUMMARY

Rubber stamps of circular standard isodose curves have been made in order to facilitate the use of the 'technique sur points' in tomographic dosimetry for interstitial and intracavitary gamma therapy. The curves are drawn in the equatorial plane through the centre of the radioactive line for lengths from 1 to 12 cm, and are calculated on the basis of a gamma specific constant of 1 R/h for 1 mCi/cm. This arbitrary value permits the use of a single set of curves for any gamma-emitting radio-element.

ZUSAMMENFASSUNG

Man hat einen Satz Isodosen-Kurven in Gummistempel eingraviert, um so die Anwendung der 'technique sur points' zu erleichtern, und zwar bei Dosismessungen durch Tomographie bei interstitieller und intracavitärer Gammatherapie (Endo- und Plesiophotoncuriethérapie). Diese Kurven werden für Längen von 1 bis 12 cm auf der Äquatorialebene durch die Mitte der radioaktiven Linie geführt. Sie werden auf der Grundlage einer Gamma-Dosis

berechnet, die mit 1 R/h für 1 mCi/cm als konstant angegeben ist. Dieser festgelegte Wert ermöglicht die Anwendung eines einzigen Satzes von Kurven auf alle radioaktiven Elemente, die Gamma-Strahlen aussenden.

BIBLIOGRAPHIE

- PIERQUIN B., CHASSAGNE D., et GASIOROWSKI M.: Technique de dosimétrie en curiethérapie interstitielle par tomographie transversale. *Acta radiol.* 53 (1960), 314.
- NAHUM H., et CHASSAGNE D.: Technique de dosimétrie en curiethérapie interstitielle par tomographie unidirectionnelle. *J. Radiol. Électr.* 43 (1962), 68.
- and FAYOS J. V.: Dosimetry by tomography in interstitial curiethérapie: point technique. *Amer. J. Roentgenol.* 87 (1962), 585.