

TECHNIQUES D'IRRADIATION EXTERNE DANS LES NEOPLASMES THYROIDIENS (*)

par J. RIBOT, M. PRIGNOT, J.C. VAN DORPE et A. WAMBERSIE.

*Institut du Cancer, Louvain (Directeur : Prof. H. Maisin).
Département de Télécobalt et Bétatronthérapie (Dr. A. Wambersie).*

A. — INTRODUCTION

La radiothérapie externe tend actuellement à jouer un rôle de plus en plus important dans le traitement des néoplasmes thyroïdiens. La raison principale en est sa plus grande efficacité due pour une part à l'acquisition des rayonnements de haute énergie. En effet, grâce à leur meilleure *efficacité balistique* ceux-ci permettent de délivrer des doses plus élevées aux volumes-cibles tout en respectant plus sûrement les structures saines voisines.

Les modalités d'application de l'irradiation externe sont loin d'être établies universellement et de manière définitive (volumes-cibles, doses, indications...). D'autre part, l'acquisition dans les centres de radiothérapie d'un nombre croissant d'accélérateurs d'électrons de haute énergie (accélérateur linéaire ou bétatron) pose le problème de la place de l'électronthérapie dans le traitement du cancer thyroïdien.

Le but de cette étude est de comparer les avantages respectifs du Cobalt et des faisceaux d'électrons de haute énergie dans l'irradiation des cancers thyroïdiens. Etant donné qu'il est bien établi actuellement (Wambersie, 1967, 1969) que l'efficacité biologique relative (EBR) des électrons de haute énergie ne diffère pas significativement de celle du Cobalt, leurs avantages respectifs doivent

être discutés en fonction de leur efficacité balistique pour les différents volumes-cibles à irradier.

B. — LES VOLUMES CIBLES

Le volume-cible varie évidemment en fonction des conditions cliniques, il peut comprendre :

— la tumeur thyroïdienne proprement dite : le lobe thyroïdien ou la thyroïde en totalité. La scintigraphie est essentielle dans l'appréciation du volume-cible.

— les régions ganglionnaires loco-régionales (homo- ou bilatérales) : chaînes médiastinales et cervicales hautes.

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que la thérapie externe donne un maximum de succès lorsqu'elle est précédée d'un acte chirurgical qui doit enlever la plus grande partie de la tumeur (Fuller, 1966). C'est lorsqu'il persiste de petits foyers résiduels ou une dissémination cellulaire après chirurgie radicale que les possibilités de contrôle local sont bonnes. Le protocole opératoire et les contrôles anatomopathologiques constituent donc une pièce importante du dossier et guideront le radiothérapeute dans la détermination du volume-cible.

Le type histologique est également important dans la détermination du volume-cible, bien qu'il faille tenir compte du caractère polymorphe de certaines tumeurs. Les types bien différenciés (folliculaires, papillaires, adénocarcinomes mixtes) nécessitent pour être radiocurables des doses assez élevées (environ 6.000 rads/6 semaines). Cependant le volume-cible peut être assez limité et on peut

(*) Travail présenté à la Société Royale Belge de Radiologie : séance consacrée à la Thyroïde (Bruxelles, 13 juin 1970).

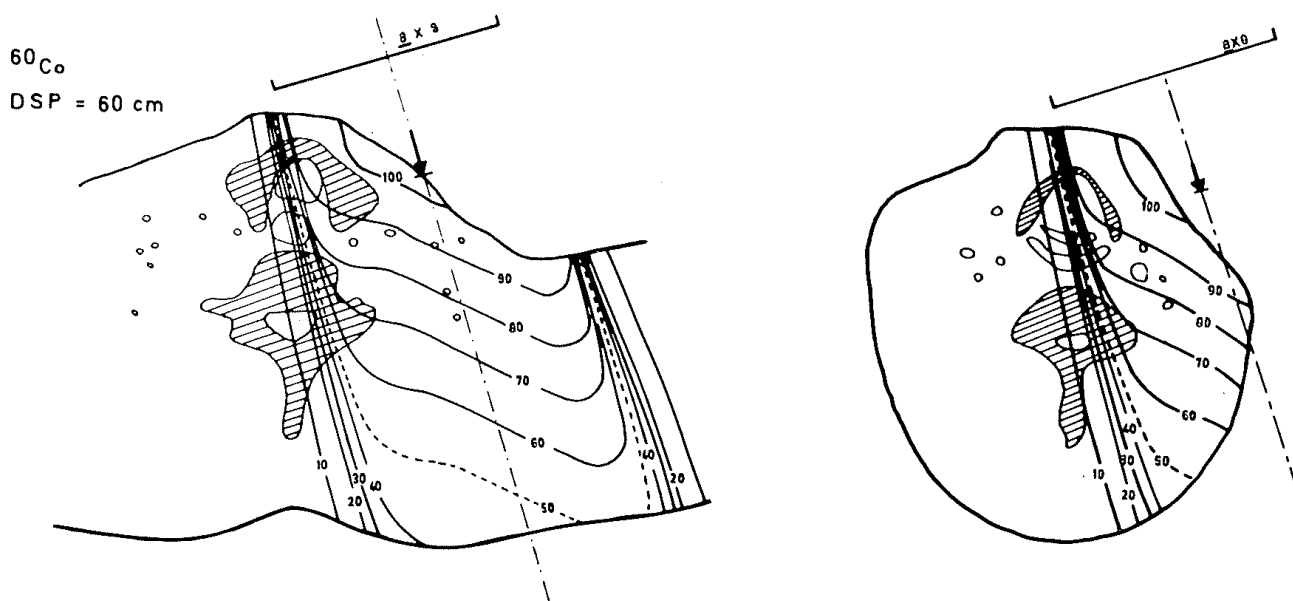


Fig. 1 A, 1 B. — Coupes transversales passant au niveau de l'isthme thyroïdien et de la saillie des épaules (1 A), ainsi qu'au niveau des cordes vocales (1 B). Courbes isodoses pour un champ oblique antérieur de télécobaltthérapie (les conditions techniques DSP, dimensions du champ sont indiquées sur la figure). Les courbes isodoses des figures 1 et 2 ont été calculées en tenant compte uniquement de l'incidence oblique.

se contenter d'une irradiation unilatérale du cou si l'isthme thyroïdien n'est pas envahi à l'examen anatomo-pathologique et s'il n'y a pas de signes d'extension contro-latérale.

Par contre, les néoplasmes peu différenciés, anaplasiques (y compris le cancer à cellules de Hürthle) doivent sûrement bénéficier d'un volume-cible plus large. Il faut irradier les régions cervicales, sus-claviculaires et médiastinale supérieure en un seul volume-cible. Ces néoplasmes peu différenciés tendent à entourer la trachée et l'œsophage et à disséminer rapidement localement. Leur radiosensibilité est heureusement meilleure 4.000 à 4.500 rads en 4-5 semaines).

Organes critiques.

Moelle épinière : L'organe critique qu'il est important d'éviter est la moelle nerveuse. Une dose de 4.000 rads/4 semaines (NSD = 1.300 ret) est recommandée comme limite de tolérance pour de larges volumes-cibles couvrant la moelle nerveuse (Maier et coll., 1969). Il semble que pour des segments de 20 cm ou moins ce niveau de tolérance puisse

Transversale doorsneden van de halsstreek ter hoogte van de schildklier met de uitsprong van de schouders (1 A) en ter hoogte van de stembanden (1 B). Isodosissindistributie voor een anterior schuinwaarts telekobalt straalveld. De technische gegevens (SSD, afmetingen der velden) staan op de figuren aangeduid. De Isodosissencurven van figuur 1 en 2 werden gerekend; alleen werd rekening gehouden met de schuine richting van het straalveld.

être un peu plus élevé (Atkins et Tretter, 1966). Il nous paraît cependant dangereux de dépasser une dose de 4.500 rads en 30 jours, s'il est impossible d'éviter la moelle cervicale.

Les muscles cervicaux : Sans comporter la même gravité que la myélite transverse, la sclérose tardive de l'ensemble des muscles cervicaux peut causer une gêne non négligeable et des troubles esthétiques.

Tolérance immédiate : Elle dépend surtout de l'atteinte cutanée et de l'irritation de la trachée et de l'œsophage. Peu graves, ces ennuis sont passagers.

Une étude systématique du meilleur schéma d'irradiation doit se faire de manière tridimensionnelle montrant la situation relative du volume-cible et des tissus critiques (Kok, 1970). Cette situation relative est particulièrement variable dans le cas de la thyroïde pour deux raisons principales :

— l'irradiation externe est généralement indiquée après une intervention chirurgicale et c'est en fonction des données de celle-ci

^{60}Co
D S P = 60 cm

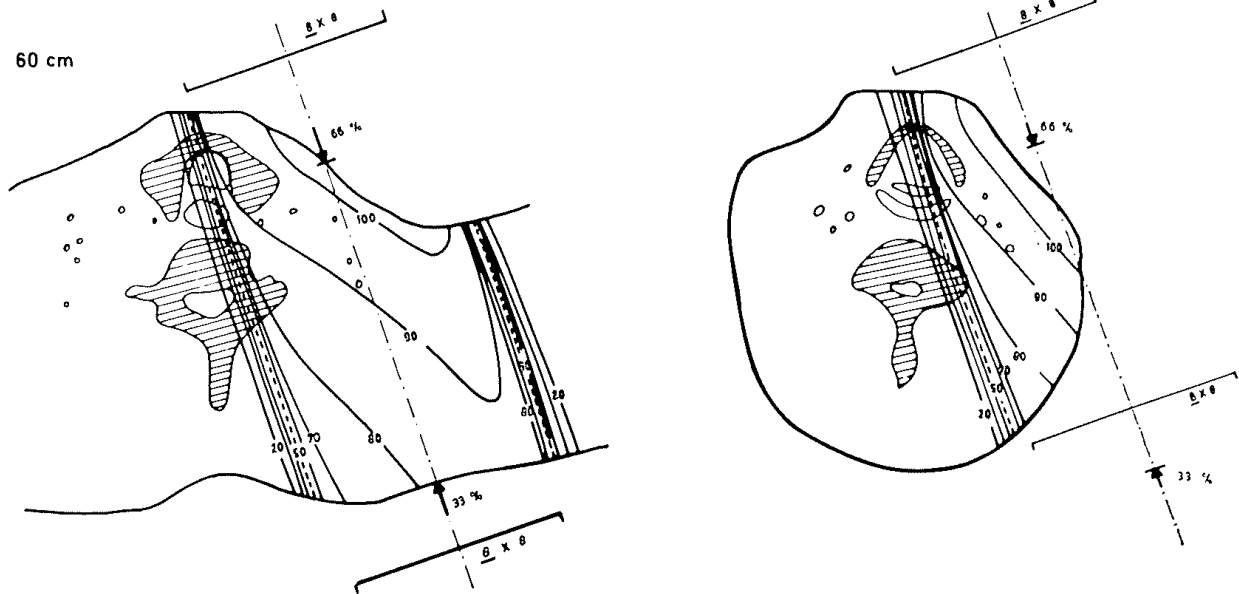


Fig. 2 A, 2 B. — Coupes passant par l'isthme thyroïdien et les cordes vocales et montrant la distribution des doses pour 2 champs obliques opposés de télécobaltthérapie; les 2/3 de la dose sont délivrés par voie antérieure.

que l'on décidera de l'extension du volume cible.

— la forme du cou, sa longueur, ses possibilités d'extension peuvent varier dans une large mesure d'une personne à l'autre (il faut tenir compte des limitations d'extension après intervention chirurgicale). Notons à ce propos l'influence de la distance de la peau au bord inférieur du collimateur, l'encombrement de celui-ci, la forme du localisateur éventuel, etc.

Ces facteurs sont importants du point de vue pratique pour la mise en place des malades atteints de néoplasmes thyroïdiens comme ils le sont pour les autres cancers de la sphère aéro-digestive supérieure.

C. — IRRADIATION UNILATÉRALE DU COU

Le contour du malade s'élargit fortement quand on descend du cou vers la saillie des épaules. C'est pourquoi, pour chaque technique nous représentons les isodoses à deux niveaux différents :

— coupe horizontale passant au niveau de l'isthme thyroïdien et de la partie supérieure des épaules,

— coupe horizontale passant par le larynx (Atlas Anatomique Sandoz).

Doorsneden ter hoogte van de schildklier en de stembanden die de distributie der dosissen tonen voor twee oblieke telekobaltstraalvelden; twee derden van de dosis worden langs de voorkant toegediend.

Nous insistons encore sur la grande variation observée en fonction du degré d'extension du cou et des particularités d'un malade à l'autre. Les conclusions de cette étude gardent cependant une valeur suffisamment générale.

1. Télécobalt, un champ oblique antérieur (fig. 1A, 1B).

La distribution de la dose dans le volume cible est assez inhomogène, le maximum se situant dans la partie antérieure du cou. La moelle épinière peut être évitée. En réglant l'obliquité du champ on peut en fonction des besoins épargner ou irradier plus ou moins complètement le larynx et l'œsophage. La protection cutanée est réduite en raison de l'incidence oblique du faisceau par rapport à la peau.

La largeur du champ peut être réglée en fonction des aires ganglionnaires qu'on veut inclure dans le volume cible. L'emploi d'un « simulateur » est indispensable si l'on veut « raser » la moelle cervicale.

2. Télécobalt, champs obliques opposés (fig. 2A, 2B).

Ici les 2/3 de la dose sont délivrés par voie antérieure, 1/3 par voie postérieure. Les

Electrons 11 MeV

DSP = 110 cm

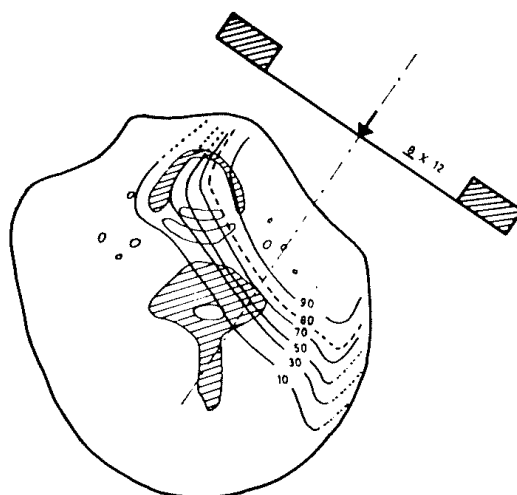
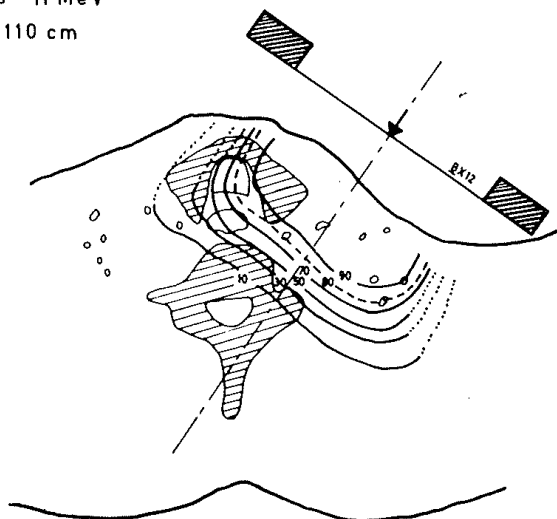


Fig. 3 A, 3 B. — Coupes transversales passant par l'isthme thyroïdien et les cordes vocales et montrant les courbes isodoses pour un champ latéral d'électrons de 11 MeV.

Pour les figures 3, 4 et 7 les courbes isodoses sont celles mesurées dans nos conditions de travail : béatron Brown-Boveri-Asclépitron 35 MeV, collimateurs fixes en Plexiglas. Les corrections d'hétérogénéité pour les cavités laryngée et trachéale ont été négligées.

Transversale doorsneden ter hoogte van de schildklier en de stembanden, die de distributie der dosissen tonen voor een lateraal elektronenveld van 11 MeV.

Voor de figuren 3, 4 en 7 zijn de isodosiscourven gemeten in onze werktoestanden : béatron Brown-Boveri-Asclépitron 35 MeV, standvast collimateurs in Plexiglas. De correcties voor heterogeneïteit van de luchtholten der larynx en trachea werden niet toegepast.

avantages et inconvénients sont dans l'ensemble analogues à ceux de la technique précédente; la distribution de la dose est cependant plus homogène dans le sens antéro-postérieur.

3. Electrons de 11 MeV (fig. 3A, 3B).

La dose est homogène dans un volume limité mais pour cette énergie les ganglions cervicaux postérieurs sont mal irradiés.

Un facteur important à considérer est la protection cutanée offerte par les électrons. Pour un faisceau d'électrons *monoénergétique* de 11 MeV la dose à la surface peut être de l'ordre de 80 % du maximum lequel se situe à environ 2 cm de profondeur (Kessaris, 1964). En cas de contamination du faisceau par des électrons de plus faible énergie, cette protection cutanée peut être réduite ou même être totalement absente.

D'autres facteurs techniques comme le type de collimateur ou de localisateur utilisé, leur encombrement, la facilité de mise en place, conditionnent également la qualité de

l'irradiation. D'une manière générale, ces facteurs techniques sont plus importants pour les électrons que pour les photons. Nous avons utilisé un Béatron Brown-Boveri (Asclépitron de 35 MeV); nos conclusions sont donc valables pour ce type d'équipement; des utilisateurs d'accélérateurs d'un autre type pourraient avoir des opinions quelque peu différentes.

Dans l'exemple des figures 3 et 4 où l'on utilise des localisateurs fixes, la saillie de l'épaule gêne la mise en place d'un champ couvrant toute la hauteur de la chaîne cervicale (12 à 14 cm) il peut y être remédié partiellement en inclinant la tête du côté controlatéral.

4. Electrons de 15 MeV (fig. 4).

L'irradiation est homogène sur une plus grande profondeur englobant les ganglions cervicaux postérieurs. Dans l'exemple choisi, la moelle est encore bien protégée, mais il est essentiel d'adapter l'énergie des électrons à chaque cas particulier après étude du con-

Electrons 15 MeV
DSP = 110 cm

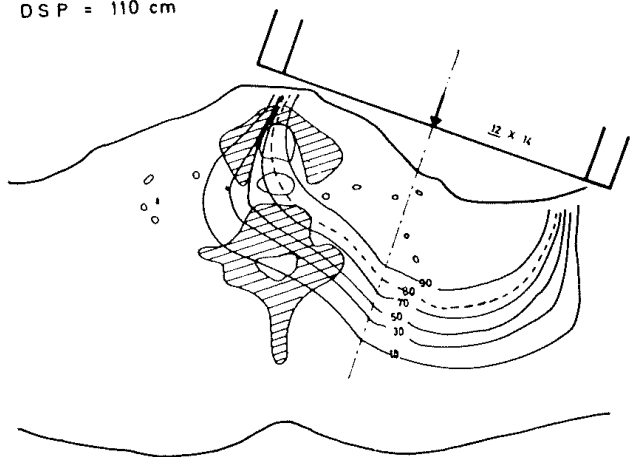


Fig. 4. — Coupe transversale passant par l'isthme thyroïdien et montrant la distribution des doses pour un champ latéral d'électrons de 15 MeV.

Doorsnede ter hoogte van de schildklier, tonende de distributie der dosissen voor een lateraal elektroveld van 15 MeV.

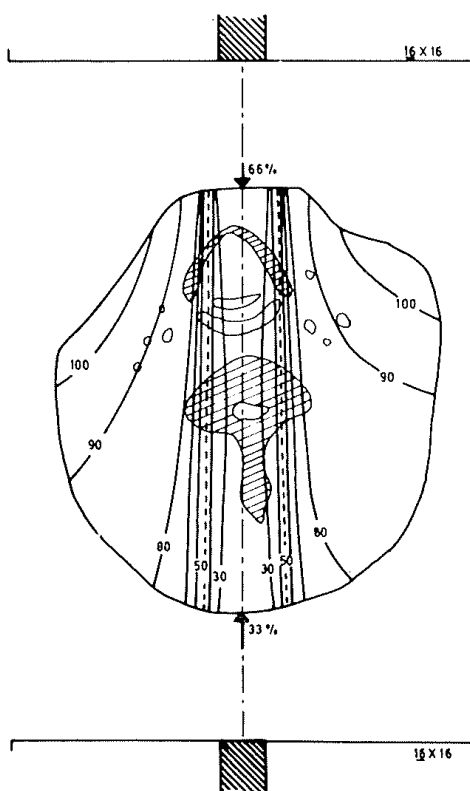
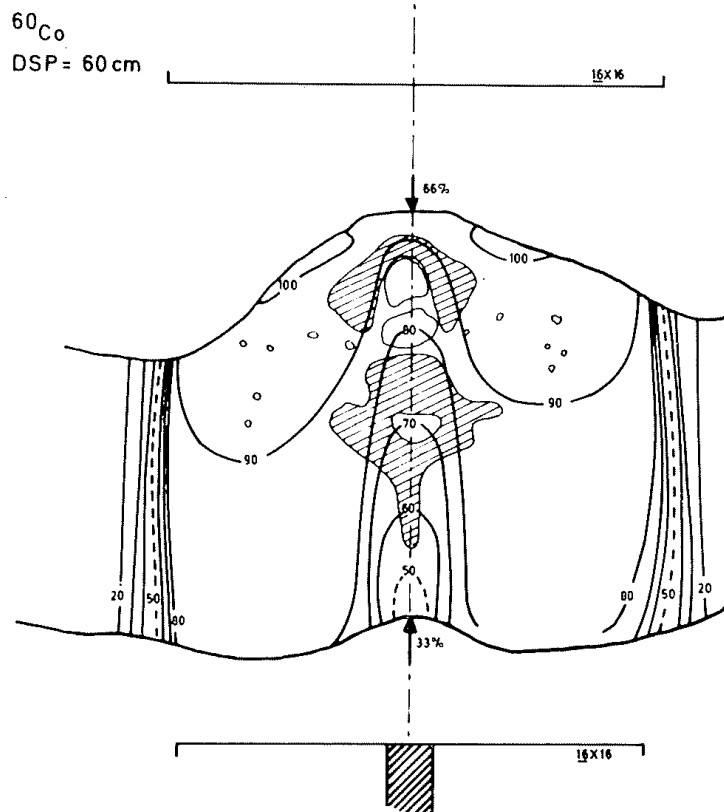


Fig. 5 A et 5 B. — Coupes transversales du cou au niveau de l'isthme thyroïdien et des cordes vocales montrant les courbes isodoses pour une irradiation bilatérale du cou par télécobaltthérapie. La partie haute (larynx) est protégée par un plomb lors des irradiations par voie antérieure. Un cache plombé couvre toute la partie médiane lors des irradiations par voie postérieure. La largeur protégée est de 1,5 cm à la peau. La protection derrière le cache plombé a été mesurée par film.

tour et repérage des différentes structures en position de traitement sur clichés orthogonaux ou mieux sur tomographies axiales transverses.

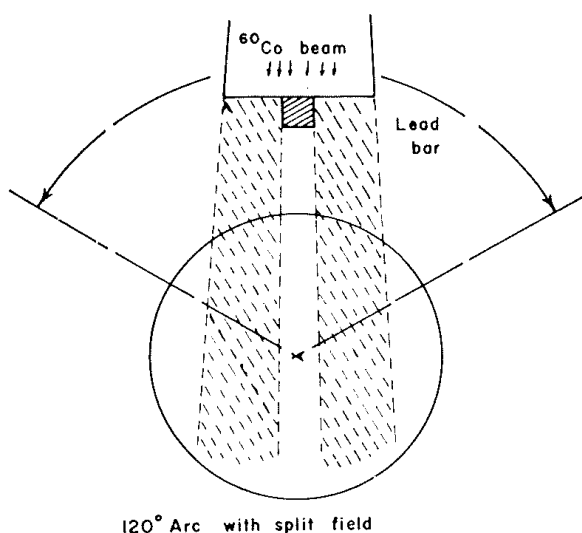
Mêmes remarques que plus haut à propos de la technique des collimateurs et de la protection cutanée qui peut être déterminante dans le choix de la technique de traitement.

D. — IRRADIATION BILATÉRALE DU COU ET DU MÉDIASTIN SUPÉRIEUR

1. Télécobaltthérapie, par champs opposés (fig. 5A, 5B).

Tout le volume-cible est pris d'un seul tenant entre 2 faisceaux de télécobalt opposés. Les 2/3 de la dose sont administrés par voie antérieure. Un cache plombé protège le la-

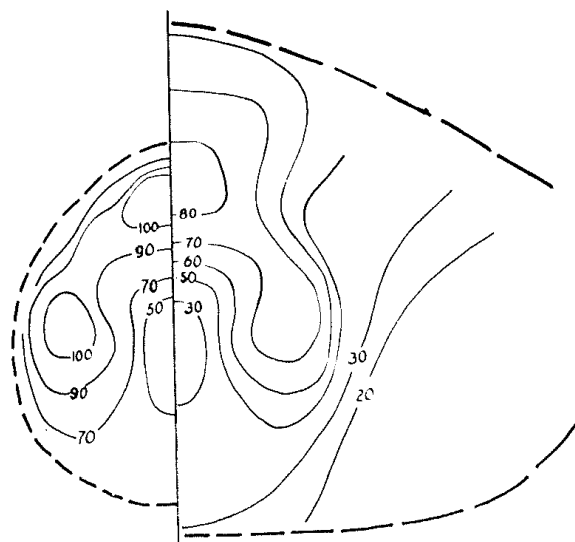
Transversale doorsneden van de hals ter hoogte van de schildklier en de stembanden met isodosissenkurven voor een bilaterale bestraling van de hals met telekobalttherapie. Het hoogste gedeelte (larynx) wordt beschermd ter gelegenheid van de anterieure bestralingen. Langs achter wordt het middelste gedeelte op gans de lengte van het bestralingsveld beschermd. De breedte van de beschermde gedeelten is 1,5 cm aan de huid. Deze bescherming werd met film gemeten.



120° Arc with split field

Fig. 6 A, 6 B. — Exemple de thérapie pendulaire pour l'irradiation bilatérale du cou. Un cache en plomb protège la moelle nerveuse, tandis qu'un filtre en coin réduit la pénétration au niveau de la région cervicale (d'après Cunningham, 1968).

rynx lors de l'irradiation par voie antérieure, tandis qu'un autre cache plombé, protège la moelle cervicale, sur toute la hauteur du champ postérieur. On voit que la distribution de la dose est assez homogène pour les volumes-cibles à atteindre. La moelle épinière « reçoit » dans la partie supérieure 30 %



Voorbeeld van pendeltherapie voor bilaterale bestraling van de hals. Het zenuwmerg wordt beschermd, terwijl een wedge de penetratie ter hoogte van de halsstreek vermindert (naar Cunningham, 1968).

de la dose totale et 70 % dans la partie inférieure. Etant donné que la dose totale à la moelle ne peut excéder 4.000 à 4.500 rads, des résidus tumoraux doivent alors être traités par des champs rétrécis, de préférence par électrothérapie.

On peut souhaiter réaliser des volumes-

Electrons 25 MeV D.S.P = 110 cm

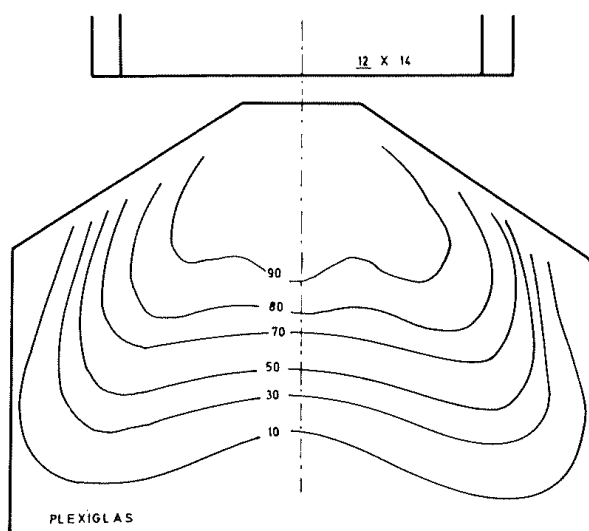
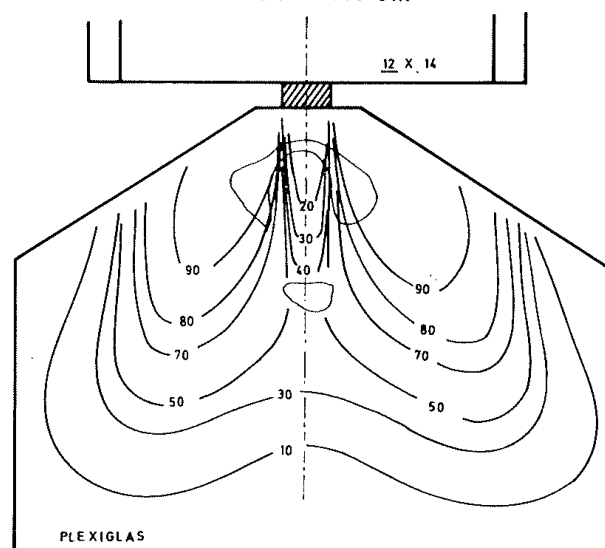


Fig. 7 A, 7 B. — Etude des isodoses obtenues en irradiant un fantôme en Plexiglas représentant la partie basse du cou (isthme thyroïdien) par un faisceau d'électrons de 25 MeV. Influence d'un cache protecteur de plomb (10 mm) (fig. 7 B).

Electrons 25 MeV DSP = 110 cm



Studie der isodosissen behaald door bestraling van een Plexiglas fantoom met een elektronenveld van 25 MeV. Invloed van een loden beschermingsplaat (10 mm) (fig. 7 B).

cibles en forme de fer à cheval entourant la moelle épinière. Aussi des techniques de télécobaltthérapie d'une grande complexité ont été envisagées (Cunningham, 1968). Il s'agit d'une thérapie pendulaire avec cache protecteur en plomb au milieu du champ pour protéger la moelle nerveuse. De plus, un filtre en coin est utilisé dans l'axe longitudinal pour réduire la pénétration au niveau de la région cervicale par rapport au médiastin supérieur (fig. 6A, 6B). Pareille mise en place exige un positionnement très précis et une dosimétrie par ordinateur.

2. Electronthérapie.

Il y a peu d'intérêt à utiliser l'électronthérapie pour l'irradiation bilatérale du cou. En effet, il faut une énergie assez élevée pour atteindre les ganglions cervicaux profonds et postérieurs : 25 MeV environ avec des isodoses moins serrées. Nos mesures faites sur un fantôme en Plexiglas, ayant la forme de la partie basse du cou montrent que la moelle épinière recevrait pour 25 MeV, 80 % de la dose peau (fig. 7A). Par contre, si l'on veut épargner la moelle nerveuse en interposant un cache protecteur (par exemple 10 mm de plomb), on constate que la moelle est bien protégée mais l'isthme thyroïdien insuffisamment irradié (fig. 7B).

CONCLUSION

S'il est nécessaire de standardiser les techniques, il est important de pouvoir les adapter aux conditions cancérologiques et anatomiques de chaque malade en particulier. Cette nécessité d'individualiser l'irradiation vaut surtout pour le cancer de la thyroïde pour les motifs que nous avons développés.

D'une manière générale, pour l'irradiation de *larges volumes-cibles*, le Cobalt doit être préféré aux électrons : irradiation cervicale bilatérale, irradiation du médiastin supérieur, etc. Les rayons gamma de haute énergie permettent une irradiation homogène satisfaisante malgré l'obliquité des surfaces et des différentes épaisseurs d'un endroit à l'autre du volume-cible. Il est généralement possible

d'éviter la moelle épinière et l'utilisation des caches plombés est efficace.

Il est généralement admis que les photons de haute énergie (10 MV et davantage) émis par les accélérateurs linéaires et bétatrons présentent par rapport au Cobalt un certain nombre d'avantages. Pour la thyroïde, l'avantage principal nous paraît être la tolérance cutanée et peut-être une certaine réduction de la pénombre.

Les électrons peuvent être utilisés pour des *irradiations plus limitées* par exemple une chaîne cervicale. Le choix de l'énergie doit être déterminé avec soin en fonction des conditions anatomiques propres à chaque malade.

Les électrons s'imposent pour les *surdoses* au niveau de volumes-cibles réduits.

La protection cutanée offerte par les électrons est très variable en fonction des conditions techniques et d'un type d'appareil à l'autre. Ce facteur nous paraît important pour fixer la limite des indications des électrons de même que d'autres facteurs techniques comme le type de collimateur, leur encombrement, leur dimension, etc. Nos conclusions valent pour le type d'appareillage employé : bétatron de 35 MeV-Brown-Boveri.

Pour l'électronthérapie, notre discussion se limite à des schémas thérapeutiques simples et pratiques réalisables avec la plupart des appareillages, en particulier nous n'avons pu envisager les décélérateurs, ni la thérapie de mouvement par électrons. Cette dernière technique proposée par certain auteur (Ishida, 1965) pose des problèmes pratiques liés à la forme du cou et à la saillie des épaules. De toute manière, il paraît difficile d'irradier de façon satisfaisante par le même champ d'électrons la région cervicale et le médiastin supérieur.

En tout cas, l'électronthérapie ne peut être considérée comme la solution à tous les problèmes d'irradiation des cancers de la thyroïde.

RESUME

Les auteurs analysent les différentes possibilités de radiothérapie externe dans le traitement des néo-

plasmes thyroïdiens en fonction de l'anatomie du cou et du volume-cible choisi. Le rayonnement γ du Cobalt permet une irradiation plus homogène pour l'irradiation bilatérale du cou, tandis que pour l'irradiation unilatérale, le choix entre télécobalt et électrothérapie est à discuter en fonction des qualités du faisceau d'électrons (build-up, type de collimateur, etc.).

SAMENVATTING

De schrijvers ontleden de verschillende mogelijkheden van uitwendige radiotherapie in de behandeling van schildkliercarcinomas, rekening houdende met de anatomie van de halsstreek en de te bestralen volumes. Voor bilaterale bestralingen van de hals, schijnt telekobalt therapie een betere homogeniteit te geven, terwijl voor unilaterale bestralingen, de keuze tussen telekobalt- en elektronentherapie te discussieren is naar gelang de kwaliteiten van de elektronenbundel (build-up, type van collimator, enz.).

SUMMARY

The authors analyse the different possibilities of external radiotherapy in the treatment of thyroid carcinoma in relation to the anatomy of the neck and the target volume. Gamma rays from cobalt allow better homogeneity for bilateral irradiation of the neck, while the choice between cobalt and electron therapy should be discussed for unilateral irradiation taking into account the characteristics of the electron beam (build-up region, type of collimator, etc.).

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verfasser analysieren die verschiedenen externen radiotherapeutischen Möglichkeiten der Behandlung von Schilddrüsen-Neoplasmen entsprechend der Anatomie des Halses und dem gewählten Umfang der Bestrahlungsstelle. Die Kobaltstrahlen ermöglichen eine gleichmäßigere Bestrahlung bei bilateraler Behandlung des Halses, während für einseitige Bestrahlung die Wahl zwischen der Telekobalt- und der Elektronentherapie je nach den Eigenschaften des Elektronenbündels (build-up, Art des Kollimators, usw.) diskutiert werden muss.

РЕЗЮМЕ

Авторы рассматривают различные возможности внешней рентгенотерапии при лечении

тироидных неоплазиях от анатомической функции шеи и выбранного объема-цель.

Облучение кобальтом позволяет более однородную иррадиацию, для билатеральной иррадиаций шеи, тогда как для односторонней иррадиаций, выбор между телекобальтом и электронотерапией обсуждается от функций качеств электронных пучков.

REFERENCES

1. ATKINS, H.L. and TRETTER, P. — Time-dose considerations in radiation myelopathy. *Acta Radiol. Ther. Phys. Biol.*, 1966, 5, 79-84.
2. *Atlas anatomique Sandoz*. Editions Offidoc, Paris, 1968.
3. BECKER, J. und KÄRCHER, K.H. — Zur Elektronentherapie der struma maligna. In : *Symposium on High-energy electrons*. Springer-Verlag, Heidelberg, 1965, pp. 335-338.
4. CUNNINGHAM, J.R. — Use of computers in external beam treatment planning and method of calculation of dose distribution. In : *Proceedings for conference on the use of computers in radiology F-28 - F-39, Chicago, October, 1966*. University of Missouri Publish., 1968.
5. FULLER, L.M. — The role and techniques of irradiation therapy in the treatment of carcinoma of the thyroid. In Fletcher : *Textbook of Radiotherapy*. Lea and Febiger, Philadelphia, 1966, p. 229-232.
6. ISHIDA, T. — Dose distribution of betatron electron beam by pendulous technique. In : *Symposium on High-energy electrons*. Springer-Verlag, Heidelberg, 1965, pp. 126-129.
7. KESSARIS, N.D. — Calculated absorbed dose for electrons. *Rad. Res.*, 1964, 23, 630-640.
8. KOK, G. — Clinical experience with computer-assisted three-dimensional radiation treatment planning. In : *Computers in Radiology* (Ed. R. De Haene et A. Wambersie). Proceedings International Meeting, Brussels, 1969, pp. 109-114. Karger, Basel, 1970.
9. MAIER, J.G., PERRY, R.H., SAYLOR, W. and SULAK, M.H. — Radiation myelitis of the dorsolumbar spinal cord. *Radiology*, 1969, 93, 153-160, 1969.
10. WAMBERSIE, A. — Contribution à l'étude de l'efficacité biologique relative des faisceaux de photons et d'électrons de 20 MeV du bétron. *J. Belge Radiol.*, 1967, monographie n° 1, pp. 1-135.
11. WAMBERSIE, A. — Effet radiobiologique des électrons de haute énergie. *Bull. Cancer*, 1969, 56, 31-42.

Adresse de l'auteur : J. Ribot, Inst. du Cancer, Université de Louvain.