

stereoskopische Sehen bei der Röntgendurchleuchtung. Der erste, der dies durchführte, war HANS BOAS (der Erfinder des Turbinenunterbrechers). In einem Aufsatz «Arbeiten auf dem Gebiete der Wechselstrommaschine und des Einzelschlages» in der Zeitschrift «Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen», Bd. XX, ist auf Seite 371 der von BERGER in meinem Laboratorium vor 20 Jahren entwickelte Apparat zum stereoskopischen Durchleuchten beschrieben. Eine Entladungsröhre war als Doppelröntgenröhre ausgebildet, d.h. die Röhren kommunizierten, um gleiches Vakuum und gleiches Verhalten sicherzustellen. Die Antikathoden standen parallel in etwas mehr als Augenabstand. Ein mechanischer Gleichrichter verteilte die Halbwellen der Wechselstromhochspannung auf beide Röhren so, daß bei 50 Perioden jede Röhre in der Sekunde 25mal aufleuchtete. (Höhere Frequenzen wurden von gashaltigen Röhren nicht gut vertragen.) Ein Synchrometer öffnete und schloß abwechselnd im gleichen Rhythmus die Augen des Beobachters. Das wegen der hohen Frequenz flimmerfreie Bild war gut körperlich, und dieser Eindruck verstärkte sich, wenn das Objekt sich bewegte.

6.

Die Röntgentechniker und Röntgenphysiker waren fleißige Leute. In der hier skizzierten Entwicklungszeit von 1896 bis etwas nach dem ersten Weltkrieg, also der ersten fünfundsiebzig Jahre, sind weit mehr als zehntausend Veröffentlichungen auf diesem Gebiet erschienen. Jetzt steht diese Technik auf solider wissenschaftlicher Grundlage. Aber damals mußten wir alle auf ungeklärtem Terrain arbeiten.

Es geht bei einem solchen Rückblick, der aus eigenem Schaffensraum gehalten wird, nicht ohne das Erlebnis ab, das Goethe im Westöstlichen Diwan als «Stirb und werde» bezeichnete. Ein immer wiederholtes Beginnen, Erobern und Verlieren ist jeden Forschers und Technikers Los, und niemand kann später die Vielfalt der Zusammenarbeit übersehen, die den «Stand» dieser späteren Zeit erbaut hat. Wie wenig von dem, was ich erlebte, kann ich berichten, wie wenige von den Tüchtigen, die einst dabei waren und von denen viele den Strahlentod erlitten, auch nur erwähnen. Wie viele Resultate, einst Grund zu berechtigter Freude, sind überholt und damit windverweht, so wie RÖNTGEN in seiner Gedächtnisrede an FRIEDRICH KOHLRAUCH selbst gesagt hat.

Nun, das Leben ist ein tägliches Abschiednehmen; man soll es dankbar tun und herzlich zum nächsten schreiten, das aufgegeben ist.

Summary

The achievements of the technics of X-rays since their discovery are described, the stress being laid on the work of the pioneers in the beginning. The true nature of the X-rays then still being unknown, they were nevertheless wanted for diagnostical purposes, and so physicians and scientists were met with a lot of very difficult problems, some of which are described more in detail, especially the development of the X-ray tubes, the inductors and the transformers. Another set of theoretical and experimental problems posed itself, when the healing of cancerous tumors within the human body had to be tried without damaging the skin. In using all physical possibilities also this could be achieved; for the practical realization a new transformer for high tensions had to be constructed. — Other questions, f.i. the doses to be applied and the stereoscopical methods are also hinted at.

50 ans de radiologie médicale¹

Par E. A. ZIMMER, Fribourg

Il y a 50 ans WILHELM CONRAD RÖNTGEN a découvert des rayons invisibles qu'il appela rayons X. Le champ d'application de cette découverte s'est étendue progressivement d'une façon étonnante et a intéressé tour à tour les domaines les plus divers: métallurgie, cristallographie, recherches de microstructure, histoire de l'art (identification de falsification picturale) et — avant tout — la Médecine. C'est ici précisément que le rôle des rayons X est le plus particulier et le plus indispensable. Les mêmes rayons servent au diagnostic de la maladie et au traitement du malade.

Nous désirons tout d'abord envisager la première de ces applications, celle qui concerne le *diagnostic*. Nous éviterons une énumération schématique de toutes les

possibilités d'une identification radiologique de la maladie. Le diagnostic radiologique est étroitement lié à l'établissement d'une méthode, mais dépend aussi dans une si large mesure du degré de perfectionnement de l'appareillage technique que nous nous efforcerons de donner quelques précisions sur ce point. Nous distinguerons en effet 5 groupes de méthodes:

- 1^o Méthodes tendant à la réduction du temps de pose.
- 2^o Méthodes de représentation stéréoscopique.
- 3^o Méthodes d'agrandissement ou de réduction des clichés.
- 4^o Méthodes de fixation radiologique de diverses phases d'un mouvement.
- 5^o Méthodes impliquant l'emploi d'une substance de contraste.

¹ Leçon inaugurale, donnée le 8 novembre 1945, à l'Université de Bâle (en langue allemande).

Dès les premiers jours de l'utilisation des rayons Röntgen on a attribué une importance particulière à la *réduction du temps d'exposition des clichés*. Le temps de prise qui au début s'exprimait en minutes, devait déjà absolument être réduit. La solution de ce problème capital fut trouvée, d'une part grâce à des améliorations dans le domaine de la technique photographique¹, et d'autre part grâce à des progrès dans la construction des tubes de Röntgen et des appareils radiologiques.

La plaque *photographique émulsionnée* sur une face seulement fut remplacée par le film à double couche sensible dont les contrastes superposés doubleraient l'effet photographique. Mais la couche sensible du film, même doublée, n'était encore qu'un transformateur défectueux de l'énergie röntgénienne. On améliora ce rendement en employant des écrans renforçateurs, feuilles de carton recouvertes d'une couche de tungstate de calcium, entre lesquelles le film sensible était inséré. Les rayons X excitent la fluorescence du tungstate de calcium, fluorescence dont l'action seule impressionne le film, alors que l'effet direct du rayonnement X est relativement négligeable. L'effet renforçateur de ces écrans est considérable: il permet de réduire d'environ $\frac{9}{10}$ le temps de pose que nécessite la prise d'un cliché, sans artifice de renforcement. Mais cet avantage ne va pas sans un grave inconvénient, celui de diminuer sensiblement la finesse des images, d'augmenter le flou des clichés, l'imprécision des structures. L'exemple des clichés de trabécules osseux est particulièrement démonstratif à ce sujet.

La comparaison de deux radiographies prises avec et sans écran renforçateurs montre que la rapidité de prise est obtenue aux dépens de l'acuité du dessin. De ce fait nous avons aujourd'hui encore recours au film sans écran (*Sinofilm*) pour l'examen de l'état des trabécules osseux où l'extrême brièveté de la pose n'est pas nécessaire. Par contre nous utilisons les écrans renforçateurs pour fixer les images fugaces, par exemple pour la radio des phases d'évacuation stomacale.

Le perfectionnement des *ampoules de Röntgen* a aussi contribué à la réduction du temps d'exposition. Pour obtenir cette réduction, il importe que la surface de l'anticathode destinée à recevoir le bombardement électronique (et que l'on appelle le foyer thermique) soit aussi grande que possible.

Le seuil de charge spécifique pour tous les tubes à tungstène indistinctement, correspond à 200 watts par mm² pour une exposition d'une seconde. Nous venons de dire que le foyer thermique doit être aussi grand que possible; par contre le foyer optique dont dépend la netteté des images devra être aussi petit que possible. Pour cette raison on construit une anticathode tournante discoidale. La surface bombardée du disque, seule productrice de rayons X, reste fixe dans

l'espace. D'autre part le mouvement tournant de ce disque permet à la surface bombardée d'être constamment renouvelée, ce qui a pour résultat évident de diminuer la charge calorifique de la surface active.

Ainsi, dans ce système, la surface supportant l'effet calorifique, est de 540 mm². Dans les systèmes à anticathode fixe elle était seulement de 50 mm². Le résultat est non seulement meilleur du point de vue thermique, mais aussi du point de vue optique. Ceci parce qu'une plus petite surface active peut être utilisée, grâce à l'augmentation du seuil de charge électronique spécifique.

D'autre part, on constate que les grands *appareils de radiographie* sont soumis à des chutes de tension importantes dues aux hautes charges imposées par l'extrême brièveté du temps d'exposition. Ceci amène, lorsqu'on ne dispose au primaire que d'une faible puissance, de grosses difficultés pratiques. Il a fallu forcément tenir compte, dans la construction des appareils, des conséquences de ces difficultés. On a résolu le problème par l'emploi d'appareils à condensateurs. Ceux-ci sont chargés de telle façon que l'on dispose au moment de l'exposition de toute l'énergie mise en réserve. Grâce à cette décharge des condensateurs, les puissances élevées permettent les plus rapides instantanés. Du même coup on ne dépend plus des variations du secteur.

Le temps de recharge des condensateurs présente un inconvénient dans le cas d'expositions, se succédant à bref intervalle. Ces appareils modernes permettent de réaliser des temps d'exposition de l'ordre de trois millièmes de seconde.

L'*application pratique* de ces courtes expositions est surtout limitée à l'examen du cœur et des vaisseaux. On peut ainsi déceler, malgré les mouvements du cœur, des calcifications de l'appareil valvulaire et même de fins dépôts dans les vaisseaux coronaires. Ces expositions extrêmement courtes sont, abstraction faite des indications sus-citées, inutiles à atteindre.

Par exemple, dans l'examen des poumons, il importait déjà de réduire le temps de pose, de façon à éliminer le flou consécutif aux mouvements; mais il n'était nullement nécessaire d'atteindre ces chiffres maxima. A partir d'un certain seuil on ne peut plus parfaire le résultat. Nous pouvons désormais nous permettre le luxe d'employer, au lieu des écrans renforçateurs à grande puissance, des écrans qui nécessitent un temps d'exposition plus important, mais qui donne alors une plus grande netteté des images.

Il est aujourd'hui certain que l'image radiologique du poumon correspond aux vaisseaux pulmonaires dont l'état de réplétion est fonction de la phase cardiaque. Il est dès lors souhaitable que l'exposition se fasse à la fois, dans un même temps respiratoire et dans la même phase cardiaque.

Pour l'examen cardiaque, le temps le plus propice est la diastole, moment de la dilatation maxima. Pour

¹ J. EGGERTH: Einführung in die Röntgenphotographie. Verlag S. Hirzel, Leipzig (1936).

fixer de façon précise une phase cardiaque ou pulmonaire on emploie l'électrocardiographe cathodique de LIECHTI¹.

On est ainsi indirectement amené à un deuxième grand chapitre de l'examen radiologique, à savoir la *Radiostéréoscopie*. Il est indispensable, pour l'obtention de deux clichés que demande la stéréographie pulmonaire, de saisir chaque fois la même phase cardiaque et pulmonaire.

Le *Stéréoskiographe*² de HASSELWANDER nous permet, au moyen du stéréoscope à miroir de WHEATSTONE, d'obtenir l'impression d'espace; à tel point que nous pouvons retrouver par une petite marque lumineuse rouge chaque point de l'espace. Chacun de ces derniers peut être fixé sur un fond.

Si la stéréographie est parvenue à un haut degré de perfectionnement, il n'en va pas de même en ce qui concerne la *Stéréoscopie*³. Les méthodes jusqu'ici utilisées consistent toutes en fait, à employer un appareil à 2 tubes s'allumant l'un après l'autre, selon les alternances du courant (à 50 périodes).

Ainsi il ne sera jamais donné à l'observateur de regarder avec ses deux yeux simultanément. L'effet stéréoscopique, résultat de la rapide succession des images, s'avère excellent, quand il s'agit d'examiner des objets complètement immobiles; il est moindre ainsi pour ce qui est de l'examen d'organes présentant des mouvements brusques. Il échoue dans le cas de personnes corpulentes. L'imprécision de l'effet stéréoscopique est due, d'une part aux rayons secondaires, d'autre part il ne faut pas sous-estimer la conséquence de la fluorescence résiduelle de nos écrans. Du fait de la succession rapide des images, cette fluorescence résiduelle tend à en diminuer la netteté. On est en train de mettre au point des modèles susceptibles de surmonter ces difficultés. Il est à prévoir que le but sera atteint. De tels appareils, qui permettent un examen stéréoradioscopique, s'ils ne font que faciliter le diagnostic pulmonaire, sont par contre indispensables au diagnostic des maladies de l'intestin grêle.

A cette étude stéréoscopique appartient aussi le problème de l'examen isolé d'un plan de l'objet, réalisable au moyen de deux méthodes entièrement différentes.

La première méthode, la «*radiographie de contact*», ne donne qu'une possibilité d'observation limitée aux régions du corps très proches du film. Le foyer du tube de Röntgen sera amené aussi près que possible de l'objet. Ainsi les parties de l'objet distantes de l'écran

seront agrandies, floues et peu apparentes, alors que les parties voisines se verront en grandeur naturelle, nettes et bien délimitées.

Les clichés ainsi obtenus sont susceptibles d'une modification qui améliorera l'image définitive: On prend deux vues sur le même film en déplaçant légèrement le tube pour le deuxième cliché¹.

Par cette «*double exposition au contact*», qui ne demande aucune installation supplémentaire, on réussit par exemple, à isoler le sternum et ses articulations, en évitant les superpositions gênantes des ombres costales et pulmonaires.

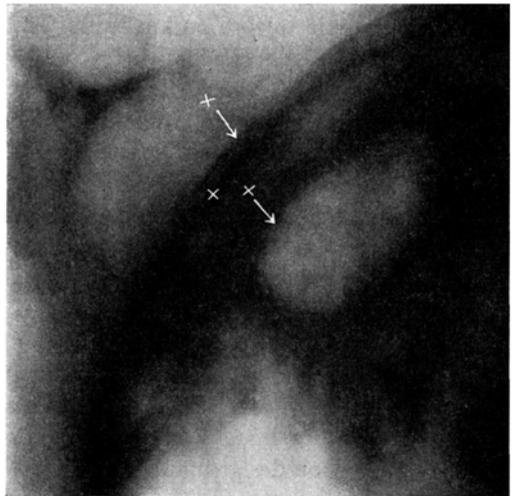


Fig. 1. Tomographie d'une affection tuberculeuse du lobe pulmonaire supérieur droit. x côtes; x x caverne tuberculeuse.

La deuxième méthode a un champ d'application beaucoup plus vaste. C'est une représentation d'un plan du corps, appelée aussi *Tomographie*, *Stratigraphie*, ou «*procédé d'examen en coupes*». On réussit ainsi effectivement à isoler chaque plan voulu du corps sans être gêné par les régions sus- et sous-jacentes.

Le principe de cette méthode est basé sur le mouvement contraire du tube et du film: ceux-ci sont reliés par un levier à deux bras, dirigé à volonté. Toutes les régions du corps se trouvant dans le plan à explorer se projettent pendant toute la durée du mouvement sur le même endroit du film, ce qui les rend clairement visibles.

Tous les points de l'objet situés en dehors de ce plan se projettent suivant une direction variable au cours de la rotation; au lieu de dessiner des points, il formeront des lignes, estompées, à peine visibles. Le plan à isoler peut être modifié à volonté, de façon à permettre un examen à toutes les profondeurs. Dans l'examen pul-

¹ AD. LIECHTI: Rad. Clin. 10, 148 (1941); A. EGLI: Rad. Clin. 8, 51 (1939).

² HASSELWANDER: Stereographie. Thieme, Leipzig; SINGER: Amer. J. Roentgenol. 43, 138 (1940).

³ BARDON J.: Bull. et Mém. soc. Electroradiol. méd. France 27, 596 (1939); SNOW: Amer. J. Roentgenol. 42, 143 (1939); HOPF: Rad. Clin. XII. 65 (1943).

⁴ LAUVEN: Röpra 5, 602 (1933).

¹ E. A. ZIMMER: Das Brustbein und seine Gelenke, Verlag Thieme, Leipzig (1939).

² VALLEBONA: Stratigraphie, Verlag Poggi, Rom (1938); GREINER: Das Schichtbild der Lungen, der Tracheobronchialkammer und des Kehlkopfes. Verlag Thieme, Leipzig (1941).

monaire pré-opératoire ce procédé a une valeur particulièrement grande (fig. 1).

Nous employons, en notre service, ce moyen d'investigation pour l'examen de l'articulation coxo-fémorale. Jusqu'à présent il était par exemple impossible de différencier de petites esquilles arrachées au sourcil cotyloïdien et l'os acetabuli, ce qui est exigé en expertise. Lors des examens du rachis, les foyers d'ostéite tu-

méthodes d'agrandissement et de réduction des clichés. Disons tout de suite que la *microradiographie médicale* fait encore partie du domaine des rêves. Cependant, nous attirons l'attention sur deux expériences de technique microradiographique, peu connues chez nous; elles méritent une mention spéciale (fig. 3).

VALLEBONA¹ fait passer un faisceau de rayons X à travers un petit trou placé à quelque distance du foyer.

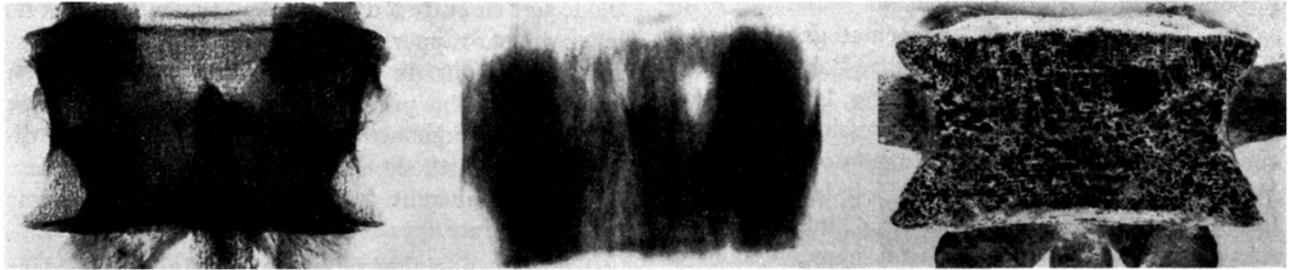


Fig. 2

berculeuses atteignant les dimensions d'un noyau de cerise ne sont pas décelables sur une radiographie ordinaire. Elles le sont par contre d'emblée par la méthode tomographique que l'on vient d'étudier (fig. 2).

Le troisième chapitre de notre exposé traitera des

Il obtient ainsi une divergence des rayons et des images nettes, ce qui est l'équivalent d'un agrandissement.

HECKMANN² à son tour obtient l'agrandissement en faisant passer les rayons, sortant de l'objet à travers une plaque opaque mobile, pourvue de fentes étroites. Les rayons ayant traversé ce diaphragme viennent frapper le film. Film et diaphragme sont animés de mouvements en sens contraire.

Les méthodes visant à la *réduction des clichés* bénéficièrent d'un progrès beaucoup plus considérable. Elles sont connues sous le nom de «*Schirmbildverfahren*» ou *examen radiophotographique*³. L'image pulmonaire est photographiée en même temps qu'une carte de contrôle par un appareil de format 2,4 x 2,4 cm (ou 6 x 6 cm). La sensibilité du film photographique est adaptée à la longueur d'onde de la fluorescence de l'écran. Toute l'opération peut être accomplie à la lumière naturelle. L'automatisme dans ce procédé est poussé à tel point que l'on peut examiner 200 personnes par heure avec un rendement excellent. L'inconvénient est ici, pour ainsi dire, la trop grande netteté qui fait ressortir des détails de structure pulmonaire souvent sans importance.

Nous abordons maintenant le quatrième point de notre exposé, à savoir l'étude des *méthodes de fixation radiologique de diverses phases d'un mouvement*. En radiographie la plus simple représentation du mouvement est le *polyisogramme*. On photographie, par exemple, les mouvements péristaltiques de l'estomac

¹ VALLEBONA: Liguria Med. 1928, 3. Riv. di Rad. 1 (1930).

² HECKMANN: Fortschr. Röntgenstr. 60, 144 (1939).

³ HOLFELDER-BERNER: Atlas des Röntgenreihenbildes des Brust-raumes. Fortschr. Röntgenstr. Erg.-Bd. 59 (1939); HEISIG: Beitr. Klin. d. Tuberk. 93, 353 (1939); KATHLEEN-CLERK u. a.: Mass miniature Radiographie, London: His majestic's Stationary Office (1945); TRAIL u. a.: Mass Min. Radiographie. Verlag Churchill (1943).

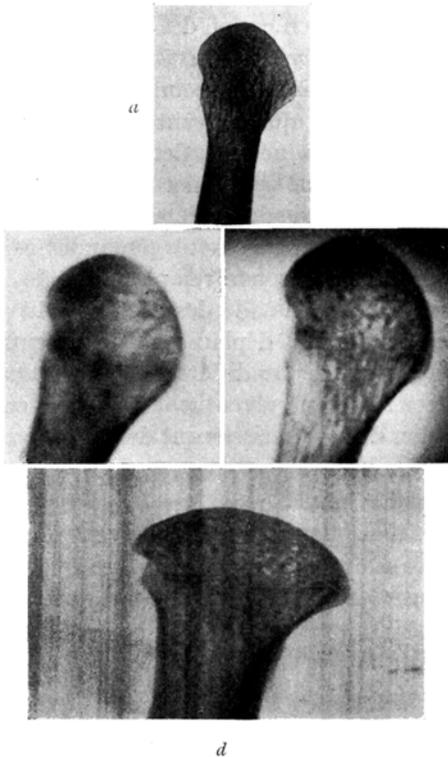


Fig. 3. «Radiomicroscopie»

(Toutes les radiographies ont été effectuées avec la même distance [50 cm DFF].)

- a radiographie normale;
- b radiographie avec une distance objet-film de 30 cm;
- c même technique que sous b, mais principe de VALLEBONA;
- d méthode de HECKMANN.

deux (ou trois) fois de suite en apnée sur le même cliché. Aux endroits animés de mouvements péristaltiques les différentes contractions sont reconnaissables, grâce à un double contour qui n'existe pas dans les zones rigides.

La *radiocinématographie* (méthode directe de DES-SAUER ou indirecte de JANKAR¹) est encore difficilement applicable à l'homme à cause de la quantité énorme de rayons qu'elle nécessite et de l'effet physiologique correspondant.

Une forme spéciale de la cinématographie est la *Kymographie*². Ici on interpose entre l'objet et le film une grille de plomb à fentes parallèles, larges de 1 mm et distantes de 12 et 36 mm. N'impressionnent la pellicule sensible que les rayons qui ont traversé les fentes. Pendant l'exposition on déplace soit la grille soit le film d'une distance correspondant à l'intervalle séparant deux fentes. De cette façon nous obtenons de nombreuses images correspondant aux rayons ayant traversé les fentes. Cette kymographie est surtout employée dans les examens cardiaques. On peut, en tenant compte de certaines restrictions, tirer des conclusions sur des modifications pathologiques de la contraction cardiaque, grâce à la forme des pointes qui en résultent sur le cliché. WELTZ, cependant, a montré ce qu'on pourrait en tirer pour l'examen gastro-intestinal.

Le dernier point de notre classification était l'*étude de l'emploi d'une substance de contraste*.

La méthode la plus utilisée est ici l'administration d'une bouillie barytée pour la mise en évidence du *tube digestif*. Il faut noter, à ce point de vue, la faible importance accordée jusqu'ici à l'examen radiologique de l'intestin grêle, bien que celui-ci joue un rôle capital dans la résorption.

Les tentatives d'examen de la *vésicule biliaire* au moyen du phénolphtaléinate de sodium tétra-iodé échouèrent souvent jusqu'à présent, à cause de l'effet laxatif de ce corps. Par l'emploi du Biliselectan, dans la formule duquel la phénolphtaléine est remplacée par l'acide propionique, on obtient d'excellents résultats de remplissage.

L'hépatospléno-graphie³, image du *foie* et de la *rate*, n'est pas en faveur, quoique la technique en soit facile. Il est vrai que sa valeur diagnostique est bien faible. Les formes et les changements de volume peuvent être plus facilement décelés par d'autres méthodes. Malheureusement, il n'existe pas encore de moyens radiologiques pour examiner le pancréas, les surrénales et quelques autres glandes endocrines. Ceci serait cependant d'un vif intérêt.

Pour le *rein* le problème est plus simple. Quelques

minutes après une injection intraveineuse, on réussit à représenter tout le système rénal. Pour les études morphologiques on introduit de plus, à l'aide d'une sonde, une substance opaque par l'urètre.

L'examen de l'*utérus* et des *trompes*¹ s'avère souvent nécessaire lors d'une stérilité ancienne. On constate parfois que cette stérilité cesse après l'examen; ceci est probablement dû au fait que le liquide employé a ouvert un passage primitivement obstrué. Cette méthode sert en outre à délimiter les organes génitaux de la femme par rapport au petit bassin². La représentation du contour du *foetus dans l'utérus*³ a aussi pu être obtenue. Une prévision du sexe avant la naissance est ainsi théoriquement possible. Pour des raisons diverses cette méthode ne s'est pas généralisée, à cause du danger inhérent à l'emploi des rayons sur une femme enceinte.

A l'examen pulmonaire, on injecte parfois dans les *bronches* une substance opaque, pour mettre en évidence une variation pathologique de leur calibre. Le problème serait très facilité par la découverte d'un gaze opaque susceptible d'être inhalé. S'il s'agissait de faire inhaler un gaz toxique, nul doute que le problème eût été résolu de longue date!

L'examen vasculaire des poumons a déjà été entrepris à l'étranger; il n'est cependant pas encore entré dans le cadre de la pratique journalière.

Par contre, l'opacification des vaisseaux cérébraux⁴ est courante (*artériographie cérébrale*). En effet, le cerveau présente parfois des tumeurs ainsi que des dilata-tions de ses artères, qui peuvent ainsi être reconnues avec une particulière netteté. Cette méthode complète bien la *ventriculographie*⁵, qui consiste à insuffler de l'air dans les ventricules cérébraux. Le liquide qui remplit normalement les cavités cérébrales, est partiellement aspiré et se trouve remplacé par de l'air. En faisant prendre au malade des positions diverses, on arrive, en suivant les déplacements consécutifs de la bulle d'air, à explorer les différentes régions et à mettre en évidence l'existence éventuelle d'une tumeur, par la constatation d'un rétrécissement de la clarté ventricu-laire.

Le canal médullaire peut être exploré par la *myé-lographie*⁶. Jusqu'à présent on injectait du Lipiodol, mais ceci causait des désagréments d'ordre nerveux. Il existe d'autres applications intéressantes de cette mé-

¹ SCHULTZE: Gynäk. Röntgendiagnostik. Verlag Enke, Stuttgart (1939).

² KYELLBERG: Hystero-Salpingo-Pelvigraphie. Acta rad. Suppl. 43 (1942).

³ ERBSLÖH, J.: Röntgenpraxis 14, 28 (1942).

⁴ MONIZ, E.: Die zerebrale Arteriographie und Phlebographie. Springer, Berlin (1940); DIMTZA-JÄGER: Arch. klin. Chir. 1936. Kongr. Ber. 631 (1939).

⁵ LYSHOLM: Ventriculographie. Suppl. Acta radiol.; DYES: Die Hirnkammerformen bei Hirntumoren. Verlag Thieme, Leipzig (1937).

⁶ NOCLIN: Nord. Med. 1200 (1940); CHAMBERLAIN u. a.: Radiology 33, 695 (1939); BUSCH: Acta radiol. 22, 556 (1941).

¹ R. JANKER: Die Röntgenkinematographie. Verlag Thieme, Leipzig.

² P. STUMPF: Zehn Vorlesungen über Kymographie. Verlag Thieme (1937); STEFF: Dtsch. med. Wschr. 1/459 (1937); E. A. ZIMMER: Die Röntgenologie des Kiefergelenkes, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 51, 1 (1941).

³ BECKERMANN: Hepatolienographie. Thieme, Leipzig (1940).

thode par contraste (cavités nasales¹, glandes salivaires², genou³).

Nous avons ainsi résumé les cinq méthodes utilisées, à l'heure actuelle, en radiologie médicale; je n'ai pu en donner qu'une vue d'ensemble.

*

Le rayonnement de Röntgen, instrument de diagnostic, nous l'avons vu, est aussi une arme puissante et efficace en *thérapie*.

Les *rayons X* sont des *vibrations électromagnétiques* à longueur d'onde bien définie. Il s'ensuit que chaleur, lumière, rayons X, rayonnement du radium, ne diffèrent que par l'ordre de grandeur et la fréquence.

Quels sont les effets physiologiques respectifs de ces différentes radiations?

Je rappellerai à ce sujet que, lorsqu'un rayon frappe un atome, ce rayon lui cède une certaine quantité d'énergie. Celle-ci est un multiple de ce que PLANK a appelé le quantum d'énergie.

Le rayonnement calorifique ne peut que déplacer les électrons des couches superficielles par rapport au noyau de l'atome.

Quant aux rayons ultra-violet, ils sont capables de détacher complètement ces électrons et de leur conférer une faible vitesse: c'est ce que nous appelons l'effet photoélectrique.

Les rayons X et ceux du radium par contre, réussissent à arracher les électrons des couches profondes.

Grâce à l'effet photoélectrique, les divers rayonnements se distinguent des points de vue physique et biologique, en deux groupes, suivant qu'ils sont ou non capables de libérer des électrons. Ainsi une seule chose reste constante, c'est la nature électro-magnétique des rayonnements. Biologiquement, les deux groupes sus-cités se différencient suivant qu'ils produisent ou non, une inflammation de la peau ou un érythème.

De l'ultra-violet au radium, seule la pénétration atomique et la distribution varient. La radiothérapie n'est autre que cette possibilité de destruction profonde.

Il a fallu près de 30 ans pour rendre efficace et inoffensive la radiothérapie, qui compta de nombreux martyrs.

L'absence d'une *unité internationale* eut une influence frénatrice sur son développement. Finalement, grâce à la mesure de l'ionisation produite par les rayons X le problème fut résolu.

L'unité est le Röntgen = 1 r. C'est la quantité de rayons qui, compte tenu de toutes les émissions secondaires d'électrons et de l'effet des parois de la chambre

d'ionisation, est capable de produire dans une couche d'air de 1 cm (dans les conditions habituelles de température et de pression) une conductibilité telle que, lors de la saturation, on mesure une unité électrostatique.

Mais l'important en médecine n'est pas cette quantité seule, c'est aussi la qualité des rayons. On détermine cette dernière par son degré de dureté exprimé en «Halbwertschicht» (= HWS). C'est l'épaisseur du filtre qui réduit de moitié l'intensité des rayons qui la traversent.

Avec ces définitions, qualitative et quantitative, et connaissant le débit (r/min) de notre appareil, nous pouvons, nous médecins, nous passer du secours continu des physiciens et réaliser des dosages précis.

Avant la mise au point du dosage, la valeur thérapeutique des rayons dans le traitement du cancer et des maladies du sang était déjà connue et dès cette époque on soumettait ces malades au traitement radiologique.

Il s'ensuit, par conséquent, qu'en médecine on ne recule pas devant l'emploi d'une thérapeutique dont le mode d'action échappe complètement. De plus, aucune *expérience* n'avait été pratiquée à cette époque sur des *tissus normaux*. Des centaines de travaux portant sur les sangs anormaux, aucun ne mentionne l'effet des rayons sur le sang normal. Il n'est dès lors pas étonnant que chaque auteur soit parvenu à des conclusions différentes.

Ce qu'il est surprenant, par contre, de constater, c'est que les variations de la formule sanguine sont sensiblement fonction de la dose de rayons utilisés¹. Ainsi j'ai trouvé, lors de recherches personnelles, une diminution rapide du nombre des globules rouges, au cours d'irradiation de la moelle osseuse, à faible dose; alors que de fortes doses donnaient une augmentation appréciable du nombre de ces mêmes éléments.

De même, j'ai observé au cours d'irradiation du foie à faible dose, et de la moelle à forte dose, une brusque leucopénie. (On sait que la radiothérapie est employée avec succès dans beaucoup de maladies du sang.)

En approfondissant ces études sur l'effet des rayons sur le sang normal, on arrivera certainement à améliorer cette méthode de traitement.

En biologie générale on n'explique pas plus clairement le mode d'action des rayons X. DESSAUER le premier, avec sa «Treffertheorie» aborda ce problème. Cette théorie parle de l'atteinte du noyau cellulaire par des corpuscules. Dernièrement LIECHTI² et ses élèves se sont beaucoup occupés de la question. D'après eux, le phénomène de base est une réaction photochimique.

¹ E. A. ZIMMER: Veränderungen der Formelemente des Blutes nach Röntgenbestrahlung (im Druck).

² LIECHTI: Rad. Clin. 10, 104 (1941); MINDER: Rad. Clin. 10, 121 (1941); HOLZER: Physikal. Medizin in Diagnostik und Therapie. Verlag Maudrick, Wien (1944).

¹ BABAIANTZ: Rad. Clin. 11, 114 (1942).

² HETZAR: Sialographie. Verlag Thieme, Leipzig (1942).

³ BRUCHER-OBERHOLZER: Acta rad. XV, 452; A. CLAUSEN: Fortschr. Röntgenstr. 65, 76 (1942).

HOPWOOD¹ croit à une activation de l'eau par les rayons X, susceptible de donner lieu à des chaînes de réaction sur les albuminoïdes.

En vérité, la radiothérapie pratique se développe indépendamment de tous ces problèmes. Son principal succès réside dans le *traitement du cancer*. Ce traitement demandait deux choses *a priori* contradictoires: d'une part de ne pas léser la peau, d'autre part d'augmenter l'efficacité en profondeur. Pour cette raison, on abandonna la méthode jadis employée, qui consistait à faire tout le traitement en une seule séance. On réalise aujourd'hui l'exposition en plusieurs temps. On constata, en augmentant le nombre des expositions fractionnées, que la résistance de la peau était augmentée.

On parvenait à ce même ménagement de la peau en faisant varier l'incidence des rayons sur elle. Ces rayons cependant continuent à converger sur la même tumeur.

DESSAUER et ses élèves ont développé ce dernier moyen par ce qu'on appelle «*Rotationsbestrahlung*»² et «*Pendelbestrahlung*». Dans «l'irradiation rotative» le patient tourne lentement, pendant la séance, autour d'un axe vertical qui passe par le point de convergence fixe des rayons. On a fait coïncider ce point avec la tumeur.

La surface de la peau, atteinte par un mince faisceau, se trouve constamment renouvelée du fait de ce mouvement rotatif, alors que la tumeur demeure constamment au foyer de convergence du faisceau.

KOHLER et BENDER³ essayaient d'obtenir le même résultat, en imprimant au tube lui-même un mouvement pendulaire, le sujet restant fixe.

On a essayé, en vue d'intensifier l'efficacité en profondeur, d'augmenter le voltage de 200 000 à 1 million de volts; les résultats ne semblent pas confirmer les prévisions⁴.

Quels sont maintenant les *résultats du traitement radiologique du cancer*⁵?

On a observé depuis 1906, à l'Institut du Cancer de Heidelberg, 6556 cas qui ont été soignés par les méthodes chirurgicales et radiologiques combinées. Dans les cas de cancers soignés par la radiothérapie seule, et il s'agit, notons le bien, de cancers inopérables, on a

obtenu 47,8% de soulagements dans les cancers du sein, après un traitement d'un an, et 7,2% de guérison, après cinq ans.

Dans les cancers des organes génitaux de la femme, le pourcentage de guérison après un traitement radiologique seul, s'élève dans les cas favorables à 53%, et à 30% dans les autres cas.

Le cancer du larynx se guérit par les rayons une fois sur deux: pris au début, dans 80% des cas, à un stade avancé, dans 30% des cas.

Dans le *traitement des tumeurs superficielles*, un grand progrès a pu être réalisé par la méthode dite de l'irradiation par contact «dont les principes furent étudiés par CALDWELL, BOUCHACOURT, DESSAUER, PALMIERI, SCHAEFFER-WITTE, CHAUL-ADAM, VAN DER PLAATS¹». Contrairement à ce qui se passe chez les tumeurs profondes, il faut ici augmenter au maximum l'action en surface, en protégeant le plus possible les tissus sains sous-jacents. Autrement dit, nous devons réaliser une chute brusque de la puissance pénétrante («steiler Dosisabfall»).

On possède aujourd'hui des appareils à irradiation par contact, qui nous permettent dans un délai de quelques minutes d'administrer des doses immenses (jusqu'à 8000 r/min). Ce perfectionnement technique a conduit à des résultats cliniques très encourageants: nous guérissons aujourd'hui le cancer de la peau dans 98% des cas, et celui de la lèvre dans 90,5%. Nous sommes bien armés également contre certaines maladies des vaisseaux.

Les succès de cette thérapeutique sont dus au fait qu'elle ne lèse pas les tissus sains environnants, lesquels conservent leur pouvoir régénérateur.

Dernièrement, les possibilités de la radiothérapie se sont aussi étendues au traitement des processus inflammatoires². Malheureusement, les résultats favorables en sont encore peu connus.

Le pronostic du cancer dépend d'ailleurs, dans une large mesure de la *précocité du traitement*. A partir d'un certain degré de l'évolution, le médecin s'avère impuissant. Ainsi nous avons eu l'occasion, il y a peu de temps, de connaître une malade atteinte d'un cancer de la langue. Elle ne s'est présentée à nous que lorsqu'il lui était déjà impossible de fermer la bouche.

Ces genres de cas nous révèlent un nouvel aspect de notre métier de radiologue. Les malades atteints de cancer très évolués arrivent fréquemment dans notre service et y demeurent. Il s'agit de ces malades incurables, pour qui la mort est synonyme de délivrance.

Outre le fait que la radiothérapie réussit parfois à

¹ HOPWOOD: Brit. J. Radiol. 13, 221 (1940).

² DESSAUER: Fortschr. Röntgenstr. 56, 218 (1937) und Rad. Rdsch. 8, 3 (1937); DE MESNIL DE ROCHEMONT: Strahlenther. 66, 593 (1939).

³ BENDER-KOHLER: Strahlenther. 72, 289 (1942) und Strahlenther. 67, 286 und 669 (1940).

⁴ O. EWALD: Strahlenther. 67, 553 (1940); L. FRERANO: Strahlenther. 65, 33 (1939); W. FEHR: Strahlenther. 64, 341 (1938); H. HOLFELDER: Strahlenther. 64, 4 (1938); HAENISCH u. a.: Strahlenther. 68, 357 (1940).

⁵ BECKER: Strahlenther. 72, 351 (1942); OESER: Strahlenther. 73, 361 (1943); SCHIZ: Acta Un. internat. contra Canc. 4, 317 (1939); SCHINZ-ZUPPINGER: Siebzehn Jahre Strahlentherapie der Krebse. Thieme, Leipzig (1937).

¹ CHAUL: Die Nahbestrahlung. Verlag Thieme, Leipzig (1944); HULTBERG: Untersuchungen über die röntgenologische Nahbestrahlung. Stockholm (1944).

² GLAUNER: Die Entzündungsbestrahlung. Verlag Thieme, Leipzig

rendre opérables des cas qui ne l'étaient plus, on enregistre presque toujours des succès palliatifs. Des ulcérations nauséabondes sont épurées par la radiothérapie, parfois même éliminées, mais surtout les douleurs atroces qui tourmentaient le malade jour et nuit disparaissent.

Aussi ce service a-t-il mérité le nom de «Maison de Consolation» qu'on lui a donné dans certains instituts.

Ceci, cependant, à condition que médecins et infirmières s'avèrent pleinement conscients de leurs devoirs respectifs!

Summary

A survey is given on the present state and the prospects of roentgenology in medicine. All important diagnostic methods are enumerated. The fundamental effects of the modern methods in Roentgentherapy are quoted.

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires Comunicazioni provvisorie - Preliminary reports

Für die vorläufigen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. - Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. - Per i comunicati provvisori è responsabile solo l'autore. - The Editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Über die Oxydation ungesättigter Fettsäuren durch Pflanzensäfte

Leguminosensamen enthalten ein als Lipoxydase bezeichnetes Enzym¹, das die aerobe Oxydation von ungesättigten Fettsäuren und deren Estern wirksam beschleunigt². Im Anschluß an frühere Versuche³, in denen auch für die Kartoffelknolle eine hohe Lipoxydaseaktivität festgestellt werden konnte, haben wir Extrakte aus verschiedenen Teilen von 50 Pflanzenarten auf ihr Verhalten gegenüber ungesättigten Fettsäuren untersucht.

Die gewogenen und zerkleinerten Pflanzenteile wurden mit einer abgemessenen Menge Wasser verrührt und nach 20 Minuten mit der Hand durch ein Tuch ausgedrückt («Extraktverdünnung» = Verhältnis der Gewebsmenge zur zugegebenen Wassermenge). Als Substrat diente Leinölsäure (mit etwa 82% Linol- und 18% Linolensäure) in Form einer mit Gummi arabicum bereiteten Emulsion. Messung des Sauerstoffverbrauchs bei 30° C. 3,0 cm³ der Versuchslösungen enthielten: 1,0 cm³ 0,2-m. Phosphat (pH = 6,6), 1,0 cm³ 0,1-m. Leinölsäure, Extrakte. Im Einsatz der Gefäße 0,2 cm³ 30proz. NaOH. In den Vergleichsversuchen wurde statt Leinölsäure 1,0 cm³ 5,6proz. Gummi arabicum zugesetzt. Leinölsäure (ohne Extrakte) nahm 3–8 mm³ O₂/60 Min. auf.

Extrakte aus den vegetativen Organen von verschiedenen Leguminosen zeigten eine deutliche bis hohe Lipoxydaseaktivität. Untersucht wurden Wurzel, Stengel und Blätter von *Phaseolus vulgaris* (var. *nanus*), *Vicia faba*, *Pisum sativum*, *Medicago sativa* und von *Lupinus polyphyllus*. Als Beispiel sei folgender Versuch mit einem Extrakt (1:5) aus vorwiegend jungen Blättern von *Ph. vulgaris* angeführt. Im Vergleichsversuch

wurden von 1,0 cm³ Extrakt 5 mm³ O₂/60 Min. aufgenommen.

cm ³ Extrakt	mm ³ O ₂ nach Minuten			
	10	20	30	60
0,25	36	51	59	72
1,0	146	196	221	265

Als außerordentlich aktiv erwiesen sich Extrakte aus den Wurzelknöllchen, besonders von *Ph. vulgaris* und *P. sativum*. Zum Beispiel bewirkten 0,25 cm³ Extrakt 1:50 aus den Wurzelknöllchen von *Ph. vulgaris* (vor der Blüte) im Versuch mit Leinölsäure einen Verbrauch von 134 mm³ O₂/60 Min. (ohne Leinölsäure: 9 mm³ O₂/60 Min.). Von gleichen Mengen Frischgewebe ausgehend, ergab sich für Extrakte aus den von den Knöllchen möglichst befreiten Wurzeln¹ der gleichen Pflanze eine etwa $\frac{1}{6}$ so hohe Lipoxydaseaktivität². In einem weiter fortgeschrittenen Vegetationsstadium der Wirtspflanze (*Ph. vulgaris* mit Samen) lieferten die Knöllchen weniger aktive Extrakte. Die Aktivität der Knöllchen- und Wurzelextrakte konnte auch im Test der Carotinfärbung³ nachgewiesen werden.

Von den anderen Familien angehörenden Pflanzenarten wurden vorwiegend die Laubblätter untersucht. Eine geringe Beschleunigung der Leinölsäureoxydation, entsprechend etwa 10–30 mm³ O₂/60 Min. für 1,0 cm³ Extrakt 1:1, war mit Extrakten aus den Blättern einer größeren Zahl von Pflanzenarten festzustellen. In zwei

¹ E. ANDRÉ und K. HOU, C. R. Acad. Sci. 194, 645; 195, 172 (1932). Vgl. auch F. N. CRAIG, J. biol. Chem. 114, 727 (1936).

² Über Substrate der Lipoxydase s. insbesondere A. K. BALLS, B. AXELROD u. M. W. KIES, J. biol. Chem. 149, 491 (1943); R. T. HOLMAN u. G. O. BURR, Arch. Biochem. 7, 47 (1945).

³ H. SÜLLMANN, Verh. Schweiz. Physiol. (Juni 1942); Helv. chim. Acta 25, 521 (1942); 26, 2253 (1943).

¹ Die Luminolprobe auf Hämoprotein bzw. Hämatin (R. H. COMMON, Nature 155, 604 [1945]) war mit dem «knöllchenfreien» Wurzelgewebe negativ, mit dem Knöllchengewebe stark positiv. — Über das Hämoprotein in den Wurzelknöllchen von Leguminosen vgl. D. KELIN und Y. L. WANG, Nature 155, 227 (1945).

² Bezieht man die Aktivität auf die in den Extrakten vorhandenen Mengen an Trockensubstanzen, so sind die Unterschiede nicht so groß.

³ J. B. SUMNER und R. J. SUMNER, J. biol. Chem. 134, 531 (1940). H. TAUBER, J. Amer. chem. Soc. 62, 2251 (1940). Ferner H. SÜLLMANN, Helv. chim. acta 24, 465, 646 (1941).