

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 19 (1963)

Artikel: Entwicklung und Zukunft der Radiokardiographie

Autor: Waser, P.G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307521>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

2. Radiokardiographie – Radiocardiographie

D. K.: 616.12-073.7[9]

Entwicklung und Zukunft der Radiokardiographie

Von P. G. Waser, Zürich

Am 24. September 1948 publizierten *Prinzmetal, Corday, Bergman, Schwartz* und *Spritzler* in der *Science* eine Arbeit über eine neuartige Methode der Untersuchung des Blutflusses durch die Herzkammern des Menschen mit Hilfe von radioaktiven Isotopen. Im März 1949 folgte eine ausführliche Arbeit über die klinische Anwendung im *Journal of the American Medical Association*. Dies sind die Geburtsdaten einer Untersuchungsmethode, welche zuerst als interessantes Kuriosum betrachtet wurde, heute aber immer mehr in der Klinik praktische und forschungsmäßige Anwendung findet.

Schon früher, 1927/28, waren von *Blumgart, Weiss* und *Yens* mit natürlich vorkommenden Strahlern (RaC und Rn) Kreislaufzeitbestimmungen ausgeführt worden, doch blieb es wegen der Körperfremdheit dieser Stoffe, der langsamen Ausscheidung und Gefährdung durch intensive Strahlung bei Einzelversuchen. Auch die Meßtechnik war damals noch reichlich kompliziert. So wurden die ersten Kreislaufzeitbestimmungen mit Hilfe von Nebelkammern ausgeführt. Kurz nach dem Krieg (1945) führten *Nylin* u. Mitarb. die P^{32} -Markierung von Erythrocyten ein. Die signierten Blutkörperchen wurden intravenös injiziert, mußten jedoch nach der Strömung durch das Herz mit Hilfe einer Arterienpunktion wieder zurückgewonnen werden, da die Betastrahlung für eine direkte Bestimmung im Körper zu schwach war. Immerhin konnten auf diesem Weg bereits Verdünnungskurven nach *Stewart-Hamilton* registriert und daraus das Minutenvolumen, Restblutvolumen im Herzen usw. bestimmt werden.

Wir selbst beschäftigten uns seit 1948 mit der Entwicklung einer Methode, welche gleichzeitig die Hämodynamik von Herz und Peripherie erfassen sollte (Abb. 1, 2). Da es damals in Europa kurz nach dem Krieg keine entsprechenden, für unsere Zwecke benutzbaren Apparaturen und in der Schweiz auch noch wenig Forschungsgeld gab, mußten wir anfänglich bis auf das Registriergerät alles selbst bauen: so die Geiger-Müller-Zählrohre, die Vorverstärker und die Integratoren. Das war

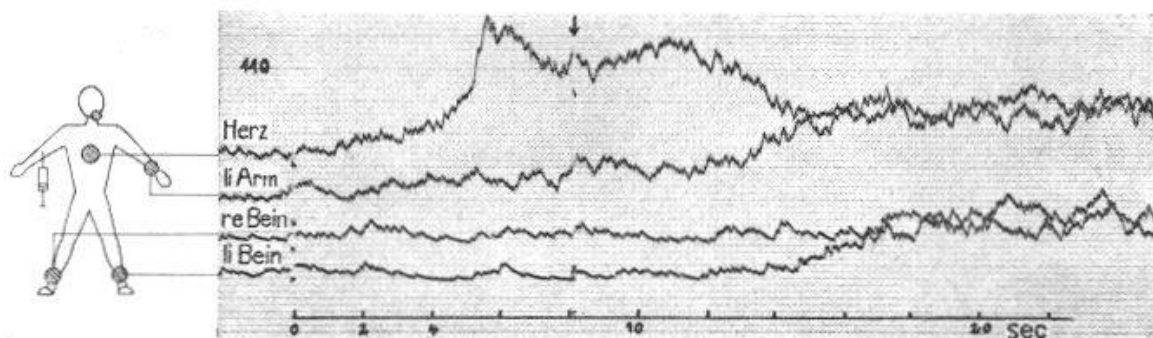


Abb. 1. Radiozirkulographie mit Na^{24}Cl , Normalkurven der Strahlungsintensitäten über Herz (Radiokardiogramm) und Extremitäten. Ordinate: Strahlungsintensität, Abszisse: Zeit, Pfeil: Markierung entsprechend Wahrnehmung des Äthergeruches durch Versuchsperson bei gleichzeitiger Ätherinjektion. \odot : G.-M.-Zählrohre (Waser und Hunzinger, 1950).

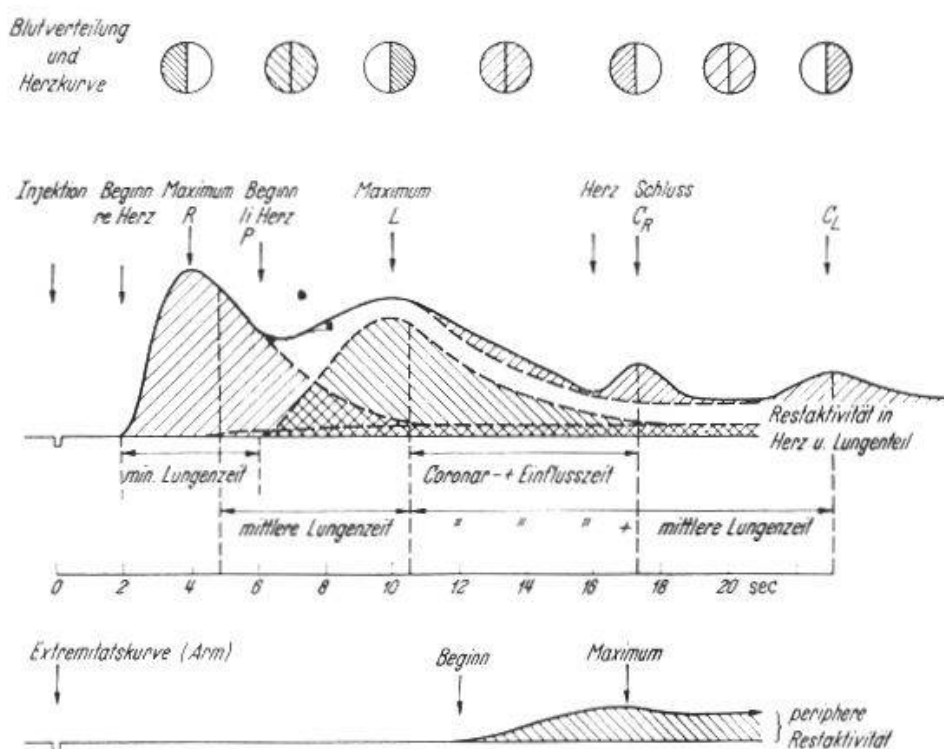


Abb. 2. Schematisierte Herz- und Extremitätenkurven. R: Rechtsgipfel, L: Linksgipfel, P: Beginn des Einstroms in das linke Herz (Lungenzeit, Pulmo), C_R , C_L : Coronargipfel, Coronarblut im rechten und linken Herzen (Waser und Hunzinger, 1952).

natürlich nur mit Hilfe eines Physikers, Herrn Dr. *W. Hunzinger*, möglich: aber ich muß Ihnen gestehen, daß wir damals beim Bau der Geräte mindestens so viel Spaß hatten und damit Überraschungen erlebten wie später mit den Messungen selbst. Unsere Untersuchungen wurden durch das weitvoraussehende Interesse unseres Chefs, Prof. *H. Staub*, entscheidend gefördert.

Unsere an der Kardiologentagung 1949 erstmalig vorgetragenen Resultate deckten sich weitgehend mit den Erfahrungen von *Prinzmetal*

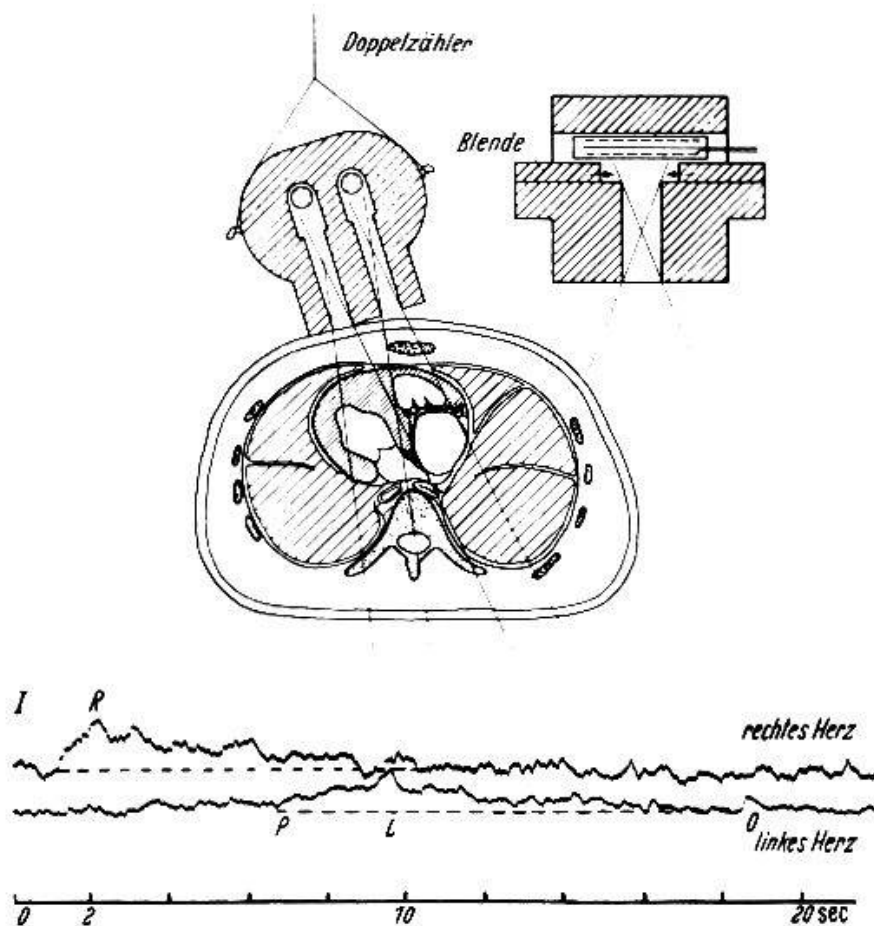


Abb. 3. Doppelzählrohr über dem Herzen mit getrennter Registrierung der Radioaktivitäten über dem rechten und dem linken Herzen (Waser 1956).

(Waser und Hunzinger 1949). Es war möglich, nach Na^{24} -Injektion in eine Armvene genaue Kreislaufzeiten für den Durchfluß bis zum rechten Herzen, durch die Lunge, bis in verschiedene Extremitätenarterien und für die mittlere Rezirkulation anzugeben. Es schien uns schon damals notwendig, die beiden Gipfel der Aktivitätskurve über dem Herzen voneinander zu trennen, um deren Fläche für eine Herzminutenvolumenbestimmung ausmessen zu können. Bei gleichzeitiger Injektion von Äther mit dem radioaktiven Kochsalz wurde der Äthergeruch, bedingt durch den Austritt aus den Lungenkapillaren, im Sattelpunkt zwischen den beiden Gipfeln wahrgenommen (Waser und Hunzinger 1950). Die Injektion von I^{131} -markierten hochpolymeren Kohlenhydraten (Glykogen, Stärke) ergab in einigen Versuchen nur eine dem rechten Herzen entsprechende eingipflige Herzkurve, indem das markierte Material in der Lunge diffus verteilt und zurückgehalten wurde (Waser und Hunzinger 1952). Ähnliche Versuche wurden kürzlich von Donato u. Mitarb. mit Au^{198} an Kohlenpartikeln durchgeführt. Schlußendlich gelang es auch in einigen Fällen mit einem doppelten, entsprechend kollimierten G-M-Zähler die Radioaktivitäten über dem rechten und dem

linken Herzen getrennt zu registrieren (Abb. 3) (*Waser* 1956, 1961; *Waser und Hunzinger* 1951). Leider war aber die Trennung meistens nicht befriedigend, indem sich Herzkammern und Ausflußwege zum Teil gegenseitig überlagern. Doch besteht meines Erachtens die Hoffnung mit den neuen technischen Möglichkeiten der Szintillationszählung und guten Kollimatoren regelmäßig eine isolierte Registrierung der Aktivitäten in den einzelnen Herzkammern zu erreichen. Diese Methode wäre viel eleganter und einfacher zur Bestimmung des Herzminutenvolumens, als die heute oft versuchte, gefahrvolle direkte Injektion in eine Herzkammer. *Debus, Donato* u. Mitarb. (1958) haben zur Messung der Hämodynamik des linken Herzens gasförmiges Radiojodmethylat einatmen lassen, und neuerdings wird auch Radiokrypton zur Inhalations-Radiokardiographie verwendet.

Für die Berechnung des Herzminutenvolumens aus dem Radiokardiogramm waren zwei wichtige Fortschritte notwendig: die Verwendung von I^{131} - oder I^{132} -markiertem Albumin anstelle des rasch aus der Blutbahn diffundierenden Radiokochsalzes und die Messung viel kleinerer Aktivitäten mit Szintillationszählern. *Shipley* u. Mitarb. haben 1953 mit I^{131} -Albumin die ersten Radiokardiogramme aufgenommen, und *Veall* u. Mitarb. haben damit 1954 zum erstenmal direkt aus der registrierten Herzkurve und der Blutradoaktivität das Herzminutenvolumen bestimmt. *Huff* u. Mitarb. (1955) registrierten zu diesem Zweck den Durchfluß durch die aufsteigende Aorta. Später hat *Lammerant* (1956) mittels der gleichzeitig bestimmten Durchflußzeit durch Herz und Lunge das gesamte Blutvolumen im Thoraxraum berechnet. Es läßt sich auch das Restblutvolumen unter Kenntnis des diastolischen Herzvolumens, röntgenographisch oder aus dem Radiokardiogramm bestimmt, berechnen. Die radiokardiographische Herzminutenvolumenbestimmung versagt, wenn bei einer schwer dekompensierten Herzinsuffizienz der Abfall der Herzaktivität so langsam erfolgt, daß vor dem Ende bereits Rezirkulation eingetreten ist. Meistens sind dann auch keine Herzgipfel mehr erkennbar. Die Aktivitätskurve über dem Gesamtherzen bei konstanter Blutkonzentration gibt auch die Möglichkeit, Herzvolumenveränderungen zu messen (Abb. 4). Auf diesen Wegen sollte es vielleicht auch möglich sein, die Größe von Shunts bei kongenitalen Vitien oder des valvulären Rückflusses bei Klappeninsuffizienz zu messen.

Wir haben 1952 versucht, mit der präcordialen Aktivitätsmessung direkt den Coronarstrom zu bestimmen (*Waser und Hunzinger* 1952, 1953). Die kurz nach den beiden Hauptgipfeln des Radiokardiogramms folgenden ersten Aktivitätswellen scheinen zur Hauptsache durch re-

385 Volumenveränderungen des Herzens

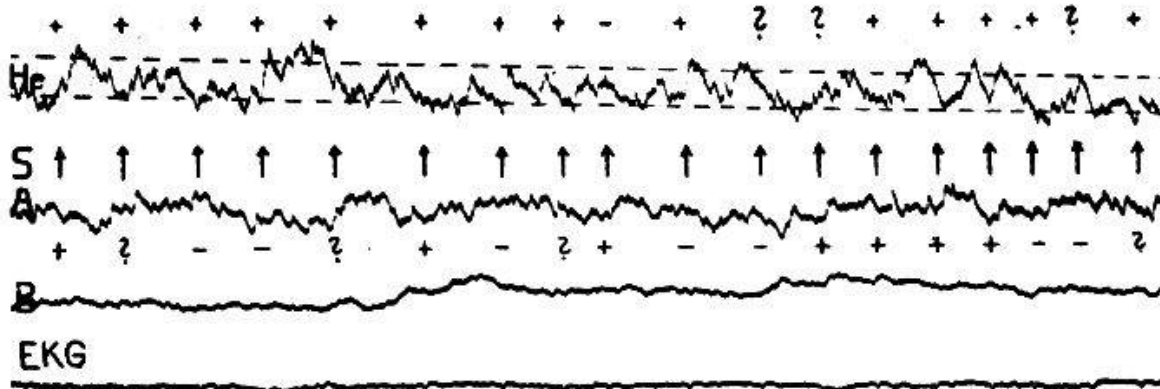


Abb. 4. Durch Volumenveränderungen des Herzens bedingte Aktivitätsänderungen der Herzkurve. He: Herz, S: Systolen, A: Armaktivität, B: Beinaktivität, EKG: Elektrokardiogramm, (absolute Arrhythmie). Bei + positive Korrelation zwischen Aktivitätsminimum und Herzkontraktion (QRS-Komplexe des EKG), bei - negative Korrelation (Waser und Hunzinger, 1951).

zirkulierendes Coronarblut bedingt zu sein (Abb. 1, 2). Die daraus berechneten Coronardurchflußzeiten und -mengen unterstützen eine solche Interpretation. Messungen durch andere Autoren mit Blutentnahme aus dem rechten Herzen haben kürzlich gezeigt, daß möglicherweise auch andere Blutrückströme aus der Thyreoidea und den Bronchialarterien zu diesen kleinen Gipfeln beitragen. Die Durchflußmengen sind aber verglichen mit dem Coronarstrom klein. Viel wichtiger ist die unbestreitbare Tatsache, daß Coronargipfel nur in $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ der registrierten Radiokardiogramme zu erkennen sind und oft in der unregelmäßigen Aktivitätskurve untergehen. Die weitere Verfolgung und Präzisierung dieser Methode scheint mir trotzdem lohnend zu sein. Sevelius und Johnson haben 1959 auch versucht, aus dem zweiten Aktivitätsgipfel der Herzkurve den myokardialen Anteil zu erfassen.

Es sind hier nicht die Zeit und die richtige Gelegenheit vorhanden, auf alle Resultate der Forscher, welche sich mit der Entwicklung der Radiokardiographie abgegeben haben, einzugehen. Die notwendigen Apparate wurden in den vergangenen zehn Jahren weitgehend standardisiert und sind seit einiger Zeit im Handel erhältlich. Sie können daher für klinische Zwecke verwendet werden. Es gehören dazu ein gut abgeschirmter und kollimierter gammastrahlenempfindlicher Kristall (z. B. aus thalliumaktiviertem Natriumiodid), ein Photomultiplier, elektronische Verstärker, ein Integrator und ein Registriergerät. Nachdem die Empfindlichkeit der Detektoren stark erhöht wurde, ist auch die injizierte Dosis gegenüber früher auf $\frac{1}{10}$ vermindert worden. 131 -

Albumin ist leicht erhältlich, I^{132} -Albumin, von *Veall* eingeführt, in mancher Hinsicht noch günstiger, muß aber selbst hergestellt werden, ebenso die auch verwendbaren Cr^{51} -markierten Erythrocyten. Als Dosis genügen 20 μC oder weniger, so daß die Gesamtstrahlendosis unter 0,1 rad bleibt. Diese Dosis ist kleiner als die pro Woche erlaubte Strahlendosis bei einer kontinuierlichen Exposition während des ganzen Lebens. Eine Strahlenschädigung ist daher, besonders bei Erwachsenen, nach unseren heutigen Kenntnissen höchst unwahrscheinlich. Es ist dies auch der einzige Nachteil jeder Isotopenmethode.

Was ist von der Radiokardiographie an methodischer Leistung heute zu erwarten und was zeichnet sie vor anderen, ähnlichen Methoden aus? Die Methode ist in der Anwendung einfach, und für den Patienten ist einzig die Venenpunktion unangenehm. Arterienpunktion und Herzkatheter wie bei anderen Verdünnungsmethoden (Farbstoffe, Gase, warme Flüssigkeit) sind nicht notwendig, trotzdem der Durchfluß direkt über dem Herzen und nicht erst in der Peripherie mit peripher möglichen Störeinflüssen gemessen wird. Dementsprechend besteht auch die Möglichkeit, nicht nur das Herzzeitvolumen der linken Kammer, sondern gleichzeitig auch das der rechten Kammer getrennt zu messen. Alle pathologischen intrakardialen Blutverschiebungen können daher qualitativ leichter als mit anderen Methoden erfaßt werden. Für genaue quantitative Messungen dürfte aber vorderhand die direkte Entnahme von Blutproben mit dem Katheter unerläßlich sein. Die Radiokardiographie kann in dieser Beziehung die übrigen Methoden ergänzen und der mehr gefährdenden Katheterisierung oder Angiokardiographie zur Abklärung vorausgehen. Die gleiche Methodik erlaubt auch zahlreiche Anwendungen für Messungen im peripheren Kreislauf. So wurde die regionale Nieren-, Leber-, Gehirn-, Muskel- und Extremitätendurchblutung mit ähnlichen Methoden untersucht. Die Resultate waren vereinzelt überraschend gut, meistens aber sehr wenig genau und unsicher. Trotzdem bleibt die extrakorporelle Zählmethode die einzige Möglichkeit, die Hämodynamik interner Organe unblutig zu erfassen.

Zum Schluß seien noch einige persönliche Worte erlaubt. Ich büße hier für unsere Jugendsünden und zeige unsere altbekannten Kurven mit der Gewißheit, daß man das heute alles technisch viel besser macht. Ich danke Ihnen daher für die Geduld, mit der Sie unsere Kurven, von denen ich nicht glaubte, daß wir sie noch einmal zeigen würden, betrachtet haben. Ich habe mit Freude gesehen, daß hier in Basel einige ausländische Gäste anwesend sind, welche sehr Wesentliches zur Entwicklung der hier besprochenen Methoden beigetragen haben. Der gegenseitige kritische Austausch von Forschungsergebnissen, technischen De-

tails und praktischen Erfahrungen ist für den Fortschritt gerade neuer Methoden äußerst stimulierend. Mit Erstaunen und Belustigung habe ich festgestellt, daß an einem Symposium über Indikator-Verdünnungstechnik, referiert von *Conn* in der *Circulation Research*, März 1962, unsere Arbeiten überhaupt nicht erwähnt wurden, trotzdem sie anscheinend Wesentliches zur Entwicklung der Radiokardiographie beigetragen haben. Denn die Ideen und Versuche zur Erfassung des coronaren Durchflusses oder zur Trennung der beiden Herzströme wurden in beinahe gleicher Art wiederholt und später erneut beschrieben. Unkenntnis der deutschen Sprache mag einer der Hauptgründe dafür sein, daß unsere Arbeiten anscheinend nur wenig bekannt sind und nur englische Arbeiten erwähnt werden. Ich möchte daher besonders den hier anwesenden, jungen Forschern sehr empfehlen, ihre Resultate nicht nur in europäischen Zeitschriften zu publizieren, sondern auch gelegentlich im angelsächsischen Gebiet zu verbreiten und an entsprechenden Tagungen teilzunehmen. Es wird dies viel zum gegenseitigen Verständnis beitragen.

Damit erwarte ich mit gespanntem Interesse ihre Mitteilungen über die Weiterentwicklung dieser interessanten Methode und eröffne das Symposium über Radiokardiographie.

Zusammenfassung

Der Referent eröffnet das Symposium mit einem Überblick über die Geschichte der Radiokardiographie und Hinweisen auf neue Möglichkeiten der Entwicklung dieser Untersuchungsmethode.

Résumé

L'orateur ouvre la séance du symposium en passant en revue l'histoire de la radiocardiographie, et en donnant un aperçu sur les nouvelles possibilités de développement de cette méthode d'examen.

Riassunto

Il relatore apre il congresso con uno sguardo panoramico alla storia della radiocardiografia e accenna alle nuove possibilità di sviluppo di questo metodo d'indagine.

Summary

The author opens the symposium with a survey on the history of radiocardiography, and a discussion on new possibilities for the development of this method of investigation.

Blumgart H. L. und Weiss S.: J. clin. Invest. **4**, 15, 149, 173, 199, 399 (1927); **5**, 343, 379 (1928); **6**, 103 (1928). – *Blumgart H. L. und Yens O. C.*: J. clin. Invest. **4**, 1 (1927). – *Conn H. L.*: Circulat. Res. **10**, 505 (1962). – *Debus G., Nace P. F., Donato L., Moule J. und Murell L. R.*: Minerva nucl. **2**, 221 (1958). – *Huff R. L., Feller D. D., Judd O. J. und Bogardus G. M.*: Circulat. Res. **3**, 564 (1955). – *Lammerant J. und de Visscher M.*: Acta cardiol. (Brux.) **2**, 244 (1956). – *Nylin G.*: Brit. Heart J. **7**, 81 (1945); Amer. Heart J. **30**, 1 (1945). – *Prinzmetal M., Corday E., Bergman H. C., Schwartz L. und Spritzler R. J.*: Science **108**, 340 (1948). – *Prinzmetal M., Corday E., Spritzler R. J. und Flieg W.*: J. Amer. med. Ass. **139**, 617 (1949). – *Sevelius I. G., und Johnson P. C.*: J. Lab. clin. Med. **54**, 669 (1959). – *Shipley R. A., Clark R. E., Liebowitz D. und Krohmer J. S.*: Circulat. Res. **1**, 428 (1953). – *Veall N., Pearson J. D. und Hanley T.*: Brit. J. Radiol. **28**, 633 (1955). – *Veall N., Pearson J. D., Hanley T. und Lowe A. E.*: Proc. 2nd radioisotope conference Oxford, Butterworth, Scient. Publ. London 1954. – *Waser P. G. und Hunzinger W.*: Cardiologia (Basel) **15**, 219 (1949); Helv. physiol. pharmacol. Acta **7**, C62 (1949); **9**, 304 (1951); Experientia (Basel) **6**, 109 (1950); Schweiz. med. Wschr. **81**, 216 (1951); Experientia (Basel) **8**, 158 (1952). – *Cardiologia (Basel)* **22**, 65 (1953). Strahlentherapie **85**, 143 (1951). – *Waser P. G.*: Regensburg. Jb. ärztl. Fortbild. **4**, 9 (1956); Künstliche radioaktive Isotope. Springer-Verlag 1961.