Dosierungsfragen
bei der
gynäkologischen Radium-Bestrahlung

Hans Andreas

VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

Dosierungsfragen

bei der

gynäkologischen Radium-Bestrahlung

Dozent Dr. med. habil. Hans Andreas

1. Oberarzt der Universitäts-Frauenklinik
Leipzig

Mit 47 Abbildungen

19 59

VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

E. S. 17 NE
Printed in Germany – Copyright 1959 by
VEB Georg Thieme, Verlag für Medizin und Naturwissenschaften, Leipzig
Lizenz-Nr. 211-490 49 59
Satz und Druck: Oswald Schmidt KG, Leipzig III/18/65

Inhaltsverzeichnis

I. Teil

Einleitung 7
Dosierungsfragen 8
Methoden der Dosisbestimmung 9
1. Die mathematische Methode 10
2. Die Ionisationsmethode 12
3. Die biologische Methode 17
4. Neuere Methoden: 20
Cadmiumsulfidkristalle (Gammameter) andere Kristall-Zähler
5. Die fotografische Methode nach HOLTHUSEN-HAMANN 27
6. Die neue fotografische Methode nach KÖLLE u. Mitarb. 31

II. Teil

Eigene Untersuchungen
A. Vorbereitende Untersuchungen
1. Trägerformen 40
2. Röntgenologische Kontrolle 42
3. Intraabdominale Messungen mit Gammameter 46
B. Schwämme als Träger der Radiumzellen 50
C. Bildunterlagen:
Isodosenfotogramme 52
Portioplatte 40 mg 53
Portioplatte 100 mg 54
Portioplatte 60 mg und anliegende Intrauterinpatrone 60 mg 56
Portioplatte 60 mg und Intrauterinpatrone 90 mg 57
Patrone 60 mg in Holzkapsel 58
Patrone 90 mg in Holzkapsel 59
Schwamm 80 mg 60
Schwamm 30 mg und Intrauterinpatrone 60 mg 61
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 60 mg 62
Schwamm 60 mg und distanzierte Patrone 60 mg 63
Schwamm 60 mg und distanzierte Patrone 60 mg schräg 64
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 60 mg schräg 64
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 90 mg 69
Schwamm 80 mg (30 und 50 mg) und Intrauterinpatrone 60 mg 70
Großer Schwamm 80 mg (30 und 50 mg) und Intrauterinpatrone 60 mg ... 71
Räumliche Isodosendarstellung 74
Dreieckiger Schwamm 60 mg 75
Schwammkombination 40 und 40 mg 76
Spezielle Trägerform (Schwamm) 80 mg 77
Röntgenbild mit Isodosen 78
Schlußbetrachtung 79
Zusammenfassung 79
Literaturverzeichnis 81

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

Dosierungsfragen

bei der

gynäkologischen Radium-Bestrahlung

Dozent Dr. med. habil. Hans Andreas

1. Oberarzt der Universitäts-Frauenklinik
Leipzig

Mit 47 Abbildungen

19 59

VEB GEORG THIEME · LEIPZIG

E. S. 17 NE
Printed in Germany – Copyright 1959 by
VEB Georg Thieme, Verlag für Medizin und Naturwissenschaften, Leipzig
Lizenz-Nr. 211-490 49 59
Satz und Druck: Oswald Schmidt KG, Leipzig III/18/65

Inhaltsverzeichnis

I. Teil

Einleitung 7
Dosierungsfragen 8
Methoden der Dosisbestimmung 9
1. Die mathematische Methode 10
2. Die Ionisationsmethode 12
3. Die biologische Methode 17
4. Neuere Methoden: 20
Cadmiumsulfidkristalle (Gammameter) andere Kristall-Zähler
5. Die fotografische Methode nach HOLTHUSEN-HAMANN 27
6. Die neue fotografische Methode nach KÖLLE u. Mitarb. 31

II. Teil

Eigene Untersuchungen
A. Vorbereitende Untersuchungen
1. Trägerformen 40
2. Röntgenologische Kontrolle 42
3. Intraabdominale Messungen mit Gammameter 46
B. Schwämme als Träger der Radiumzellen 50
C. Bildunterlagen:
Isodosenfotogramme 52
Portioplatte 40 mg 53
Portioplatte 100 mg 54
Portioplatte 60 mg und anliegende Intrauterinpatrone 60 mg 56
Portioplatte 60 mg und Intrauterinpatrone 90 mg 57
Patrone 60 mg in Holzkapsel 58
Patrone 90 mg in Holzkapsel 59
Schwamm 80 mg 60
Schwamm 30 mg und Intrauterinpatrone 60 mg 61
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 60 mg 62
Schwamm 60 mg und distanzierte Patrone 60 mg 63
Schwamm 60 mg und distanzierte Patrone 60 mg schräg 64
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 60 mg schräg 64
Schwamm 80 mg und Intrauterinpatrone 90 mg 69
Schwamm 80 mg (30 und 50 mg) und Intrauterinpatrone 60 mg 70
Großer Schwamm 80 mg (30 und 50 mg) und Intrauterinpatrone 60 mg ... 71
Räumliche Isodosendarstellung 74
Dreieckiger Schwamm 60 mg 75
Schwammkombination 40 und 40 mg 76
Spezielle Trägerform (Schwamm) 80 mg 77
Röntgenbild mit Isodosen 78
Schlußbetrachtung 79
Zusammenfassung 79
Literaturverzeichnis 81

I. TEIL

Einleitung

Jede neue Behandlungsmethode mußte erst durch das Feuer der Bewährung gehen. Dabei waren oft jahre- oder selbst jahrzehntelange intensive Forschungen nötig, um die optimalen Wirkungen neuer Therapieverfahren zu ergründen. Entmutigende Rückschläge mußten dabei oft mit in Kauf genommen werden. Häufig brachten erst tastende Versuche auf neuen Wegen weitere Fortschritte. In vielen Fällen stand das Dosierungsproblem im Vordergrund.

In der Strahlentherapie, einem jungen Zweig am vielverästelten Baum der Therapiemöglichkeiten, ist diese Entwicklung ebenfalls feststellbar. Dabei waren bei dieser Spezialrichtung die Mediziner allein zur Lösung der auftretenden Fragen nicht kompetent. Es bedurfte vielmehr der verständnisvollen Mitarbeit von Wissenschaftlern anderer Fachdisziplinen. Gemäß der Natur des neuen„Heilmittels" waren es zuerst die Physiker und Mathematiker, die dem Mediziner das notwendige Rüstzeug zur Hand gaben. Ohne das Wirken der Pioniere der Strahlenheilkunde, die oftmals Gesundheit und sogar das Leben einsetzten, wären die heute erzielten Erfolge nicht möglich gewesen. Als Fachdisziplin hat die Gynäkologie durch frühzeitige Anwendung der Strahlen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken in ihrem Bereich einen namhaften Anteil an dieser Pionierarbeit. A. Döderlein [12] u.a. haben schon 1913 unter dem Eindruck der Berichte zum Gynäkologen-Kongreß in Halle „das Messer aus der Hand gelegt". Der heroische Entschluß, beim Uterus-Karzinom zur Strahlenbehandlung überzugehen, blieb nicht unwidersprochen und war ungeheuer verantwortungsvoll. Die gesamte Strahlentherapie und Diagnostik stand sowohl in der technischen Entwicklung als auch dosierungsmäßig noch am Anfang.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung hat es sich jedoch gezeigt, daß der Kreis der Bearbeiter in diesem so wichtigen Gebiet der Medizin zu eng gezogen war. Neuauftauchende Fragestellungen riefen mit der Zeit die Biologen und Chemiker auf den Plan; ja in neuester Zeit haben sich sogar Spezialdisziplinen wie die der Biophysik und Biochemie entwickelt, die den gesamten Komplex mit den ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln angehen und in fruchtbarer Zusammenarbeit aller beginnen sich die Probleme zu klären.

Dabei waren die Wirkungen der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die einzelnen Zellen des menschlichen Gewebes schon bald bekannt. Schnellwachsendes jugendliches Gewebe zeigte auch im normalen Zellverband bessere Ansprechbarkeit gegen ionisierende Strahlen als ausdifferenziertes. Dieselben Reaktionen sind auch bei malignen Neubildungen im allgemeinen anzutreffen und lassen die Radium-Röntgenstrahlen zur Therapie bei solchen Erkrankungen bestens geeignet erscheinen.

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

Was allerdings zunächst empirisch in dieser Beziehung gefunden wurde, bedurfte der exakten wissenschaftlichen Untermauerung. Es ist bekannt, daß in der Anfangszeit der Strahlenära häufig unerwünschte Nebenerscheinungen auftraten, die sogar den Wert der neuen Therapie in Mißkredit brachten. Das lag aber vor allen Dingen in der damaligen Unmöglichkeit begründet, die Dosierung exakt vorzunehmen.

Geeignete Dosierungs- und Meßmethoden wurden zunächst für die Röntgenstrahlen ausgearbeitet. Homogene Bestrahlungsfelder gestatten, die durch die Strahlung ausgelöste Ionisation auch in Abständen mit größeren Ionisationskammern zu messen. Allerdings führte auch hier der Weg erst nach einigen Abweichungen zum Ziel, was hauptsächlich durch die stürmische Entwicklung einerseits und andererseits durch die zunächst mangelhaften Kenntnisse und erst zu schaffenden technischen Geräte zu erklären ist. Grundsätzlich sind alle Wirkungen der Röntgenstrahlung zur Dosismessung zu verwenden, die der Beobachtung zugänglich gemacht werden können. Die Ionisation von Gasen (Luft) hat sich besonders bewährt und wird heute allgemein zur Dosismessung verwendet.

Dosierungsfragen

In der Radiumtherapie bestehen dagegen bei der Dosismessung Schwierigkeiten, besonders durch die Kleinheit des Strahlers und durch die geringe Reichweite und der doch großen Durchdringungsfähigkeit der Strahlung bedingt. Außerdem senden ja bekanntlich die zur therapeutischen Anwendung kommenden Radiumpräparate ein Strahlengemisch, bestehend aus α-, β- und γ-Strahlen aus, die verschiedene Wirkung, Ionisationsdichte, Energie und Reichweite haben. Bösartige Geschwülste stellen in der Gynäkologie das Hauptkontingent der für Strahlentherapie in Frage kommenden Leiden. Die γ-Strahlung des Radiums wird neben den Röntgenstrahlen besonders angewandt. Die Verfahren zur Radium-Dosismessung sind deshalb hauptsächlich für die γ-Strahlung ausgearbeitet. Die β-Strahlen des Radiums finden in neuerer Zeit, allerdings bei gutartigen Schleimhauthyperplasien, mehr und mehr Anwendung. Durch geeignete Filterung lassen sich α- und β-Strahlen als primäre Strahlen eliminieren. Berücksichtigt werden muß eventuell noch die vom Filterungsmaterial oder vom Gewebe ausgehende sekundäre β-Strahlung und eventuelle sekundäre γ-Strahlung. Man ist jedoch übereingekommen, die Gammastreustrahlung wegen ihres geringen Einflusses außer acht zu lassen (Friedrich, Henschke und Schulze [18]. Es ist also deshalb klar, daß das Problem der Radiumdosimetrie ein sehr diffiziles ist und erst mit fortschreitender Entwicklung geeigneter Meßmethoden gelöst werden kann.

Zur Zeit ist noch in den meisten Kliniken, die Radiumtherapie treiben, die alte „Dosierung" nach Milligramm-Element-Stunden (mgelh) gebräuchlich. Schon seit langem (1928 – Behnken) wird gefordert, auch für das Radium eine Dosierung in r einzuführen. Auf dem V. Internationalen Radiologenkongreß 1937 in Chikago wurde die Forderung zum Beschluß erhoben. Gründe dafür bestehen genug. Einmal ist ja die γ-Radiumstrahlung mit der Röntgenstrahlung wesensgleich, zum anderen werden ja bei den in Frage kommenden Krankheiten meist sowohl Ra-

dium- als auch Röntgenstrahlen zur Therapie benutzt, so daß es von erheblichem Vorteil wäre, wenn für beide Strahlen ein gemeinsames Maß zur Anwendung käme. Das würde vor allen Dingen ermöglichen, einerseits Überdosierungen zu vermeiden, andererseits die für die Patientin ebenso unheilvolle Unterdosierung mit allen ihren Folgen verhindern.

Die Milligramm-Element-Stunde (mgelh) ist als Dosismaß unbefriedigend, da sie lediglich etwas über die Menge, in einer gewissen Zeiteinheit appliziert, aussagt. Nun ist es aber keineswegs für den therapeutischen Zweck immer belanglos, ob z.B. 40 mg für 25 Std. oder 100 mg für 10 Std. verabfolgt werden. Es fehlen dabei auch Angaben über Filterung und Abstand, aber selbst mit diesen Angaben wären noch Vergleiche verschiedener Bestrahlungen schwierig. Zu einer exakten Dosierung muß gefordert werden, daß nicht nur die in der Zeit verabfolgte Menge bekannt ist, sondern daß sowohl die Oberflächendosis und die Dosis in verschiedenen Abständen in der Tiefe möglichst einfach bestimmt werden kann. Besonderes Interesse verdienen bei der gynäkologischen Strahlentherapie die sogenannten Gefahrenpunkte (Blase und Mastdarm), bei denen nach Möglichkeit die Toleranzdosis nicht überschritten werden darf. Neeff und Hoff [70] haben z.B. für den Blasenboden eine Toleranzdosis von 7000 r, Drescher [15] 8500 r, angenommen. Einen anderen Gefahrenpunkt stellt noch die Kreuzungsstelle der Arteria uterina mit dem Ureter dar. Mayneord and Honeyburne [53] und Meredith [56] haben diesen Punkten bei der Aufstellung ihrer Dosispläne besonders Rechnung getragen. Über die Dosisverteilung an diesen Stellen sagt jedenfalls die alte Methode der Dosierung nach mgelh nichts aus.

Methoden der Dosisbestimmung

Unbefriedigt von der üblichen Dosierung wurde nun nach neuen Wegen gesucht. Wenn, wie gesagt, heute noch viele Kliniken nach mgelh dosieren, so liegt das an den bereits erwähnten Schwierigkeiten der Dosismessung im Ra-Strahlungsgebiet und vor allem in der Umständlichkeit der meisten bisher zur Verfügung stehenden Methoden zur Dosisbestimmung. Welche Möglichkeiten dazu sind bisher ausgearbeitet worden und wie ist ihre Anwendungsmöglichkeit in der täglichen klinischen Praxis? Gerade für die routinemäßige Anwendung sind nur Meßmethoden zu verwenden, die bei größtmöglicher Genauigkeit eine schnelle Ausführung garantieren. Es kommen in Betracht:

a) Die mathematische Dosisbestimmung,

b) Die Ionisationsmethode,

c) Die biologische Methode,

d) Neuere Meßmethoden mit Cadmiumsulfidkristallen (Gammameter), Szintillations- oder Oszillationsmethoden,

e) Die fotografische Methode nach Holthusen-Hamann,

f) Die fotografische Methode nach Kölle u. Mitarb.

1. Die mathematische Methode

Für punktförmige Strahlenquellen gilt das Quadratgesetz. FRIEDRICH u. Mitarb. [20] haben die der Berechnung zugrunde liegende EVESche Konstante 1937 neu bestimmt und den Umrechnungsfaktor für mgelh/r mit 7,8 r festgestellt (Dosiskonstante). Die Dosiskonstante K ist die Anzahl Röntgen, die ein punktförmiges Präparat von 1 mg Radiumelement in 1 cm Abstand bei 0,5 mm Pt Filter liefert (MINDER [61]). Im allgemeinen kann man mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ mit der Dosiskonstante für annähernde Berechnung arbeiten. Für den klinischen Gebrauch ist bei uns der Wert K = 8 eingeführt. (KÖLLE, EICHHORN und DEGENHARDT [46]). Die von den einzelnen Forschern gefundenen Werte schwanken zwischen 7,6–8,8 r (Differenz = 15%), weshalb FRIEDRICH u. Mitarb. [20] durch Vergleichsmessung mittels Ionisationskammern die Differenzen zu klären suchten und zur Neufestsetzung kamen. Die Definition der Dosiskonstante weist aber auch schon auf einige Schwierigkeiten hin. Zunächst wird eine punktförmige Strahlenquelle als Berechnungsgrundlage gewählt. Dieser Idealzustand ist jedoch bei klinischer Anwendung nicht realisierbar. Bei genormten Trägern, wie sie z. B. die Portioplatte oder die Intrauterinpatrone darstellen, kann für überschlägige Rechnungen entweder jede Radiumzelle als punktförmig angesehen werden oder, falls man Wert auf größere Genauigkeit legt, jedes einzelne Dominici-Röhrchen nochmals in einzelne punktförmige Strahlenquellen als Berechnungsgrundlage zerlegt werden. Damit ist zwar die Genauigkeit eine größere geworden, die rechnerische Arbeit und damit der Zeitaufwand aber gewachsen. Für ganz grobe Berechnungen kann eventuell sogar die ganze, z. B. mit 50 mg Ra beladene Portioplatte als punktförmig gerechnet werden, so daß folgende Formel für den Abstand von 1,5 cm resultiert

$$\frac{50 \times 8}{1{,}5^2 = 2{,}25} = 173 \text{ r/h}$$

Weiter ist als Mindestabstand 1 cm vorgesehen. Bei geringeren Abständen wird die Berechnung mit einem größeren Fehler belastet, der eventuell durch mathematische Operationen ausgeglichen werden kann. Schließlich muß die Filterung berücksichtigt werden. MEREDITH u. a. [56] haben Filterkorrekturen angegeben, die dann bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen. Sie gehen von einem Normal-Filter von 0,5 mm Pt aus. Dickere Filter bedingen pro 0,1 mm 2% Abzug. Ist die Filterung dünner, müssen pro 0,1 mm 2% Filterkorrektur dazugerechnet werden. Goldfilter sind Platinfiltern rechnerisch gleichzusetzen. Außerdem werden noch Korrekturen für Blei, Silber, Monel- und Messingfilter angegeben.

Spezielle Radiumanordnungen lassen sich auf diese einfache Weise nicht berechnen. Man ist deshalb dazu übergegangen, für die tägliche Bestrahlungspraxis Dosierungstafeln berechnen zu lassen. Dabei sind verschiedene Wege möglich. QUIMBY [79] hat für lineare Strahlenquellen Dosierungstafeln angefertigt, die nicht nur in der Mitte und in den Endpunkten der linearen Strahlenquelle, sondern auch in 0,5 cm Abstand an verschiedenen Punkten senkrecht zum Präparat die Ablesung ermöglichen. Als Dosiskonstante nimmt sie r = 8,4. Fehlende Abstände können durch Interpolieren berechnet werden. Nicht berücksichtigt ist die Gewebeabsorption und die Streuung, die sich in den ersten 5 cm kompensieren; Filterkorrektur ist angegeben.

Meredith, Patterson and Parker [57] haben zur Aufstellung ihrer Dosis-Tafeln 1000 r als klinisch gebräuchliche Einheit genommen. Es kann dann leicht abgelesen werden, wieviel mgelh für verschiedene Situationen gebraucht werden. Berechnet wurden flächenhafte Präparateanordnungen, Zylinder, lineare Strahlenquellen usw. Die Abweichungen dieser frei Luft errechneten Tafeln soll nach Meinung der Autoren 5–10% ± nicht übersteigen und ist für klinische Arbeiten tragbar. Zur Anwendung in der Gynäkologie sind für Cavum uteri und Vagina für die linearen Strahlenquellen die entsprechenden Tafeln zu benutzen. Die sehr schwierig zu berechnenden Anordnungen der Radiumpräparate bei der Spickmethode (Interstitial Treatment) liegen ebenfalls in Tafeln vor. Das Kollum-Karzinom des Uterus ist besonders berücksichtigt, da keine der anderen angeführten Methoden zutreffend sind. Die Schwierigkeit besteht nach Ansicht der Autoren darin, bei der großen Variationsbreite in der Größe, Form und Typen der Teile und der Tumoren, die zu behandeln sind, die nötige Dosis zu applizieren. Es wurden deshalb einige Punkte zur Dosismessung außerhalb des Uterus gewählt, die für die Behandlung repräsentativ sein sollen. Das „parazervikale Dreieck" gilt als Berechnungsgrundlage für die Dosierung. Dort wurde der Punkt A, 2 cm seitlich vom Zentrum des Zervikalkanals und 2 cm oberhalb des seitlichen Scheidengewölbes angenommen. Weitere Beziehungspunkte sollen die Dosierung bis zur Beckenwand ermöglichen.

Solche Berechnungen sind nur mit entsprechender Vorbildung durchführbar. Mayneord and Honeyburne [53] haben ebenfalls auf Berechnungsgrundlage dem Kliniker wertvolle Hinweise zur Dosierung gegeben. Da besonders bei der Radiumtherapie Punkte, die nur wenige Millimeter entfernt sind, beträchtliche Dosisschwankungen zeigen, ist die Aufstellung von Diagrammen besonders wertvoll. Von den Autoren wurde zur Vereinfachung der Dosisberechnungen eine Rechenmaschine entwickelt. Außerdem gaben sie in dem „Protractor" ein Gerät nach Art eines Winkelmessers heraus, auf dem Filterung, Abstand und Gleichungen zur Dosisberechnung an einem bestimmten Punkt abzulesen sind. Über die „Dose-Contour-Methode", die noch zu umständlich ist, kamen sie zur Konstruktion des „Dose-finder", um in der Lage zu sein, die applizierte Dosis an einem gegebenen Punkt abzulesen. Das Gerät, das Isodosenkurvenaufstellung ermöglicht, ist in Verbindung mit der elektrischen Addier-Maschine der Autoren in Anwendung zu bringen. Speziell für Behandlung des Kollum-Karzinoms des Uterus hat sich die rechnerische Methode von Mayneord and Honeyburne [54] bei Hurdon [36] am Marie-Curie-Hospital London bewährt. Der drei-dimensionale „Dose-finder" in Verbindung mit der Rechenmaschine hat dabei die sonst noch zeitraubende und mühevolle Arbeit erleichtert. Entscheidend sind allerdings nicht die aufgewandte Mühe, sondern die Erfolgszahlen. Hurdon [36] kann schon 1941 über absolute Heilungsziffern von 35,8% (nach 5 Jahren) berichten und glaubt, diese Erfolge der exakten Dosierung zuschreiben zu können.

Ledermann and Lamerton [50] waren mit den bisher entwickelten Methoden nicht zufrieden. Sie störte besonders, daß bei der zuletzt beschriebenen Methode willkürliche Punkte zur Berechnung der Dosis benutzt wurden. Grundsätzlich wollten sie keine neue Methode entwickeln. Es sollte vielmehr bei größerer Individualisierung die Dosisfestsetzung im ganzen kleinen Becken möglich sein. Durch zwei Röntgenaufnahmen wurde die Lage der Radiumträger wie bei der Lokalisation

von Fremdkörpern festgestellt. Unter Verwendung von „Dose-finder" und „Contour-Projektor" wurden dann Isodosen errechnet.

Seit 1922 führten auch andere Kliniken, so z. B. das Memorial-Hospital New York Berechnungen von Radiumpräparaten zu Dosierungszwecken durch. QUIMBY [78] berichtet, daß für etwa 200 Applikatoren Bestimmungen durchgeführt wurden, was für den klinischen Bedarf selbst bei größter Individualisierung ausreichend erschien. 15% als Fehlergrenzen müssen dabei allerdings, besonders bei der Spickmethode, in Kauf genommen werden. Da hierbei, wie auch bei vielen gynäkologischen Radiumanwendungen, die strahlende Substanz im Körpergewebe eingeschlossen ist, blieb zunächst kein anderer Weg der Dosierung, zumal auch später die Kammern für die Ionisationsmethode zu groß dimensioniert waren, um eine Anwendung bei dieser Art der Bestrahlung zu gestatten und die Meßgenauigkeit dieser großen Kammern zu unbefriedigend war. Bei den Bemühungen um bessere Durchstrahlung der Parametrien ist die Spickmethode immer wieder in Erinnerung gebracht worden. NOLAN and QUIMBY [71] stellten rechnerisch Diagramme in 3 Ebenen für diese Bestrahlungsart auf, nicht allein, wie sie betonen, um exakte Behandlungspläne aufzustellen, sondern um die Richtung zu erforschen, die eventuell zur Verbesserung der Resultate führen könnte.

Das Radium soll den Krankheitsherd möglichst homogen durchstrahlen. Die Strahlenverteilung solcher homogen strahlender Geraden, Kreise, Zylinder, Kugelflächen oder Quadrate ist speziell von MINDER [59, 60, 61, 62, 63, 64] berechnet worden. Dabei müssen die Bestrahlungsfelder zur Berechnung geometrisch idealisiert werden. Trotzdem sind noch größere mathematische Kenntnisse notwendig, wie aus den von ihm angegebenen Formeln ersichtlich ist. Bei kritischer Betrachtung der im Jahre 1944 zur Verfügung stehenden Ra-Dosierungsmethoden betont er, daß erhebliches rechnerisches Können zur Berechnung erforderlich ist. (Leider sind aber Mediziner meistens schlechte Mathematiker!)

Es bleibt also festzustellen, daß für den täglichen klinischen Gebrauch die rechnerische Methode in ihrer vereinfachten Form unter Zugrundelegen der Dosiskonstante und Beachten deren Definition, überschlagsmäßige Dosisberechnung zuläßt, daß aber für exakte Dosisbestimmungen, vor allem bei Berücksichtigung aller die Strahlung beeinflussenden Faktoren, größere mathematische Operationen erforderlich sind, die Zeit und Können des Mediziners meist übersteigen und vom Physiker oder Mathematiker vorgenommen werden müssen.

2. Die Ionisationsmethode

Da die γ-Strahlen den Röntgenstrahlen wesensgleich sind, wurde bei weiteren Bemühungen um eine exakte Dosismessung im Radiumgebiet natürlich auch versucht, die Luftionisation zur Dosismessung zu benutzen. Gleichzeitig war damit die Möglichkeit geschaffen, den Anschluß an die Dosierung in r herzustellen, wenn es gelingen sollte, mit geeigneten Meßinstrumenten zur Röntgenstrahlung vergleichbare Werte zu erzielen.

Wie bereits kurz erwähnt, suchte man für die Radiumtherapie seit langem nach einem geeigneten Dosismaß, auch ohne zunächst an eine einheitliche Dosierung im

gesamten Strahlengebiet zu denken. Außer der Milligramm-Element-Stunde (mgelh) wurde bereits 1919 von KRÖNIG und KÖNIGSBERGER der Begriff „Impulsstärke" als Dosiseinheit vorgeschlagen, der ebenso wie der in Analogie zur mgelh 1918 von REGAUD und FERROUX inaugurierte Begriff „Millicuriedétruit" nur eine Dosierung nach Menge × Zeit beinhaltete (zit. nach FRIEDRICH [17]). MATZDORF [54] wollte dann 1919 als Einheit die Intensität (E mg I), die in 1 cm Abstand von 1 g Radium bei Einheitsfilterung herrscht, als einen neuen Dosisbegriff schaffen. Da 1 g Radium in 1 Std. eine Wärmemenge von 140 cal. erzeugt, wovon allerdings die γ-Strahlen nur mit 9 cal. beteiligt sind (RUMP [89]), wurde auch versucht, die vom Radium gebildete Wärmemenge zur Dosierung zu verwenden. 1923 machte man im Ausland den Vorschlag, nach erg zu dosieren, da ja zur Erzeugung eines Ionenpaares in Luft eine Energie von 32,5 eV nötig ist. MURDOCH und STAHEL [67] konnten später bei Vergleichsmessungen mit kleinen Ionisationskammern feststellen, daß die Meßgenauigkeit der auch von ihnen durchgeführten Dosierung nach erg nur zu 20–30% genau ist. Da außerdem die experimentellen Schwierigkeiten sehr groß sind, konnte sich diese Art der Dosierung nicht einbürgern, obwohl 1927/28 nochmals versucht wurde, dem Verfahren durch kalorimetrische Messungen neuen Auftrieb zu geben. MALLET und PROUST gaben 1924 noch eine willkürlich gewählte Einheit „D" an, die zu anderen physikalischen Größeneinheiten keinerlei Beziehungen hatte (zit. bei KESSLER und SLUYS [42]).

Dem sehr naheliegenden Gedanken, die Luftionisation durch Radium, ähnlich wie bei den Röntgenstrahlen, zur Dosismessung zu verwenden, stellten sich zunächst fast unüberwindliche Hindernisse in den Weg. Bedingt durch die Kleinheit der Strahlenquelle, die geringere Strahlenintensität bei großer Durchdringungsfähigkeit der γ-Strahlen, war es zunächst schwierig, die zur r-Messung nötigen Bedingungen zu erfüllen. Wenn der zwischen zwei voneinander isolierten Elektroden durch Ionisierung der Luft erzeugte Strom gemessen werden soll, muß zur exakten Messung volle Sättigung der Kammer erreicht, jeglicher Wandeffekt fehlen und sämtliche Sekundärprozesse ausgenutzt werden. Von besonderer Wichtigkeit war dabei die Wahl des Kammermaterials, das möglichst luftäquivalent sein soll, d.h. es soll möglichst dieselbe effektive Ordnungszahl wie Luft haben. FRIEDRICH [17] hat zu seinen Messungen sowohl Seidenpapierkammern als auch Graphitkammern konstruiert, die es ihm ermöglichten, Messungen in nahen als auch in größten Abständen durchzuführen. Die im Röntgengebiet verwendbaren Kammern sind jedoch wegen ihrer Größe für Absolutmessungen in der Nähe radioaktiver Präparate nicht zu gebrauchen. SIEVERT [96] führte erstmalig mit Mikroionisationskammern vergleichende Messungen frei Luft und im Wasserphantom durch und kam zu dem Ergebnis, daß die Unterschiede dabei vernachlässigt werden können. Damals wurde auch erstmalig von GLASSER [25] für Flächenbegrenzungen gleicher Intensität der Begriff „Isodosen" geprägt. Er führte seine Messungen ebenfalls mit kleinen Kondensatorkammern durch. Bei der Anwendung von radioaktiven Stoffen zu therapeutischen Zwecken sollte dem Arzt endlich eine exakte Dosierungsmöglichkeit mit der kleinen Kondensatorkammer von SIEVERT gegeben werden. Zur Verwendung kam eine 7 mm lange Kammer mit Messingstiftelektrode und einem Durchmesser von 9 mm, wobei die Kammer während der Bestrahlung vom Elektrometer getrennt war. Im Prinzip hat sich die

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com