



## PROTEÇÃO EM RADIOTERAPIA (\*)

ANTONIO PINTO VIEIRA \*\*

Nas três primeiras décadas, que se seguiram à descoberta dos raios X e do radium dezenas de pessoas pagaram com a vida o tributo, devido à super-exposição àquêles tipos de irradiações. Isto porque, não conhecendo bem os perigos a que se expunham, trabalhavam os pioneiros da radioterapia com meios insuficientes de proteção.

Hoje em dia, graças aos notáveis trabalhos de Failla, Quimby, Taylor, Evans e Braestrup além de outros, onde são descritos os meios de proteção adequada para os raios X e radium, podem os médicos e técnicos trabalhar durante muito tempo com as irradiações sem sofrer os seus efeitos nocivos.

Os acidentes causados pelo excesso de exposição aos raios X, radium e substâncias radioativas podem ser divididos em dois grupos:

- 1) Acidentes locais
- 2) Acidentes gerais

*Acidentes locais:* — As mãos constituem a região do corpo que preferentemente são lesadas quando o profissional se expõe em excesso às irradiações. Estas lesões, no início, manifestam-se por vermelhidão, secura e rachaduras da pele dos dedos. Posteriormente, as unhas tornam-se quebradiças e tendem a partir ao menor esforço. A pele das polpas digitais, apresenta-se com aspecto coriáceo. Finalmente, aparece queratose. O aparecimento das placas de queratose, após as fases que acabamos de descrever, confirma o diagnóstico de radiodermite crônica. As figs. 1 e 2 mostram

um caso de radiodermite crônica. Quando a radiodermite se instala, o profissional deve abandonar seus afazeres e procurar tratamento imediato, dada a frequência com que aquelas lesões se transformam em epitelomas. O tratamento deve ser o seguinte: submeter o paciente a uma radiografia da mão lesada. Se já houver invasão óssea, deverá praticar-se a amputação do segmento lesado; caso contrário, isto é, não havendo comprometimento ósseo, o tratamento deverá consistir na extirpação da lesão, seguida de enxerto. (Figs. 3, 4 e 5).

É bom lembrar que não só os técnicos que trabalham com as irradiações estarão sujeitos a estes acidentes. Também os doentes poderão vir a apresentar placas de queratose e conseqüente transformação maligna, se receberem excesso de exposição às irradiações.

*Acidentes gerais:*—Os acidentes gerais manifestam-se no sangue e órgãos de reprodução: testículo e ovário.

*Ação das irradiações sobre o testículo e ovário:* — Hoje em dia, sabe-se que as irradiações podem causar lesões das glândulas sexuais, acarretando castração temporária ou definitiva, ou ainda perturbações genéticas. Si administrarmos de uma só vez a dose de 400 r nos testículos ou ovários iremos ter a castração definitiva.

*Ação das irradiações sobre o sangue e sistema hemo-poietico:* — As irradia-

\* Trabalho apresentado por ocasião da 1.<sup>a</sup> jornada Br. de Radiologia.

\*\* Assistente da Seção de Radioterapia do S. N. de Câncer.

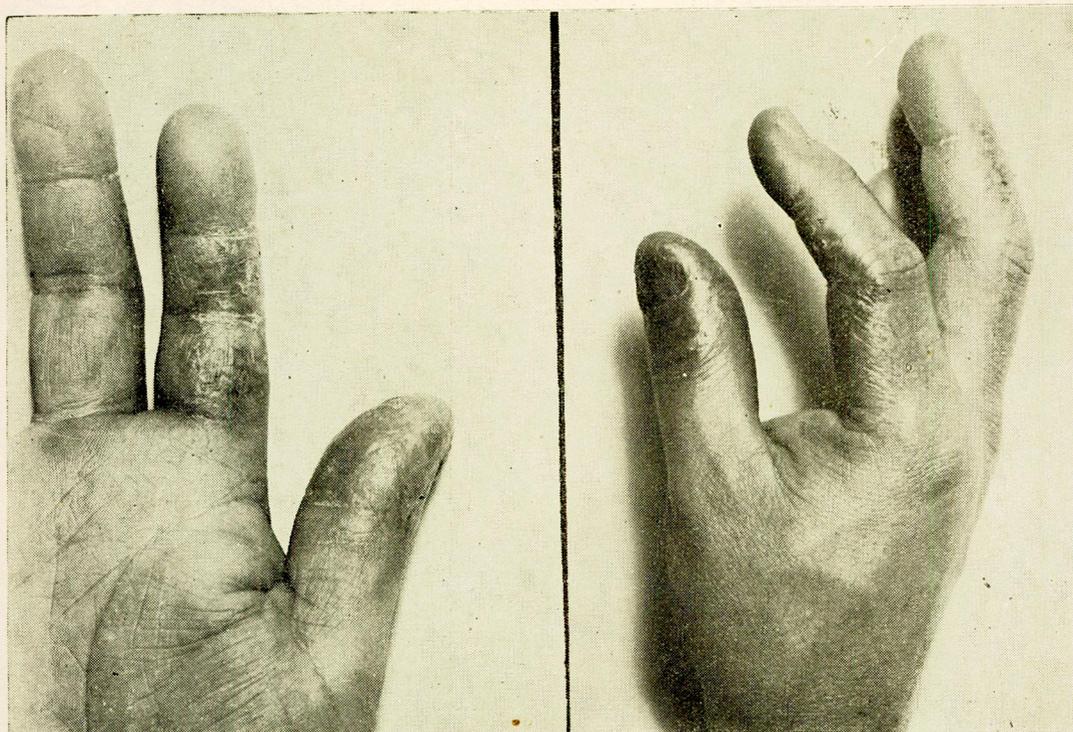


Fig. 1 Reg. 9416 do S. N. C. J. V., dentista procurou o nosso hospital em 27-5-47 e contou-nos que desde 1943 vem notando modificações na pele de alguns dedos, principalmente nos três primeiros quirodátilos direitos. No início, os dedos apresentaram vermelhidão e posteriormente adquiriram aspecto coriáceo, tornando-se ultimamente muito sensíveis. Contou-nos ainda que faz radiodiagnóstico dentário e que muitas vezes segurou o filme dentro da boca do cliente com o 1.º e 2.º quirodátilos direitos. O exame local na data que se matriculou no hospital revelou: grande modificação da pele 1.º, 2.º e 3.º quirodátilos direitos que se apresentam com áreas de queratose e unhas fendilhadas e quebradiças. Apesar do doente ter-se recusado à biópsia, não tivemos dúvida em concluir tratar-se de um caso de radiodermite crônica.

ções podem produzir sérios distúrbios da fórmula sanguínea. Muitos radiologistas perderam a vida por excesso de exposição às irradiações, seguida de anemia aplástica e leucemia.

As modificações mais frequentes na fórmula sanguínea são: leucopenia, eosinofilia, linfocitose, diminuição do número total de hemátias e de plaquetas. A diminuição do número total de plaquetas é um acidente bastante grave, devido às hemorragias que acarreta. Este acidente foi observado em larga escala em Hiroshima após a explosão da bomba atômica.

Um dos pontos capitais a ser observado no hemograma do profissional que trabalha com as irradiações é a leucometria, que só terá valor se for julgada em uma série de hemogramas. Assim, se um radiologista apresentar-se com 6.000 leucócitos, e tempos após a leucometria inicial houver descido a 5.000 e posteriormente a 4.000, é porque ele está recebendo dose de irradiação acima da tolerância. Neste caso deve abandonar o trabalho imediatamente e entrar em férias. Quando em férias, deverá repetir o hemograma semanalmente e enquanto o mesmo não normalizar, não deverá retornar ao trabalho.

O único meio de que dispomos para evitar estas modificações graves do sangue, é a proteção adequada e exames hematológicos periódicos.

*Envenenamento por ingestão de radium e substâncias radioativas:* — Conforme o trabalho de Evans, o radium elemento tem o mesmo metabolismo que o cálcio. Se fôr ingerido acidentalmente poderá fixar-se nos ossos e produzir alterações destrutivas e até mesmo provocar o aparecimento de sarcomas ósseos. Também o radon quando inalado acidentalmente poderá produzir sérias complicações, sendo entre elas o câncer do pulmão, uma das mais frequentes.

*Dose de tolerância:* — Após vários anos de experimentação, os radiologistas em colaboração com os biólogos e os físicos de irradiação, concluíram ser a

dose de 0,1 r por dia o máximo que poderá receber o técnico que trabalha com raios X, radium e substâncias radioativas sem sofrer nenhum dano.

Convém lembrar aqui, que o Roentgen "r" é a unidade internacionalmente aceita para exprimir a dose de raios X e Raios gama, sendo definido do seguinte modo: "Será a quantidade de irradiação X ou gama, cuja emissão corpuscular associada por 0,001293 gr. de ar, produz no ar, ions carregando uma unidade eletrostática de quantidade de eletricidade em cada sinal".

O Roentgen, como todos sabem, é medido por meio de aparelhos de ionização chamados ionômetros como o Victoreen e o Geiger-Muller. O Victoreen dispõe de câmaras de ionização que servem para medir 25,50 e 250 r.

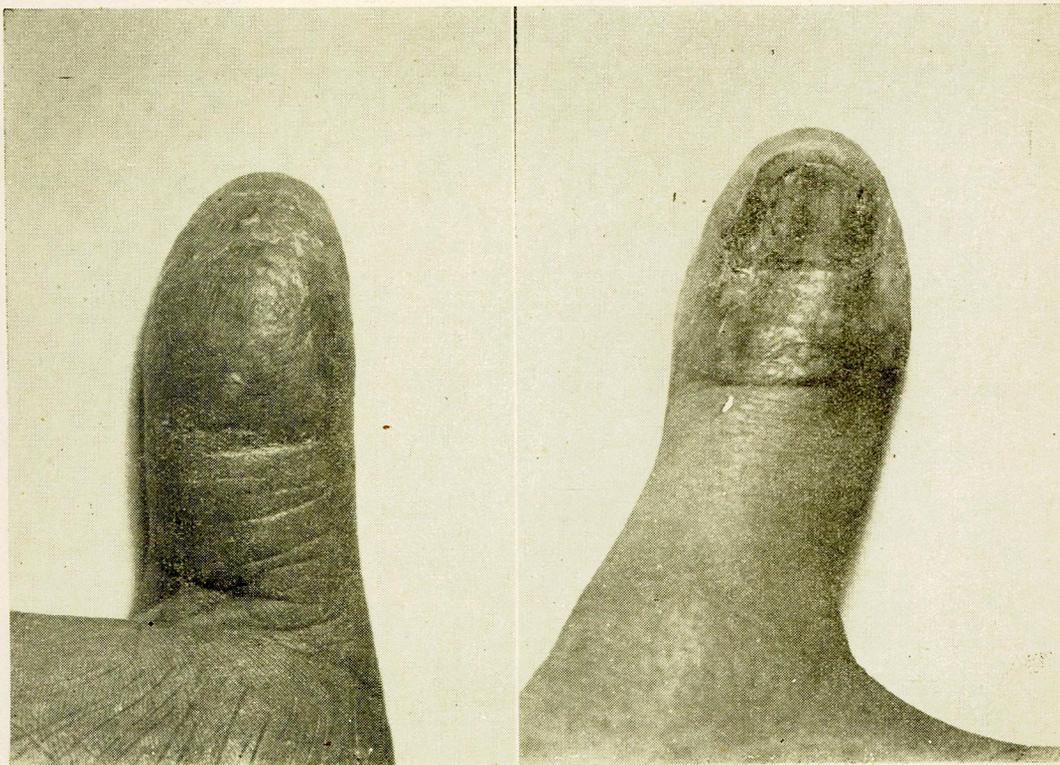


Fig. 2 Mesmo caso da fig. 1. Mostra com mais detalhe o aspecto coriáceo da face palmar do polegar direito e grandes modificações da unha do mesmo dedo, que se apresenta quebradiça e com estrias.

Existe um tipo de ionômetro chamado Minômetro, que mede quantidades extremamente pequenas do Roentgen, dispondo para êste fim de câmaras de ionização pe 0,1 e 0,01r (Fig. 6).

Para avaliar a proteção do técnico, o meio mais eficiente consiste na medida da radiação secundária com a câmara de de 0,1 a 0,01 r. O técnico carregará no bolso qualquer uma destas câmaras e no fim do dia lerá diretamente na escala a quantidade de irradiação que recebeu. Estas câmaras apresentam a propriedade de acumular as frações do Roentgen.

Outro meio menos preciso de verificar a proteção, consiste em carregar um filme dentário preso com clip no bolso do avental durante duas semanas e em seguida revelá-lo. Se o escurecimento for intenso é porque o técnico está trabalhando em condições de proteção deficiente. Nêste caso deverá recorrer ao processo do ionômetro.

0,1r é a dose de tolerância por dia de 7 horas de trabalho.

1r é a dose de tolerância por semana.

4r é a dose de tolerância por mês.

Analisaremos em seguida as medidas de proteção, que deverão ser adotadas para os médicos e técnicos que trabalham constantemente com os vários tipos de irradiação.

*Medidas de proteção para Roentgenterapia:* — Estudaremos separadamente os meios de proteção para o doente, o técnico, o médico e as pessoas situadas nas vizinhanças.

Antigamente os aparelhos de raios X não ofereciam proteção para os doentes, porque as ampôlas não eram revestidas de material isolante. A irradiação expandia-se em todos os sentidos em volta da ampôla; sendo necessário revestir-se

o corpo do doente com espessas lâminas de borracha plumbífera. Hoje em dia, graças aos modernos aparelhos, as ampôlas além de ficarem imersas em óleo, ficam situadas dentro de uma cúpola revestida de chumbo. Dêsse modo, a irradiação só é emitida através do diafragma. Ao diafragma adaptam-se os cones de diâmetros e áreas diversas, que também se acham revestidos de chumbo. Com êste sistema o doente somente receberá irradiação direta nas portas de tratamento. A irradiação secundária proveniente das paredes e objetos da sala é tão pequena que praticamente pode ser desprezada. Nos doentes que vão submeter-se a tratamento longo é indispensável o controle hematológico, principalmente naquêles em que se irradiam extensas áreas do corpo.

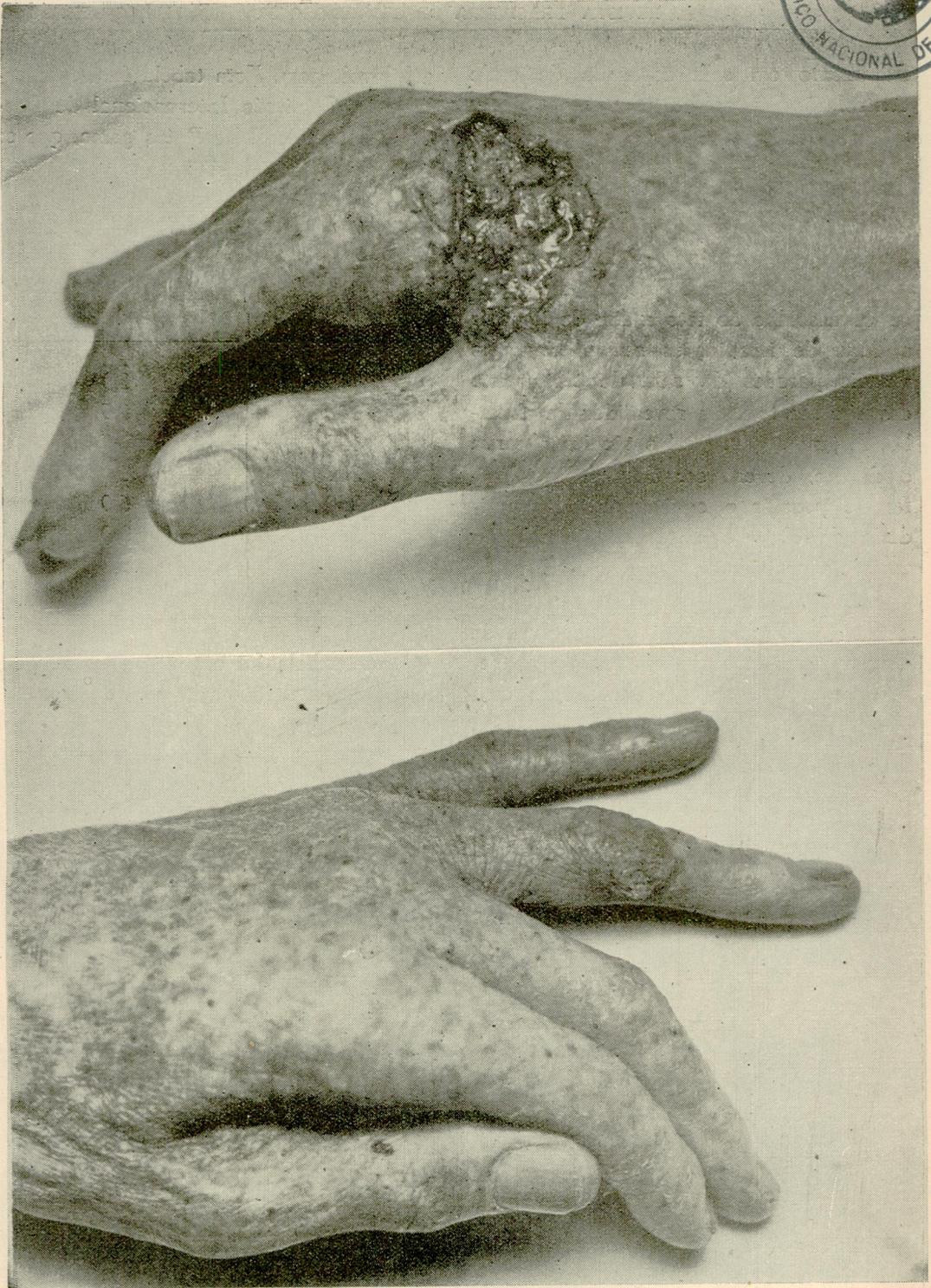
*Para a proteção do médico,* deve observar-se o seguinte:

1) O médico em hipótese alguma deverá permanecer na sala quando o doente estiver recebendo tratamento. Nos EE. UU. é costume colocar-se um interruptor do circuito de alta voltagem na porta da sala de tratamento. Assim, só se consegue ligar a alta tensão quando a porta estiver fechada. Êste dispositivo foi idealizado a fim de evitar que o radiologista ao penetrar na sala durante o tratamento viesse a receber irradiação.

2) Os departamentos de Roentgenterapia devem ser instalados em local bem arejado e com boa luminosidade.

3) Tôdas as salas de tratamento devem ter as paredes revestidas de chumbo a fim de evitar que a irradiação atinja outras dependências do departamento.

*Medidas de proteção para o técnico e pessoas situadas nas vizinhanças:* — O técnico deverá permanecer durante o



Figs. 3 e 4. Trata-se de H. W. S. matriculado no Serviço Nacional de Câncer sob o reg. 1.368 em 23-6-1942. Contou-nos que desde 1934 vem se submetendo a aplicações de Raios X nas mãos por ser portador de eczema crônico. Fez várias séries de Raios X porque o eczema sempre recidivava. Em 1940 apareceu-lhe pequena ulceração no dorso da mão direita que cresceu lentamente. Em 1941 apareceu-lhe também pequena ulceração no 4.º quírodátilo esquerdo. Vindo à consulta no S. N. C. em Junho de 1942, as biopsias praticadas em ambas as lesões revelaram: epiteloma espino-celular.

tratamento em sala separada de onde controlará o aparelho em mesa de comando aí existente. A parede que separa a sala de comando da sala de tratamento, deverá ser recoberta de revestimento de chumbo suficiente para interceptar toda e qualquer irradiação. O revestimento de chumbo deverá estender-se do assoalho ao teto a fim de impedir a fuga de irradiações secundárias. As demais paredes da sala de tratamento deverão ser também revestidas de chumbo. A janela pela qual o técnico observa o doente, deverá ser de vidro plumbífero e possuir o equivalente à quantidade de chumbo necessária para uma completa proteção.

A seguir vamos apresentar a tabela na qual está especificada a espessura de chumbo que deve ser empregada no revestimento das paredes de acordo com

a kilovoltagem. Esta tabela foi organizada pela Comissão Internacional de Proteção aos Raios X e Raios gama, que se reuniu em 1937 em Chicago:

<i>Kilovoltagem</i>	<i>Espessura mínima de chumbo em mm</i>
75	1,0
100	1,5
150	2,5
200	4,0
250	6,0
300	9,0
400	15,0
600	35,0

Esta tabela foi organizada para proteção de um feixe direto de raios X,



Fig. 5. Mostra o caso das fig. 3 e 4 após tratamento pela electrocoagulação.

numa distância de 1,5 m. do anódio. Pontos situados além de 1,5 m. necessitarão menor espessura de chumbo. Nas paredes que recebem somente irradiação secundária, será necessária menor espessura de chumbo.

Como o preço do chumbo é muito elevado, alguns autores e entre eles Kaye, Binks e Taylor publicaram trabalhos em que apresentam tabelas contendo vários tipos de material de construção e sua equivalência em milímetros de chumbo. Assim, por exemplo, para a proteção do feixe direto de um aparelho de 400Kv, tanto podemos empregar na parede 15 mm. de chumbo ou 30 cm. de concreto. Estas tabelas apresentam muita utilidade, principalmente durante o plano de proteção para aparelhos montados em edifícios em que temos que proteger os vizinhos dos andares de cima e de baixo.

#### *Recomendações para proteção ao Radium:*

1) Nos departamentos de Radioterapia, o radium deverá ficar armazenado

em cofre especial com revestimento de chumbo adequado de acôrdo com a tabela de Failla. O cofre deverá ficar em quarto separado, onde o técnico só deverá permanecer tempo necessário para retirar os tubos e as agulhas de radium.

2) O preparo de aplicadores deverá ser realizado em outra sala. O técnico ao manipular o radium deverá trabalhar por traz de uma placa com a forma de um L que terá a espessura mínima de 5 cm. de chumbo, devendo ainda usar pinças longas de 25 a 30 cm. (fig. 7). Em hipótese alguma deverá tocar com os dedos as células de radium. Tôdas estas manipulações deverão ser realizadas no menor espaço de tempo possível.

3) O transporte do radium no interior do hospital deverá ser feito dentro de recipientes revestidos de chumbo providos de uma haste longa, para manter o radium mais distante possível do técnico.

Tabela mostrando a espessura de chumbo de acôrdo com a distância, para a proteção do técnico:

Dados retirados da tabela de Failla (segundo Mrs. Quimby).

Radium Mg	Distância do Radium						Distância de segu- rança sem Pb. Metros
	Próximo	25 cm	50 cm	100 cm	200 cm	500 cm	
Espessura do Pb em cm requerida							
50	10,5	7,0	4,0	2,0	—	—	2
200	13,0	10,0	7,0	4,5	2,0	—	3,5
500	14,5	12,0	9,0	6,5	3,5	0,5	6,0
1000	16,0	14,0	11,0	8,0	5,0	1,5	8,0
2000	17,0	15,0	13,0	9,0	6,5	3,0	13,0
5000	20,0	18,0	14,5	11,0	8,5	4,5	20,0

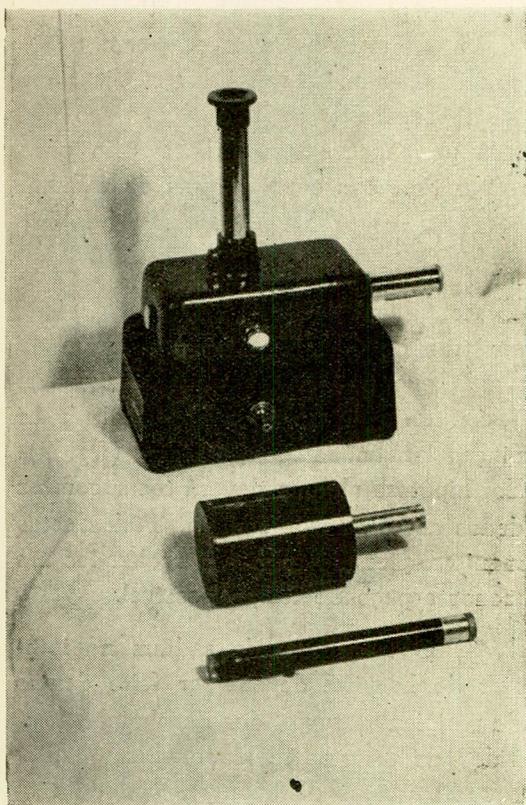


Fig. 6. Minômetro Victoreen para avaliar a proteção do técnico. Vêm-se também as câmaras de ionização respectivamente de 0,01r e 01r.

*Recomendações para proteção contra o Radon:* — O radium para a captação do radon deverá ficar dentro de um cofre especial que será todo revestido de chumbo.

Durante a captação, o radon pôde vir a escapar, sendo então necessário o emprêgo de exaustores a fim de renovar o ar da sala o mais depressa possível. O emprêgo de aparelhos semi-automáticos para a captação do radon é recomendado a fim de evitar que o técnico permaneça na sala durante muito tempo. O técnico não deve tocar as sementes de radon com as mãos por causa dos raios beta e gama que emanam das mesmas.

*Medidas de proteção contra os isótopos radioativos:* — Os médicos e técnicos que trabalham neste campo devem precaver-se durante a manipulação destas substâncias, pois poderão vir a ingeri-las acidentalmente.

Não deverão tocá-las com os dedos, devido ao perigo decorrente da emissão de raios causticantes.

Para o doente as precauções deverão ser ainda maiores. Assim, a dose da substância radioativa deve ser administrada sempre de acôrdo com o peso e a sensibilidade individual do doente. Também será necessário durante o tratamento, o contrôle semanal com exames hematológicos. Em caso de leucopenia ou trombocitopenia, deverá ser o mesmo suspenso imediatamente.

*Recomendações da Comissão Internacional no que diz respeito ao bem estar e saúde dos técnicos que trabalham tempo integral com os Raios X e Radium:*

1) O tempo de trabalho não deve ultrapassar de 7 horas por dia e 5 dias por semana nos climas frios e temperados. Para os climas tropicais o número total de horas de trabalho por semana deve ser bem menor.

2) As férias anuais devem ser durante o verão e ter a duração de pelo menos 4 semanas de preferência consecutivas.

3) Exames médicos hematológicos devem ser realizados antes do técnico ser admitido e repetidos pelo menos duas vezes por ano.

4) Enfermeiras e serventes não devem segurar os doentes durante a apli-

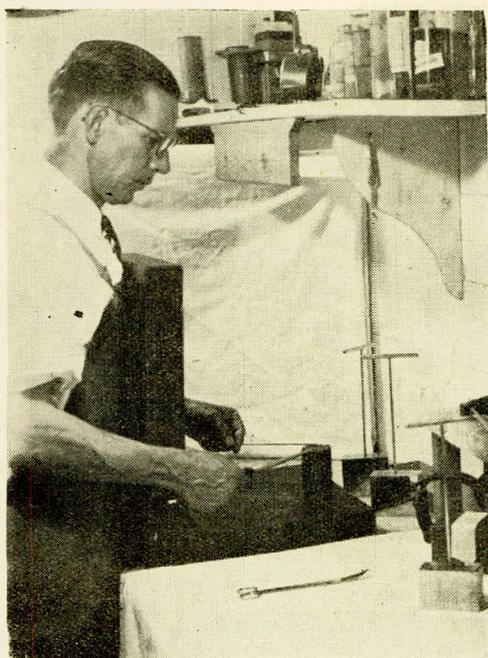


Fig. 7. O técnico do Serviço Nacional de Câncer manipulando o radium atrás do bloco de chumbo em forma de L.

cação de raios X. Assim como não devem permanecer na sala enquanto o doente estiver recebendo aplicação de radium que exceda de 500 mg.

5) Os departamentos de Radioterapia não devem ser instalados no sub-solo, mas sim em salas amplas com luz natural e boa ventilação.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRAESTRUP, C. B. A stray radiation survey of twenty high voltage roentgen installations. *Radiology*, 31:206, 1938.
- CURTISS, L. F. Protective requirements for shipping radioactive substances *J. App. Phys.*, 12:346, 1941.
- EVANS, Robley D. Protection of radium dial workers and radiologists from injury by radium. *The Journ. of Industrial Hygiene and Toxicology*. Vol. 25 N.º 7, Sept. 1943.
- FAILLA, G. Radium protection. *Radiology*, 19:12, 1932.

HERMAN, H., and Jaeger, R. *Über den Strahlenschutz bei harten Rontgenstrahlen. Strahlentherapie.*, 41:321, 1931.

INTERNATIONAL RECOMENDATIONS for X-Ray and Radium Protection (Fifth International Congress of Radiology, 1937). *Radiology*, 30:511, 1938.

KAYE, G. W. C., Binks, W., and Bell, G. E. The X-ray and gamma-ray protective values of building materials. *Brit. J. Radiol.*, 11:676, 1938.

MULLER, H. J. The effects of roentgen rays upon the hereditary material.

O. GLASSER, Ed. *The Science of Radiology*. Springfield, Ill., Thomas, 1933.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, Handbook HB 20, X-ray protection.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, Handbook H 27, Safe handling of radioactive luminous compounds.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, Handbook H 23, Radium protection.

QUIMBY, E. H. Radium protection. *J. App. Phys.*, 10:604, 1939.

QUIMBY, E. H., and Pool, J. Protection in radiology. *Radiology*, 41:272, 1943.

QUIMBY, E. H. Roentgen Ray and Radium Protection. *Physical Foundations of Radiology*.

SINGER, G., Taylor, L. S. and Charlton, A. L. Concrete as a protective material against high voltage X-ray. *Radiology*, 33:68, 1939.

TAYLOR, L. S. The economic features of X-ray protection. *Radiology*, 34:425, 1940.

#### SUMMARY

The most frequent injuries affecting the staff working with x-ray, radium, radon and radioactive isotopes are described. A case of radiodermatitis in a dentist working in the field of x-ray diagnosis is related. A case of cancer following many expositions to x-ray on the hands, to treat eczema, is also shown.

Recommendations and precautions for the staff working in X-Ray and Radium Departments are described.

