



A RADIOTERAPIA EM CANCEROLOGIA

OSOLANDO J. MACHADO (*)

Apresentamos êste trabalho com a única finalidade de difundir conhecimentos concernentes à Radioterapia, entre os médicos em geral. Por êsse motivo, dividimo-lo em duas partes. A primeira visando conhecimentos básicos de ordem principalmente técnica e a segunda, as indicações do emprêgo desta arma no combate ao câncer.

PARTE I

Os progressos decorrentes de novos métodos em medicina, passaram a exigir de médicos e cirurgiões, conhecimentos especializados, que escapam à rotina da clínica e da cirurgia geral. Concernente ao tratamento do câncer, vários métodos terapêuticos entram em jôgo, e, dentre êles, a Radioterapia desfruta posição de destaque.

Agrupamos sob a denominação genérica de Radioterapia, todos os elementos terapêuticos que produzem radiações ionizantes, tais como: os Raios-X, o Radium e seus derivados e os Isótopos radioativos. Para individualizarmos cada um dêsses elementos, dividimos a Radioterapia em:

- 1º — Roentgenerapia — quando empregamos o Raio-X
- 2º — Curieterapia — quando se utiliza o Radium ou seus derivados.
- 3º — Terapêutica pelos Radioisótopos — quando aplicamos: Fósforo ³², Iodo ¹³¹, Ouro ¹⁹⁸, Cobalto ⁶⁰, etc.

ROENTGENERAPIA

No ano de 195, os físicos estudiosos dos efeitos da passagem da corrente através dos tubos de Crookes, estavam preocupados em descobrir o motivo pelo qual as chapas fotográficas, existentes em seus laboratórios, freqüentemente ficavam veladas, apesar de devidamente protegidas contra a luz. Dentre êles, foi Wilhelm Conrad Roentgen, quem, em fins daquele ano, conseguiu reconhecer e isolar as radiações responsáveis por tal fenômeno, apesar de, provavelmente, Lenard, Hertz e outros pesquisadores, já as terem produzido e observado.

Roentgen notou que as radiações emanadas dos tubos de Crookes, excitavam a fluorescência de cristais de platinocianeto de bário. Observou, ainda, que, apesar do referido tubo estar encerrado em uma caixa de

(*) Chefe da Secção de Radioterapia do Instituto de Câncer do Serv. Nac. de Câncer — Rio de Janeiro. Brasil.

papelão, suas radiações continuavam a produzir a mesma excitação, e que a interposição de sólidos pouco interferia nêsse fenômeno. Notou, também, que seria capaz de obter a impressão de certos objetos quando os interpunha entre a citada ampola e uma chapa fotográfica devidamente protegida da luz. Daí, concluiu que os tubos de Crookes geravam raios, até então desconhecidos, e a essas radiações, capazes de atravessar os corpos opacos, Roentgen chamou de Raios-X.

De início, eram inúmeras as dificuldades na obtenção dos Raios-X, pois, além das ampolas de ar rarefeito, existentes na época, cujo rendimento não era constante, os aparelhos geradores da corrente que as abastecia também não eram precisos. Assim, a variação da qualidade e da quantidade das radiações produzidas por tais ampolas, aliada à precariedade de seus geradores, contribuíram muito para o lento desenvolvimento dessa arma terapêutica. Só depois que Coolidge inventou a ampola a vácuo e após terem aperfeiçoado o sistema elétrico dos aparelhos, foi que a radioterapia, sob a forma de roentgenterapia, começou a ter desenvolvimento. Desde então, os terapeutas passaram a obter com precisão, repetidas quantas vêzes quisessem, Raios X gerados em quantidade e qualidade conhecidas. Isso tornou possível o aparecimento de métodos de medidas das radiações, permitindo, estudos mais acurados da ação dos Raios-X sobre as células, tecidos e tumores além de permitir a sistematização das técnicas de tratamento.

Os Raios-X são radiações eletromagnéticas como os raios ultraviole-

ta, infravermelho, os raios luminosos e as ondas hertzianas. Sua propagação faz-se por meio de ondas de comprimento variável, de acôrdo com a energia empregada para os gerar. Sua energia depende da voltagem usada, tanto que quanto maior fôr a voltagem, menor será o comprimento de onda, conseqüentemente, mais penetrantes serão os raios.

Para melhor orientarmos as radiações, o foco (ânodo) da ampola é inclinado (Fig. 1), de maneira que a maioria dos Raios-X, nêle gerados, vai propagar-se predominantemente em uma única direção. Assim, como êses raios só se propagam em linha reta, teremos um feixe de radiações dominante em determinada direção, com relação à posição da ampola, não ficando, no entanto, abolida a propagação de Raios X em outras direções. Os raios que se propagam em outras direções, por serem indesejáveis, são suprimidos, graças ao acondicionamento das ampolas no interior de cúpulas de chumbo. Essa cúpula, dispõe de uma única abertura que coincide com a direção do foco e fica na região de maior produção de radiação (Fig. 1). O feixe de Raios-X, apesar de limitado pela abertura da cúpula que envolve a ampola, tende sempre à divergência (Fig. 2), de tal maneira que a área de uma seção perpendicular ao mesmo aumentará com a distância do foco. Por isso, e por, geralmente, desejarmos irradiar pequena porção do corpo, quando tratamos os pacientes precisamos limitar a área a ser irradiada, de maneira que os raios incidam apenas sobre a região a ser tratada. Com essa finalidade, empregamos os chamados cones localizadores que,

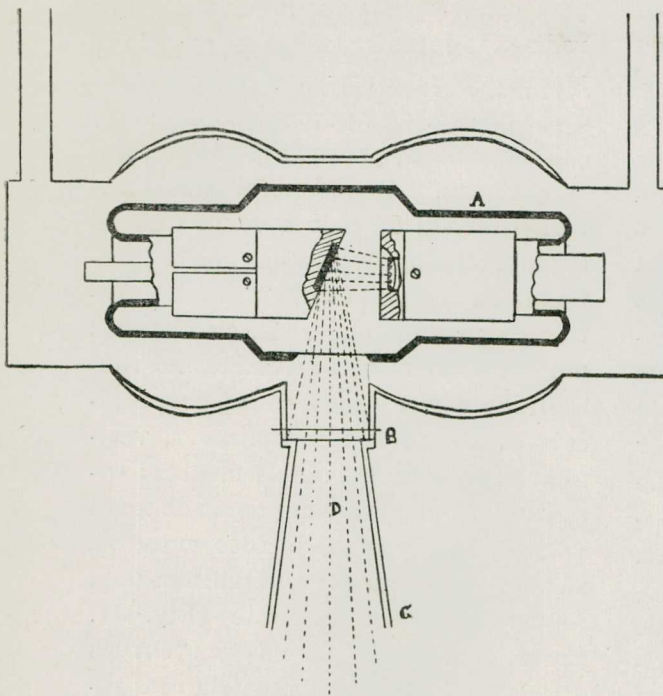


Fig. 1 — Desenho esquemático de uma ampola (A) de Raios-X, mostrando como se forma a radiação. Os raios se dispersam, mas são limitados, não só pela abertura da cúpula (B), mas também pelo localizador (C), formando o feixe (D).

adaptados à abertura da cúpula da ampola, vão limitar as radiações às proporções desejadas (Fig. 2).

Quando os Raios-X chocam com a matéria, deslocam elétrons dos átomos que a constituem. O elétron assim deslocado, graças à energia que lhe é transmitida pela radiação, vai chocar-se com outro ou outros elétrons orbitários, produzindo ions positivos e ions negativos. Como acabamos de mencionar, a radiação, ou melhor, o foton ao se chocar com um elétron pode transferir a êsse, tôda sua energia, ou apenas, parte dela (Fig. 3). No primeiro caso, o elétron deslocado, passa a se chamar um fotoelétron e deu-se então o que chamamos absorção fotoelétrica. No segundo, o foton transfere, apenas, parte de sua energia e o elétron passa a chamar-se elétron de recuo (recoil electron); dá-se então a absorção por dispersão. Nesse caso, o foton continua em sua

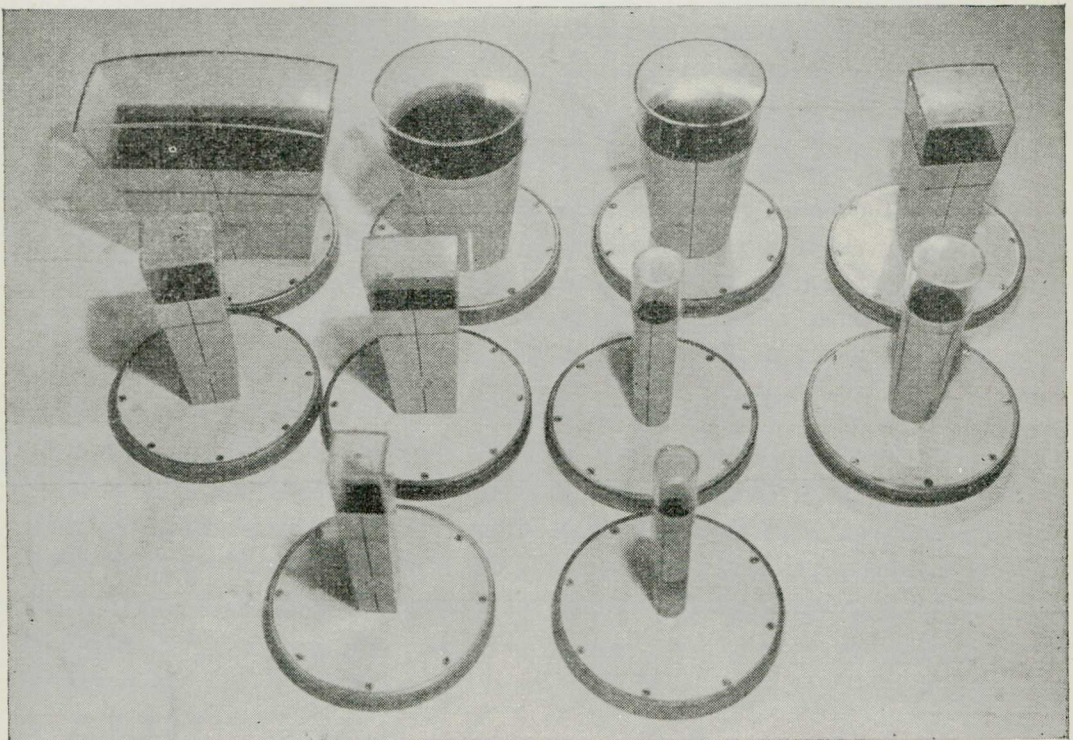


Fig. 2 — Localizadores para Roentgenerapia Profunda. As extremidades são transparentes para facilitar as localizações durante o tratamento.

trajetória com parte de energia primitiva, indo chocar-se com outro ou outros elétrons. Também é possível a passagem de um foton por um átomo sem perturbá-lo, ou perder energia, não havendo nesse caso absorção. Como os fotoelétrons e os elétrons de recuo têm carga elétrica negativa e massa definida, é mais provável sua interação com outras partículas subatômicas. Esses elétrons, ao colidirem em sua trajetória, com elétrons da órbita de outros átomos, vão formar ions pares cujo número e distribuição dependem da energia inicial; dá-se então o chamado fenômeno de ionização. É desse fenômeno de ionização, produzido pelas radiações, que, em grande parte, dependem as modificações químicas e os efeitos biológicos observados nas células e tecidos irradiados.

Ao aprofundar-se para o interior do corpo, a quantidade inicial de radiação vai se reduzindo, isso acontece graças à perda sucessiva de energia conseqüente ao choque dos ftons, fotoelétrons e comptons com os tomos da matéria. Essa redução é proporcional à constituição da matéria, à sua espessura e à energia cinética da radiação (capacidade de penetração). Por outro lado, após a colisão, o sentido da trajetória da radiação se altera, podendo, até, tomar rumo oposto ao do feixe incidente, o mesmo acontecendo com os elétrons deslocados de suas órbitas. Dessa maneira, ao feixe de Raios X que incide sobre os tecidos (radiação incidente), soma-se a radiação secundária, constituída pelas radiações provenientes das sucessivas colisões e pelos elétrons. Daí, se medirmos a intensidade de um feixe de Raios-X ao incidir sobre a pele de um

paciente, veremos que a quantidade de radiação é maior do que quando é medida sobre o ar. Isso acontece em conseqüência da contribuição da radiação secundária, proveniente dos tecidos subjacentes. Quando efetuamos medidas através de todo o volume do tecido irradiado, observamos que a quantidade da irradiação diminuirá no sentido da profundidade. E, se fizermos um corte no referido volume, no sentido das várias coordenadas perpendiculares à superfície do aplicador, verificaremos, examinando as medidas encontradas, que, existem pontos de igual valor. Tais pontos, ligados entre si, vão constituir curvas que limitam uma região de dose semelhante (Fig. 3). Essas curvas são chamadas "curvas de isodose" e mantêm simetria com relação ao seu eixo central, permitindo não só verificar a queda da dose em profundidade, como a distribuição da radiação no tecido tratado. Por variarem com a qualidade da radiação e com o tipo de aplicador, devemos construir um conjunto de curvas para cada um desses fatores.

Do exposto, torna-se claro que a quantidade de radiação que incide sobre a pele do paciente (dose incidente ou dose pele) não é igual a que vai atingir os tecidos profundos (dose em profundidade ou dose-tumor). Essa é freqüentemente menor que aquela, e a diferença entre ambas, depende da qualidade da radiação, do tipo de aplicador e da profundidade do tumor. Em conseqüência disso, quando tratamos tumores profundamente localizados, ficamos presos a dois fatores, nem sempre conciliáveis: tolerância da pele (cutânea), e radiosensibilidade do tumor. Quando se trata de tu-

mor, constituído por tecido muito radiosensível, geralmente, a dose necessária para destruí-lo não ultrapassa e, às vèzes, nem atinge o limite de tolerância cutânea. Nessa circunstância, tem-se ampla margem de segurança para efetuar, sem acidentes, o tratamento. Infelizmente, essa não é a regra, e, até pelo contrário, poucas vèzes deparamos com situação seme-

ser tratada, como também, para aumentar a dose-tumor (Fig. 4).

Também, podemos aumentar o percentual de dose em profundidade, empregando radiação de comprimento de onda mais curta o que é obtido com a elevação da voltagem (Fig. 5). “Quanto mais elevada fôr a voltagem, maior será o poder de penetração da

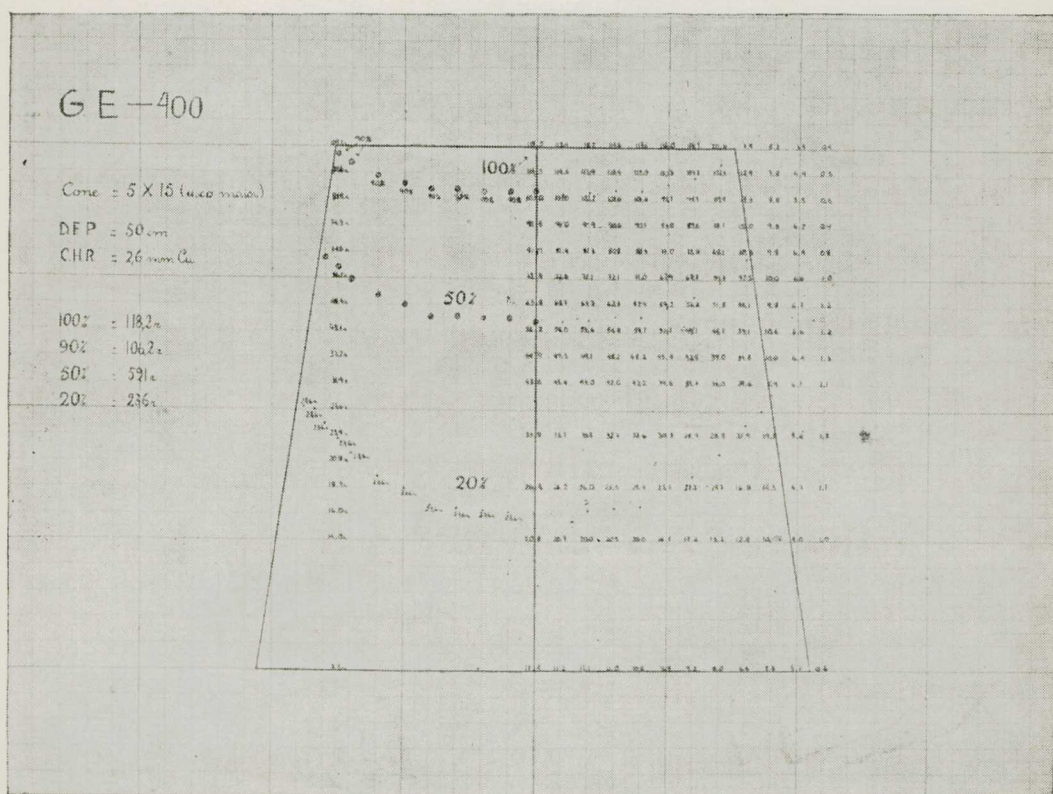


Fig. 3 — Quadro demonstrando as medidas feitas para a construção das curvas de isodose.

lhante. Para contornar tal dificuldade, lançamos mão de um artifício de técnica constituído pelo emprêgo de diversos campos de irradiação convergindo para o tumor. É a técnica de fogos cruzados. Nesse caso a lesão é abordada por diversos ângulos, e, de preferência por todos os lados, o que não só contribui para a distribuição homogênea da irradiação na região a

radiação”. Daí classificarmos a técnica do emprêgo dos Raios X em roentgenerapia superficial, profunda e ultrapenetrante, ou de alta voltagem. Na primeira, empregamos radiações geradas entre 80 a 150 KV, na segunda de de 180 a 400 KV e na terceira a voltagem é sempre superior a 1.000 KV, em geral na ordem de 1 ou 3 milhões de elétrons-volts (MeV).

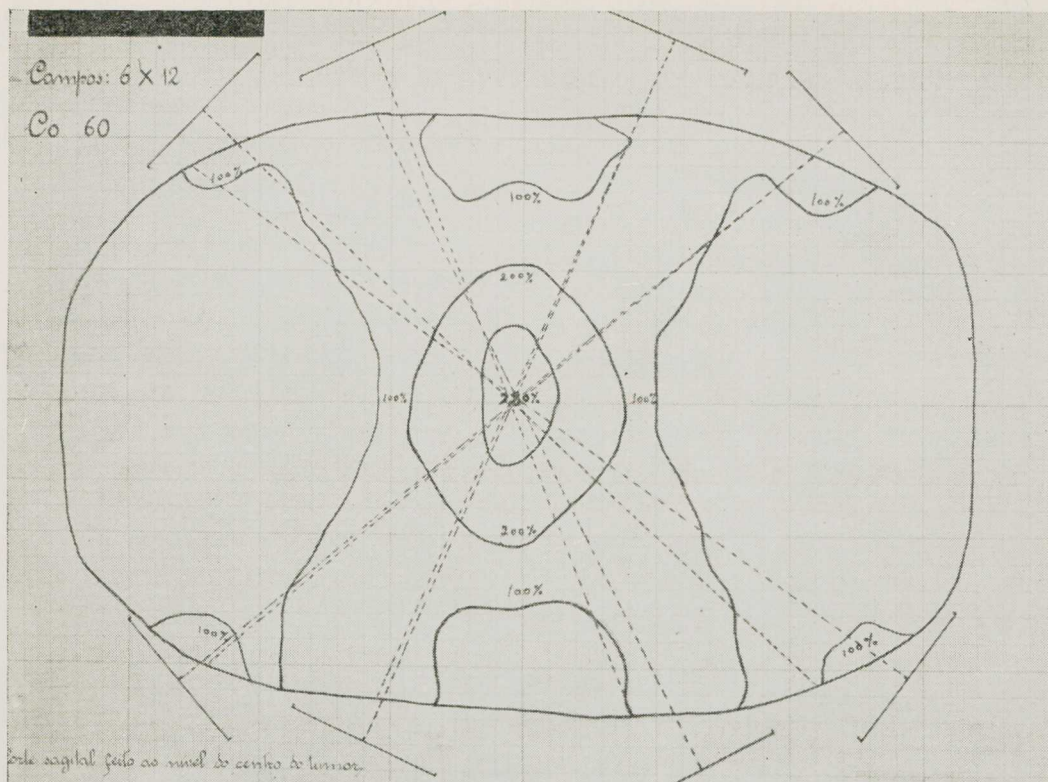


Fig. 4 — Curva de isodose composta por oito campos, para tratamento de tumor do esôfago com a Bomba de Cobalto-60. Nota-se que a região do tumor receberá 280% da dose feita na pele e a região peri-tumoral 200%.

A demanda em torno da radioterapia de alta voltagem cada vez é maior. Segundo Holmes e Schulz, isso é devido às vantagens que se seguem:

- 1 — A quantidade de Raios X necessária para produzir um eritema é muito maior que quando empregamos a radioterapia superficial ou a profunda.
- 2 — Essa poupança cutânea é, ainda, aumentada pelo fato de que o máximo da intensidade do feixe de radiação está abaixo da pele.
- 3 — A dose em profundidade sempre aumenta com a voltagem.
- 4 — Na alta voltagem não se dá a queda da dose em profundidade com a redução do tamanho dos campos, como acontece nos outros tipos de radioterapia.

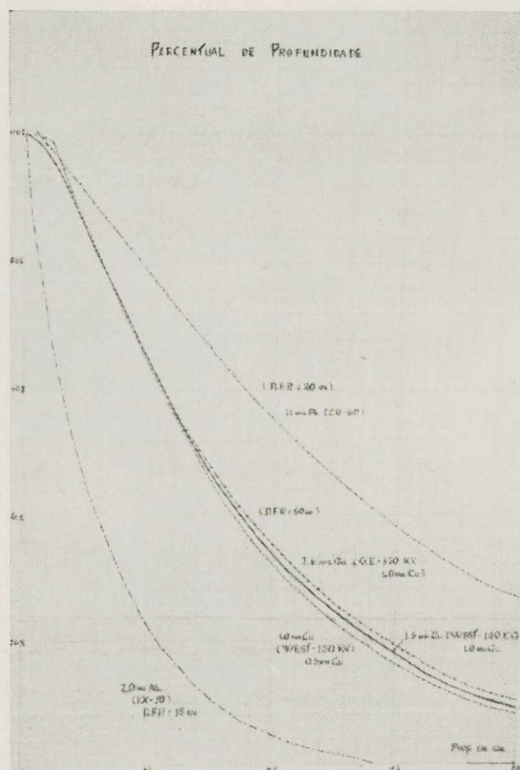


Fig. 5 — Curvas de absorção construída com o percentual de profundidade obtido com diferentes voltagens.

- 5 — O feixe de Raios X mantém-se mais definido em sua trajetória no corpo do paciente.
- 6 — Com radiação de alta voltagem é possível esterilizar-se um tumor situado profundamente ou que esteja próximo de tecidos que as tolere pouco.

Com essas vantagens, é natural a preferência para a alta voltagem, porém, a complexidade de seus aparelhos não permite sua maior difusão. Esse obstáculo está sendo sobrepujado com o emprêgo da "Bomba de Cobalto radiotivo", que pode produzir radiação equivalente aos aparelhos de Raios-X de 3 Mev, como veremos quando tratarmos dos radioisótopos.

Além desses tipos clássicos, precisamos considerar duas outras modalidades de técnica que são: a contactoterapia e a radioterapia com radiação limite. Ambas só são empregadas no tratamento de lesões cutâneas ou de lesões de fácil acesso, por serem suas radiações completamente absorvidas nas primeiras camadas dos tecidos.

A roentgenterapia, de acôrdo com a área ou volume de tecido a ser tratado, conseqüentemente, de acôrdo com o tamanho do campo de radiação empregado, pode ser dividida em roentgenterapia de pequenos campos ou regional, roentgenterapia segmentar e teleroentgenterapia. Na roentgenterapia regional ou localizada são empregados campos pequenos, em geral de área inferior à 150 cm², e, excepcionalmente, com 200 cm², visando irradiar, apenas, tumor de volume pequeno e localizado tal como o câncer do larin-

ge, da bexiga, o carcinoma cutâneo etc. Na roentgenterapia segmentar irradiamos um segmento do corpo humano, visando tratar lesões indiferenciadas, geralmente, mais disseminadas, tais como o abdômen, quando tem metástases de tumores de ovário, ou o mediastino quando está tomado por tumores do sistema retículo-endotelial (Fig. 6). O emprêgo dessa técnica exige maior atenção que a anterior, pois o volume tratado é grande, podendo acarretar certos distúrbios aos pacientes, que deverão ser controlados com hemogramas e exames clínicos periódicos. O mesmo acontece com a teleroentgenterapia, onde todo o corpo do doente é irradiado de uma só vez. Essa técnica é empregada para tratar principalmente os casos de leucemias crônicas.

Na prática, nem sempre é fácil se estabelecer pontos de reparo para que, com o seu auxílio, diariamente, façamos convergir a radiação sôbre o tumor. A fim de contornar essa dificuldade, visando dar maior precisão às localizações, surgiu a técnica da irradiação dirigida (Fig. 7 e 8).

Recentemente têm surgido várias técnicas procurando aumentar o percentual de dose no tumor, para maior poupança da pele. Dentre elas, mencionaremos as técnicas de radioterapia de movimento, nas quais o paciente ou o aparelho de Raios X gira durante a aplicação, mantendo no entanto o tumor como eixo de rotação (Fig. 9) principal baluarte de sua defesa é o aproveitamento total da pele da região, em vez de usarmos, apenas, os segmentos de pele, dos pontos de entrada dos campos fixos de irradiação como é fei-

to na técnica das aplicações em fogos cruzados.

No tratamento de lesões da mucosa das cavidades naturais, também podemos usar a técnica da irradiação intracavitária, pois, nesse caso, a aplicação é feita diretamente sobre a lesão, graças ao emprêgo de localizadores especiais que podem ser introduzidos dentro da cavidade a ser tratada. Essa técnica é muito útil no tratamento de pequenas lesões do pálato mole,

e, em alguns centros, é empregada na irradiação do carcinoma do colo uterino.

No emprêgo da roentgenerapia, necessitamos medir a radiação quantitativa e qualitativamente para podermos ter uma referência, não só no estabelecimento de técnica e cômputo de seus resultados, como também no julgamento da receptividade do paciente ao tratamento.

Para medirmos quantitativamente a radiação, adotamos uma unidade física internacional, "o roentgen", simbolizado pela letra *r*. Em resumo, essa unidade pode ser definida como "a quantidade de radiação necessária para, em condições padrão, produzir, em um centímetro cúbico de ar, o nú-

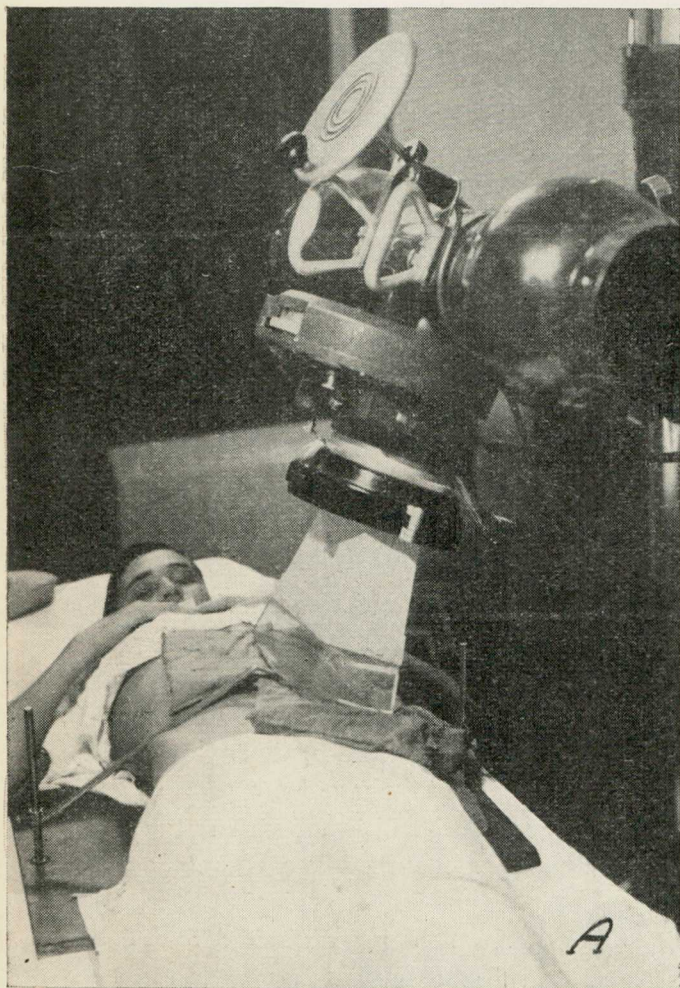


Fig. 6 A — Paciente colocado na "Bridge" para fazer aplicação de Radioterapia segmentar.

B — Desenho esquemático mostrando em pontilhado o segmento do corpo a ser tratado.

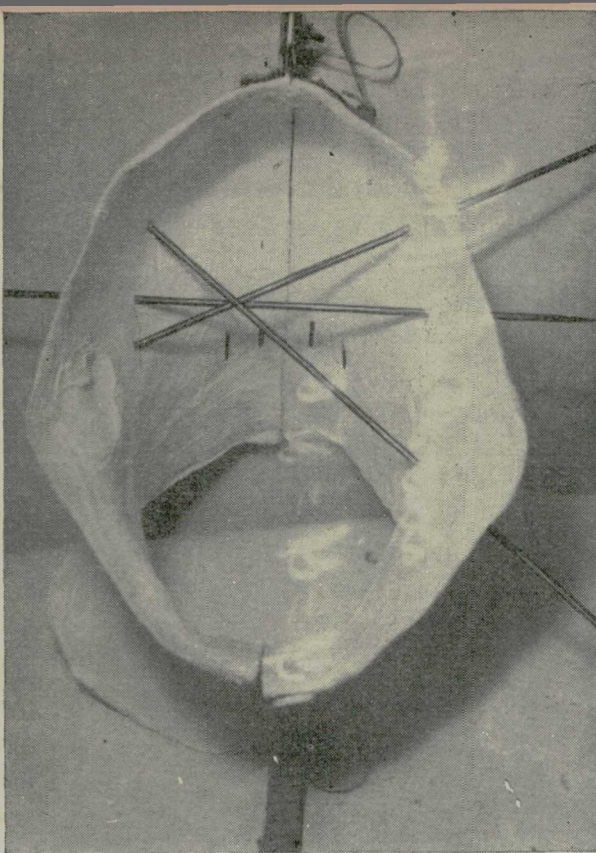


Fig. 7 — Gessado mostrando a convergência das hastes que substituem o raio principal dos feixes de Raios-X convergindo para um ponto correspondente ao centro da lesão, radiográficamente localizada.

mero de ions necessários para conduzir uma unidade eletrostática de carga”. Essa mensuração é feita, baseada na propriedade que têm os Raios X de dividir temporariamente os átomos, em ions pares. Como já vimos, tal fenômeno é conhecido por ionização, e além de ser o princípio básico da ação biológica das radiações, torna o ar eletrocondutor.

Para formarmos um juízo sôbre o valor dessa unidade, “o roentgen”, diremos que 600 a 650 *r*, aplicados de uma só vez, produzem um eritema idêntico ao ocasionado pelos raios solares e que 2.750 *r*, aplicados nas mesmas condições, constituem dose suficiente para esterilizar um carcinoma cutâneo. Podemos, também, determinar biologicamente a quantidade de radiação, sendo o eritema a unidade

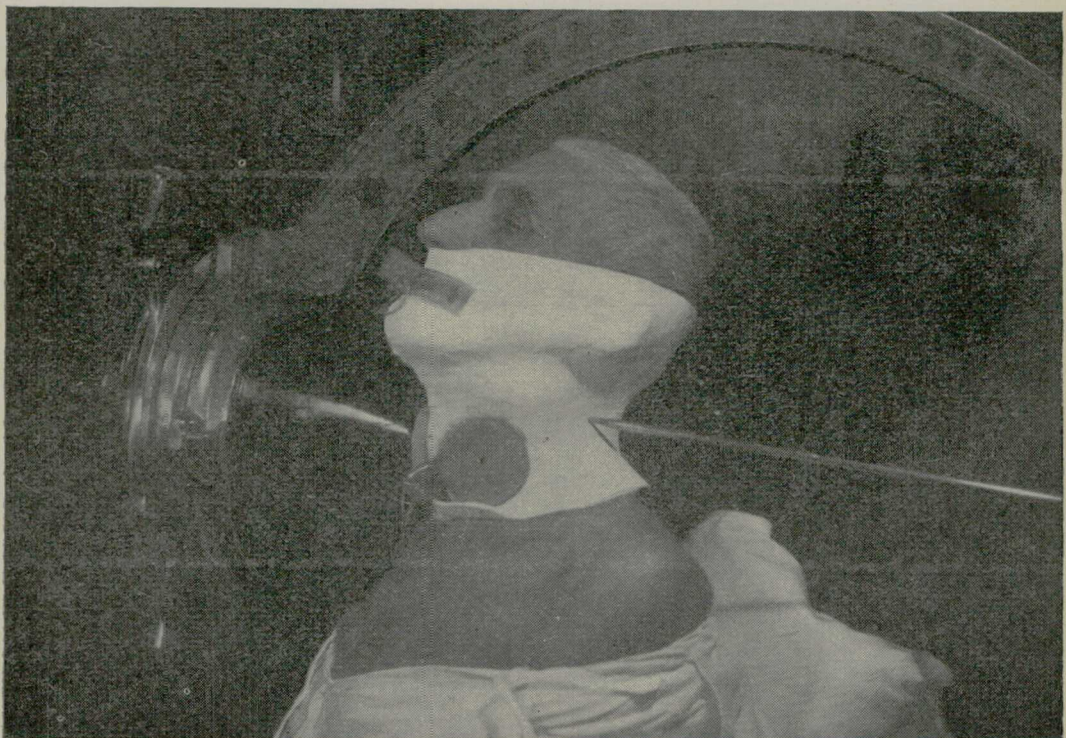


Fig. 8 — Paciente recebendo aplicação, notando-se a posição que toma o aplicador ao se adaptar no receptáculo do gessado. Vê-se, também, a haste que fixa o gessado no ponto correspondente à saída do feixe de Raios-X quando emerge do paciente.

biológica mais conhecida. Essa e outras unidades físicas e químicas estão em desuso, por carecerem de precisão.

RADIOATIVIDADE

As substâncias de peso atômico elevado, superior a 209, são instáveis. Seus núcleos se desintegram espontaneamente para formar novos núcleos. De acordo com cada substância, essa desintegração prossegue sucessivamente

possuem pequeno poder de penetração, pois uma simples folha de papel os intercepta. Os raios beta, também de natureza corpuscular, têm velocidade e poder de penetração superiores às dos raios alfa.

Quando um núcleo expelle uma partícula alfa ou beta, o núcleo pode ter excesso de energia, que é despreendida sob a forma de radiação gama. Por outro lado, quando um elétron orbital é substituído, também é emitida ener-

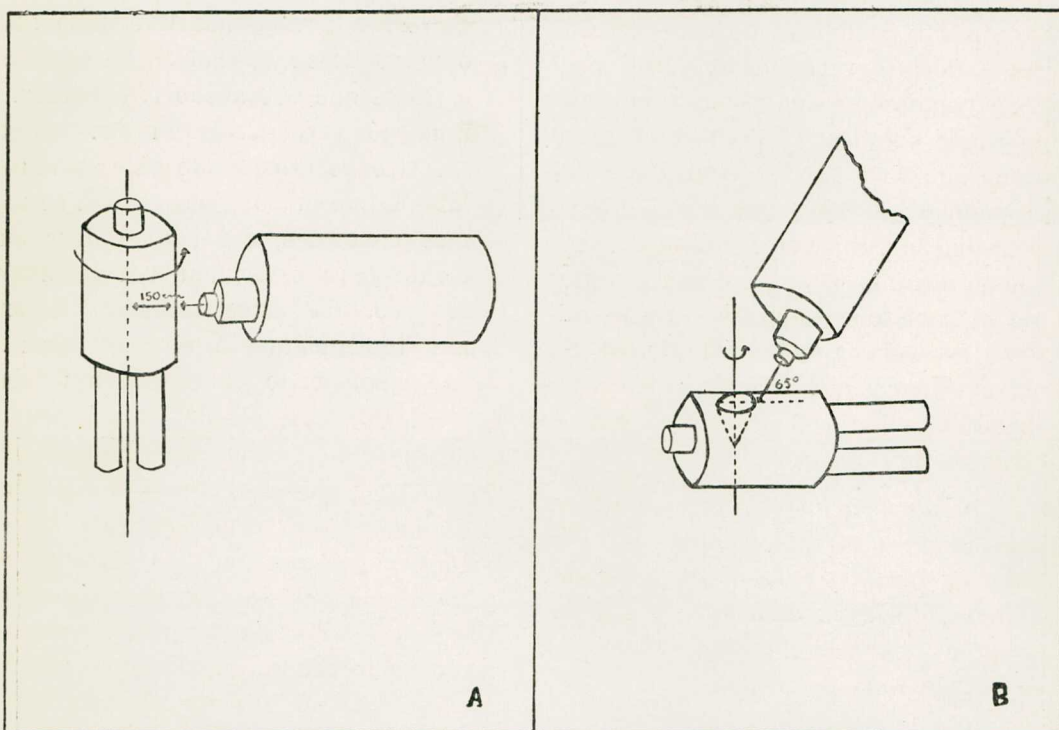


Fig. 9 — Na Radioterapia Rotatória contamos com a técnica de rotação vertical (A) e a técnica de rotação horizontal (B). — Segundo Smither.

te e com ritmo constante, até que se formem corpos de núcleos estáveis. Para que se processe tal transformação, os átomos despreendem partículas conhecidas como radiação alfa e radiação beta. Aquelas são partículas pesadas, emitidas do núcleo, constituídas por dois prótons e dois nêutrons. Elas

emitem sob a forma de radiação gama. Essa é constante para cada elemento, e, por isso, é chamada radiação característica. Os raios gama são de origem eletromagnética, semelhantes pois, aos Raios X. São puramente energéticos, não corpusculares, e possuem grande poder de penetração.

Ao fenômeno físico conseqüente ao distúrbio de estabilidade do núcleo do tomo, com emissão de radiação, chamamos radioatividade e tal instabilidade nuclear pode ser natural (espontânea) ou pode ser artificialmente induzida.

Becquerel observou nos sais de urânio, fenômeno de radiotividade espontânea ou natural. As substâncias que possuem tal propriedade são chamadas radioativas. Os elementos de pêso atômico superior a 209 com núcleos muito complexos e instáveis, graças à desintegração dêsses, vão progressivamente se convertendo em corpos mais simples. Daí dizer-se que o átomo instável tende sempre à estabilidade o que consegue pela emissão de radiação. Em geral, tôdas as vêzes que se dá uma dessas emissões, o átomo se transforma em outro mais simples, estável ou não. É necessário deixar claro que tais modificações obedecem a determinado ritmo, característico de cada elemento.

Tôdas as substâncias radioativas provêm de quatro elementos, que dão nome às famílias radioativas. Dessas, a mais interessante para nós é a do "urânio", por ser a que dá origem ao radium e seus derivados.

RADIUM

Em 1898, o casal Curie, examinando minerais de urânio, descobriu um novo elemento, também radioativo, ao qual chamou radium.

O radium, em sua desintegração, emite três tipos diferentes de radiação: os raios alfa, os beta e os gama. Tanto os raios alfa como os beta, devido ao seu baixo poder de penetra-

ção, têm uso terapêutico limitado. Ao contrário dêsses, os raios gama são dotados de alto poder de penetração. Graças a essa propriedade, empregamo-los, na prática diária, no combate às neoplasias.

Para fins médcios, o radium, é, geralmente, empregado sob a forma de um de seus sais, sendo dêsses o sulfato o preferido por ser insolúvel na água.

O sulfato de radium é usado no interior de pequenos cilindros feitos de liga de iridium e platina. São fechados nas extremidades e chamados tubos ou agulhas de radium. A parede do cilindro é de espessura conhecida e constitui a filtragem inerente, pois filtra os raios alfa e os beta, deixando passar apenas os gama. Tôda a extensão do cilindro, em que está contido o sal de radium, denomina-se comprimento ativo, e a soma dêste com os dois segmentos que fecham as pontas do cilindro, chama-se comprimento total. Assim, êste último, vem a ser o comprimento externo do tubo ou da agulha. Geralmente, tais cilindros têm um olhar na extremidade, por onde pode ser passado um fio. Quando a extremidade oposta é romba, dizemos tratar-se de um tubo de radium e quando é ponteaguda, denominamo-la de agulha. Assim, a principal diferença entre um tubo e uma agulha de radium está na ponta ser romba ou ponteaguda.

Na desintegração do radium é formado um gás radioativo, o radon, que também é empregado no combate ao câncer. Para tal fim, o radon é comprimido no interior de tubos capilares, geralmente feitos de ouro, que, uma vez carregados, são divididos em pequenos segmentos aos quais se denomi-

nam sementes de radon. Quando se deseja fazer uso dos raios beta por êle emitidos em grande quantidade, o radon também pode ser comprimido no interior de bulbos de vidro.

CURIETERAPIA

Para uso médico, contamos principalmente com os tubos e as agulhas de radium e com as sementes de radon. Dependendo da maneira como aplicamos êsses elementos, podemos dividir a técnica do emprêgo do radium ou curieterapia, em três tipos, a saber:

- 1.º — curieterapia intersticial
- 2.º — braquicurieterapia
- 3.º — telecurieterapia

No primeiro tipo, a curieterapia intersticial, também conhecida por radium-puntura, usamos agulhas de radium ou sementes de radon.

As primeiras são introduzidas nos tecidos onde ficam sepultadas e saturadas, durante todo o tempo necessário ao tratamento. Quando usamos sementes de radon, geralmente não necessitamos saturá-las, implantamo-las no tumor ou em tórno dêle, onde permanecem definitivamente, pois sua capacidade de radiação se esgota em curto prazo.

Ao tratarmos o câncer, sempre precisamos ter todo o tumor ou a área suspeita homogêneamente irradiada. Para isso, ao implantarmos as agulhas de radium, podemos distribuí-las de três maneiras:

- a) em implante plano único
- b) em implante plano duplo
- c) em implante cilíndrico

No primeiro caso, aliás, o mais comum, as agulhas são implantadas paralelamente formando paliçada. No segundo caso, implante plano duplo, as agulhas são distribuídas de maneira que a lesão fique compreendida entre os dois implantes. No terceiro caso, implante cilíndrico, as agulhas são implantadas em tórno do tumor, formando um cilindro que o circunscreverá.

Na braquicurieterapia, geralmente empregamos tubos de radium ou sementes de radon fixados em suportes especiais adaptados sôbre a área a ser tratada (Fig. 10 e 11). A êstes suportes especiais chamamos aplicadores, e a distribuição das fontes irradiantes sôbre os mesmos é feita de maneira que, a área a ser tratada, receberá radiação homogênea. Certos aplicadores, recebem nomes especiais, como os "colpostatos" para tratamento do carcinoma do colo uterino.

A terceira e última modalidade de técnica do emprêgo do radium, é a telecurieterapia, onde as fontes irradiantes são mantidas à distância superior a 5 cm da pele. Para isso, os tubos são colocados em receptáculos especiais, feitos de chumbo, conhecidos como "bomba de radium". Atualmente, com o mesmo princípio, estão sendo usadas as "bombas de cobalto radioativo" de que trataremos mais adiante.

Nas primeiras tentativas para expressar dose em curieterapia, foi empregado o termo "miligrama-hora" que é o "equivalente à quantidade de radium empregada multiplicada pelo número de horas que dura o tratamento". Posteriormente, foi introduzida outra unidade, o "curie" e sua fração o "millicurie-destruído", equivalente ao número de milicuries de radon destruídos

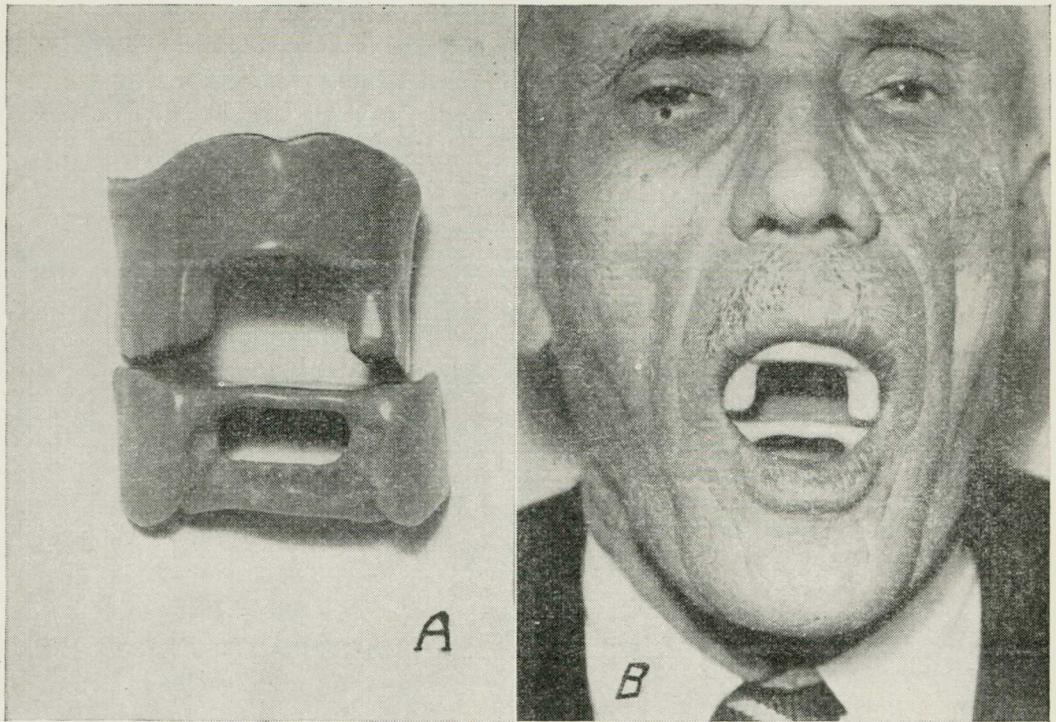


Fig. 10 A — Aplicador de Radium para tratar carcinoma do pálato duro. B — peça dupla que, além de manter o Radium em posição de tratamento, afasta a língua do paciente, protegendo-a das radiações.

durante o tratamento. Ambos os termos nada mais expressam que a quantidade de radium ou radon empregada durante certo período de tempo. Porém como o que interessa saber, em um tratamento, é a quantidade de radiação que atinge o tumor a ser tratado, hoje, em curieterapia, expressamos a dose em unidade “roentgen-gama”. O valor dessa, baseia-se no seguinte enunciado: uma fonte puntiforme de irradiação, constituída por um miligrama de radium-elemento, filtrado por 0,5 milímetros de platina, produzirá, a 1 centímetro de distância, 8,4 roentgens-gama por hora. Por outro lado, 1.000 roentgens-gama, aplicados em 24 horas, produzem um eritema, e 5.500 aplicados em 5 ou 6 dias, geralmente, são suficientes para destruir um carcinoma cutâneo.

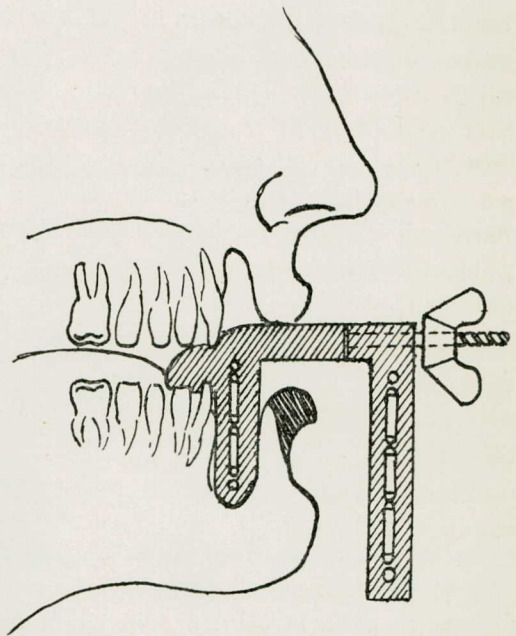


Fig. 11 — Desenho Esquemático de um aplicador duplo de Radium, para tratamento de câncer do lábio, notando-se os tubos de Radium no aplicador externo e outros no interno.

Hoje em dia, a técnica de aplicação do radium obedece a princípios e as regras rígidas, que têm contribuído para sua precisão, trazendo consigo resultados cada vez melhores.

RADIOISÓTOPOS

O desenvolvimento do estudo em torno da radioatividade artificial veio trazer à radioterapia a possibilidade do emprêgo dos radioisótopos como elementos terapêuticos irradiantes. Tais elementos, além de terem as propriedades químico-biológicas idênticas as de seus isótopos naturais, são capazes de emitir radiações. Baseados nessas afinidades, empregamos substâncias químicas que têm preferência para se fixarem nos tecidos, que desejamos irradiar, ou a êles estejam intimamente ligados. Dessa maneira, as radiações são levadas ao interior das células e mesmo das moléculas, atuando, pois, diretamente no fator primordial dos tecidos.

A radioatividade artificial é provocada nas substâncias não radioativas, graças ao bombardeio do núcleo de seus átomos com grande quantidade de partículas nucleares. Como produtores de radioisótopos, podemos contar com os reatores nucleares, os aceleradores lineares, o ciclotron e outros. Em geral os radioisótopos que, atualmente, empregamos em medicina, são produzidos em reatores nucleares e emitem radiação beta ou u'a mescla de radiação beta e radiação gama.

Como tôda substância radioativa, os radioisótopos esgotam seu poder de emitir radiação. Isso se dá em determinado prazo de tempo que varia para cada substância. Para emprêgo terapêutico, computamos, principalmente,

o período em que sua capacidade inicial de radiação se reduz à metade, ao que chamamos de período de meia-vida. A meia-vida dos radioisótopos, varia de segundos a milhões de anos.

Em medicina, podemos empregar os radioisótopos para investigação clínica, para diagnóstico e como elemento terapêutico. Na prática corrente da radioterapia aplicada à cancerologia, empregamos os radioisótopos para localização de tumores primitivos ou metastáticos e para tratamento das neoplasias malignas. Seu emprêgo é feito sob a forma de:

- 1 — Fonte externa
- 2 — Fonte intracavitária
- 3 — Fonte de contato
- 4 — Infiltração direta dos tecidos
- 5 — Administração interna

No primeiro caso, em que usamos fontes irradiantes externas, podemos lançar mão do Cobalto radioativo ($Co-60$), sob a forma de tubos, agulhas, esférulas etc., tal como são empregados os tubos e as agulhas de radium, intersticialmente, ou armados em aparelhos e aplicadores especiais. Com a mesma finalidade, podemos também empregar fios de Tantalun radioativo. Recentemente, para substituir os aparelhos de Raios-X de alta voltagem, vem sendo empregada com grande sucesso as chamadas "Bombas de Cobalto radioativo", que substituem, com vantagem, os aparelhos de até 3 milhões de elétrons-volts (3 Mev). Existem, ainda, outros radioisótopos que também podem ser empregados em "bombas", para teleterapia, tais como o Caesium $^{113}_{55}$ e o Iridium $^{192}_{77}$ e etc. No primeiro residem grandes esperanças, pois seu período de meia vida é de 33

anos, o que baixará muito o custo da radioterapia de alta voltagem.

As Bombas de Cobalto-60, segundo alguns autores, têm as seguintes vantagens sobre os aparelhos de radioterapia de alta voltagem:

- 1.º — Custo inicial muito mais baixo.
- 2.º — A manutenção deve ser mais barata.
- 3.º — A unidade é mais compacta e mais manobrável.
- 4.º — O rendimento, sujeito a decréscimo constante (1,1% ao mês), é constante.
- 5.º — O feixe de radiação é muito mais homogêneo e não sendo necessário filtragem.
- 6.º — é obtida maior dose em profundidade (equivalente à 3.5 Mev) Fig. 12).

Como se pode deduzir, essa meia-dúzia de vantagens, já é bastante para pesar a favor da teleterapia feita com "bombas", principalmente as que possuem mais de 1.000 Curies. Segundo Evans e outros, os tipos de tumores que devem ser tratados por tais aparelhos são os seguintes:

- a) Tumores localizados junto a osso ou cartilagem que não preste para tratamento local com o radium, com o que as seqüelas das radiações seriam menores que com a radioterapia profunda — ex: bôca e laringe.
- b) Tumores profundamente localizados, onde os aparelhos convencionais de radioterapia necessitem complicados arranjos de tratamento ou onde o emprêgo local do radium é

impraticável — ex: esôfago, pulmão, bexiga e colo do útero.

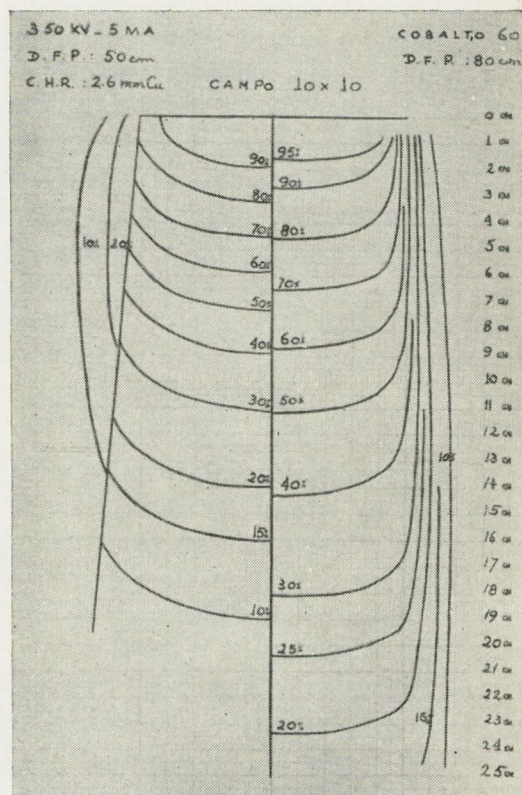


Fig. 12 — Estudo comparativo entre as curvas de isodose de um campo de 10 x 10 cm de um aparelho trabalhando com 350 KV e a Bomba de Cobalto-60. Note-se que a 14cm de profundidade, o percentual dessa já é maior que o dôbro obtido com o outro.

- c) Tumores rádio-resistentes que não tenham respondido bem à radioterapia e que não se prestam para aplicação local de radium — ex: sarcoma de partes moles, tumores cerebrais, melanoma maligno e metástases ganglionares inoperáveis.
- d) Para tratamento paliativo, em casos já irradiados sem sucesso e onde o tratamento foi

mais fácil de administrar em pacientes debilitados.

No segundo caso, fonte intracavitária, temos usado tubos de Cobalto-60 no tratamento do colo uterino, da mesma maneira que são empregados os tubos de radium. Também são usadas esférulas do mesmo metal que, introduzidas na bexiga, vão tratar papilomas ou carcinomas superficiais e múltiplos, e, principalmente, a papilomatose vesical. Também empregamos o ouro coloidal radioativo (Au^{190}), injetado dentro da cavidade pleural ou peritoneal para tratamento de derrames secundários e metástases neoplásicas.

Das fontes de contato mais empregadas, contamos com o Strontium radioativo que é usado no tratamento de lesões oculares, inclusive o carcinoma do limbo. Este elemento é poderoso emissor de radiação beta, o que permite irradiar as lesões superficiais do globo ocular sem trazer distúrbios a seus elementos radiosensíveis. Com a mesma finalidade, também, vem sendo usado o Fósforo radioativo (p^{32}).

No quarto caso, na infiltração direta do tecido, a substância é injetada dentro do tumor a fim de levar as radiações ao interior da própria massa neoplásica, irradiando seus componentes sem atingir os tecidos da vizinhança. Para tal fim, até a presente data, tem sido empregado o ouro ¹⁹⁸ em suspensão coloidal. Recentemente foram lançados grãos de ouro radioativos que são empregados da mesma maneira que as sementes de radon. (Fig. 13)

No quinto e último caso, aliás o de maior difusão e conhecimento, os radioisótopos podem ser administrados internamente, por via oral ou por via

endovenosa. Na administração interna, os elementos de maior emprêgo em terapêutica, hoje em dia, são o Fósforo radioativo (p^{32}) e o Iôdo (I^{131}). Aquele constitui o tratamento de eleição para a policetemia e está sendo introduzido na localização de tumores cerebrais. O segundo, é, possivelmente, o radioisótopo cujo emprêgo está mais difundido, tanto para terapêutica como para diagnóstico.

AÇÃO DAS RADIAÇÕES SÔBRE AS CÉLULAS E OS TECIDOS

As radiações ionizantes ao incidirem sôbre a matéria que compõe os tecidos normais ou patológicos do organismo, produzem fenômenos de tal ordem que podem afetar o equilíbrio fisiológico das células.

Ao interpretarmos os efeitos das radiações sôbre as células neoplásicas, precisamos encarar o problema por dois ângulos distintos. De um lado, a célula é estudada como unidade independente, sendo analisadas as modificações desencadeadas em seu interior, como produto direto da ionização. Parece que o elemento celular mais radiosensível é o núcleo, em consequência dos distúrbios provocados pelas radiações, no metabolismo do ácido nucléico. De outro lado, a célula é considerada como componente de uma coletividade, sofrendo e reagindo, também, em consequência da ação das radiações sôbre as demais células do tumor e dos tecidos.

Segundo Koeller, os efeitos das radiações nas células tumorosas são de dois tipos: temporário ou reversível e permanente ou irreversível. O efeito temporário mais importante é a abolição das mitoses, cuja duração e início

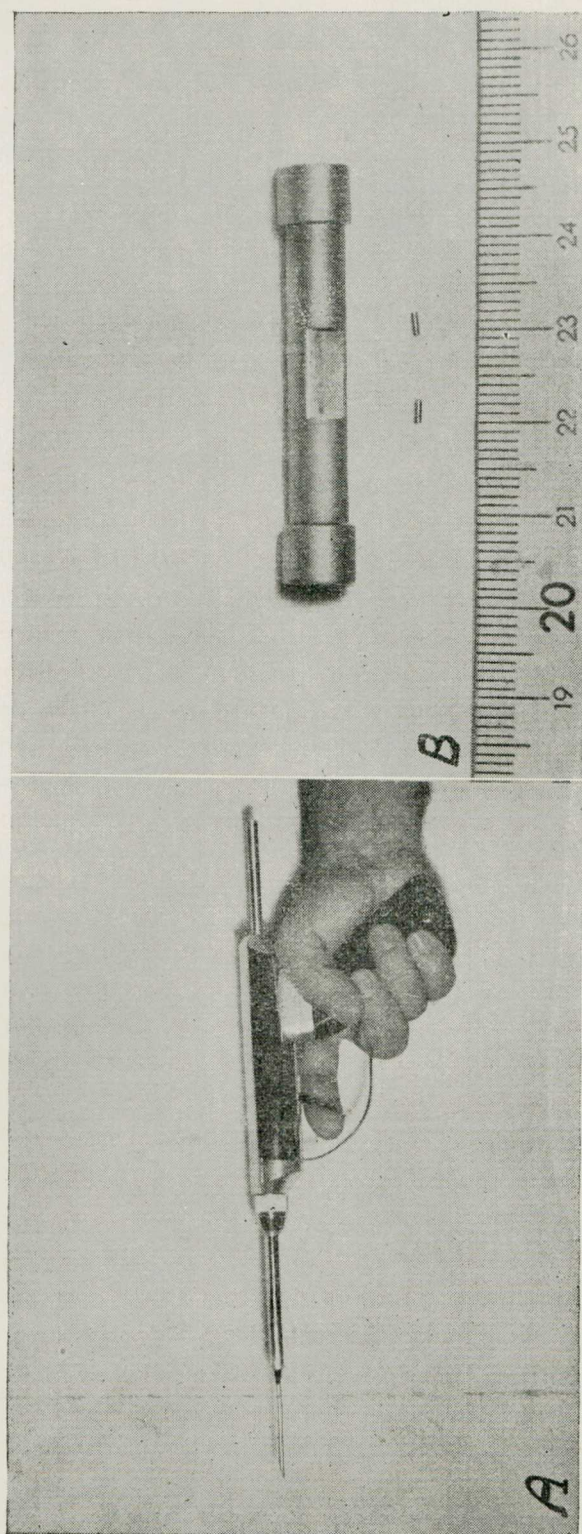


Fig. 13 A — Pistola para aplicar grãos de ouro radioativo. B — Cartucho contendo 15 grãos de ouro radioativo — (dos quais se vêm 2) — para municiar a pistola supra .

dependem principalmente da dose e da intensidade da radiação. Dependendo da dose, a supressão da mitose pode durar horas ou dias ou, mesmo, ser difinitiva.

É na fase pré-mitótica que as células são mais radiosensíveis quando, então, com doses relativamente pequenas, obtemos os efeitos desejados. Torna-se, pois, claro que uma célula de ciclo reprodutivo intenso seja mais sujeita à ação das radiações que outra de reprodução lenta. Conseqüentemente, um tumor de crescimento rápido deverá ser mais radiosensível que outro de evolução lenta.

Baseada nessa propriedade, foi que surgiu a técnica da radiação fracionada, quando se irradia o tumor com doses menores e repetidas, a fim de apanhar o maior número possível de células em fase de reprodução. Além disso, a referida técnica se apóia também na propriedade de cumulação do efeito biológico das radiações. Não são somente as células que estão em mitose, ou em vias de dividir-se, que são passíveis de sofrer a ação das radiações. Outras vèzes, dependendo da dose de radiação, as células que não estão em fase de reprodução seguem sua evolução normal, embora morram ao entrar em mitose ou após o término da divisão. Outrossim, podem seguir sua evolução morrendo ou degenerando em geração futura. É a chamada ação tardia das radiações.

Praticamente, podemos dizer que cada tipo de célula tem sua maneira de reagir às radiações, dependendo de suas características constitucionais, de seu ritmo metabólico, de seu ritmo de reprodução, da duração de suas mitoses e de outros fatores. Esse fenômeno é tão característico, que Quimby classi-

ficou as células de acôrdo com ordem decrescente de sua radiosensibilidade, conforme se segue:

Células linfóides
Células epiteliais
Células do tecido conjuntivo
Células musculares
Células nervosas

Tendo cada tipo celular sua radiosensibilidade própria, podemos deduzir que, cada tecido também reagirá às radiações de maneira peculiar. Portanto, admitindo terem as células neoplásicas a mesma origem que suas congêneres normais, é natural que guardem a referida relação de radiosensibilidade o que também acontece aos tumores malignos, por elas formados. E, segundo a lei de Bergonié e Tribondeau, a radiosensibilidade do tecido é proporcional a sua capacidade de reprodução e ao seu grau de diferenciação.

As radiações agem sôbre os tumores malignos de maneira direta interferindo na vida de suas células, e de maneira indireta, atuando sôbre o seu leito. Nesse a vascularização é reduzida por vascularite, com subsequente trombose, por fibrose e degeneração colágena e hialina dos tecidos que envolvem o tumor.

Em princípio, os tecidos normais têm a mesma radiosensibilidade que os malignos, seus congêneres, porém suas células além de ter ritmo de reprodução mais baixo, se recuperam da ação das radiações com maior facilidade e presteza que as células malignas. Assim, conhecendo tôdas as particularidades de radiosensibilidade das células e dos tecidos e a patologia dos tumores é que conseguimos orientar a tática e a técnica da radioterapia.

PROPÓSITO DO TRATAMENTO

Na radioterapia, como em qualquer outro método terapêutico, é necessário fazermos um exame de conjunto das condições locais da doença e do estado geral do paciente, para então podermos julgar das possibilidades do emprêgo da radioterapia. Tal exame, também nos orientará da tática e técnica de tratamento a serem empregadas. Em se tratando de lesão maligna onde, além do estado clínico, o tipo histológico tem influência preponderante, êsse julgamento torna-se mais complexo e exige maiores cuidados.

Uma vez computados todos êsses fatores, podemos delinear um plano de tratamento pela radioterapia, que poderá ter o propósito curativo ou paliativo. Quando tratamos um paciente visando curá-lo é natural que envidemos os esforços para conseguir o que almejamos e, por sua vez, o paciente deverá cooperar com tôda energia para enfrentar sacrifícios, que às vezes a terapêutica exige. Aliás, com poucas exceções, o tratamento deve sempre ser conduzido de tal maneira, que o paciente não tenha reações desagradáveis. Pelo contrário, com o correr dos dias sente-se melhorar, graças à regressão da doença e elevação progressiva de seu estado geral. Por outro lado, quando sabemos tratar-se de caso incurável, não devemos exigir sacrifício do doente, devendo por todos os meios minorar seus sofrimentos. Aliás, a radioterapia ainda constitui um dos elementos mais eficientes no tratamento paliativo do câncer.

Durante o tratamento pelas radiações, podemos observar reações de ordem local e reações de ordem geral. Das reações locais, as mais evidentes

são as que se observam no tecido de revestimento, trazendo inicialmente eritema que se segue de lesão do tipo inflamatório. Essa reação compromete as camadas superficiais da pele, acarretando a radioepidermite úmida, ou as da mucosa, produzindo a radiomucite, quando a mucosa fica coberta por induto esbranquiçado. Ambas regredem pronta e espontaneamente sem deixar cicatriz apreciável ou mesmo vestígios. Outras vezes, conforme a dose ou o seu fracionamento, em vez de radio-epidermite úmida, pode surgir radioepidermite sêca, pigmentada, quando a pele toma coloração castanho-escuro e aspecto pergamináceo. Nas zonas cobertas por pêlo, pode surgir epilação temporária ou definitiva, de acôrdo com a dose.

As reações de ordem geral podem surgir quando é grande o volume de tecido irradiado, aparecendo, então, sinais de intolerância revelados por náuseas, vômitos, prostração etc. Essas manifestações podem ser suprimidas por tratamento clínico adequado. Entretanto, desejamos deixar bem claro que os efeitos das radiações sôbre a fórmula sanguínea do paciente só são pronunciados quando irradiamos grande volume de tecido, como ocorre na roentgenterapia segmentar (visando tratamento de metástases ovarianas etc.), ou na tele-roentgenterapia. Na roentgenterapia dirigida, quando usamos pequenos campos, êsses distúrbios não surgem. Pelo contrário, a crase sanguínea habitualmente melhora, graças à regressão do tumor e dos distúrbios por êle acarretados.

Apesar dessas intercorrências, que podem surgir em seu curso, a radioterapia ainda é dos elementos mais eficientes de combate ao câncer. Gerland

crê que ela apresenta as seguintes vantagens sôbre a cirurgia:

- 1 — Melhores resultados cosméticos (ex: no câncer da face, especialmente próximo aos olhos).
- 2 — Melhores resultados funcionais (ex: no câncer da língua, do laringe, do esôfago etc.).
- 3 — Benefício clínico maior (ex: no câncer do colo uterino, na Doença de Hodgkin, no linfo-sarcoma, no meduloblastoma).
- 4 — Menor depressão física em pacientes com estado geral precário (câncer do corpo uterino em hipertensa).
- 5 — Menor custo (geralmente não é necessária a hospitalização).
- 6 — Menor trauma psíquico (em pessoas que receiam a cirurgia etc.)

Hoje, com o aperfeiçoamento das técnicas, graças aos maiores conhecimentos da Física, das radiações e da rádio-biologia, e com maior difusão no emprêgo de radiações muito penetrantes, a radioterapia está cada vez mais, apresentando melhores resultados de cura do câncer.