

## ATUALIZAÇÃO DO EMPRÊGO DO ESTRÔNCIO 90 EM OFTALMOLOGIA

Dr. RUBENS I. SETTI (\*) — São Paulo

Fontes de raios Beta, tais como os produtos de desintegração do Radium, foram usados, em aplicações externas, aproximadamente há meio século.

Com o desenvolvimento, nos últimos anos, dos reatores nucleares, foi obtido um grande número de substâncias radiativas artificiais.

Antes de entrarmos pròpriamente na atualização do Estrôncio 90 e seu emprêgo na clínica oftalmológica, torna-se necessário um resumo explicando o que vêm a ser substâncias radioativas.

Tôdas as moléculas são constituídas por átomos.

Existem diferentes espécies de átomos: êstes átomos possuem um núcleo maciço, rodeado por um envólucro de elétrons, que giram ao seu redor. O núcleo pode se romper pelo impacto de partículas muito aceleradas, que são os prótons e neutrons. Entre outras partículas, que aparecem nas reações nucleares, podemos citár o pósitron, o mésotron e o neutrino.

Propriedade das partículas elementares:

Próton — **possue carga positiva.** O próton é o núcleo do átomo de Helio.

O átomo de Helio possui um próton no núcleo e um elétron periférico.

Neutron: — **não possui carga.**

Entre os átomos existem elétrons livres.

---

(\*) Assistente de Radioterapia do Instituto Arnaldo Vieira de Carvalho.

A massa nuclear é constituída principalmente por prótons e neutrons.

O número de prótons e elétrons é chamado número atômico.

O próton possui carga positiva e o elétron uma carga igual, mas de sinal contrário, negativa. O número de elétrons é igual ao de prótons, para que o átomo permaneça eletricamente neutro. As propriedades químicas do átomo dependem do número de disposição dos elétrons situados na parte periférica do mesmo e, dos quais, depende o número atômico.

A massa do átomo é determinada, principalmente, pelo número de partículas existentes no núcleo, já que os elétrons periféricos possuem massa muito pequena, praticamente desprezível. Frequentemente encontram-se átomos que possuem o mesmo número de prótons no núcleo, mas diferente número de neutrons, de maneira que haja variação na massa, mas não na carga elétrica. A esta espécie de átomos chama-se Isótopos. Possuem, portanto, propriedades químicas idênticas e só é possível a sua separação por processos físicos.

### RADIOATIVIDADE NATURAL

Todos os núcleos pesados, com mais de 239 partículas, são instáveis e emitem partículas para formar novos núcleos estáveis. Existem três séries radioativas principais que se originam, respectivamente, do Urânio, do Actínio e do Tório que se desintegram, dentro de uma larga série, em vários produtos, até chegar ao Chumbo, que é estável.

Imaginemos os prótons e neutrons dentro de um núcleo. Cada núcleo possui uma certa energia que mantém agrupadas as cargas elétricas positivas, cuja tendência é repelir-se mutuamente, mas, se por um encontro casual, uma partícula adquire mais energia do que possui, pode escapar do núcleo. Este processo é casual e não se pode saber quando um determinado núcleo vai desintegrar-se.

Em qualquer corpo radioativo, a porcentagem dos átomos que se desintegram, na unidade de tempo, é sempre constante e característica do corpo.

Denomina-se meia vida de uma substância radioativa, o tempo necessário para a desintegração da metade de seus átomos. Dessa desintegração resultam três tipos de radiação: Alfa, Beta e Gama.

**Raios Alfa** — São radiações corpusculares, com carga elétrica elementar positiva. Se identificam como núcleo do Hélio, isto é: dois prótons e dois neutrons.

**Raios Beta** — São, também, radiações corpusculares, constituídas por elétrons. O processo de desintegração radioativa é acompanhado do desprendimento do núcleo de um elétron positivo ou negativo.

**Raios Gama** — São radiações eletromagnéticas, ondulatórias, exatamente iguais aos Raios X, porém de muito curto comprimento de onda, isto é, de grande energia. Quando o núcleo expulsa uma partícula Alfa ou Beta, o novo núcleo formado tem excesso de energia e esta energia se irradiará em forma de raios Gama.

Mandra (18) cita, no seu trabalho, para elucidar a penetração desses raios no tecido, o seguinte exemplo: três raios diferentes Alfa, Beta e Gama, tendo uma mesma energia de 1 Mv., são simultaneamente projetados sobre um tecido. O raio Alfa será completamente absorvido a uma distância de 0,0075 mm., o Beta a 4 mm. e 99% de raios Gama para 70 cm. de profundidade.

#### PROPRIEDADES FÍSICAS DOS RAIOS BETAS

O efeito da irradiação Beta será considerado essencialmente destrutivo. Estes raios provocam, sobre as células, alterações do protoplasma e do núcleo. Diferentes tipos de células respondem com uma sensibilidade variável, quando expostas à ação dos raios Beta: assim temos que as células novas são mais sensíveis que as velhas.

O tecido embrionário, o epitélio germinativo e células que apresentam uma regeneração rápida, são mais sensíveis a irradiação Beta. Na seguinte ordem de sensibilidade decrescente, temos as células: linfóide, polinucleares, eosinófilos, epiteliais (conjuntiva, córnea, corpo ciliar e cristalino), endoteliais, tecido conectivo

incluindo as células do estroma da córnea, músculo, osso e nervo, no qual inclui o elemento neural da retina. Em geral as células são mais sensíveis na fase pré-mitótica, de onde se impõe a necessidade de aplicações repetidas de raios Beta com determinados intervalos, a fim de que um número de células, tão grande quanto possível, seja irradiado na fase mais sensível de sua vida. Outro fator que aumentar a sensibilidade da célula é o metabolismo ativo. Entretanto a principal indicação para a irradiação é a diferente distinção patológica do tecido. Processos piogênicos respondem favoravelmente a doses baixas de todo tipo de irradiação.

### FONTES DE RAIOS BETA

Como foi dito anteriormente, os produtos de desintegração do Radium como fontes de raios Beta, deixaram de ser usados na betaterapia após o aparecimento dos reatores nucleares que fornecem grande número de substâncias radioativas artificiais, em condições mais satisfatórias.

Na escolha de um elemento como emissor de raios Beta, deve ser aplicado o seguinte critério:

- 1.º — meia vida bastante longa para evitar o reabastecimento frequente do elemento;
- 2.º — suficiente energia de partículas Beta para permitir suficiente penetração nos tecidos;
- 3.º — ausência de radiação Gama anexa e facilidade de proteção;
- 4.º — conveniência do elemento, em relação às suas propriedades físicas e químicas, de maneira a possibilitar a manipulação, de alta pureza química e alta atividade específica.

Como resultado destas pesquisas, foi escolhido o Estrôncio 90.

Os americanos Friedel, Thomas e Krohmer, em 1949, verificaram que o Estrôncio 90 radioativo é a melhor fonte de irradiação Beta e foram os primeiros a empregá-lo.

O Estrôncio 90 tem meia vida de 28 anos; é um metal alcalino terroso. Quatro Isótopos estáveis, são conhecidos: 84, 86, 87 e 88.

O pêso atômico dos treze Isótopos radioativos do Estrôncio 90, vão de 81 a 97. Estes Isótopos são produtos de desintegração e também são produzidos pelo Cyclotron pelo bombardeamento do metal Estrôncio ou Óxido.

O Estrôncio 90 desintegra-se no Ytrium 90, que emite partículas com o máximo de energia de 2,16 Mev., que são as partículas Beta penetrante; pois a irradiação Beta do Estrôncio 90 tem 0,54 Mev.. Contudo o Ytrium 90 tem meia vida de sessenta horas e decompõe-se no Zirconium estável. No aplicador, ambos os elementos radioativos, estão em equilíbrio.

Empregamos, como fonte de raios Beta, para o tratamento de doentes, o Estrôncio 90, de fabricação Buchler S. Co.

A placa radioativa do Estrôncio 90, para o uso oftalmológico, tem uma área ativa de 0,7 cm<sup>2</sup>, com diâmetro ativo de 9,5 mm. e o diâmetro total de 9,9 mm.

#### VANTAGENS DA RADIAÇÃO BETA

A penetração no tecido, pelos raios Beta, do Estrôncio 90, não vai além de 8 mm. de profundidade e o máximo do efeito terapêutico está ao redor de 3 a 4 mm. de profundidade. Em contraste com a irradiação Gama e Raio X, a radiação Beta é limitada a uma profundidade finita.

O Estrôncio 90 pode ser aplicado no tratamento de focos em áreas sensíveis às irradiações, tais como: epífesés, olhos e glândulas ou em posições inacessíveis. Às vêzes, uma única aplicação é o suficiente para se obter o resultado desejado, como ficou positivado num caso que fizemos de hiperqueratose senil, no dorso do nariz, em uma pessoa de idade.

A	porcentagem	da	dóse	na	superfície	do	fóco	é	de	100%
»	»	»	»	a	1	mm.	de	profundidade	50%	
»	»	»	»	»	2	»	»	»	25%	
»	»	»	»	»	3	»	»	»	12,5%	
»	»	»	»	»	4	»	»	»	6%	

Como a irradiação Beta penetra sòmente poucos mm. no tecido, a sua eficiência, na terapêutica externa, está restrita a lesões super-

ficiais. As dosagens são expressas em equivalente Roentgen o Rep..

O Rep. (abreviação de Roentgen Equivalent Physical) é definido como a absorção de 93 ergs por grama de tecido. Na consideração dos fatores radiobiológicos é importante lembrar que o limiar do eritema pelo aplicador do Estrôncio 90 é, aproximadamente, de 325 reps. Estudos do eritema na pele foram usados, como base para a calibração biológica e para a verificação da dose mínima inflamatória no olho animal.

Friendel assinalou que estudos na pele ajudaram relacionar as condições de irradiação Beta para o olho e, também, para dosagem de irradiações na terapêutica geral. Seguindo estas observações, foi aplicado no antebraço esquerdo de dois pacientes o Estrôncio 90, em doses únicas que variaram de 90 à 7.200 reps. a fim de se verificar as doses eritemas e reações cutâneas. Observamos que, as doses a partir de 450 reps. apresentaram um eritema nas 24 horas. Num dos casos, as doses até 90 reps. regrediram em 72 h. e, nas doses mais elevadas, formaram-se pápulas e vesículas, mas não chegaram à fase de escáras. As reações regrediram sem deixar seqüelas, num período de 40 dias.

Foi verificado, experimentalmente, que existe uma variável sensibilidade, de indivíduo para indivíduo, nos testes cutâneos.

#### INDICAÇÕES CLÍNICAS E SEUS RESULTADOS

Quanto à parte referente aos resultados e estatísticas obtidas, com o tratamento do Estrôncio 90, citaremos informes de diversos autores.

Embora já tenhamos obtido casos com bons resultados imediatos, não nos é possível apresentar observações de período mais longo, dado que iniciámos o emprêgo desta técnica há alguns meses. Oportunamente apresentaremos outro trabalho, com observações mais completas.

**PÁLPEBRAS:** — Pequenos tumores superficiais, tais como papilomas, angiomas, cicatriz, queloidiana, báso e espinho celulares não muito infiltrantes, respondem bem ao tratamento com a Beta-terapia.

Quando a operação é inoportuna e o tumor é pequeno, Ruedmann (16) informa que o método de escolha para o tratamento está na irradiação exclusiva com os raios Béta e, nos casos de carcinoma operado, aconselha irradiar imediatamente após a cirurgia. Tôdas as lesões foram tratadas com sucesso.

Nos casos de blefarites rebeldes ao tratamento medicamentoso, aconselha doses anti-inflamatórias.

Tanto êste autor como Friedel, Thomas e Krohmer (6) indicam as irradiações Beta em tratamento de angiomas e informam que em crianças com seis meses de idade, já é possível êste tratamento, por ser de fácil técnica e sem necessidade de anestésico.

Nos casos de pinguécua alongada e alargamento da carúncula, êstes últimos indicam o tratamento com o Estrôncio 90, por apresentar bons resultados.

**CONJUNTIVITE PRIMAVERIL** -- Os casos prematuros de conjuntivite primaveril, quando tratados com a Betaterapia, dão excelentes resultados (pois são constituídos de tecido fibroso jovem, vasos sangüíneos recém-formados e células linfóides, tôdas radio-sensíveis).

Nos casos mais velhos, já com degeneração hialina o tratamento se torna mais dificultoso, havendo necessidade de uma intervenção cirúrgica antes da irradiação, segundo o trabalho de Friedel, Thomas e Krohmer (6).

Mandras (18) diz que nos casos prematuros, desde as primeiras aplicações, as papilas hipertróficas sofrem uma acentuada regressão, tornando-se mais pálidas (sinal de destruição de seus vasos), e que durante o mesmo verão não houve recidiva de nenhum caso, sòmente recidivou um no ano seguinte, mas, cedeu perfeitamente com a pomada de cortisona ou hidrocortisona, o que antes não trouxe melhoras.

Na forma bulbar, os resultados foram menos satisfatórios.

Ahmad e Abdin (13) referem, no seu trabalho, que obtiveram 50% de melhora definitiva; 20% em parte; 10% com recidiva —

(foi necessário um novo tratamento) — e 20% não responderam satisfatoriamente.

Iliff (15) — Diz que obteve excelentes resultados com a Beta-terapia; com esta terapêutica as recidivas são menos freqüentes e, quando estas ocorrem, são menos sérias; em 60 pacientes tratados, somente 7% se mostraram inalterados.

May (23) — Também, em seu livro, recomenda a irradiação Beta quando as granulações são grandes.

PTERIGIUM — Tanto pterigium como o pseudo pterigium respondem, satisfatoriamente à irradiação Beta. Segundo Fields (2) a irradiação após a cirurgia é o tratamento de escolha. Na sua estatística, 33 casos por êle tratados, 27 tiveram resultados excelentes, 2 bons, 2 razoáveis e 2 duvidosos, mas nenhum inalterado e recomenda que a aplicação com Estrôncio 90 deve ser feita 4 ou 6 dias após a cirurgia.

Em um caso irradiado por Mandras (18), antes da cicatrização completa pós-cirúrgica, houve uma irite, úlcera da córnea e do limbo. Isto provou que é necessário esperar a cicatrização total.

Friedel, Thomas e Krohmer (6) citam que em pterigiun pequeno a betaterapia trás resultados satisfatórios, sem a necessidade de intervenção cirúrgica.

TUBERCULOSE DO SEGMENTO ANTERIOR — Friedel e colaboradores (6) mencionam que Woods obteve bons resultados em mais de 50% dos casos de tuberculose do segmento anterior, tratados com o Estrôncio 90. Outros autores também afirmam o mesmo efeito e, entre êles, Fields e Sedd (2), na sua estatística.

VASCULARIZAÇÃO DA CÔRNEA — A betaterapia tem dois objetivos para o tratamento da vascularização da córnea. O primeiro é prevenir a presença de vasos na córnea e o segundo para obliterar ou eliminar, quando êstes existem.

Segundo Friedel, Thomas e Krohmer (6) o emprêgo do Estrôncio 90 tem mostrado resultados favoráveis, nos seguintes casos:

- a) — No Pannus Tracomatoso o tratamento é eficaz devido a marcante vascularização;
- b) — para prevenir a revascularização do estroma da córnea depois da queractomia superficial e estes autores mandam fazer o tratamento 24 horas após a intervenção cirúrgica;
- c) — antes do transplante da córnea, para evitar a invasão vascular;
- d) — após o transplante da córnea, para evitar a presença de vasos;
- e) — no Leucoma vascularizado da córnea.

Nas queimaduras químicas da córnea, onde há a presença de irritabilidade, fotofobia e lacrimejamento a irradiação Beta traz grande alívio para estes sintomas.

Na estatística de Fields (2), em 20 casos de obliteração vascular após a betaterapia, mostraram os seguintes resultados: 3 duvidosos, 1 razoável, 11 bons e 5 excelentes e em dois casos após o transplante da córnea, a irradiação Beta lhe deu bons resultados.

Este tratamento é aconselhado por Illif (15), após a queractomia e queratoplastia.

Duas técnicas, para este tipo de tratamento, são apresentadas por Lederman (19):

1.ª — No pós-operatório: Início das aplicações de 10 a 14 dias após a cirurgia, em aplicações semanais, durante 4 a 6 semanas.

No pré-operatório: São dadas doses menores semanalmente e também num período de 4 a 6 semanas.

**QUERATITES** — Nem todos os tipos de queratites respondem favoravelmente, aos raios Beta. Existe uma controvérsia entre os autores com relação a queratite bolhosa; Fasanélla (8) menciona a melhora dos sintomas, após essas aplicações, mas Friedel (6) e colaboradores contra-indicam este tratamento.

Todos os trabalhos são coincidentes em afirmar bons resul-

tados para as queratites tuberculosas, sífilíticas, como também para a queratite rosácea, segundo Illif (15) e Hahn (3); êste recomenda pequenas doses, duas vêzes por semana, num total de quatro aplicações.

**ÚLCERAS DA CÔRNEA** — As úlceras da córnea, principalmente as crônicas, são tratadas pela irradiação Beta, porém, nas do tipo agúdo e piogênico êsse tratamento é contra indicado.

Nos trabalhos de Hahn (3) e Ledermann (18), as úlceras de Mooren's tem indicação para a betaterapia, por responderem favoravelmente.

As úlceras resistentes ao tratamento medicamentoso, são beneficiadas com os raios Beta.

**EPISCLERITES E ESCLERITES** — Em cinco casos tratados pela betaterapia, Fields (2) obteve os seguintes resultados: 1 sem alteração, 1 razoável e 3 excelentes. Outros autores recomendam o tratamento pelos raios Beta quando êstes processos são rebeldes ao tratamento medicamentoso.

**TUMORES E NEOPLASIAS** — O efeito da irradiação consiste na destruição dos tumores, mas quando existe uma infiltração profunda a betaterapia é contra-indicada, pois, como já mencionamos anteriormente, o valor de penetração dêsses raios no tecido, tem o seu efeito terapêutico ao redor de 3 a 4 mm.

No melanoma limbal, com aplicações semanais, em doses altas, durante quatro semanas, se obtém bons resultados. Ledermann (19).

Também na neo formação vascular, em doses elevadas, foi conseguido resultado favorável. Melcior (21).

Em quatro casos de granuloma, pós-operatório, Fields (2) teve respostas excelentes.

#### OUTRAS LESÕES BENEFICIADAS

A betaterapia trouxe, também, redução em mácula da córnea, num tratamento feito por Ruedmann (17).

No tratamento pós-operatório da catarata senil, Vontilaineu (5) conseguiu, com essa terapêutica, respostas eficientes.

Doses anti-inflamatórias são dadas por Perera (9), para a epitelização e cicatrização das lesões.

Entretanto, esse tratamento não foi favorável nas distrofias da córnea, lupus eritematoso, pênfigos, uveítes e úlceras da córnea infectada.

### R E S U M O

O emprêgo do Estrôncio 90, em substituição aos produtos de desintegração do radium, no tratamento de lesões superficiais pela betaterapia e, com o aperfeiçoamento de sua técnica, é vantajoso sob vários aspectos.

Sua meia vida que é bastante longa, evita o reabastecimento freqüente. A elevada energia de partículas Beta proporciona suficiente penetração nos tecidos e ausência da radiação Gama facilita a proteção.

O uso do Estrôncio 90, como aplicador de raios Beta, restringe o tratamento as lesões superficiais do olho e da pele, poupando, conseqüentemente, os tecidos subjacentes, pois sua penetração é finita, não indo além de 8 mm., ao contrário dos Raios X e Gama, cuja penetração é, teoricamente, ilimitada.

Este tipo de aplicação é cômodo e indolor para o paciente e esta técnica é indicada, especialmente, para crianças e pessoas idosas.

As indicações na oftalmologia são as seguintes: tumores superficiais da pálpebra e conjuntiva, tais como: papiloma, angioma, quelóide, baso e espino celular não muito infiltrantes. Conjuntivite primaveril, tuberculose do segmento anterior, vascularização da córnea, pterigium e pseudo pterigium (tratamento exclusivo ou pós-cirúrgico), úlceras não piogênicas da córnea, certas espécies de queratites, episclerites e esclerites, tumores e neoplasia da córnea.

## S U M M A R Y

The employ of Strontium 90 in substitution of the desintegration products of the Radium, in the treatment of the superficial disease by betatherapy and with the increase of its technic, it is profitable in various ways.

It is half life-which is long enough-avoids its frequent resupplying.

The sufficient energy of Beta particles for a good penetration in the tissues and absence of Gama radiation, increases protection.

The employ of Estrontium 90 as Beta rays applicator enshortens the treatment of the superficial diseases of the eye and the skin, saving, sonsequently, the tissuesarround, because its penetration theoreticaly limited, not as far as 8 mm., on the opposition to the Xand Gama rays which penetration is not limited.

This kind of application is easy and not painful as to the patient and its technic is indicated, specially, for children and old persons.

Indications in ophthalmology are the following: superficial tumors of eyelids and conjunctiva, as; papillomas, angioma, keloid scars, basal-cell carcinoma and spino-celular carcinoma not so infiltrating. Vernal-conjunctivitis, Anterior - Segment - Tuberculosis, vascularization of the cornea, Pterygium and pseudo pterygium (exclusive treatment or post-cirurgic) not pyogenic, corneal urcers, some kinds of queratitis, episcleritis and escleritis, tumors and neoplasy.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — JOHNS H. E.: — The Physics of Radiation Therapy.
- 2 — FIELDS T. AND SEDD L.: — Clinical Use of Radioisotopes — A Manual of Technic Cap. X.
- 3 — HAHN PAUL F.: — Terapeutic Use of Artificial Radioisotopes — Cap. X, págs. 198-206.
- 4 — BEIWALTES, JOHNSON AND SOLARI: — Clinical Use of Radioisotopes — Isotopes and Radioactivity, Cap. I.
- 5 — VONTILAINEU A.: — Acta Ophthalmologic, Vol. 37 — Fasc. 2 1959, pág. 180.
- 6 — FRIEDEL H. L., THOMAS C. I., AND KROHMER J. S.: — The

- American Journal of and Radium Therapy — Vol. 65, n.º 2 Feb. 1951, pág. 232.
- 7 — DELARIO A. J.: — Roentgen Radium and Radioisotope Therapy.
  - 8 — FASANELLA R. M.: — Amer. Journey Ophthalmol.
  - 9 — PERERA G. A.: — Americ. Journey Ophthalmol. 1938, 21-606.
  - 10 — REESE A. B.: — Amer. Journey Ophthalmol. 1952 — 35, 719.
  - 11 — VANNAS S.: — Acta Ophth. 1957: 35-190.
  - 12 — VON SALMANN, MUNOZ C. M. AND DRUNGIS A. B.: — A.M.A. Arch. Ophth. 50, 727-736. 1953.
  - 13 — AHMAD I. AND ABDIN G. E.: — Acta Ist.-Afro Asian.Cong. Ophth. (Cairo) 357-360, 1958.
  - 14 — Woods. A.C.: — Arch. Ophth. 22: 735, 1939.
  - 15 — ILIFF C. E.: — Arch. Ophth. 38: 415, 1947.
  - 16 — RUEDMANN A. D.: Ach. Ophth. 38: 556 — 1947.
  - 17 — RUEDMANN A. D.: — Arch. Ophth. 41 - 1, 1949.
  - 18 — MANDRAS G.: — Arch. Ophth. 16, 810-816, Dec. 1956.
  - 19 — LEDERMANN M.: — Bri. Jour. Radiolog. 29: 1, 1956.
  - 20 — HUGHES W. F. JR.: — Trans. Amer. Ophthal. Soc, 50. 469-549, 1952.
  - 21 — MELCIOR J. R. G.: — Med. Clin. 24,37-39, Jan. 1954.
  - 22 — IRVING H. L.: — Year Book of Ophth. pág. 29, Série 1957-1958.
  - 23 — MAY C. H.: — Manuel de Doenças dos Olhos, Cap. VII, pág. 153, 3.º ed.