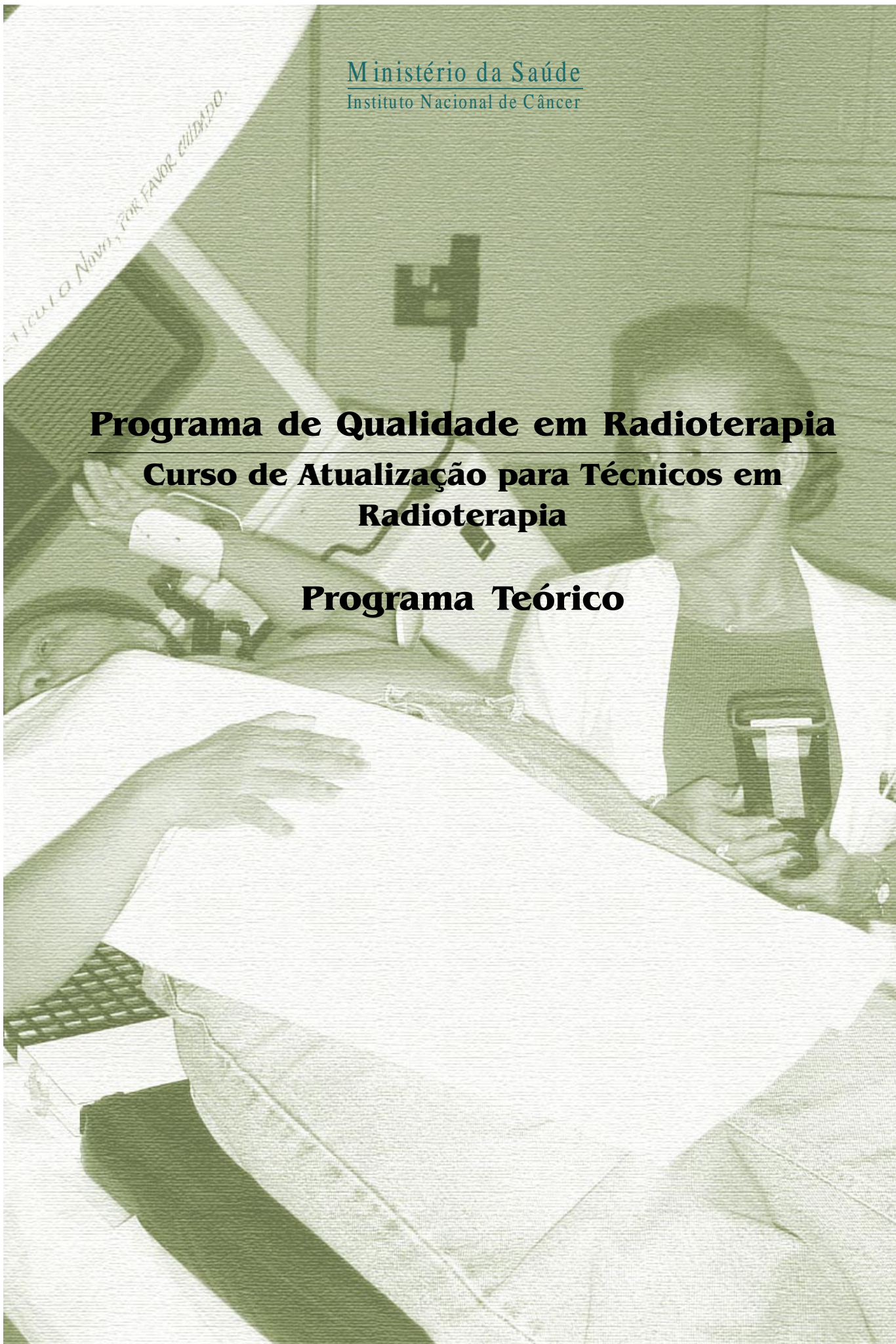


Ministério da Saúde
Instituto Nacional de Câncer

Programa de Qualidade em Radioterapia
Curso de Atualização para Técnicos em
Radioterapia

Programa Teórico



MINISTÉRIO DA SAÚDE

José Serra

SECRETARIA DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE

Renilson Rehem de Souza

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER

Jacob Kligerman

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSTITUIÇÕES
FILANTRÓPICAS DE COMBATE AO CÂNCER**

Marcos Moraes

PROGRAMA DE QUALIDADE EM RADIOTERAPIA

Ana Maria Campos de Araújo

RADIOTERAPIA - HCI - INCA

Miguel Guizzardi

COORDENAÇÃO, EDITORAÇÃO, IMPRESSÃO E DISTRIBUIÇÃO

Instituto Nacional de Câncer - INCA

Programa de Qualidade em Radioterapia - PQRT

Rua do Rezende 128, 3º andar - Centro

CEP: 20231-092 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: (0XX21) 2242-1122 R: 2308

Coordenação de Ensino e Divulgação Científica

Seção de Produção de Material Educativo

Rua do Rezende 128 - Centro

CEP: 20231-092 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: (0XX21) 2242-1122 R.: 2400

*1º Curso de Reciclagem para
Técnicos em Radioterapia*

Apoio:

Colégio Brasileiro de Radiologia - CBR

European Society for Therapeutic Radiology and
Oncology - ESTRO

International Atomic Energy Agency - IAEA

Co-patrocínio:



Associação Brasileira de Instituições
Filantrópicas de Combate ao Câncer

ÍNDICE:

• SAD x SSD	P. 7 e 8
• Braquiterapia e Radioproteção	P. 9 a 14
• Controle de Qualidade em Braquiterapia	P. 15 a 19
• Ações de Enfermagem em Radioterapia	P. 21 a 23
• Colimador Multi-lâminas	P. 25 e 26
• Colimadores Assimétricos.....	P. 27 e 28
• Acessórios RxT	P. 29 a 34
• Simulador Convencional e CT-Sim	P. 35 a 39
• Posicionamento	P. 41 e 42
• “Check Film” e “Portal Film”	P. 43 a 47
• Planejamento sem Simulador	P.49 a 58
• Filtro Dinâmico	P. 59 a 61
• Oficina em Radioterapia	P. 63 a 70
• Ortovoltagem e Telecobaltoterapia	P.71 a 81
• Tratamento com Elétrons	P.83 a 91
• Aceleradores Lineares	P.93 a 97
• Curvas de Isodose	P.99 a 109

Distância Fonte-Eixo ("SAD") x ("SSD") Distância Fonte-Pele

Introdução

O planejamento do tratamento por radiação obedece a diversos critérios técnicos. Entre esses critérios, a distância da fonte de radiação até o alvo de tratamento é extremamente importante. Imagine uma situação em que cada paciente fosse tratado a uma distância diferente; as dificuldades que resultariam na confecção de equipamentos de simulação, o trabalho dos físicos para a determinação dos cálculos de tempo do tratamento, as dificuldades para os técnicos executarem com precisão todos os tratamentos, e, principalmente o impacto negativo na obtenção dos resultados desses tratamentos. Talvez por esta razão as máquinas foram dimensionadas para efetuar o tratamento a uma determinada distância entre a fonte e o alvo. Os equipamentos de teleterapia mais comuns são:

- Bomba de cobalto. Embora ainda existam bombas de cobalto operando a uma distância de 60 cm, freqüentemente operam na distância de 80 cm e muito raramente a 100 cm.
- Aceleradores lineares. Independente se de baixa ou alta energia os aceleradores lineares operam à distância de 100 cm. Nos próximos tópicos será discutida a influência da distância no planejamento e execução dos tratamentos.

SAD

Sigla do inglês "Source Axis Distance", representa a distância da fonte de radiação até o eixo de rotação do aparelho, que em português é denominada DFE (Distância Fonte Eixo). Na prática clínica, consiste na determinação de um ponto em uma determinada profundidade no paciente, ao redor do qual o aparelho irá girar (isocentro). Se tomarmos como exemplo uma programação de tratamento com 2 campos (um anterior e um posterior) para irradiação pélvica com acelerador linear (DFE=100 cm) após a obtenção do diâmetro ântero-posterior (DAP) do paciente (Ex:20cm), ajustando a distância da escala em 90cm na superfície do paciente (DFS), obteremos as condições ideais para definir o tamanho do campo necessário à metade do paciente. (Vide capítulo de programação com simulador). Dizemos que nesta técnica o campo foi definido na linha média. Eventualmente, o alvo a ser irradiado está deslocado da linha média, e a DFE vai variar para mais ou para menos, dependendo da profundidade do tumor. Na programação em SAD (DFE), a projeção da pele

no campo definido em profundidade, bem como a DFS serão sempre menores.

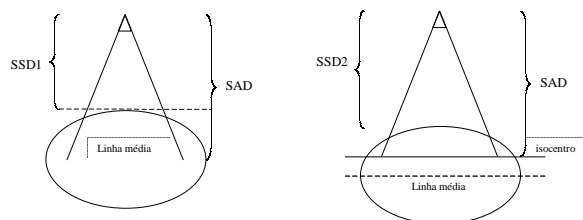


Figura 1. Comparação entre dois planos (isocentro na linha média e fora dela). Observe a mudança no SSD quando se altera o isocentro.

O tratamento em SAD é sempre preferido quando objetivamos utilizar campos opostos de tratamento, por oferecer vantagens técnicas:

- O paciente permanece imóvel durante as aplicações, o que minimiza erros, alteração de contorno e melhora a reprodutibilidade do tratamento.
- Ao tratar o campo oposto, o técnico não precisa conferir distância nem pontos de referências na pele, agilizando desta maneira os tratamentos.

SSD

Sigla do inglês "Source Skin Distance", representa a distância da fonte de radiação até a pele do paciente. Este termo, embora seja representado como DFS, difere do mesmo conceito de DFS utilizado na programação de tratamentos em SAD. Nas programações em SSD o tamanho do campo de tratamento é definido na distância padrão das máquinas de tratamento. (Ex: SSD com Cobalto=80cm, Acelerador Linear = 100 cm). É normalmente utilizada no tratamento de lesões superficiais abordáveis com apenas um campo de tratamento, como por exemplo tumores de pele, irradiação de parede torácica após mastectomias, irradiação de corpo vertebral etc. Embora indicada para lesões superficiais, lesões profundas são também tratadas pela técnica da SSD, mesmo quando são utilizados campos paralelos e opostos e/ou uma combinação de vários campos. Esta programação é baseada na projeção, na superfície (pele), no volume alvo (GTV), nas margens de segurança (CTV) e na penumbra (PTV). A técnica da SSD representa a fase precursora da SAD utilizada antes dos aparelhos girarem ao redor de um

SAD x SSD

centro (isocentro). Os aparelhos antigos eram fixos (estacionários) e o paciente era girado para tratar cada campo.

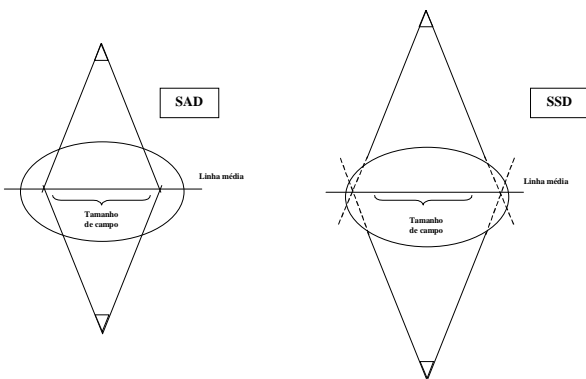


Figura 2 – Comparação entre os tamanhos de campo quando se muda a técnica: SSD x SAD

A figura 2 representa um paciente tratado em SAD com o tamanho de campo definido na profundidade. Quando se modifica a distância para tratamento em SSD o tamanho do campo na profundidade aumenta devido à divergência do feixe. Nesse caso podemos observar a importância da distância da fonte de tratamento para o volume alvo, quando pequenas alterações implicam em mudanças no volume irradiado. O tamanho do campo definido na pele em um tratamento em SAD é sempre menor que seu referencial em profundidade. Por isso o técnico deve ficar bem atento para a técnica de tratamento programada e quais as correções necessárias a serem feitas caso haja alteração na técnica. Com essas informações algumas perguntas são levantadas:

A programação em SSD ainda é útil nos dias de hoje?

De um modo geral, a programação em SSD pode ser substituída pela programação em SAD de maneira eficiente e adequada.

A diferença entre a técnica de SAD e a de SSD se faz mais pronunciada quando o volume alvo em questão encontra-se a uma determinada profundidade em grandes DAP (Diâmetro Antero Posterior) ou DLL (Diâmetro Latero Lateral). À medida que o DAP ou DLL diminuem, as diferenças entre as duas técnicas são, em muito, suavizadas.

Por que utilizamos a técnica de SSD no tratamento dos tumores de cabeça e pescoço no INCA?

A utilização da técnica tem íntima relação com a escolha do equipamento de tratamento. Os pacientes com tumores de cabeça e pescoço no INCA são normalmente tratados com

aparelhos de telecobaltoterapia. As características dos feixes de radiação utilizados são consideradas favoráveis à cobertura do volume alvo, (linfonodos cervicais superficiais e tumores localizados em topografias um pouco mais profundas).

Ao utilizar o cobalto, a técnica de SSD é padronizada para tumores de Cabeça e Pescoço pelos seguintes motivos:

a) O diâmetro latero-lateral (DLL) entre os campos em geral é pequeno (em torno de 12-14 cm), o que resulta em pouca diferença entre SAD e SSD.

b) As bandejas com blocos de colimação, usadas freqüentemente no tratamento de tumores de cabeça e pescoço, ficam próximas da pele do paciente quando se utiliza a técnica de SAD. Esta proximidade favorece a contaminação do feixe de fótons do cobalto com os elétrons gerados pela interação dos fótons com os blocos de colimação, aumentando a toxicidade cutânea do tratamento. O uso da técnica de SSD permite aumentar a distância entre a bandeja e a pele, favorecendo que os elétrons resultantes desta interação sejam em sua maioria absorvidos pelo ar diminuindo a toxicidade do tratamento.

Laser

Os lasers de posicionamento instalados em uma sala de radioterapia correspondem à distância da fonte de radiação até o isocentro. Nos casos de SSD, para se achar a distância de tratamento basta posicionar o centro do campo sobre a interseção dos lasers. A mobilização do isocentro também pode ser feita utilizando o laser como referencial. É importante lembrar que a calibração deste acessório deve ser freqüente e criteriosa. A figura 3 apresenta um pictograma dos lasers de uma sala de radioterapia.

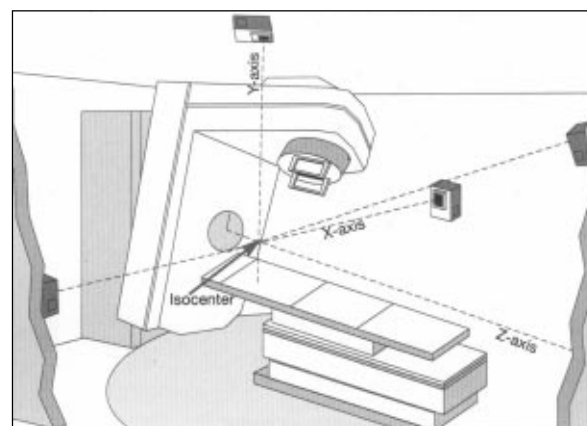


Figura 3 – Posição dos lasers em uma sala de radioterapia e sua correspondência com o isocentro

Braquiterapia e Radioproteção

Braquiterapia

O termo braquiterapia foi primeiramente sugerido por Forsell, em 1931, para irradiação a curta distância.

A braquiterapia constitui uma forma de tratamento que utiliza fontes radioativas, em contato direto com o tumor, sendo indicada em cerca de 10% dos pacientes que se submetem à radioterapia.

Pode ser empregada para qualquer neoplasia acessível a uma fonte radioativa, sendo indicada rotineiramente no tratamento das neoplasias do colo e do corpo uterino, da cabeça e pescoço, da região perineal e dos tecidos moles.

As fontes radioativas podem ser introduzidas em uma cavidade corporal (braquiterapia intracavitária), dispostas sobre uma superfície tumoral (molde superficial) ou implantadas na intimidade do tumor (braquiterapia intersticial ou implantes).

Radioisótopos utilizados em braquiterapia

Isótopos radioativos são caracterizados pela sua meia-vida, tipo de energia da radiação emitida e forma de apresentação. O primeiro isótopo disponível foi o Rádium-226, descoberto no início do século passado pelo casal Curie. Este isótopo radioativo está em desuso, tendo em vista que libera gás radônio, extremamente nocivo à saúde.

Atualmente os radioisótopos mais utilizados são: o Césio-137, o Irídio-192 e o Cobalto-60, para uso temporário, o Ouro-198 e o Iodo-125, para uso permanente.

Este material é manufaturado sob a forma de tubos, agulhas, fios ou sementes.

Propriedades Físicas dos Radionuclídeos Utilizados em Braquiterapia

Elemento	Isótopo	Energia média (MeV)	Constante específica raios gama ($R_{cm^2h^{-1}mCi^{-1}}$)	Meia-vida	CSR (cm de água)	CSR (cm de chumbo)	Uso clínico atual	Forma da fonte
Rádium	^{226}Ra	0,83	8,25	1622 anos	10,8	1,4	Implante temporário intracavitário e intersticial	Tubos e agulhas
Cobalto	^{60}Co	1,25	13,7	5,26 anos	10,8	1,1	Tratamento melanomas e outras neoplasias nos olhos	Placas
Césio	^{137}Cs	0,662	3,228	30 anos	8,2	0,65	Implante temporário intracavitário e intersticial	Tubos e agulhas
Ouro	^{198}Au	0,416	2,327	2,7 dias	7,0	0,33	Implante permanente	Sementes
Tântalo	^{182}Ta	0,67	6,71	115 dias	10,0	1,2	Implante temporário intersticial	Fios
Irídio	^{192}Ir	0,38	4,62	74,2 dias	8,3	0,3	Implante intersticial	Fios e sementes
Iodo	^{125}I	0,028	1,208	60,25 dias	2,0	0,04	Implante permanente	Sementes

Histórico e evolução dos equipamentos de Braquiterapia

Os isótopos para braquiterapia podem ser utilizados em regime de baixa taxa de dose (LDR) ou alta taxa de dose (HDR). Tratamentos de baixa taxa de dose liberam dose de 40 a 200 CGy por hora, e 400 a 2000 CGy por minuto são liberados nos regimes de alta taxa de dose.

No primeiro caso (baixa taxa de dose), o tratamento é realizado em regime de hospitalização, permanecendo o paciente internado em instalação específica para este fim, sob a supervisão de pessoal especialmente treinado, por um período de 2 a 7 dias, a depender das características do isótopo utilizado. O material radioativo é manipulado, manualmente, com ajuda de uma pinça dentro de catéteres, ou através de equipamentos com controle remoto, nos aplicadores que já se encontram na paciente. As fontes utilizadas podem possuir a forma de tubos com 2,0 cm de comprimento ou esferas comumente chamadas de "pellets".

Equipamento de LDR



No segundo caso (alta taxa de dose), a fonte de radiação é miniaturizada, de alta atividade (cerca de 10 Ci para fontes de Ir-192), comandada por controle remoto e operada por computador. O isótopo comumente empregado é o Iridio-192, sob a forma de uma microfonte de 5 mm de comprimento, 1,1 mm de diâmetro e 3,5 mm de comprimento ativo, impulsionada por um cabo cujo deslocamento rápido e tempo de parada determinarão maior ou menor dose na área de interesse. O equipamento possui uma

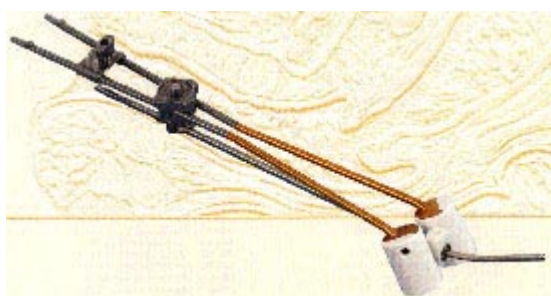
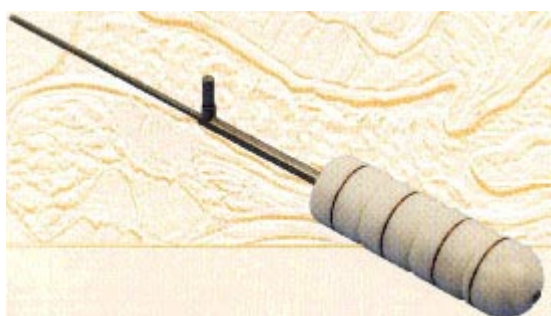
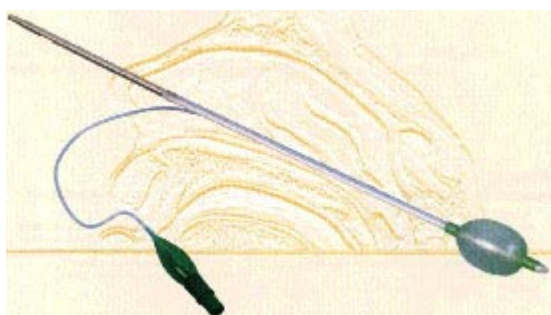
unidade de controle digital com impressora acoplada, fora da sala de tratamento, que é utilizada para programar e armazenar dados do tratamento planejado para cada paciente, como o tempo de parada da fonte em determinada posição dentro do aplicador, simulando um tratamento de braquiterapia convencional.



O microselectron HDR vem acompanhado de um sistema computadorizado de planejamento do tratamento que consiste de um microcomputador, impressora "plotter", mesa digitalizadora, unidade de cartão personalizado do tratamento e um "scanner" para se obter dados radiográficos de tomografia computadorizada. O sistema de planejamento via computador permite fazer o plano de tratamento através de imagens radiográficas dos dados referentes aos aplicadores já inseridos no paciente e dos pontos anatômicos de interesse (órgãos de risco) que são transferidos ao computador através da mesa digitalizadora. A

introdução do material radioativo no paciente também se faz através do emprego de aplicadores, que em função das dimensões da fonte radioativa, são mais finos e delicados permitindo freqüentemente sua utilização sem uso de anestesia.

Existe um tipo de aplicador para os mais diversos usos e um tubo de transferência específico para cada aplicador.



O tubo de transferência é o dispositivo que leva o material radioativo, no caso o Ir-192, do cofre do equipamento até o paciente.

Nos equipamentos de alta taxa de dose (HDR) a fonte de irradiação é única. Como a atividade da fonte de radiação é alta quando comparada aos sistemas de baixa taxa de dose (LDR) cuidados devem ser tomados quanto ao controle de qualidade do equipamento.

Esses equipamentos possibilitam a utilização de 18 a 24 canais para serem conectados aos tubos de transferência (este número pode variar em função do fabricante).

Os sistemas HDR apresentam um dispositivo de teste que faz com que antes da fonte verdadeira ser liberada uma fonte falsa percorra a trajetória da fonte verdadeira, garantindo que não há nenhuma obstrução nos aplicadores. A fonte verdadeira só é liberada se o percurso estiver totalmente livre.

Na braquiterapia de alta taxa de dose, o tempo de aplicação é curto (em torno de 10 minutos) permitindo sua execução a nível ambulatorial.

É freqüente a combinação de radioterapia externa (teleterapia) e braquiterapia, esta servindo como reforço de dose em áreas limites e promovendo o tratamento de áreas de envolvimento microscópico.

Estudos comparativos entre braquiterapia de baixa taxa de dose e alta taxa de dose mostram resultados similares de controle local e complicações; a versatilidade, a praticidade, a baixa morbidade e a ausência de exposição do "staff" à radiação, devem ser sempre levadas em consideração na clínica médica.

Proteção Radiológica

Com o avanço das pesquisas envolvendo a energia nuclear a comunidade científica começou a se preocupar com os profissionais da área. Criou-se um órgão internacional, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) em 1928, por ocasião do 2º Congresso Internacional de Radiologia. Desse encontro saíram as primeiras recomendações e as primeiras normas visando proteger os trabalhadores ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes.

A radioproteção visa proteger o homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos

causados pela radiação ionizante, de acordo com os princípios básicos estabelecidos pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). Fornece um padrão de proteção apropriado para o homem sem inibir práticas benéficas que aumentam a exposição à radiação.

Os princípios básicos da radioproteção são:

- **Justificação** – Qualquer atividade envolvendo radiação deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade.
- **Otimização** – O projeto, o planejamento do uso e a operação da instalação de fontes de radiação devem ser feitas de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto possível, levando-se em consideração fatores sociais e econômicos.
- **Limitação de Dose** – Deve haver um limite máximo de dose de radiação ao qual os indivíduos podem ser expostos pela combinação de todas as práticas. Os limites de doses individuais objetivam prevenir o detrimento individual excessivo resultante de uma combinação de práticas.

As principais grandezas utilizadas em radioproteção são:

- Dose absorvida $D = dE/dm$ Gray (Gy) definida como a energia absorvida pelo tecido na interação, por unidade da massa.
- Dose equivalente $H = W_r D$ Sievert (SV) definida como sendo a dose média absorvida (D) no tecido multiplicada pelo fator de peso da radiação (W_r) o qual depende da qualidade da radiação.
- Dose efetiva $E = W_T H$ definida como a dose equivalente (H) multiplicada pelo fator peso do tecido (W_T) que depende do tecido irradiado e sua maior ou menor sensibilidade à radiação.

Fatores de Peso para Radiação	
Tipos e faixas de energia	W_r
Fótons, todas as energias	1
Elétrons e muões, todas as energias	1
Nêutrons, energia < 10 keV	5
= 10 keV a 100 keV	10
> 100 keV a 2 MeV	20
> 2 MeV a 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Prótons, energia > 2MeV	5
Párticula alfa, fragmentos de fissão e núcleos pesados	20

Fatores de peso para tecidos ou órgãos	
Tecido ou órgão	W_t
Gônadas	0,20
Medula óssea	0,12
Cólon	0,12
Pulmão	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,05
Mama	0,05
Fígado	0,05
Esofago	0,05
Tireóide	0,05
Pele	0,01
Superfície óssea	0,01

A ICRP define como “prática” todas atividades humanas que aumentam a exposição à radiação. A estrutura de proteção radiológica da ICRP possibilita que procedimentos sejam formalizados e quantificados para que o benefício líquido de uma prática seja avaliado e tornado máximo tanto para o indivíduo como para a sociedade. Intervenção são aquelas atividades humanas que visam diminuir a exposição total, influenciando nas causas existentes de exposição.

A exposição à radiação recebida pelo indivíduo em virtude de sua atividade profissional é chamada de exposição ocupacional. O indivíduo que se expõe, ocupacionalmente, só corre os riscos, enquanto que o benefício pertence somente ao paciente. Em virtude disso as doses ocupacionais devem ser mantidas tão baixas quanto possíveis.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) recomenda um limite de dose efetiva de 50 mSv/ano para o trabalhador ocupacional e 1 mSv/ano para membros do público. Os limites de dose anual para o cristalino e a pele são, respectivamente, 150 mSv e 500 mSv. Esses valores estão sendo revistos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e apontam uma tendência de diminuição do limite anual para dose de corpo inteiro.

As instalações radioativas possuem áreas que são classificadas em:

- 1- Livre: área isenta de regras especiais de segurança onde as doses equivalentes efetivas não ultrapassem o limite primário para os indivíduos do público.
- 2- Restrita: área sujeita a regras especiais de segurança e na qual as condições de exposição

podem ocasionar doses equivalentes efetivas anuais superiores a 1/50 do limite primário para trabalhadores.

3- Supervisionada: área restrita na qual as doses equivalentes efetivas anuais são mantidas a 3/10 do limite primário para os trabalhadores.

4- Controlada: área restrita na qual as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou superiores a 3/10 do limite primário para os trabalhadores.

Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes

Radiações ionizantes agem sobre o DNA, levando a célula à morte ou à perda de sua capacidade reprodutiva.

Quanto maior o conteúdo de DNA em uma população celular (atividade mitótica) maior será sua sensibilidade à radiação. Neoplasias são constituídas por células em processo contínuo de multiplicação, que convivem em meio a células normais e que habitualmente, na sua maioria, não se multiplicam.

Existem tumores que são extremamente radiosensíveis e outros que são resistentes. Da mesma forma, no corpo humano existem órgãos que são mais radiosensíveis do que outros, como por exemplo as gônadas, a medula óssea, o cristalino. Esses órgãos, por serem mais radiosensíveis, devem ser protegidos. A radiosensibilidade é um fenômeno complexo que envolve a participação de múltiplos fatores, como morfologia tumoral, histogênese, vascularização, aporte de oxigênio, podendo sofrer a interferência de agentes químicos, físicos e biológicos.

Os efeitos que a radiação causa quando interage com o corpo humano podem ser classificados em:

- **Efeitos determinísticos** - A severidade do dano produzido aumenta com a dose a partir de um limiar; se o tecido atingido é vital e o dano suficientemente grande, pode ocorrer a morte do indivíduo. Quando o dano é menos severo, alguns efeitos determinísticos são de ordem funcional e podem ser reversíveis. Ex. catarata, eritema de pele devido à radiação.

- **Efeitos Estocásticos** - Podem ocorrer a partir do dano produzido em uma única célula. A probabilidade de a radiação provocar câncer aumenta com a dose, provavelmente sem nenhum limiar; outro efeito estocástico que devemos considerar é o dano pela radiação em uma célula germinativa, que pode ser transmitido e

manifestar-se como uma desordem hereditária nos descendentes do indivíduo exposto. Ex. Câncer.

Fatores que Minimizam a Exposição à Radiação: Distância, Tempo e Blindagem

Existem fatores que minimizam a exposição à radiação. Estes fatores são:

Distância – A radiação ionizante decai com o inverso do quadrado da distância ($1/d^2$). Isto significa que quanto mais afastado você estiver de uma fonte de radiação menos irradiado você será.

Tempo – A dose de radiação é diretamente proporcional ao tempo de exposição.

Blindagem – É qualquer anteparo colocado entre o feixe e o indivíduo. A blindagem serve para atenuar o feixe de radiação. Ex.: aventais de chumbo, biombo de chumbo, paredes baritadas das salas dos equipamentos de radioterapia e braquiterapia.

Importância da Utilização dos Monitores Individuais

O corpo humano não possui um sensor próprio para constatar a presença de radiação. Um indivíduo pode entrar em uma sala e ficar em contato com fontes de radiação ionizante sem sentir qualquer desconforto no momento. Dependendo do tempo e da dose a que esse indivíduo for submetido, os efeitos da radiação aparecerão mais tarde em forma de náuseas, vômitos, eritema na pele, etc. É importante toda instalação de material radioativo possuir o símbolo internacional de radiação nas portas, indicando a presença de radiação.

O profissional ocupacionalmente exposto deve possuir um monitor individual que deverá ser utilizado durante todo o período de permanência nas instalações radioativas. A detecção das radiações é baseada na interação química ou física das radiações com a substância sensível do detector:

Os principais monitores individuais são:

- **Filme dosimétrico** – Monitores de radiação que utilizam filmes semelhantes aos utilizados

pelos dentistas para radiografias dentárias. Os filmes dosimétricos são compostos de uma base de acetato recoberta em ambos os lados por uma camada gelatinosa sensível (a emulsão), contendo cristais de brometo de prata (grãos de AgBr) de dimensões microscópicas. Quando sofre a ação da radiação, o filme torna-se enegrecido. Esses filmes são lidos em um densitômetro calibrado. Existe uma correspondência entre o grau de enegrecimento do filme (densidade ótica) e a dose recebida.

• **Dosímetro termoluminescente (TLD)** - São cristais de fluoreto de lítio (LiF) que apresentam o fenômeno da luminescência quando aquecidos após terem sido irradiados. O processo termoluminescente envolve dois estágios. No primeiro estágio o cristal é exposto à radiação em uma dada temperatura e armazena a energia proveniente desta. No segundo estágio, o cristal é aquecido e a energia armazenada é liberada em forma de luz. A intensidade da luminescência em função da temperatura é chamada curva de emissão termoluminescente. Os TLDs, devido às suas reduzidas dimensões, são utilizados em forma de anéis e pulseiras para medir dose nas mãos e dedos. A luz emitida pelos TLDs é proporcional à radiação recebida.

• **Caneta Dosimétrica** - Duas lâminas ou fios de metal são carregados por uma fonte de tensão externa. Esta carga de mesmo sinal faz com que as lâminas se repilam. As lâminas são contidas em uma câmara de detecção de modo que os pares de íons produzidos pela radiação incidente na câmara causarão uma descarga parcial das lâminas. Ao serem descarregadas, gradualmente, as lâminas voltam a se aproximar.

Com a caneta dosimétrica podemos verificar a dose de radiação de forma imediata.

Existem alguns monitores, denominados monitores de área, que quantificam instantaneamente a taxa de dose em qualquer local da instalação. Os monitores de área são instrumentos indispensáveis em instalações de braquiterapia. Em caso de perda do material radioativo ele indica imediatamente a presença do mesmo.

Tipos de monitores de área:

- a) Câmara de Ionização;
- b) Contador Geiger Muller; e
- c) Cintilômetro

Cuidados a serem dispensados aos filmes dosimétricos:

1) O filme dosimétrico deve ser usado na altura do tórax, com a parte que contém o nome voltada para frente. Não deve ser colocado no bolso. Em caso de utilização de avental plumbífero, colocá-lo sobre o avental;

2) Cada profissional, terá o seu filme dosimétrico próprio;

3) O filme dosimétrico deve ser utilizado somente durante o horário de trabalho. Ao término do expediente o filme deverá ser guardado em local determinado pelo supervisor de radioproteção (afastado de fontes de radiação);

4) O funcionário que trabalha em mais de uma instituição não deverá usar o mesmo filme. Deverá ter um filme em cada Instituição;

5) Evitar maus tratos mecânicos como: amassar o filme, abrir o plástico protetor, molhar ou esquecer em lugares não apropriados;

6) Qualquer anormalidade na utilização do filme, deverá ser informada ao responsável pela proteção radiológica;

7) O funcionário é responsável pela correta utilização do filme e deverá zelar pelo mesmo. Comunicar quando o filme for perdido;

8) O filme de controle não pode ser utilizado. Ele se destina a servir de referência para os demais filmes.

9) Não utilizar o dosímetro, sob hipótese alguma, quando for submetido a exame médico ou terapia com radiação.

Controle de Qualidade em Braquiterapia

A Braquiterapia (braqui, do Grego pequena distância) consiste na colocação das fontes radioativas seladas a uma pequena distância do tecido-alvo. Devido ao rápido decaimento da dose proporcionalmente ao afastamento da fonte, altas doses podem ser liberadas ao tumor sem prejuízo das estruturas normais adjacentes.

O procedimento braquiterápico pode ser realizado de quatro diferentes formas: braquiterapia endoluminal, intracavitária, intersticial e molde superficial. Cada uma dessas modalidades é escolhida de acordo com a área a ser tratada. A forma endoluminal é quando se realiza o procedimento em lúmens (cavidades virtuais do organismo) tais como o esôfago, enquanto que a intracavitária é a realizada em cavidades como o traquéia e a cavidade uterina. A forma intersticial é quando se trata de estruturas sólidas (ex. próstata), e a fonte radioativa penetra no tecido tumoral liberando assim a dose na intimidade do tecido. E, finalmente, o molde superficial, modalidade muito utilizada no passado no tratamento dos tumores de pele, e hoje com menor importância devido aos avanços da teleterapia, é a forma na qual a fonte radioativa acoplada ao aplicador próprio (molde) é depositada na superfície da área a ser irradiada.



Figura 1. Exemplo de aplicadores de cavidade uterina e rinofaringe (intracavitários)

Igualmente à Radioterapia Externa, a unidade de dose em Braquiterapia é o Gray (Joule/segundo). De acordo com a ICRU 38, a Braquiterapia também é dividida em Alta, Média e Baixa Taxa de Dose, de acordo com a quantidade de radiação liberada (Gray) por uma fonte radioativa numa mesma unidade de tempo, geralmente medida em horas. Fontes radioativas de Braquiterapia de Baixa Taxa de Dose (BBTD) são fontes capazes de liberar doses entre 0,4 a 2,0 Gy/h, enquanto que fontes de Braquiterapia de Alta Taxa de Dose (BATD) são capazes de liberar doses acima de 12 Gy/h. A região intermediária entre a Baixa e a Alta Taxa

determina a Média Taxa de Dose. Na prática, a taxa de dose possui relação direta com o tempo de tratamento de cada paciente, visto que uma mesma dose pode ser liberada em tempos variados de acordo com a fonte radioativa escolhida. A taxa de dose escolhida também possui algumas implicações radiobiológicas importantes, mas que fogem do escopo desse capítulo.



Figura 2. Exemplos de aparelhos de Braquiterapia de Baixa e Alta Taxa de Dose.

A Braquiterapia de Alta Taxa de Dose possui uma série de erros potenciais por duas razões principais: a) o planejamento é relativamente complexo; b) o tratamento é realizado em um intervalo de tempo muito curto, o que não permite que eventuais erros possam ser corrigidos durante o tratamento. A BBTD se estende por vários dias, permitindo que erros sejam descobertos e corrigidos sem grandes prejuízos para o paciente. Entendendo isso, fica fácil observar que o Controle de Qualidade em Braquiterapia é muito mais importante em Braquiterapia de Alta Taxa do que na Baixa Taxa de Dose, por isso vamos nos deter mais nessa modalidade de tratamento.

Inicialmente temos os “checks” de segurança, que deverão ser realizados periodicamente. Com intuito didático vamos dividir os testes em testes que devem ser realizados diariamente pela manhã e em testes que devem ser realizados a cada troca da fonte radioativa, em média a cada três meses, quando a fonte for o Ir¹⁹². Temos também os “checks” do planejamento do tratamento e os “checks” que são realizados durante e após o tratamento. Por último vamos citar os principais procedimentos de segurança em uma unidade de Braquiterapia caso seja necessário.

“CHECKS” de Segurança Diários

São muito importantes porque constatarem diariamente o correto funcionamento do aparelho de Braquiterapia bem como de todos os dispositivos de segurança obrigatórios em um serviço. Devem ser realizados pela manhã, antes do início dos tratamentos.

1. Intercomunicadores e Monitores

Testar o funcionamento desses dois dispositivos de segurança, de presença obrigatória nos serviços de Braquiterapia.



Figura 3. Intercomunicador (seta da esquerda), Monitor (seta superior) e Console de Tratamento (seta da direita)

2. Conexão dos Aplicadores

Programa a unidade de Braquiterapia para liberar a fonte sem acoplar nenhum cabo ao cofre. Se tudo estiver funcionando bem um sinal sonoro será emitido e a fonte não será liberada.

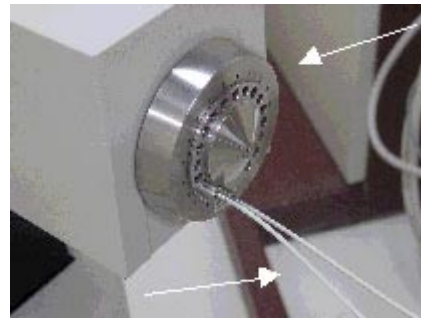


Figura 4. Cabos de conexão entre os aplicadores e o cofre onde está guardada a fonte (seta da esquerda) e os canais, local de conexão dos cabos no cofre (seta da direita)

3. Chave de travamento dos cabos

Todos os aparelhos de Braquiterapia possuem um sistema de travamento dos cabos ao cofre, impossibilitando assim que durante o tratamento os cabos possam ser desconectados. Para realizar este teste devemos programar a unidade para liberar a fonte sem que seja feito o travamento dos cabos. Se tudo estiver funcionando bem um sinal sonoro será emitido e a fonte não será liberada.

4. Inspeção do Fluxo nos Cabos

Conecte um cabo a um dos canais do cofre e dê uma volta nesse canal de forma que a fonte não seja capaz de passar através dele. Antes de liberar a fonte, o cofre obrigatoriamente libera um cabo de segurança, “check cable”, que possui as mesmas dimensões da fonte, com o intuito de verificar o correto acoplamento do aparelho ao cabo, do cabo ao aplicador e a permeabilidade dos mesmos, impedindo assim que a fonte fique presa fora do cofre, expondo assim o paciente e a equipe. Se tudo estiver correndo bem o “check cable” perceberá a volta e o risco da fonte ficar presa neste local. Sendo assim, um sinal sonoro será emitido, o “check cable” será recolhido e a fonte não será liberada.

5. Intertravamento da Porta da Sala

A fonte radioativa nunca deve ser liberada sem que a porta da sala de tratamento esteja devidamente fechada. Caso o tratamento já tenha sido iniciado ele deve ser auto e imediatamente interrompido caso a porta seja aberta. Para realizar esse teste devemos tentar liberar a fonte sem que a porta esteja devidamente fechada e/ou abrirmos a porta após a liberação da fonte. Se tudo estiver funcionando corretamente, um sinal sonoro será emitido e a fonte não será

liberada. Nos casos em que a fonte já está exposta, deverá ser recolhida imediatamente. Após o fechamento da porta o console de tratamento deve estar habilitado a reiniciar o tratamento.



Figura 5. Dispositivo que percebe quando a porta está fechada

6. Lâmpadas de Aviso de Fonte Exposta

Obrigatoriamente na frente da porta da sala de tratamento encontramos um sinal luminoso (verde x vermelho) que mostra pelo lado de fora que a fonte está exposta (vermelho). Este teste, mais simples, consiste em apenas observar o sinal luminoso vermelho na porta da sala quando a fonte está exposta.



Figura 6. Porta da sala de tratamento. No destaque vemos o sinalizador com a luz vermelha ligada evidenciando que a fonte está exposta

7. Monitor de Área

No exterior das salas de tratamento podemos também observar a presença de um monitor de radiação. O mesmo visa conferir, através da mensuração da taxa de exposição do ambiente à radiação, a presença de radioatividade no ambiente. Enquanto a fonte estiver exposta o monitor deverá acusar a

presença de radiação. Antes da equipe entrar na sala após o término de cada tratamento deve-se conferir o monitor para constatar que a fonte foi realmente recolhida.



Figura 7. Monitor de área evidenciando radioatividade na sala de tratamento (fonte exposta)

8. Botão de Interrupção do Tratamento

Durante o tratamento pode haver necessidade de se interrompê-lo por diversos motivos, como por exemplo o paciente não estar se sentindo bem. Nestes casos, no console de tratamento existe um botão de interrupção, "interrupt", que, ao ser pressionado, deverá interromper o tratamento com recolhimento da fonte, sem que o console perca os dados do tratamento. Após as devidas providências o tratamento poderá ser prontamente reiniciado, sem qualquer prejuízo.

9. Botão de Emergência

Conectado ao aparelho de Braquiterapia temos dois botões de emergência que devem ser colocados um do lado de dentro e o outro do lado de fora da sala. Apertando esse botão a fonte deve ser imediatamente recolhida sem que o console perca os dados do tratamento em andamento. Sua presença oferece um recurso a mais de interrupção do tratamento, caso haja necessidade e os outros recursos tenham falhado.



Figura 8. Botão de emergência

10. Troca de canal de tratamento

No cofre onde fica recolhida a fonte radioativa há vários canais onde os cabos podem ser conectados. Esses canais possuem numeração individualizada correspondente à numeração do cabo. O aparelho deve ser capaz de perceber a colocação de um cabo que não esteja em seu respectivo canal, evitando possíveis trocas em caso de tratamento que utilize vários cabos de tratamento. Para realizar esse teste basta colocar um cabo em um canal não correspondente. Se tudo estiver bem um sinal sonoro será emitido e a fonte não será exposta.

11. Verificação da Indexação da Fonte

Na BATD somos capazes de prescrever a dose em um ponto específico do tratamento, determinando o tempo e a localização em que a fonte radioativa irá parar. Para tal é muito importante conferir se a fonte pára no local exato determinado no planejamento. Para realizar esse teste devemos utilizar uma régua própria e conferir se o local em que a fonte parou foi o mesmo determinado pelo sistema de planejamento.

12. Chave de Travamento do Cofre

Na parte superior do cofre existe uma chave de travamento, que ao ser posicionada, impede que a fonte seja exposta. Após o término de um dia de tratamento o cofre deve ser travado e destravado no início do outro dia. Tal dispositivo aumenta a segurança caso alguém sem o devido preparo consiga ter acesso

“CHECKS” de Segurança a Serem Realizados a cada Troca de Fonte

Os testes realizados após a troca da fonte compreendem procedimentos que visam conferir a atividade da fonte que acabou de chegar como também o bom funcionamento do equipamento após a troca. Em sua maioria são procedimentos de dosimetria e são realizados por físicos especializados, por isso serão apenas citados:

1. Dosimetria da fonte (Calibração);
2. Conferência do posicionamento da fonte (Indexação);
3. Conferência do tempo de tratamento do console com um cronômetro (Cronometria);
4. Conferência das baterias do aparelho de Braquiterapia – caso haja uma falta de energia o aparelho de Braquiterapia deve ter força o suficiente para recolher a fonte;
5. Conferência se há compatibilidade entre os

dados da mesa digitalizadora e o que é realizado no sistema de planejamento;

6. Levantamento radiométrico do cofre do equipamento.



Figura 9. Exemplo de Sistema de Planejamento e Mesa Digitalizadora de Braquiterapia

Procedimentos Durante o Tratamento

Durante o tratamento o operador deve permanecer alerta às condições do paciente bem como da fonte. Mesmo que o tratamento dure poucos minutos, alguns cuidados devem ser observados:

1. Através do monitor, verificar o posicionamento do paciente durante o tratamento, bem como ficar atento às suas necessidades. Caso seja necessário, entrar em contato com o mesmo através dos intercomunicadores ou mesmo interromper o tratamento.
2. Conferir se o tempo do sistema de planejamento confere com o lido pelo console.
3. Caso tenha sido realizada a otimização computadorizada com mudança dos tempos de parada da fonte, “source time”, no sistema de planejamento, conferir se houve a referida leitura pelo console.

Procedimentos Após o Tratamento

1. Conferir no console se realmente terminou o tratamento;
2. Conferir pelos monitores de área se houve recolhimento da fonte;
3. Através de um monitor portátil de radiação (Geiger), verificar se há radioatividade no paciente;
4. Medir o nível de radioatividade da sala de tratamento.

Procedimentos de Emergência

Uma folha de procedimentos de emergência, contendo instruções, nome e telefone do físico responsável, deve ser colocada em todas as unidades de Braquiterapia.

Os procedimentos são:

1. Aperte o botão vermelho de emergência.
2. Entre na sala de tratamento:
 - *Pressione o painel de acesso que está localizado na parte superior da unidade de tratamento para ter acesso ao motor de arranque manual dourado. Gire-o na direção indicada pela flecha até que ele trave.*
 - *Se a fonte retrair vá para o passo 7, caso contrário, vá ao 3.*
3. Desconecte o aplicador da máquina. Remova a máquina para bem distante do paciente.
4. Verifique se há presença de radiação no paciente. Se a radiação for detectada, retire o aplicador do paciente, assegurando-se de que a radiação esteja limitada somente ao aplicador.
5. Imediatamente ajude o paciente a sair da sala. Uma pessoa totalmente qualificada deverá assegurar que o aplicador esteja blindado.
6. Deixe a sala. Feche a porta. Marque a sala com um aviso de "NÃO ENTRE".
7. Retenha o registro de tratamento e comunique-se com as seguintes pessoas:
Físico Responsável;
Médico;
Representante do Aparelho.

Bibliografia

1. WILLIAMSON, J.F.; Physics of Brachytherapy. In: PEREZ, C.A. & BRADY, L.W., Principles and Practice of Radiation Oncology. 3ª ed. 1998. Pag: 405.
2. THOMADSEN, B.R., Physics and Quality Assurance for Brachytherapy – Part I: High Dose

Rates. 42nd Annual Scientific Meeting for ASTRO. 2000

3. SILVA, M.P.; Garantia de Qualidade em Radioterapia. In: Curso de Atualização em Proteção Radiológica em Radioterapia. 1997

Ações de Enfermagem em Radioterapia

Introdução

O enfermeiro especialista em radioterapia deve buscar conhecimentos teórico-práticos sobre o tratamento em teleterapia, braquiterapia e radioproteção através de cursos de atualização, reuniões científicas do serviço e participação nos programas de qualidade.

Cabe ao enfermeiro traçar metas que assegurem a qualidade da assistência ao cliente oncológico, atuando na prevenção, tratamento e reabilitação relativamente aos procedimentos radioterápicos, através da sistematização da consulta de enfermagem e de cuidados específicos das necessidades básicas afetadas de cada cliente.

Ações Gerais

- Parcerias com toda equipe da radioterapia;
- Atuação em algumas etapas do planejamento terapêutico do cliente;
- Participação nos protocolos clínicos institucionais;
- Participação na formação e atualização de profissionais através de aulas teóricas/práticas;
- Viabilização do cumprimento de algumas normas de radioproteção;
- Atuação em encontros e congressos para atualização;
- Participação nos programas governamentais em que a radioterapia esteja incluída;
- Planejamento e controle de recursos humanos de enfermagem e materiais inerentes ao serviço de radioterapia;
- Garantia de um cuidado de enfermagem qualificado, seguro, humanizado e individualizado ao cliente submetido a tratamento radioterápico.

Ações de Enfermagem no Tratamento de Teleterapia

A função da equipe de enfermagem (enfermeiros e auxiliares de enfermagem) engloba os objetivos do tratamento, prevenção das complicações e minimização dos efeitos inevitáveis do tratamento.

Para que se tenha segurança para desempenhar e em alguns procedimentos delegar ao aux. de enfermagem essas atividades, o enfermeiro deve conhecer os princípios da

radioterapia, as principais características dos efeitos colaterais mais frequentes e as medidas necessárias para diminuir essas toxicidades.

Deve-se saber as finalidades do tratamento e se ele será exclusivo ou combinado, para cada sessão individual de cada cliente assistido.

Para que tenha condições de orientar o cliente, o enfermeiro, na sua consulta, deve realizar um histórico de enfermagem (em formulário próprio).

Esse histórico inclui :

- Hábitos de vida;
- Histórico social;
- Histórico clínico;
- Histórico patológica progressa;
- Exame físicos.

As condutas de uma consulta de enfermagem devem estar centradas nesse histórico e nas orientações necessárias sobre o tratamento de radioterapia.

Essa orientação individual deve considerar o nível de percepção e instrução do paciente, seu grau de entendimento, seus hábitos de vida e principalmente suas condições de higiene. Estas condições são primordiais para a minimização dos efeitos tóxicos do tratamento.

As etapas do tratamento são detalhadas e a importância do comparecimento à revisão médica semanal é ressaltada.

Os folhetos informativos são de importância fundamental para que em casa, com maior tranquilidade e junto com a família, o cliente possa sanar algumas dúvidas.

As consultas subseqüentes são importantes para complementar informações que o cliente não tenha captado e para monitorização da pele no tecido irradiado.

Medidas para Minimizar as Reações de Pele

- Inspeccionar diariamente o local irradiado;
- Hidratação oral;
- Alimentação saudável;
- Lavar a área demarcada, sem esfregar a pele preparando uma água de temperatura normal com espuma de um sabonete hidratante;
- Tomar cuidado com a força dos jatos de água (chuveiro ou duchas) em cima da pele que está sendo irradiada;
- Não deixar por muito tempo a pele suada, pois é o suor que faz a tinta da área demarcada clarear;
- Usar roupas leves, claras, de preferência de malha de algodão, evitando tecidos sintéticos;
- Não coçar, depilar ou cobrir a pele com fita adesiva no campo de aplicação;
- Não usar desodorante, talcos ou qualquer outro produto tóxico que não seja orientado pelo médico ou enfermeiro;
- Evitar exposição solar;
- Não faltar às revisões médicas e as consultas de enfermagem.

Procedimentos no Posto ou Sala de Enfermagem e Repouso

Ao longo do tratamento radioterápico há procedimentos específicos de acordo com o planejamento terapêutico do cliente assistido.

Numa consulta médica de 1º vez ou numa consulta de mesa redonda, pode haver a necessidade da administração de alguma medicação no paciente, de urgência ou não, o que é feito pela equipe de enfermagem que estiver na sala.

A administração dessas medicações pode ser via oral, intra-muscular ou venosa, ou simplesmente uma reposição hídrica.

Pode haver a necessidade de reposição ou colocação de sonda, enteral ou vesical, que também poderá ser feita pela equipe nessa sala.

Durante o tratamento, dependendo da área tratada, poderá haver a necessidade de realização de curativos, com trocas diárias, que também é feita pela equipe de enfermeiros da sala.

Para os pacientes de cabeça e pescoço é fundamental a troca da cânula de traqueostomia

antes de cada aplicação.

O paciente é orientado a trocar na sala de procedimentos de enfermagem sua cânula metálica.

Nos casos de pacientes traqueostomizados, é importante que toda a equipe (médica, técnicos e enfermagem) esteja atenta.

Pacientes com cânulas deverão ter prioridade no atendimento, pois o paciente não pode ficar muito tempo com a cânula de plástico devido à estenose.

A equipe deve observar sinais de hemorragias e nível de respiração desses pacientes.

As crianças também merecem uma atenção especial. A consulta de enfermagem deve ser feita preferencialmente com a mãe e o pai juntos.

É importante que a equipe técnica de radioterapia e anestesia (se a criança tiver que ser anestesiada) seja sempre a mesma, para que a criança se sinta segura e confiante.

Ações de Enfermagem no Tratamento de Braquiterapia

A consulta de enfermagem também é importante para a realização do tratamento de braquiterapia (alta taxa ou baixa taxa).

Um cliente bem orientado se sente mais seguro e com isso colabora e participa mais para com o tratamento.

A consulta de enfermagem segue os mesmos princípios da consulta de radioterapia, dando ênfase nas etapas do procedimento, duração do tratamento, nº de inserções, observação dos efeitos colaterais possíveis, orientações para internação ou não, dependendo do tipo de procedimento que irá ser realizado, tudo isso em formulário próprio.

É necessária a presença constante de um enfermeiro no setor de braquiterapia, devido às especificidades dos procedimentos.

O risco de hemorragias, paradas cardio-respiratória e outras urgências requer atuação de profissionais qualificados para o atendimento.

O agendamento do paciente tem que ser sistematizado e testado constantemente pelo

enfermeiro. Muitas vezes se faz necessário uma triagem e a avaliação para a condução dessa agenda.

Outro ponto muito importante é o acondicionamento, limpeza, esterilização e manutenção de todo instrumental específico para o tratamento de braquiterapia. E isso é tarefa também da equipe de enfermagem, que tem que estar treinada no manuseio e técnicas de esterilização para cada tipo de material.

Durante o procedimento, o enfermeiro tem que assistir o paciente e estar atento para :

- Posicionar o paciente na mesa de tratamento;
- Preparar material necessário para cada tipo de procedimento (aplicadores, anéis, agulhas, cateteres ,etc...) e, se necessário sondar o paciente (via vesical);
- Auxiliar o médico durante a inserção dos aplicadores;
- Informar o cliente do início e duração da aplicação;
- Observar o paciente pelo circuito interno durante a aplicação.

A participação nas reuniões científicas do serviço para discussão e análise dos casos, a atenção para a história clínica do cliente, exames, programação terapêutica, estudos radiológicos, seleção dos aplicadores, dose no volume-alvo, dificuldades técnicas, resultados e complicações são tarefas do enfermeiro, para cada vez mais aprimorar e sistematizar suas ações.

Enfim, o enfermeiro poderá ser um agente facilitador para a integração da equipe.

Colimador com multi-lâminas

O Colimador com multi-lâminas – “Multileaf Colimator” (MLC) é um sistema de colimação que usa várias lâminas finas com a finalidade de moldar o campo de tratamento na terapia conformal.

O MLC somente está disponível para feixes de fótons.

É constituído por pares opostos, paralelos, de lâminas de tungstênio, que deslizam entre si com uma velocidade de 1,5 cm/s, tendo cada lâmina, um motor independente.

A figura 1 mostra o colimador com MLC, neste caso constituído por 26 pares de lâminas.

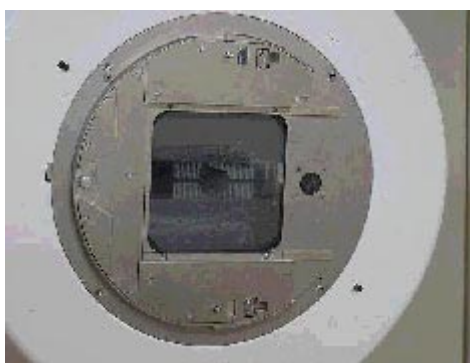


Fig.1 – Vista frontal do colimador com MLC com 26 pares de lâminas.

Na figura 2 temos a demonstração do motor de cada uma das lâminas.



Fig.2 – Demonstração das lâminas

Existem vários fabricante de MLC, dentre eles citamos: Varian, Siemens, GE, Philips. O número de pares de lâminas varia, podendo ser de 26, 48 e 60, dependendo do fabricante.

A seguir abordaremos, nas figuras 3A, 3B e 3C, as características do MLC da Varian, por ser a que dispomos no Serviço de Radioterapia do INCA.

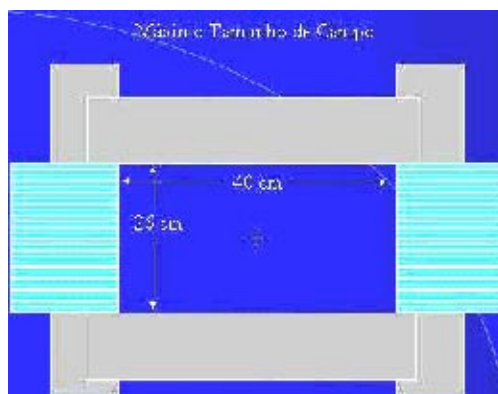


Fig. 3A – Máximo tamanho de Campo

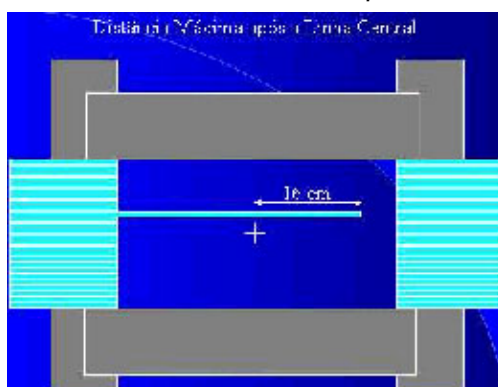


Fig. 3B – Distância máxima após a linha central

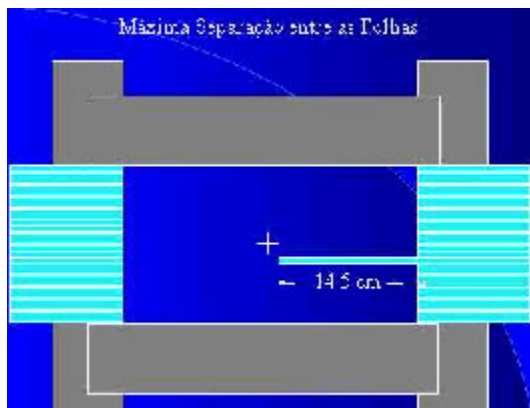


Fig. 3C –Máxima separação entre as lâminas

Geralmente as folhas do MLC tem 10 mm de largura projetada no isocentro, 60 mm de espessura (altura da lâmina) e o comprimento varia de acordo com o número de pares de lâminas, normalmente entre 20 a 40 cm.

Quanto às vantagens do MLC em relação ao bloco de proteção, podemos relacionar:

- Programação rápida, feita pelo computador;
- Seu formato pode ser gerado ou modificado rapidamente;
- Diminui a dose na pele;
- Pode ser utilizado com compensação eletrônica para programações com feixes de intensidade modulada (IMRT);
- Minimiza o trabalho do técnico, diminuindo o tempo de tratamento do paciente.

Quanto às desvantagens, podemos citar:

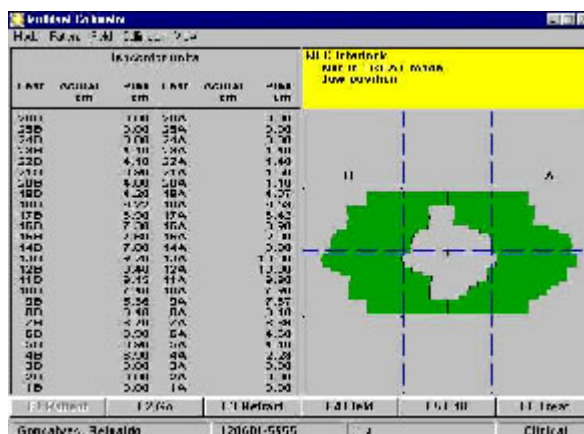
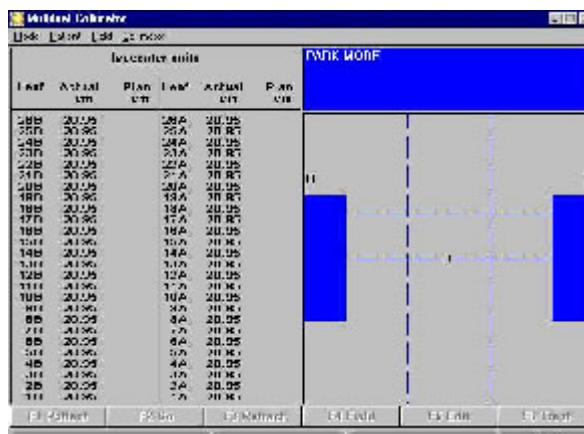
- Transmissão maior que o bloco de **cerrobend**,
- Penumbra ligeiramente maior;
- Restrições para o uso com filtro;
- Não molda todos os formatos de tumores.

Uma demonstração de como se processa o tratamento com MLC para IMTR é mostrada na figura 4. Neste caso, o tratamento é programado e as lâminas se movem automaticamente durante todo o período de tratamento, e, o MLC é dito dinâmico.



Alguns tratamentos também podem ser realizados pela técnica do “step and shoot”, o que corresponde em posicionar as lâminas em cada um dos campos conformados e proceder ao tratamento.

O uso do MLC requer certos cuidados e atenção do técnico no posicionamento do paciente e localização da área a ser irradiada. Como o formato das lâminas é montado pelo computador, o técnico deve estar sempre atento à posição do “gantry”, ângulo de rotação do colimador e posições dos colimadores recomendados para o campo a ser tratado.



Colimadores Assimétricos

Introdução

Colimadores são estruturas ou dispositivos metálicos, compostos normalmente por chumbo ou tungstênio, existentes em unidades de teleterapia. Por vezes, na forma de aplicadores em unidades de ortovoltagem, podem ser constituídos de material não metálico (acrílico). Têm como objetivo dar forma aos feixes de radiação através de processo de absorção, permitindo a passagem de fótons por abertura fixa (colimadores fixos). Numa segunda etapa absorvem também fótons secundários, e por movimentação simétrica ou assimétrica permitem definição apropriada das áreas de tratamento.

Colimadores fixos ou primários

Normalmente presentes em unidades de kilovoltagem (Kv) e megavoltagem (Mv), estão situados junto à estrutura emissora de fótons (alvo) ou à "janela" de saída de elétrons. São exatamente os colimadores fixos que vão determinar o campo geométrico máximo disponível em determinado equipamento. Se utilizarmos como exemplo a unidade de cobaltoterapia, considerando uma fonte radioativa com emissão em múltiplas direções, o colimador fixo permitirá a "focalização" desses; daí a afirmação de que são capazes de formatá-los.

Quanto à definição máxima de campo, isto pode ser explicado pela queda da taxa de exposição primária em 50% na borda de campo, o que, por exemplo, é atingido na abertura de 20° em aceleradores de 4Mv. (Figura 1)

Colimadores móveis ou secundários

Também presentes em unidades de ortovoltagem e megavoltagem, se apresentam como dispositivos externos (aplicadores - cones) ou dispositivos próprios do equipamento (diafragmas - figura 1). No caso dos aparelhos de megavoltagem, são dispostos em 2 pares, perpendiculares entre si e sobrepostos, em íntimo contato. Nos aceleradores mais modernos, dispomos do deslocamento assimétrico, permitindo movimentação individualizada das

bordas dos campos (figura 2). Em muitas situações, vão substituir os blocos de colimação assim como permitir a composição de campos irregulares na forma de múltiplas lâminas de colimação ("Multi Leaf Collimation" - MLC).

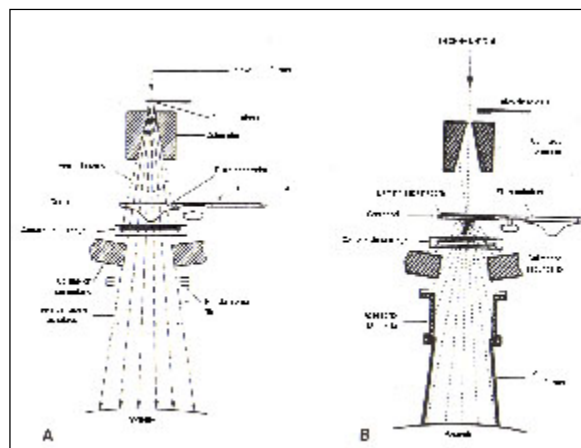


Figura 1 – Pictograma descritivo das estruturas de um acelerador linear envolvidas na emissão dos raios x e elétrons

Colimadores assimétricos – Vantagens técnicas

A utilização destes dispositivos permite maior agilidade no tratamento, com redução do tempo de permanência do paciente na sala. Isto pode ser bem exemplificado nos tratamentos em campos tangentes em mama ou plastrão, quando é exigido o uso de hemi-bloqueador (figura 4). Nesta situação é necessária a inversão da posição do bloco na bandeja no momento da angulação oposta do "gantry". Há que se lembrar, também, que a manipulação deste bloco pode tornar-se perigosa devido ao peso excessivo, pendente muitas vezes sobre esses pacientes. De outra forma, em situações onde é necessária a colimação para definir campos reduzidos sobre estruturas nobres (ex. cristalino, medula espinhal), os colimadores assimétricos asseguram menor risco de erro em localização. Portanto, são mais econômicos, uma vez que seu uso acaba com a necessidade de material e oficina para a confecção de blocos, assim como pessoal especializado para essa atividade.

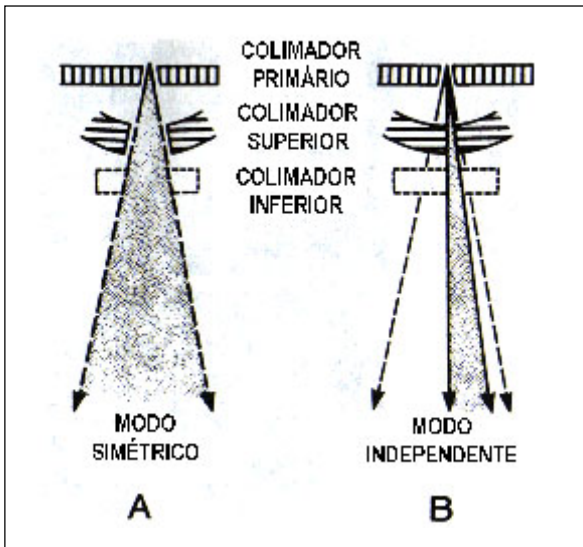


Figura 2 – Colimadores independentes

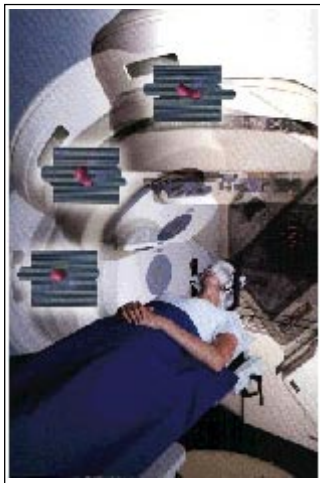


Figura 3 - Acelerador linear equipado com MLC



Figura 4 - Bloqueador de meio campo

Colimadores assimétricos – Vantagens clínicas

Algumas vantagens clínicas podem ser sugeridas como um melhor perfil de campo em relação ao uso de blocos, com redução da penumbra, assim como redução do volume

irradiado pela retificação dos feixes, com exemplo do tratamento de mamas em campos tangentes. A figura 5 apresenta um pictograma de paciente em tratamento de mama com campos tangentes, e de fossa supra clavicular com campo anterior direito. A utilização de colimadores independentes em ambos os campos viabiliza uma retificação na divergência dos feixes e uma junção de campos mais adequada. No mesmo raciocínio, permite-se poupar tecidos vizinhos quando for indicado o uso de altas doses de tratamento (reforço) e em junções de campos, implicando em menor risco de variações de dose nessa região.

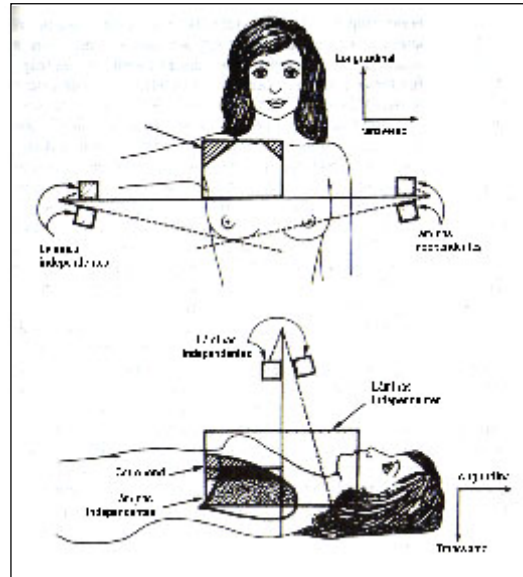


Figura 5 – Exemplo de tratamento de mama

O chamado efeito “contaminação de elétrons” representado pela interação dos blocos de colimação com o feixe de radiação seria também reduzido com a utilização de colimadores independentes. Esse mecanismo é observado devido à divergência do feixe ser menor quanto maior for a proximidade do feixe central, definindo uma trajetória paralela deste feixe com a borda do bloco colimador.

Acessórios R x T

Acessórios de Planejamento ■

O tratamento com as radiações ionizantes normalmente é feito de forma fracionada, com aplicações diárias, o que implica na necessidade de um posicionamento e imobilização adequados para a reprodutibilidade das características do planejamento. Acessórios padronizados permitem segurança no tratamento pela garantia da imobilização, conforto para o paciente e agilidade no posicionamento pelo técnico, imprimindo qualidade à radioterapia no dia-a-dia. Muitos desses acessórios são padronizados, mas permitem configurações personalizadas para cada paciente. A seguir serão analisados alguns desses acessórios:

• Suportes para Cabeça e Pescoço

São bases com conformações variadas que permitem mobilizar a extensão da coluna cervical de acordo com a proposta do tratamento. São identificados usualmente por letras que, ao serem registradas na ficha de tratamento, facilitam sua identificação pelo técnico na hora da aplicação. Por vezes a mobilização desejada não pode ser realizada com esses suportes padrão. Nesses casos, suportes individualizados de gesso, espuma ou isopor são confeccionados na oficina de molde para viabilizar o posicionamento desejado. A figura 1 mostra um jogo padronizado de suportes de cabeça e pescoço.



Figura 1 – Exemplo de suportes de cabeça e pescoço

• Máscaras Termoplásticas

A mobilização em radioterapia evoluiu muito após a criação das máscaras termoplásticas, viabilizando um posicionamento personalizado, rápido e seguro dos pacientes.

Essas máscaras são feitas de material sintético que tem a propriedade de amolecer com o aquecimento. São disponibilizadas em forma de placas sustentadas por moldura plástica que são submersas em um recipiente com água quente e imediatamente aplicadas sobre a superfície a ser mobilizada. Estas máscaras podem ser utilizadas em qualquer tipo de mobilização de tratamento: pelve, membros, mama, cabeça e pescoço, etc...



Figura 2 - Confeção da máscara termoplástica

A figura 2 representa a confecção de uma máscara para um tratamento de cabeça e pescoço. A paciente é posicionada sobre o suporte escolhido de forma confortável. A placa plástica com a máscara é aquecida e imediatamente posicionada sobre a área a ser imobilizada e em minutos, após sua secagem, ela enrijece tornando a estrutura imobilizada. Esse procedimento pode ser realizado diretamente no simulador devido a sua rapidez e sob supervisão direta do médico. Na figura 3 observa-se o "frame" com o material termoplástico e, após o aquecimento, a sua fixação sobre a mama da paciente. Essas máscaras são muito úteis nos casos de mamas pendentes volumosas pois além de fixar a mama e permitir reprodutibilidade de planejamento, viabiliza conforto para a paciente.

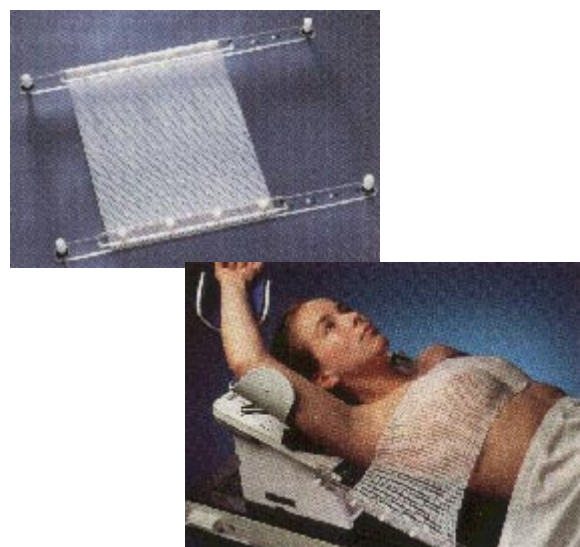


Figura 3 – Exemplo de máscara termoplástica para mama e seu posicionamento

• **“Breast Board”**

É uma mesa de suporte para tratamento radioterápico da mama. Consiste em uma prancha apoiada em base anexa que permite angulação da paciente, além de ser apoio para suportes onde se repousa o braço a ser elevado de acordo com o posicionamento usual para o tratamento. Esses suportes são dispostos de acordo com referências alfanuméricas, que devem ser registradas na ficha de tratamento para guiar o posicionamento diário da paciente.



Figura 4 – Exemplo de “Breast Board”



Figura 5 – Paciente posicionada



Figura 6 – Referências de posição da cabeça



Figura 7 – Referências da angulação do braço

• **Suporte para Abdome**

Nos casos de tratamento em decúbito ventral, os pacientes com abdômen em aortal têm sua mobilização comprometida, pois nessa posição o abdômen funciona como um “mata-borrão”, impedindo a imobilização. Nesses casos, pode-se lançar mão deste acessório que consiste em uma mesa com orifício central para acomodar o abdome do paciente e assim impedir o movimento pendular. Este acessório pode ser confeccionado na oficina de moldes sem maiores dificuldades. A figura 8 mostra um acessório padronizado posicionado sobre a mesa de tratamento.

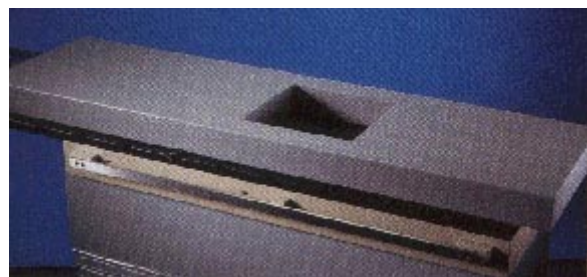


Figura 8 – Suporte para abdome (belly board)

• **Cadeira para Tratamento**

Muitos são os casos de pacientes que não suportam o decúbito e necessitam de radioterapia. O posicionamento desses pacientes é dificultoso pois eles também não conseguem ficar sentados por muito tempo, além de ter sua cifose torácica acentuada na posição sentada. Um recurso para solucionar este problema é a utilização desse acessório que consiste em uma cadeira com o encosto vazado, suporte para cabeça e braços, capaz de sustentar esse tipo de paciente. A figura 9 mostra um exemplo desse acessório. Atenção aos tipos de suportes para cabeça que podem ser utilizados. Como a utilização deste acessório é comum a pacientes

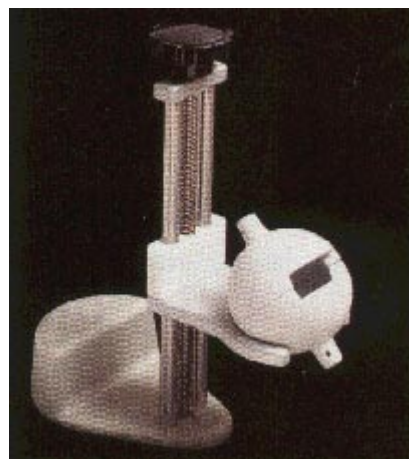
de estado geral comprometido e em cenário paliativo, devido ao custo não é um acessório muito utilizado no Brasil.



Figura 9 – Cadeira de tratamento

• Protetores Testiculares

A radiação é conhecida por seu efeito de esterilização reprodutiva e em muitos casos a irradiação de áreas próximas aos testículos aumenta os riscos desse efeito colateral. Naqueles casos em que a irradiação dos testículos não é indicada e que a proteção dos mesmos não implica em comprometimento da técnica proposta de tratamento de estruturas adjacentes, pode-se lançar mão deste acessório. Os protetores testiculares são um invólucro de chumbo que envolve e protege essa estrutura anatômica. São apoiados em base especial para dar conforto ao paciente. As figuras 10 e 11 mostram os invólucros em diferentes tamanhos e a base de suporte.



Figuras 10 e 11 – Exemplo de protetores testiculares e suporte de apoio

• Travesseiro para Decúbito Ventral

Para aqueles posicionamentos em decúbito ventral onde a utilização de um travesseiro convencional pode impedir uma posição confortável para o paciente e comprometer a sua imobilização. O travesseiro para decúbito ventral é um suporte com a base vazada onde o paciente acomoda sua face, além de ter inclinada sua porção inferior para acomodar o contorno do tórax. A figura 12 apresenta um acessório do tipo.



Figura 12- Exemplo de travesseiro para decúbito ventral ("Pron pillow")

• Protetores Oculares

Naqueles casos onde lesões perioculares têm indicação de radioterapia, a preservação da visão é um aspecto importante na qualidade do tratamento. Esses acessórios são lentes de chumbo revestidas de cerâmica, que são posicionadas sobre a córnea do paciente para proteção do cristalino e diminuição dos riscos de catarata actínica. O posicionamento das lentes pode ser feito pelo técnico, que necessita instilar

algumas gotas de anestésico no olho antes do procedimento. O médico deve liberar esse posicionamento pois alguns doentes podem apresentar contra-indicações ao uso do colírio.



Figura 13 – Exemplo de protetores oculares

• Retrator de ombros

Acessório para estabelecer o posicionamento em pacientes de cabeça e pescoço onde a abordagem com campos látero-laterais sobre região cervical é otimizada com a retirada dos ombros do campo de tratamento. O paciente é posicionado em decúbito dorsal e segura duas alças apoiadas sobre seus pés, tracionando o ombro e retirando sua superposição da região cervical. Pode ser também utilizado em outros posicionamentos, pois viabiliza um alinhamento melhor do paciente sobre a mesa. As figuras 15 a 17 apresentam o acessório e detalhes do seu posicionamento. A configuração do retractor é registrada em folha de tratamento para reprodutibilidade diária. A utilização de acessórios adaptados, como exemplo uma corda com manetes amarradas em posições diferentes, também confere resultado satisfatório ao posicionamento.

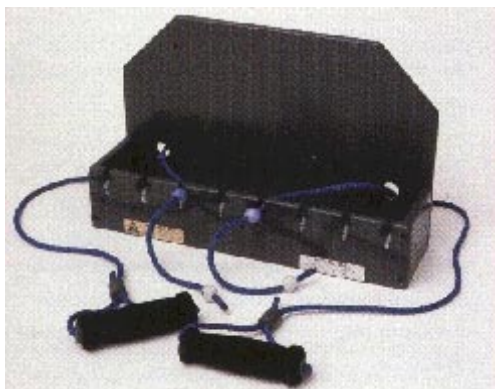


Figura 15 – Exemplo de Retrator de ombros



Figura 16 – Mão segurando alça



Figura 17 – Paciente posicionado com retractor de ombros

• Bolus padronizado

A utilização de feixe de elétrons convive com a necessidade freqüente da utilização de bolus para superficialização das curvas de isodose. Esse acessório consiste em um jogo de placas de polímero, com densidade semelhante à do corpo humano, com diferentes espessuras, ideal para o uso em superfícies planas. Sua utilização otimiza o atendimento diário aos pacientes e diminui o custo com a confecção de bolus personalizados de cera sem prejuízo de qualidade. Para posicioná-lo basta repousar a placa sobre a área a ser tratada obedecendo as margens de segurança.



Figura 18 – Bolus padronizado

• Suporte para tratamento com braços elevados

O tratamento da região do tórax e do abdome superior quando necessita de campos laterais ou oblíquos implica na necessidade de elevação dos membros superiores. Essa posição é muito incômoda e compromete a imobilização, pois o paciente fica sem apoio. Esse acessório é um suporte para que o paciente segure e se mantenha na posição de forma mais confortável. Ele tem adaptação aos suportes de cabeça e pescoço, configurando-se como um acessório completo neste posicionamento. As figuras 19 e 20 apresentam este suporte e seu posicionamento.

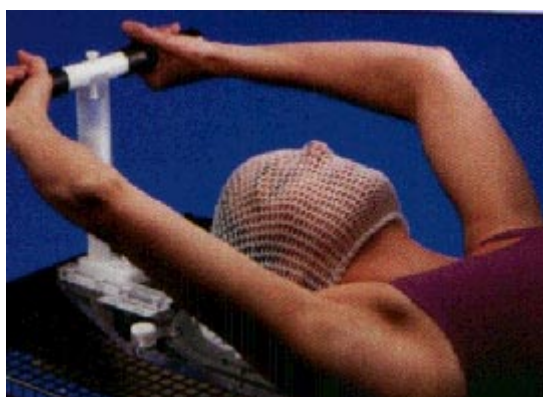


Figura 19 – Paciente posicionado com o suporte para braços elevados



Figura 20 – Exemplo de suporte para braços elevados

• Suporte pélvico

Com o tratamento conformacional, a imobilização passou a ser fundamental, em vista dos campos e margens pequenas utilizadas. O suporte pélvico tem a mesma proposta das máscaras termoplásticas e é feito de material semelhante, só que mais rígido. Esse acessório tem indicação nos tratamentos pélvicos de maneira geral mas especialmente nos de próstata. As figuras 21 e 22 apresentam o acessório.



Figura 21 – Paciente posicionado com o suporte pélvico em decúbito ventral

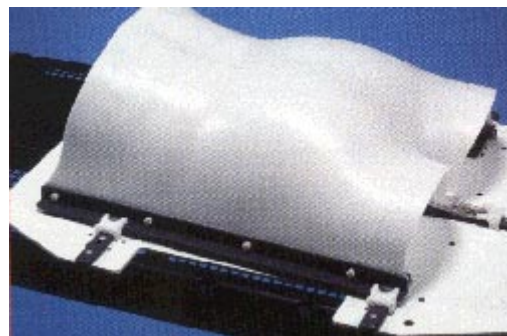


Figura 22 – Exemplo de suporte pélvico

• “Alfa Cradle”

É um acessório de imobilização personalizado para cada paciente. Consiste em um recipiente cheio de partículas de polímero sintético que assume os contornos do paciente ao ser retirado o ar de seu interior. Existe também outro tipo de “alfa cradle” que não utiliza o vácuo para definir os contornos do paciente. Ele já é preenchido por polímero especial que ao secar assume os contornos do paciente. Esse segundo tipo não permite reaproveitamento. Esses acessórios de imobilização conferem segurança e reprodutibilidade ao tratamento, além de propiciar conforto para o paciente e agilização no posicionamento pelo técnico em radioterapia. A figura 23 mostra a utilização de um acessório desse tipo.

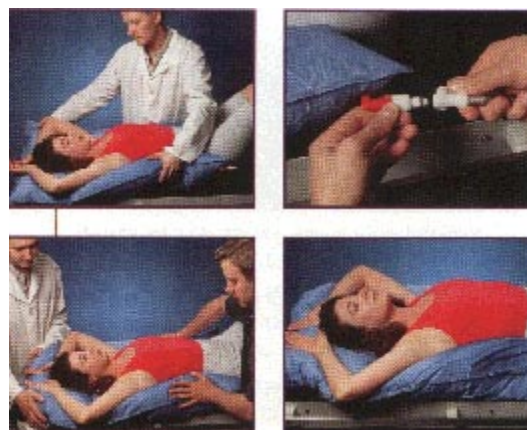


Figura 23 – Confecção de um “alfa-cradle”