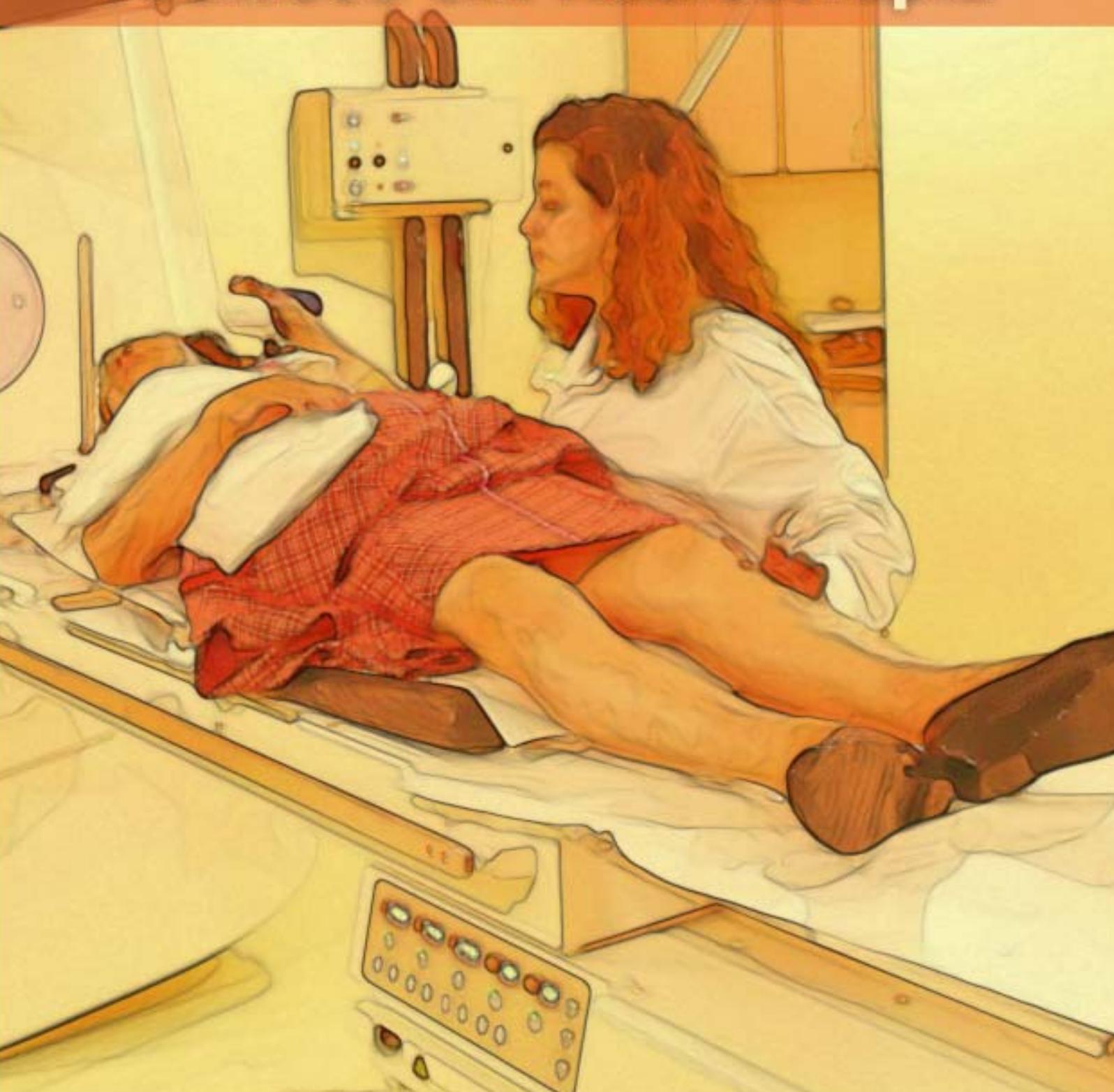


MINISTÉRIO DA SAÚDE
Instituto Nacional de Câncer (INCA)

Atualização para Técnicos em Radioterapia



Atualização para Técnicos em Radioterapia



© 2010 Instituto Nacional de Câncer/ Ministério da Saúde.

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

Tiragem: 5.000 exemplares.

Elaboração, distribuição e informações

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Instituto Nacional de Câncer (INCA)

Divisão de Apoio à Rede de Atenção Oncológica (DARAO)

Rua dos Inválidos, 212 – 3º andar – Centro

20.231-020 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (0xx21) 3970-7400

Serviço de Qualidade em Radiações Ionizantes (SQRI)

Rua do Rezende, 128 – sala 322 – Centro

20231-092 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (0xx21) 3970-7830 / Fax: 3970-7829

E-mail: pqrt@inca.gov.br

www.inca.gov.br/pqrt

Equipe de Elaboração

Anna Maria Campos de Araújo (SQRI)

Eliane Moscoso Braga Teixeira (SQRI)

Roberto Salomon de Souza (SQRI)

Sandra dos Santos Gonzaga Victorino (SQRI)

Victor Gabriel Leandro Alves (SQRI)

Equipe Técnico-Pedagógica

Anna Maria Campos de Araujo (SQRI)

Antonio Tadeu Cheriff dos Santos (Tecnologias Educacionais Interativas/CEDC)

Euclides Etienne Miranda Arreguy

Francisco José da Silveira Lobo Neto

Roberto Salomon de Souza (SQRI)

Victor Gabriel Leandro Alves (SQRI)

Edição

COORDENAÇÃO DE EDUCAÇÃO (CEDC)

Serviço de Edição e Informação Técnico-Científica

Rua do Rezende, 128 - Centro

20230-092 - Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (21) 3970-7818

Equipe Editorial

Supervisão Editorial: Letícia Casado

Edição e Produção Editorial: Taís Facina

Revisão: Maria Helena Rossi Oliveira

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação: Cecília Pachá

Ilustrações: Chester Martins (Tecnologias Educacionais Interativas/CEDC)

Foto da Capa: Acervo INCA

Normalização Bibliográfica: Eliana Rosa Fonseca

(bibliotecária), Iris Maria de Souza Carvalho (bibliotecária),

Nathalia Nave (estagiária)

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

FLAMA

FICHA CATALOGRÁFICA

B823a	Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Atualização para técnicos em radioterapia / Instituto Nacional de Câncer. - Rio de Janeiro: INCA, 2010. 100p. il. color., tab. ISBN 978-85-7318-164-7 1. Radioterapia. 2. Radioterapia - instrumentação. 3. Pessoal Técnico de Saúde. I. Título. CDD 615.842
-------	--

Catálogo na fonte - Seção de Bibliotecas/ Coordenação de Educação

Títulos para indexação

Em inglês: Refresher program for radiotherapy technicians

Em espanhol: Actualización para técnicos en radioterapia

MINISTÉRIO DA SAÚDE
Instituto Nacional de Câncer (INCA)

Atualização para Técnicos em Radioterapia

Rio de Janeiro, RJ

2010

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos em radioterapia do Hospital do Câncer I/Instituto Nacional de Câncer (INCA/MS) pela colaboração durante o processo de fotos, por apresentar os problemas e dificuldades enfrentados durante suas rotinas de trabalho, e pelo *feedback* do material produzido. Em especial aos técnicos da oficina e do simulador e à supervisora Zulma dos Santos Casquilha.

Ao técnico em radioterapia Geneci Lauredo da Silva pela cessão de algumas fotos de seu Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, realizado no INCA.

SUMÁRIO

◆ Introdução	15
◆ Capítulo 1 - Uma abordagem histórica	17
◆ Capítulo 2 - Os equipamentos	21
◆ Capítulo 3 - Acessórios para tratamento	39
◆ Capítulo 4 - Oficina de moldes em radioterapia	49
Roteiros	53
Roteiro para confecção de bólus de cera	53
Roteiro para confecção de máscaras termoplásticas.....	56
Roteiro para confecção de berço de neuroeixo	57
Roteiro para confecção de blocos de proteção	59
◆ Capítulo 5 - Simulação e planejamento do tratamento: fundamentos anatômicos e geométricos	67
◆ Capítulo 6 - Simulação de técnicas de tratamento para os casos mais frequentes de câncer	75
◆ Capítulo 7 - Abordagem psicológica	91
◆ Encerramento	99

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Capítulo 1

Figura 1.1 - Röntgen e a primeira imagem radiográfica	17
Figura 1.2 - Casal Curie	17
Figuras 1.3 e 1.4 - Equipamento de raios X de ortovoltagem (esq.); e equipamento de teleterapia com Co-60 (dir.)	18
Figuras 1.5 e 1.6 - Aparelho de cobaltoterapia (esq.); e moderno acelerador linear de fótons e elétrons (dir.)	19
Figura 1.7 - Simulador de tratamento	19

Capítulo 2

Figuras 2.1 e 2.2 - Equipamento de terapia superficial Philips RT100 (esq.); e equipamento de ortovoltagem Siemens (dir.)	21
Figura 2.3 - Tubo de raios X dentro de um cabeçote	22
Figura 2.4 - Esquema dos elementos de um tubo de raios X	22
Figura 2.5 - Cones de tratamento	23
Figura 2.6 - Técnico em radioterapia posicionando um paciente para tratamento	24
Figura 2.7 - Máscara de chumbo	24
Figura 2.8 - Cabeçote de um aparelho de Co-60 modelo Theratron 780	25
Figuras 2.9 e 2.10 - Aparelho de Co-60 com estativa vertical - Eldorado (esq.); e aparelho com montagem isocêntrica - Theratron 80 (dir.)	25
Figura 2.11 - Principais movimentos do <i>gantry</i> , do colimador e da mesa nos equipamentos de Co-60	26
Figura 2.12 - Acelerador linear Varian Clinac 2300	27
Figura 2.13 - Esquema dos principais componentes de um acelerador linear	28
Figura 2.14 - Esquemas do cabeçote de um acelerador para produção de fótons e elétrons ...	29
Figura 2.15 - Detalhes dos componentes do cabeçote de um acelerador linear	29
Figura 2.16 - Colimadores assimétricos	30
Figuras 2.17 e 2.18 - Colimador de múltiplas lâminas (MLC) (esq.); e campo irregular definido pelas lâminas (dir.)	30
Figura 2.19 - Tratamento de mama com campos assimétricos	31
Figura 2.20 - Bloqueador de meio-campo	31
Figura 2.21 - Alguns graus de liberdade dos movimentos do acelerador linear: rotação do <i>gantry</i> (seta vermelha), rotação da mesa (setas verdes). A "estrela" vermelha define o isocentro, que está localizado na intercessão entre as linhas pontilhadas	31

Figura 2.22 - Simulador convencional	32
Figura 2.23 - Graus de liberdade de um simulador convencional de tratamento	33
Figura 2.24 - Esquema de uma sala com um CT-simulador	33
Figura 2.25 - Cortes tomográficos, começando pela esquerda no sentido horário: corte transversal, reconstrução tridimensional do paciente com os campos de tratamento, corte sagital e corte frontal	34
Figura 2.26 - Simulação virtual 3D	34
Figura 2.27 - DRRs de um tumor de cabeça e pescoço	35

Capítulo 3

Figura 3.1 - Conjunto padronizado de suportes de cabeça e pescoço	40
Figura 3.2 - Moldura plástica com o material sintético utilizado na imobilização	40
Figura 3.3 - Base com suporte de cabeça para fixação da máscara termoplástica	40
Figura 3.4 (a), (b), (c) - Sequência de confecção da máscara termoplástica	41
Figura 3.5 - Visão anterior (esq.); e posterior (dir.) do retrator de ombros com seu correto posicionamento	41
Figura 3.6 - Paciente posicionado com um retrator de ombros	41
Figura 3.7 (a) e (b) - <i>Breast Board</i> com suas referências alfanuméricas para posicionamento	42
Figura 3.8 - Exemplo de travesseiro para posicionamento em decúbito ventral	42
Figura 3.9 - Suporte para abdômen (<i>belly board</i>)	42
Figura 3.10 - Exemplo de imobilizador pélvico	43
Figura 3.11 - Paciente posicionada sobre imobilizador de corpo inteiro	43
Figura 3.12 - Paciente posicionado com um suporte para joelhos	43
Figuras 3.13 e 3.14 - Berço de gesso para tratamento de crânio e neuroeixo (esq.); e posicionamento da cabeça no tratamento de crânio e neuroeixo (dir.)	44
Figura 3.15 - Representação da imobilização para tratamento de neuroeixo com imobilizador de corpo inteiro	44
Figura 3.16 - Comparação do efeito dos blocos padronizados e dos blocos divergentes confeccionados na oficina	45
Figura 3.17 - Bandeja de acrílico com blocos de <i>cerrobend</i> ®	45
Figura 3.18 - Simulação de um campo de irradiação. No retângulo que define o tamanho de campo, tem-se o volume-alvo no meio e, nos lados, os desenhos dos blocos	46
Figura 3.19 - Bloco de proteção para tratamento com feixe de elétrons	46
Figura 3.20 - Bólus comerciais	46
Figura 3.21 - Bólus planificador montado sobre máscara termoplástica	47
Figura 3.22 - Filtro físico posicionado no acelerador linear	47

Capítulo 4

Figura 4.1 - Recipiente com cera de abelhas em estado pastoso	50
Figura 4.2 - Exemplo de bólus personalizado feito com cera de abelhas	50
Figura 4.3 - Proteção de chumbo para o tratamento do lábio inferior com feixes de elétrons	51
Figura 4.4 - Máscara de proteção feita em chumbo e revestida com cera de abelhas, utilizada para ao tratamento de tumores da face com feixes de elétrons	51
Figura 4.5 - Molde negativo em gesso para a confecção de máscaras (molde positivo)	51
Figura 4.6 - Berço de gesso e isopor para tratamento de crânio e neuroeixo	51

Figura 4.7 - Blocos comerciais de <i>cerrobend</i> ®	52
Figura 4.8 - Molde de bloco em isopor preenchido com <i>cerrobend</i> ® derretido	52
Figura 4.9 - Cortador de isopor para blocos a serem usados em feixes de fótons	53
Figura 4.10 - Cortador de isopor do tipo simples, usado para confecção de proteções para feixes de elétrons	53
Figura 4.11 - Cera virgem de abelhas (esq.); e já em estado pastoso (dir.)	53
Figura 4.12 - Bólus definido no planejamento do tratamento	54
Figura 4.13 - Tornando a cera pastosa com um jato de água fria	54
Figura 4.14 - Preparo da cera para confecção do bólus	54
Figura 4.15 - Confecção do bólus de cera com espessura definida (esq.); e arremate das bordas do bólus (dir.)	54
Figura 4.16 - Bólus moldado na máscara termoplástica	55
Figura 4.17 - Bólus planificador definido no planejamento do tratamento	55
Figura 4.18 (a) e (b) - Molde de cera modelada na máscara para confecção de bólus planificador	55
Figura 4.19 - Arremate das bordas do bólus planificador	55
Figura 4.20 - Suporte de cabeça e pescoço fixado à base de acrílico	56
Figura 4.21 - Simulador antropomórfico devidamente posicionado com o suporte de cabeça	56
Figura 4.22 - Paciente posicionado com retrator de ombros	56
Figura 4.23 - Material termoplástico virgem (esq.); e sendo aquecido para confecção da máscara (dir.)	56
Figura 4.24 - Material termoplástico colocado no simulador antropomórfico	57
Figura 4.25 - Exemplo de máscara termoplástica já pronta	57
Figura 4.26 - Paciente posicionado para moldagem do seu tórax e abdômen	57
Figura 4.27 (a) e (b) - Moldagem com ataduras gessadas	57
Figura 4.28 - Retirada do contorno axial do paciente	58
Figura 4.29 - Desenho do contorno do tórax e abdômen em uma placa de isopor	58
Figura 4.30 - Corte do isopor seguindo o desenho do contorno	58
Figura 4.31 - Bases feitas com o isopor cortado segundo o contorno do paciente	58
Figura 4.32 - Fixação do berço nas bases de isopor	58
Figura 4.33 - Aplicação de cola para fixação da espuma no berço	59
Figura 4.34 - Colocação da espuma no berço	59
Figura 4.35 - Berço de neuroeixo pronto para uso em tratamento	59
Figura 4.36 - Dois triângulos (ABC e DEF) semelhantes	60
Figura 4.37 - Aplicação da semelhança de triângulos nos feixes de fótons	60
Figura 4.38 - Cortador de isopor para blocos a serem usados em feixes de fótons	61
Figura 4.39 - Negatoscópio com planta baixa do desenho das proteções a serem construídas	61
Figura 4.40 - Detalhe do fio metálico do cortador de isopor	61
Figura 4.41 - Técnico regulando a distância fonte-bandeja ("h")	62
Figura 4.42 - Técnico colocando isopor na distância fonte-bandeja ("h")	62
Figura 4.43 - Detalhe do corte do isopor segundo o contorno desejado	62
Figura 4.44 - Técnico desenhando o contorno do bloco, com o fio aquecido, de modo a cortar o isopor no formato desejado.	62
Figura 4.45 - Molde já cortado no isopor	62

Figura 4.46 - Cerrobend® aquecido no forno	63
Figura 4.47 - Preenchimento do molde com cerrobend®	63
Figura 4.48 (a) e (b) - Retirada do isopor	63
Figura 4.49 - Arremate do bloco de cerrobend®	63
Figura 4.50 - Planta baixa posicionada à distância fonte-filme	64
Figura 4.51 - Marcando a posição do bloco na bandeja	64
Figura 4.52 (a), (b), (c) - Fixação dos blocos na bandeja de acrílico	64
Figura 4.53 - Proteção individual pronta para utilização no tratamento	64

Capítulo 5

Figura 5.1 - Filme radiográfico com um campo lateral feito no simulador (esq.); e <i>check film</i> do respectivo campo realizado no equipamento de tratamento (neste caso, Co-60) (dir.)	68
Figura 5.2 - Esquema de um acelerador equipado com dispositivo de <i>portal film</i> (esq.); e detalhe de um acelerador com o dispositivo de <i>portal film</i> instalado (dir.)	68
Figura 5.3 - Representação da posição anatômica com indicação das direções e dos planos (cortes ou secções) do corpo humano	69
Figura 5.4 - Representação dos planos anterior (em laranja) e posterior (em azul)	70
Figura 5.5 - Representação dos planos laterais.....	70
Figura 5.6 - Planos cranial (esq.); e caudal (dir.)	70
Figura 5.7 - Representação dos eixos anatômicos: o eixo preto representa o eixo longitudinal, o azul representa o antero-posterior e o vermelho o látero-lateral.....	71
Figura 5.8 - Representação dos parâmetros DAP e DLL em um corte transversal	71
Figura 5.9 - Representação esquemática dos parâmetros: profundidade, linha média, DFS e DFI em um corte transversal	72
Figura 5.10 - Exemplo de telêmetro de um equipamento de Co-60 com DFI de 100 cm....	72
Figura 5.11 - Tamanho de campo definido por colimadores simétricos, ou seja, $X1 = X2$ e $Y1 = Y2$	73
Figura 5.12 - Tamanho de campo definido por colimadores assimétricos	73

Capítulo 6

Figura 6.1 - Representação de um tratamento de radioterapia com a combinação de múltiplos campos	75
Figura 6.2 - Tratamento com um par oposto látero-lateral em SSD.....	76
Figura 6.3 - Esquema geométrico de um tratamento com quatro campos isocêntricos.....	77
Figura 6.4 - Conformação geométrica de um tratamento em par oposto antero-posterior	77
Figura 6.5 - Fantoma posicionado na mesa do simulador convencional.....	78
Figura 6.6 - Medida da distância fonte-superfície no centro do campo	78
Figura 6.7 - Medida do DAP no centro do campo	78
Figura 6.8 - Imagem da fluoroscopia com os limites do campo de irradiação (esq.); e proteção definida no filme radiográfico (dir.)	78
Figura 6.9 - Colocação do marcador radiopaco para delimitar a região a ser protegida no simulador.....	78
Figura 6.10 - Campo de irradiação delimitado com fita adesiva.....	79
Figura 6.11 - Simulação virtual do tratamento de um caso de pulmão com dois campos isocêntricos em par oposto antero-posterior	79

Figura 6.12 - Esquema da técnica isocêntrica de quatro campos em <i>box</i> centralizados na linha média	79
Figura 6.13 - Visão do campo anterior (esq.); e medição da DAP no centro do campo anterior (dir.)	80
Figura 6.14 - Fluoroscopia do campo anterior da pelve.....	80
Figura 6.15 - Marcação do campo anterior (esq.); e exemplo de radiografia do campo anterior em um caso de tumor de próstata (dir.)	80
Figura 6.16 - Fantoma posicionado no simulador convencional para definição dos campos laterais (esq.); e fluoroscopia para definição dos limites e do centro do campo lateral de irradiação (dir.)	81
Figura 6.17 - Exemplo de uma radiografia de um campo lateral para o tratamento de próstata	81
Figura 6.18 - Marcações do centro do campo e dos limites do campo lateral (esq.); e medida da DLL no centro do campo lateral (dir.)	81
Figura 6.19 - Simulação virtual de um caso de próstata com quatro campos isocêntricos	81
Figura 6.20 - Representação da técnica de par oposto isocêntrico látero-lateral	82
Figura 6.21 - Representação da técnica de par oposto látero-lateral em SSD.....	82
Figura 6.22 - Representação da técnica de um campo direto anterior (<i>gantry</i> 0°) em SSD	82
Figura 6.23 - Fantoma antropomórfico posicionado no suporte de cabeça e pescoço (esq.); e medição da DLL da região imobilizada (dir.)	82
Figura 6.24 - Fluoroscopia do fantoma antropomórfico para determinação do tamanho de campo e das proteções	83
Figura 6.25 - Radiografia de uma programação de campo para o tratamento de cabeça e pescoço com proteção padrão (esq.); e radiografia de uma programação com proteção personalizada (dir.)	83
Figura 6.26 - Detalhe do triângulo com marcador radiopaco fixado à bandeja do simulador para definição, por projeção, da proteção, dos limites e do centro do campo.....	83
Figura 6.27 - Simulação virtual do tratamento de um tumor de cabeça e pescoço com um par oposto látero-lateral e um "campo direto" anterior, usado para tratar fossa supraclavicular ..	83
Figura 6.28 - Detalhe do fantoma com a coluna alinhada segundo o <i>laser</i> localizado no teto da sala (esq.); e detalhe do <i>laser</i> lateral alinhado seguindo o <i>tragus</i> como referência anatômica (dir.) ...	84
Figura 6.29 (a) e (b) - Composição dos campos laterais com o colimador angulado para fazer a junção com o campo da coluna superior	85
Figura 6.30 - Centro do campo lateral com a definição de seu limite inferior	85
Figura 6.31 - Exemplo de radiografia com a definição dos campos laterais de tratamento	85
Figura 6.32 - Campo da coluna superior no tratamento de neuroeixo.....	86
Figura 6.33 - Conformação geométrica dos campos superior e inferior da coluna	86
Figura 6.34 - Representação dos campos da coluna separados pelo <i>gap</i>	86
Figura 6.35 - Foto do <i>gap</i> definido no fantoma. O campo iluminado é o campo superior da coluna...	87
Figura 6.36 - Campo inferior da coluna definido no fantoma	87
Figura 6.37 - Exemplo de radiografia de um campo inferior da coluna.....	87
Figura 6.38 - Simulação virtual dos campos de radiação para o tratamento de crânio e neuroeixo em um acelerador linear	87
Figura 6.39 - Paciente posicionada para tratamento de mama.....	88
Figura 6.40 - Radiografia de um campo direto de irradiação da fossa supraclavicular	88
Figura 6.41 - Representação do tratamento de mama com a utilização de campos tangentes hemibloqueados.....	88
Figura 6.42 - Campo de irradiação hemibloqueado para o tratamento de mama.....	88
Figura 6.43 - Detalhe do fio metálico usado como referência, para definição do limite inferior do campo de irradiação	89

Figura 6.44 - Retirando o molde do contorno da mama no eixo central.....	89
Figura 6.45 (a) e (b) - Desenhando o contorno da mama para o posterior cálculo das distribuições de dose	89
Figura 6.46 - Simulação virtual de um tratamento de mama com a utilização de campos tangentes (<i>Partially Wide Tangents</i>)	89

◆ Capítulo 7

Figura 7.1 - Técnica em radioterapia orientando a paciente	91
Figura 7.2 - Técnica em radioterapia explicando o procedimento do tratamento à paciente ...	92
Figura 7.3 - Orientação à família do paciente	93
Figura 7.4 - Técnico em radioterapia no comando do equipamento	96

Tabela

Tabela 2.1 - Capacidade de penetração dos feixes de diferentes energias	27
---	----

INTRODUÇÃO

No Brasil, estimativas apontam um grande número de novos casos de câncer por ano, sendo também uma das doenças com maior número de óbitos, o que reforça a importância da prevenção e da eficiência do tratamento. A consequência desse fato é o aumento da quantidade de pacientes encaminhados a serviços especializados de radioterapia. O que, aliado ao desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas terapêuticas, decorrentes do avanço tecnológico, evidencia a importância da atualização permanente do técnico em radioterapia sobre sua prática profissional.

Quando um paciente é diagnosticado com câncer, ele é encaminhado para um hospital especializado em oncologia para que seja submetido ao método de tratamento mais indicado para o seu caso. Existem diferentes técnicas e abordagens escolhidas conforme a indicação do médico oncologista: Cirurgia, Quimioterapia e Radioterapia, sozinhas ou associadas.

Na radioterapia, utilizam-se feixes de radiações ionizantes, produzidos por equipamentos de raios X superficiais e de ortovoltagem, aceleradores lineares ou equipamentos com fontes radioativas, com doses de radiação adequadas para eliminar as células tumorais. Quando corretamente indicada e aplicada, é uma eficiente técnica para tratar o câncer.

O trabalho em equipe do Serviço de Radioterapia é fundamental para o sucesso do tratamento. Cada um dos componentes da equipe tem a sua importância. Mas é o técnico em radioterapia o responsável pela garantia da realização do tratamento tal como planejado. Cabem a ele os cuidados fundamentais com o posicionamento e as orientações dadas ao paciente no momento do tratamento.

Antes mesmo do paciente iniciar as sessões de radioterapia, o técnico auxilia na etapa de simulação do tratamento, que se utiliza da tomografia computadorizada ou dos raios X convencionais para localizar a região a ser irradiada, determinar a técnica adequada para o caso (2D, 3D, IMRT etc.) e prescrever a dose para o tratamento.

A etapa seguinte à simulação é a de planejamento do tratamento, na qual os físico-médicos calculam, manualmente ou através de um *software* específico, a distribuição de doses no tumor e nos tecidos saudáveis, respeitando os seus limites de tolerância à radiação. Só então o paciente é encaminhado para a realização do tratamento no equipamento indicado.

Essa fase do tratamento é a mais importante de todas, pois nela devem ser reproduzidas, diariamente e de modo perfeito, as condições estabelecidas na simulação. O sucesso do tratamento depende do técnico de radioterapia,

que é o profissional responsável por essa etapa. Por isso, ele deve estar muito bem capacitado e treinado, com conhecimento pleno do funcionamento, da operação, dos aspectos de segurança dos equipamentos e dos acessórios por ele utilizados e com habilidade de aplicá-lo. Um erro nesta etapa, além de comprometer o resultado do tratamento, pode acarretar lesões no paciente ou provocar acidentes. Cabe ainda ao técnico observar as reações do paciente durante o tratamento para, se necessário, encaminhá-lo para a avaliação do médico.

No dia a dia do Serviço de Radioterapia, o técnico torna-se, por vezes, o "amigo" ou o "anjo da guarda" de seus pacientes. A proximidade de ambos faz com que o paciente confie no técnico e com ele compartilhe seus sofrimentos e suas angústias.

O Programa de Qualidade em Radioterapia (PQRT)/INCA planejou este curso tendo presente a importância e a complexidade do trabalho diário do técnico de radioterapia inserido no atual cenário da radioterapia no Brasil (com centenas de serviços de radioterapia), as dimensões continentais do país, o número insuficiente de instituições formadoras de técnicos em radioterapia para atender à demanda, e a diversidade de cursos (que nem sempre levam em conta a realidade complexa do trabalho do técnico).

Sua proposta é abordar os aspectos básicos da radioterapia usando as estratégias de educação a distância, com o objetivo de auxiliar, principalmente, aqueles profissionais que se encontram afastados dos grandes centros formadores.

Neste curso, faremos uma apresentação dos principais equipamentos e acessórios envolvidos no tratamento radioterápico, destacando aspectos da garantia de qualidade e de segurança. Abordaremos conceitos básicos da confecção de acessórios para o tratamento (máscaras, proteções, bólus e outros). Também optamos por abordar detalhadamente a simulação, o posicionamento e o tratamento dos casos de câncer mais frequentes no Brasil (tumores de cabeça e pescoço, pulmão, mama e tumores da pelve).

É importante ressaltar que a técnica da radioterapia está intimamente ligada ao desenvolvimento tecnológico. A cada ano, surgem novos equipamentos, com acessórios mais complexos, que permitem maior sofisticação e eficácia do tratamento.

Avança também a consciência de que o tratamento deve ser mais humanizado. O técnico em radioterapia, portanto, deve estar em constante atualização sobre os novos conceitos de tratamento, tanto no aspecto tecnológico como no humano. Isso certamente resultará em melhor qualidade de assistência ao paciente.

Esperamos que você aproveite o curso ao máximo. Leia atentamente o Guia do Aluno e mãos à obra!

Anna Maria Campos de Araujo

CAPÍTULO I - UMA ABORDAGEM HISTÓRICA

Objetivo:

- Conhecer o processo histórico das descobertas que revolucionaram a medicina e levaram ao surgimento da radioterapia.

1.1 - Breve relato histórico

Em 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (figura 1.1), durante estudos experimentais em seu laboratório, descobriu um tipo de radiação até então desconhecida, chamando-a de raios X. Não passou muito tempo até surgirem algumas aplicações dessa misteriosa radiação. Em uma dessas aplicações, Röntgen fez uma demonstração pública da capacidade que os raios X tinham de "fotografar" o interior do corpo. Essa descoberta teve um grande impacto na medicina, pois, até então, a única forma de examinar o interior do corpo humano era por cirurgia. Logo após, se iniciava também a utilização dos raios X para tratamento de tumores de pele com resultados animadores.



Figura 1.1 - Röntgen e a primeira imagem radiográfica

Na mesma época, Antoine Henri Becquerel descobriu que alguns compostos de urânio emitiam algum tipo de radiação invisível que era capaz de impressionar emulsões fotográficas. Este fenômeno foi posteriormente chamado de radioatividade pelo casal Marie e Pierre Curie (figura 1.2), que, inspirados pelas recentes descobertas, descobriram outros materiais radioativos semelhantes aos compostos

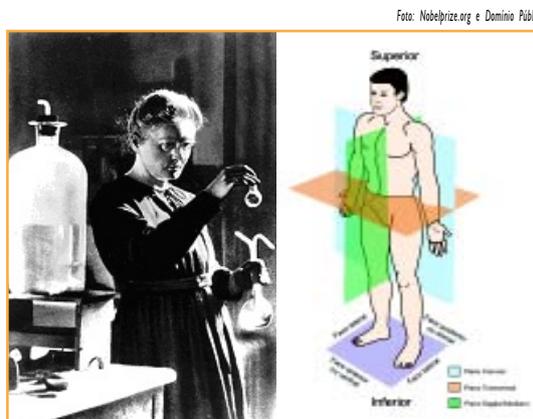


Figura 1.2 - Casal Curie

de urânio. Entre esses materiais, destaca-se o elemento Rádio, que em 1900 foi o primeiro material radioativo utilizado com fins terapêuticos.

Em 1903, Alexander Graham Bell propôs a inserção de pequenas quantidades de Rádio dentro de um tumor maligno com objetivo de eliminar as células doentes. Nascia assim a braquiterapia, uma modalidade de radioterapia que utiliza a aplicação de fontes radioativas próximas ao tumor. Nesse período, vários estudos sobre os efeitos biológicos das radiações promoveram o desenvolvimento de protocolos de tratamento com radiação e de proteção aos seus efeitos indesejáveis.

Nos anos 1930, em pesquisas no Instituto do Radium (Paris, França), a física Irene Curie, junto com seu marido Frédéric Joliot, descobriu que alguns materiais não radioativos, quando irradiados por materiais radioativos naturais, passavam também a emitir radiação. Este fenômeno foi batizado posteriormente de radioatividade artificial. Começava, então, a era da produção artificial de materiais radioativos em laboratório para pesquisas e aplicações na medicina.

Dez anos mais tarde, avanços tecnológicos aliados ao desenvolvimento clínico da radioterapia contribuíram para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de tratamento. A invenção de reatores nucleares tornou possível a produção de novos elementos radioativos com aplicações na medicina, dentre eles o Cobalto-60 (Co-60) e o Césio-137 (Cs-137). Esses elementos foram muito usados em radioterapia com o advento da construção de equipamentos de tratamento que os utilizavam como fontes encapsuladas. Até então, os tratamentos eram feitos com equipamentos de raios X superficiais e de ortovoltagem. Os raios X superficiais (30 kV a 100 kV), por serem de energia mais baixa, foram utilizados somente para o tratamento de lesões superficiais, como tumores de pele. Para tumores mais profundos, utilizavam-se raios X de ortovoltagem (100 kV a 300 kV) (figura 1.3). A necessidade de tratar tumores mais profundos com uma dose mais baixa na superfície da pele fez com que fossem desenvolvidos os primeiros equipamentos com elementos radioativos que emitiam fótons mais energéticos.

A invenção de equipamentos de teleterapia com fontes de Cs-137 e Co-60 (figura 1.4) possibilitou tratamento de tumores mais profundos. Entretanto, os equipamentos que utilizavam Co-60 foram os que prevaleceram, porque suas características físicas eram mais eficientes para os tratamentos. Os



Fotos: Roberto Salomon

Figuras 1.3 e 1.4 - Equipamento de raios X de ortovoltagem (esq.); e equipamento de teleterapia com Co-60 (dir.)

equipamentos com fontes de Cs-137 apresentavam uma penumbra muito grande na definição do tamanho de campo, o que inviabilizava a qualidade dos tratamentos, por isto seu uso foi descontinuado.

Quando foram criados os equipamentos de Co-60 (figura 1.5), já existiam alguns aceleradores de partículas com aplicações em radioterapia - os Betatrons - que eram aceleradores de elétrons também utilizados para o tratamento de tumores superficiais. Eles logo foram substituídos por aceleradores lineares com feixes de fótons, que possibilitaram a irradiação dos pacientes com campos maiores em um tempo menor. O primeiro acelerador linear para uso clínico foi instalado em 1952, no Hamersmith Hospital, em Londres.

Os primeiros aceleradores lineares só forneciam feixes de fótons. Somente no final da década de 1950, a indústria disponibilizou aceleradores lineares com feixes de fótons e elétrons (figura 1.6).



Figuras 1.5 e 1.6 - Aparelho de cobaltoterapia (esq.); e moderno acelerador linear de fótons e elétrons (dir.)



Fotos: Roberto Solomon

A concorrência dos equipamentos de Co-60 com os recém-inventados aceleradores lineares de uso clínico trouxe para a radioterapia os grandes avanços que estabeleceram a radioterapia moderna. Um desses avanços foi a criação de equipamentos com montagens isocêntricas, tornando os tratamentos mais rápidos e práticos em sua execução.

Nessa época, começava também a utilização de simuladores de tratamento (figura 1.7), que são equipamentos providos de tubos de raios X de baixa energia que permitem maior praticidade e precisão na localização dos tumores e na definição dos campos de tratamento.



Figura 1.7 - Simulador de tratamento

Foto: Roberto Solomon

Nos últimos 25 anos, com a evolução da informática, a invenção de novas técnicas de aquisição de imagem e a criação de acessórios novos para equipamentos de teleterapia, iniciou-se uma nova era tecnológica na radioterapia. Apareceram os tomógrafos por ressonância magnética e por raios X. O desenvolvimento de *softwares* específicos para radioterapia tornou possível utilizar as imagens tomográficas para desenhar o tumor e os tecidos sadios em três dimensões. Sofisticados métodos computacionais de cálculo de dose proporcionaram um conhecimento mais preciso da dose que cada tecido irradiado recebe, possibilitando assim o desenvolvimento de novos protocolos clínicos de

tratamento, que oferecem um maior índice de cura com um menor índice de complicações.

Vimos, portanto, que a radioterapia já evoluiu bastante, acompanhando os desenvolvimentos tecnológicos, sempre com objetivo de prestar melhor assistência e melhoria na qualidade de vida dos pacientes. É importante que os técnicos em radioterapia estejam sempre atualizados, com conhecimento e domínio das técnicas de tratamento vigentes, para que possam prestar melhor assistência e colaborar efetivamente no tratamento dos pacientes com câncer.

Referências

Biral AR. Radiações Ionizantes para Médicos, Físicos e Leigos. Florianópolis: Insular; 2002.

Glasser O. Wilhelm Conrad Rontgen and the Early History of the Roentgen Rays. Springfield: Charles C. Thomas; 1934.

Dainith J, et al. Chambers Biographical Encyclopedia of Scientists. England: Market House Books Ltd; 1983.

Perez CA., Principles and Practice of Radiation Oncology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, c2004.

Podgorsak EB, (Technical Editor). Review of Radiation Oncology Physics: a Handbook for Teachers and Students. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005.

Tauhata L, et al. Radioproteção e Dosimetria - Fundamentos. Rio de Janeiro: CNEN, Instituto de Radioproteção e Dosimetria; 2001.

Sugestões para pesquisa

<http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/radioactivity.html> - Sítio na internet onde é encontrado um artigo sobre a descoberta da radioatividade.

http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/historical_background.php - Sítio na internet onde é encontrado um artigo focado nos esforços de Röntgen, Becquerel, Curie e Rutherford que enfatiza sua contribuição na elucidação da radioatividade.

<http://nobelprize.org/physics/laureates/> - Sítio na internet com os ganhadores do Prêmio Nobel.

<http://pt.wikipedia.org/> - Sítio da internet onde são encontradas as definições de radioatividade e outros termos citados neste texto.

CAPÍTULO 2 - OS EQUIPAMENTOS

Objetivo:

- Desenvolver o domínio do processo de trabalho do técnico em radioterapia pelo conhecimento dos equipamentos de uso mais frequente e algumas noções de segurança.

2.1 - Raios X: superficial e de ortovoltagem

Os protocolos básicos de tratamento, de dosimetria clínica e física, de técnicas de simulação e posicionamento, foram criados a partir da experiência acumulada com a utilização dos equipamentos de terapia superficial e ortovoltagem.

Vimos no capítulo anterior que as primeiras aplicações das radiações ionizantes em terapia apareceram com a invenção do tubo de raios catódicos, logo após a descoberta dos raios X.

Assim, nos primórdios da radioterapia, foram desenvolvidos os equipamentos que tinham em sua constituição básica um tubo de raios X alimentado com tensões variáveis entre 30 kV e 100 kV para raios X superficiais, e 100 kV e 300 kV para ortovoltagem.

Os aparelhos de terapia superficial (figura 2.1) e ortovoltagem (figura 2.2) são constituídos de um cabeçote com um tubo de raios X, uma **estativa**, um console de comando e uma mesa para posicionamento do paciente.

Esses aparelhos funcionam segundo os mesmos princípios físicos, geométricos e eletrônicos dos equipamentos de raios X para fins diagnósticos.



Estativa é um termo derivado do inglês *stand* (sustentar), e denomina a base fixa que sustenta o braço (*gantry*) e o cabeçote do equipamento.



Foto: IAEA

Figuras 2.1 e 2.2 - Equipamento de terapia superficial Philips RT100 (esq.); e equipamento de ortovoltagem Siemens (dir.)

Para obter um determinado feixe, utiliza-se um tubo de raios X de anodo fixo embutido em um cabeçote refrigerado (figura 2.3), geralmente a óleo, onde as características do feixe são determinadas por parâmetros como:



Figura 2.3 - Tubo de raios X dentro de um cabeçote

- A corrente elétrica do tubo (medida em miliAmpère - mA), para o rendimento do feixe.
- A tensão (medida em kilovolt - kV) para a energia ou penetração do feixe.
- A filtração adicional (HVL, do inglês *half value layer* = camada semirredutora), para a qualidade do feixe obtido.
- O tempo de tratamento para administração da dose adequada.

Como funcionam os tubos de raios X?

O tubo de raios X é um tubo de vidro especialmente produzido para resistir a altas temperaturas. O seu funcionamento é baseado na emissão de radiação devido à interação do feixe de elétrons com alvos metálicos.

Nesse tubo, quando uma corrente elétrica (medida em mA) passa pelo filamento (figura 2.4 - K), este se aquece e libera elétrons por **emissão termoiônica**.

Para se obter os raios X, os elétrons liberados pelo filamento são acelerados por campos elétricos decorrentes da tensão (figura 2.4 - U, medida em kV) aplicada no tubo até interagirem com o alvo metálico (figura 2.4 - A) que, por estar com polarização positiva, atrai os elétrons que têm carga elétrica negativa.



Emissão

termoiônica é o processo pelo qual os elétrons atingem, por meio do calor, energia suficiente para escapar da superfície de um filamento metálico.

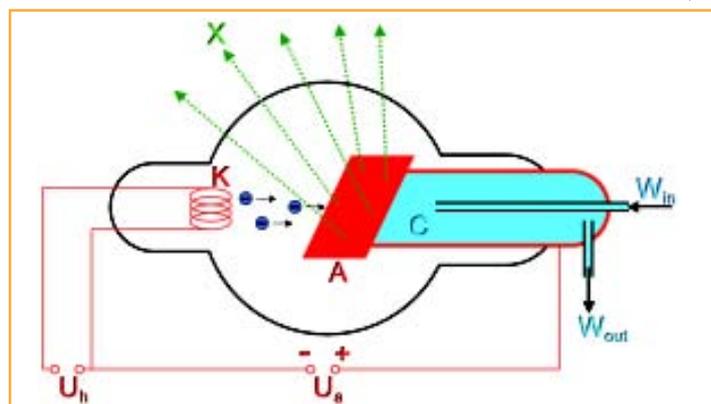


Figura 2.4 - Esquema dos elementos de um tubo de raios X

Para aumentar a eficiência dessa atração, os tubos de raios X são construídos com vácuo em seu interior. Assim, os elétrons perdem menos energia em seu deslocamento e têm mais chance de chegar ao alvo, onde interagem e produzem os raios X.

Durante esse processo de interação, os elétrons são freados, perdendo 99% de sua energia em forma de calor e 1% em forma de raios X. Para a retirada desse calor, que é indesejável, o tubo é colocado dentro de um cabeçote metálico, antigamente refrigerado à água (figura 2.4 - C e W) e hoje, a óleo.



Figura 2.5 - Cones de tratamento

Para a utilização de aparelhos de raios X em radioterapia, foram desenvolvidos acessórios específicos, tanto para os equipamentos de terapia superficial como para os de ortovoltagem. Neles, a determinação do tamanho de campo de radiação era feita através de colimadores luminosos ajustáveis ou cones aplicadores de diferentes tamanhos e formas (figura 2.5), que facilitavam a determinação da distância fonte-superfície (DFS) e ainda diminuía a zona de penumbra.

Os aparelhos de raios X superficiais utilizavam cones aplicadores, e os de ortovoltagem, tanto cones aplicadores como colimadores luminosos. Esses cones existiam normalmente em duas ou três distâncias fonte-superfícies:

- Terapia superficial: DFS de 10, 15 e 25 cm.
- Ortovoltagem: DFS de 30, 40 e 50 cm.

Os equipamentos de raios X foram utilizados por muitos anos para tratamentos de radioterapia externa (teleterapia), formando a base da radioterapia atual. Os equipamentos de ortovoltagem foram muito úteis para o tratamento de lesões superficiais, normalmente tumores de pele. Entretanto, devido às suas limitações de penetração do feixe (energia), de tamanho de campo e de taxa de dose, não forneciam as condições necessárias para todas as terapias desejáveis.

Mesmo com a construção de novos equipamentos com tensões maiores, da ordem de 200 kV a 500 kV, as aplicações se limitavam a tratamentos de câncer de pele, de cicatriz queloidiana, e de lesões superficiais. Para tratar tumores profundos, como os de pulmão e órgãos da pelve, a dose máxima ainda era depositada muito próxima à superfície da pele, resultando num maior índice de reações adversas.

Os aparelhos de ortovoltagem caíram praticamente em desuso com o aparecimento dos aparelhos de Co-60 e, posteriormente, dos aceleradores lineares de fótons e elétrons para uso médico. Contudo, ainda há hospitais utilizando aparelhos de ortovoltagem para o tratamento de lesões superficiais.

Antes do início de qualquer tratamento, o técnico em radioterapia era o responsável por programar o equipamento, pré-fixando a tensão (em kV), a corrente (em mA), a filtração adicional (em HVLs), a DFS, o tamanho do campo de irradiação e o tempo de tratamento determinados para cada

paciente. Para a irradiação do paciente, este era posicionado em uma mesa semelhante às de raios X diagnóstico (figura 2.6). Os cabeçotes desses aparelhos permitiam movimentos verticais e longitudinais, além de diferentes angulações.

Para a delimitação de áreas irregulares a serem irradiadas e proteção de tecidos sãos, eram confeccionadas máscaras de chumbo (figura 2.7) específicas para cada paciente, com espessuras variando de 1 mm até 3 mm.

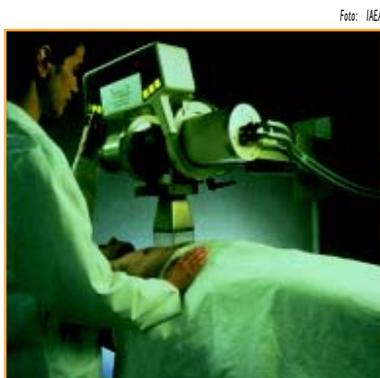


Figura 2.6 - Técnico em radioterapia posicionando um paciente para tratamento



Figura 2.7 - Máscara de chumbo

Os novos equipamentos, que produzem feixes de fótons com energias muito maiores, possibilitam tanto o tratamento de lesões mais profundas com doses mais baixas na pele (Co-60 e aceleradores lineares), quanto o de lesões superficiais com feixes de elétrons (aceleradores lineares).

2.2 - Telecobaltoterapia

A criação de equipamentos com fontes de Co-60 foi um grande avanço para a radioterapia. Por serem aparelhos com feixes mais energéticos, permitiram o tratamento de lesões mais profundas. Eles foram fundamentais em todo o processo de evolução, implantação e implementação de novas técnicas de tratamento. Até hoje, são utilizados em muitos centros de radioterapia do país.

O equipamento de Co-60 é composto basicamente por uma estativa ou base fixa, uma parte móvel ou braço (*gantry*) com um cabeçote (onde fica a fonte de Co-60), uma mesa móvel e um console de comando.

O cabeçote (figura 2.8) é o coração do equipamento de telecobaltoterapia.

Este componente contém uma **fonte selada** de Co-60 dentro de uma blindagem de **urânio exaurido**. A forma geométrica dessa fonte é a de um cilindro metálico de aproximadamente 2 cm de diâmetro por 2 cm de altura, com o elemento radioativo confinado em seu interior.

A fonte de Co-60 tem duas possíveis posições dentro do cabeçote: a posição de repouso (*OFF*) e a de irradiação (*ON*).



Fonte selada ou encapsulada é aquela em que não há a possibilidade de contato com o material radioativo.



Urânio exaurido é composto principalmente pelo isótopo estável do Urânio-238. Por não emitir mais radiação e ter densidade superior à do chumbo, faz dele um material utilizado para blindagens de radiação ionizante.

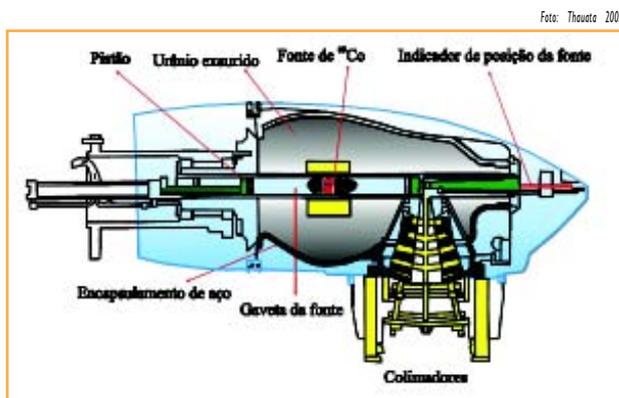


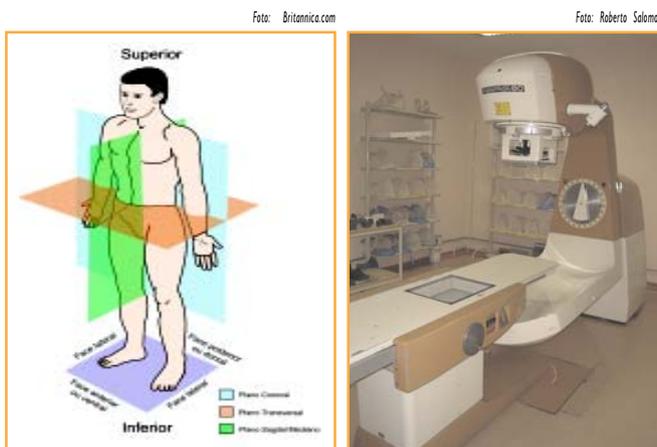
Figura 2.8 - Cabeçote de um aparelho de Co-60 modelo Theratron 780

A movimentação da fonte dentro desse cabeçote é feita, em geral, por um sistema mecânico pneumático que a desloca da posição de repouso (*OFF*) até a posição de irradiação ou "janela" de saída do feixe (*ON*), retornando-a quando terminado o tempo de irradiação pré-fixado. A posição da fonte é indicada por um sinal visível no exterior no cabeçote.

Nessa "janela", existe um colimador que determina o tamanho do campo de irradiação.

Os primeiros equipamentos de Co-60 foram construídos em montagens com apenas uma estativa e um cabeçote, que se deslocava verticalmente nessa estativa (figura 2.9). Com esse movimento, definia-se a distância fonte-pele ou DFS.

Este tipo de montagem (não isocêntrica) foi usado por muitos anos em alguns centros de radioterapia do Brasil, mas foi superado pelos equipamentos com montagem isocêntrica (figura 2.10), que permitiram o desenvolvimento de técnicas de tratamento mais práticas e eficientes.



Figuras 2.9 e 2.10 - Aparelho de Co-60 com estativa vertical - Eldorado (esq.); e aparelho com montagem isocêntrica - Theratron 80 (dir.)

Um equipamento com montagem isocêntrica (figura 2.10) é construído de forma que seu braço gire sempre em torno de um eixo central, no qual está definido seu isocentro. O isocentro do equipamento é um determinado ponto, definido como a interseção entre o seu eixo central de rotação e o eixo central do feixe de radiação. A distância da fonte ao isocentro (DFI) também é conhecida pela sigla inglesa *SAD* (*source axis distance*).

Os equipamentos isocêntricos mais antigos trabalham com DFI de 60 cm ou 80 cm. Os equipamentos mais modernos trabalham com distâncias fonte-isocentro de 80 cm ou 100 cm.

Os equipamentos modernos de Co-60 permitem vários graus de liberdade de movimentação, tanto do cabeçote como da mesa (figura 2.11), a saber:

- Movimentos do *gantry* e do colimador:
 - Rotação do *gantry* (indicada pela seta vermelha).
 - Rotação do cabeçote (indicada pela seta azul).
 - Rotação do colimador (indicada pela seta amarela).
- Movimentos da mesa (indicados pelas setas verdes):
 - Translação vertical.
 - Translação longitudinal e lateral.
 - Rotação do tampo da mesa (*stretch rotation*).
 - Rotação do pé da mesa (*couch rotation*).

Os equipamentos isocêntricos facilitam muito os tratamentos, já que o paciente, uma vez posicionado na mesa, não precisa mais ser movimentado para localização e irradiação de cada um de seus campos de tratamento.

Nesses equipamentos, os movimentos da mesa e do *gantry* (figura 2.11) permitem a convergência de todos os campos para um mesmo ponto (isocentro).

As montagens isocêntricas possibilitaram melhor reprodutibilidade nos tratamentos, bem como a aplicação de uma maior dose de radiação no volume tumoral com menor dose nos tecidos sãos (menores reações na pele).



Figura 2.11 - Principais movimentos do gantry, do colimador e da mesa nos equipamentos de Co-60

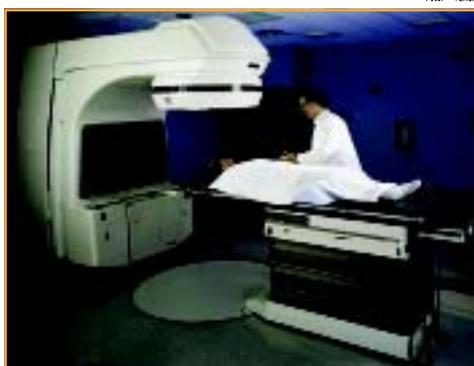


Figura 2.12 - Acelerador linear Varian Clinac 2300

2.3 - Acelerador Linear

A adaptação dos aceleradores lineares para aplicações médicas proporcionou um grande avanço nas técnicas de tratamento em radioterapia. Esses equipamentos (figura 2.12) possibilitaram a realização de tratamentos tanto com feixes de elétrons, bem melhores do que os obtidos pelos antigos

Betatrons, quanto com feixes de fótons de altas energias (4 MV a 25 MV).

Como nos equipamentos de terapia superficial e ortovoltagem, os aceleradores lineares (*linacs*, abreviação em inglês) também utilizam a interação dos elétrons com um alvo metálico para a produção dos fótons (raios X). A obtenção desses feixes, mil vezes mais energéticos que os de ortovoltagem, era impossível com a tecnologia dos antigos tubos de raios X devido às suas limitações na aquisição e no isolamento de altas tensões.

Nos aceleradores lineares, para acelerar os elétrons a grandes velocidades (4 MeV a 25 MeV), utilizam-se micro-ondas em um tubo com vácuo. Numa extremidade do tubo, os elétrons, agora muito mais velozes, chocam-se com um alvo metálico de alto número atômico, produzindo feixes de raios X; ou atingem uma folha espalhadora, produzindo feixes de elétrons.

Como já vimos anteriormente, os feixes gerados pelos aceleradores lineares têm energia maior do que os feixes do Co-60, sendo, portanto, mais penetrantes. Na tabela a seguir, para as energias de 6 MV e 10 MV, tem-se o ponto de dose máxima localizado, respectivamente, a 1,5 cm e 2,5 cm de profundidade. Essa característica possibilita a irradiação de tumores profundos com doses altas e baixos efeitos na pele.

Tabela 2.1 - Capacidade de penetração dos feixes de diferentes energias

Equipamento	Raios X		Co-60		Acelerador Linear	
	10kV	140kV	250kV	1,25MeV	6MV	10MV
SSD (cm)	40	40	40	80	100	100
Profundidade de dose máxima - D _{máx} - (cm)	0	0	0	0,5	1,5	2,5
% dose a 10 cm de profundidade	11,9	21,4	29,5	56,4	66,8	74,8

Os aceleradores de fótons e elétrons são equipamentos complexos, que utilizam alta tecnologia para produção de feixes com propriedades dosimétricas e geométricas

bem definidas. Esses equipamentos são compostos basicamente por uma estativa (*stand*) e uma parte móvel, ou *gantry*, com um cabeçote. No suporte (*stand*) estão instalados os sistemas de refrigeração, os componentes elétricos geradores das micro-ondas (*magnetrons* ou *klystrons*) e os demais componentes eletrônicos. No *gantry*, temos a seção aceleradora e o cabeçote com os colimadores.

Um acelerador linear de uso clínico é constituído por vários componentes (figura 2.13), a saber:

1. **Canhão de elétrons:** filamento onde são gerados os elétrons para serem acelerados.
2. **Seção aceleradora:** estrutura onde os elétrons são acelerados até atingirem a energia desejada.
3. **Bomba de vácuo:** equipamento responsável por manter o vácuo na seção aceleradora.
4. **Circuito gerador de micro-ondas:** fonte geradora de micro-ondas (*klystron* ou *magnetron*).
5. **Guia de onda:** estrutura responsável por transportar as micro-ondas até a seção aceleradora.
6. **Circulador e carga d'água:** componentes responsáveis por absorver as micro-ondas que não chegam à seção aceleradora.
7. **Magneto de deflexão:** componente responsável por conduzir o feixe de elétrons até o carrossel.

Foto: SCAFF 1997

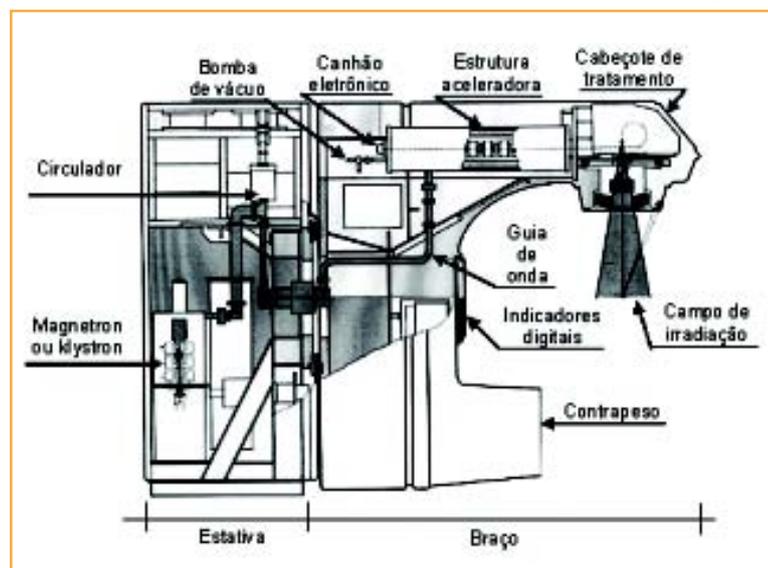


Figura 2.13 - Esquema dos principais componentes de um acelerador linear

8. **Carrossel:** componente responsável pela localização dos filtros específicos para obtenção de feixes de elétrons ou de fótons.

9. **Colimadores:** componentes responsáveis pela definição do tamanho de campo de radiação a ser utilizado.

10. **Circuito d'água:** responsável pela refrigeração de todo equipamento.

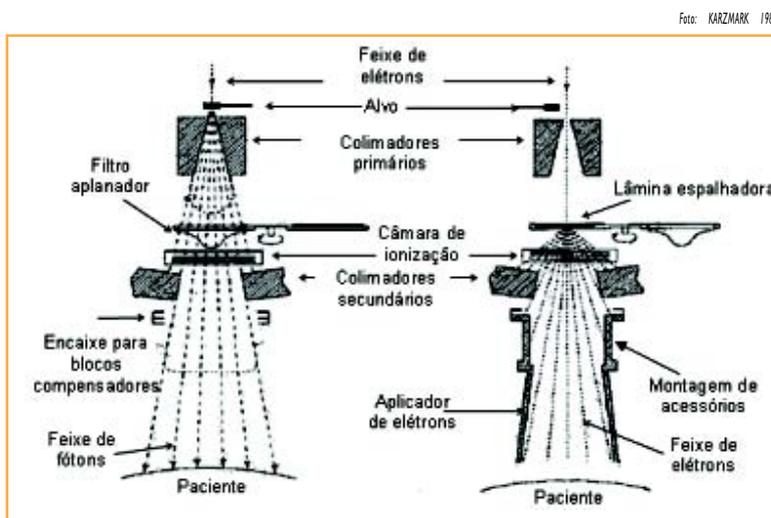


Figura 2.14 - Esquemas do cabeçote de um acelerador para produção de fótons e elétrons

Os elétrons gerados são acelerados e conduzidos até o cabeçote do acelerador para atingir um alvo metálico de tungstênio, quando se deseja produzir um feixe de fótons, ou uma folha espalhadora de alumínio, para obtenção de um feixe de elétrons (figura 2.14). Esses feixes, após sua produção, são colimados por sistemas específicos para cada caso.

No cabeçote do acelerador (figura 2.15), estão localizados os sistemas de seleção, colimação e monitoração utilizados para se obter um feixe homogêneo de radiação. O conjunto das estruturas que compõem o cabeçote é blindado com chumbo, para reduzir a radiação de fuga a 0,1% da dose que chega ao isocentro do equipamento.

Para definição do tamanho dos campos de irradiação e da homogeneidade do feixe, é utilizado no cabeçote um sistema de dimensionamento, a saber:

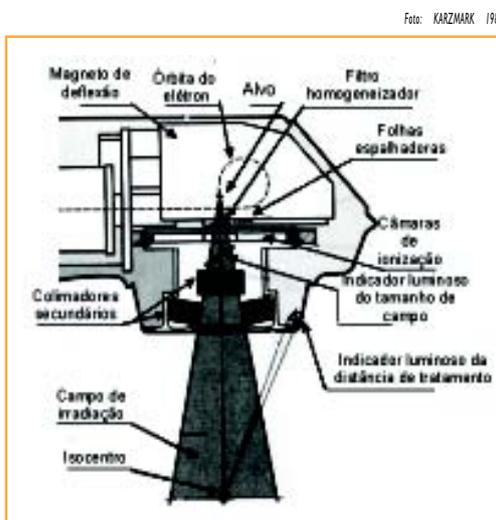


Figura 2.15 - Detalhes dos componentes do cabeçote de um acelerador linear



Radioterapia

conformada ou conformacional é uma modalidade de tratamento, no qual os campos de irradiação são definidos segundo o volume-alvo, poupando os tecidos sadios próximos do campo.

1. **Colimadores primários:** esses colimadores são fixos e determinam o maior campo de irradiação (normalmente 40 cm x 40 cm). São feitos normalmente de chumbo ou tungstênio e localizados perto do alvo (figura 2.14).
2. **Câmaras monitoras:** dois pares de câmaras de ionização interceptam o feixe, detectando sua intensidade e realimentando um sistema eletrônico que verifica a homogeneidade e controla a estabilidade desse feixe.
3. **Filtro achatador:** dispositivo responsável por deixar o feixe de fótons mais homogêneo.
4. **Folha espalhadora:** componente responsável pela criação de um feixe uniforme de elétrons.
5. **Colimadores secundários:** sistema móvel de colimadores que delimita o tamanho do campo de irradiação.
6. **Cones aplicadores:** utilizados para definir os diferentes tamanhos de campo de feixes de elétrons.
7. **Sistema ótico:** indicador luminoso do tamanho do campo de radiação e da DFS.

Os colimadores secundários são compostos por dois pares de colimadores metálicos ("X e Y" na figura 2.16). Nos equipamentos mais antigos, esses pares eram simétricos, ou seja, moviam-se juntos. Os equipamentos mais recentes têm colimadores assimétricos, isto é, os pares de colimadores movem-se de modo independente entre si.

Nos aceleradores mais modernos, é possível utilizar um sistema conhecido por *multileaf colimator* ou colimador de múltiplas lâminas (MLC) para execução da **radioterapia conformada**.

Esse sistema contém um colimador formado por 52, 80 ou 120 lâminas, medindo cada uma de 3 mm a 10 mm de largura, e de 20 cm a 40 cm de comprimento.

As lâminas são comandadas individualmente por um sistema computadorizado. Elas podem se deslocar de forma independente, possibilitando moldar campos de irradiação com formas irregulares (figuras 2.17 e 2.18) de acordo com as formas dos volumes a serem tratados.

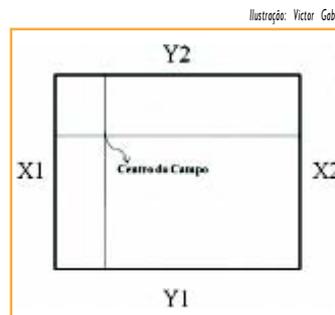
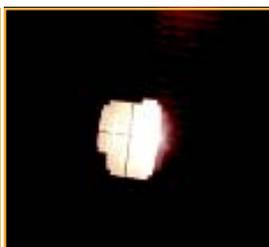


Figura 2.16 - Colimadores assimétricos



Figuras 2.17 e 2.18 - Colimador de múltiplas lâminas (MLC) (esq.); e campo irregular definido pelas lâminas (dir.)

Essa tecnologia corresponde ao avanço do que era feito com as máscaras de chumbo e os blocos de chumbo ou *Cerrobend*[®] (liga metálica que substitui o chumbo).

Para alguns tipos de tratamento, como os de câncer de mama com campos tangentes, os colimadores assimétricos oferecem mais praticidade na execução, pois sua movimentação independente viabiliza a correção da divergência do feixe (figura 2.19).

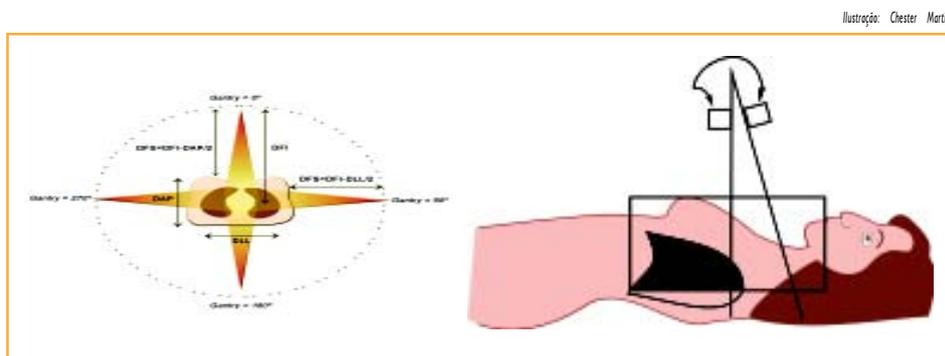


Figura 2.19 - Tratamento de mama com campos assimétricos

Nos equipamentos com colimadores simétricos, a retificação da divergência é feita com um bloqueador de meio-campo (figura 2.20).

Os aceleradores lineares foram construídos também com montagem isocêntrica, tornando os tratamentos mais práticos. Nos equipamentos mais recentes, a DFI é definida como 100 cm. Entretanto, ainda há equipamentos antigos com DFI de 80 cm.

Os graus de liberdade na movimentação dos aceleradores lineares (figura 2.21) são iguais aos do simulador convencional, com exceção da DFI, que não varia nesses aceleradores.

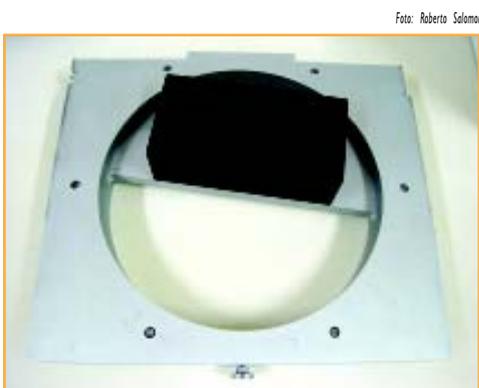


Figura 2.20 - Bloqueador de meio-campo

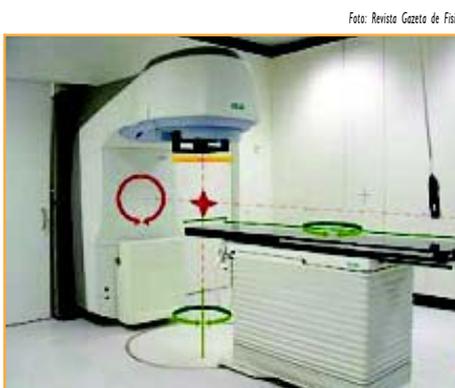


Figura 2.21 - Alguns graus de liberdade dos movimentos do acelerador linear: rotação do gantry (seta vermelha), rotação da mesa (setas verdes). A "estrela" vermelha define o isocentro, que está localizado na interseção entre as linhas pontilhadas

2.4 - Simuladores de tratamento

Os simuladores de tratamento foram desenvolvidos com o objetivo de melhorar a qualidade da localização do tumor, do planejamento dos campos de tratamento e do posicionamento do paciente.

Apesar de alguns centros de radioterapia ainda realizarem essa simulação no próprio aparelho de tratamento, os simuladores são os equipamentos mais adequados para este fim, já que não ocupam o tempo de tratamento do equipamento de teleterapia.

Na etapa de simulação, são executadas:

- A localização e a definição do volume a ser tratado.
- A localização dos órgãos de risco a serem protegidos.
- A definição da técnica empregada.
- A escolha dos acessórios adequados à localização e imobilização do paciente.

2.4.1 - Simulador convencional

Os simuladores convencionais (figura 2.22) são constituídos basicamente de um tubo de raios X diagnóstico (convencional ou para fluoroscopia) fixo em um *gantry* com montagem isocêntrica idêntica à montagem dos equipamentos de tratamento.

Neles, definem-se o isocentro do tratamento, os campos de irradiação para a região a ser tratada e escolhem-se os acessórios de posicionamento e imobilização do paciente, para garantir a sua reprodutibilidade durante todo o tratamento.

Todo o processo de localização do tumor e de definição do tamanho dos campos de irradiação é feito com base em parâmetros ósseos, que também definem as regiões a serem protegidas.

A definição dos campos de irradiação (quadrados ou retangulares) é feita com colimadores luminosos. A mesa do simulador tem os mesmos movimentos das mesas de tratamento. Assim, o simulador convencional reproduz as condições geométricas do tratamento que será realizado na unidade de teleterapia.

O processo de simulação convencional é feito com imagens radiográficas em filmes ou imagens de fluoroscopia, do qual os técnicos de radioterapia participam

Foto: IAEA Training Material on Radiation Protection in Radiotherapy



Figura 2.22 - Simulador convencional

Foto: IAEA Training Material on Radiation Protection in Radiotherapy

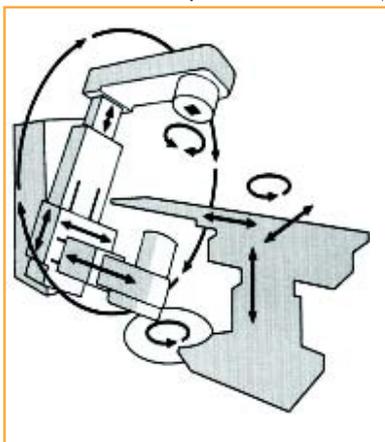


Figura 2.23 - Graus de liberdade de um simulador convencional de tratamento

ativamente. Nesta etapa, aplica-se todo o conhecimento da radiologia convencional e da fluoroscopia adquirido na formação do técnico em radiologia, porém é importante ter em mente a maior complexidade do simulador convencional em relação aos equipamentos diagnósticos, como por exemplo, os graus de liberdade de seus movimentos (figura 2.23).

Terminada a simulação, as imagens radiográficas do paciente são enviadas para os cálculos da dose e do tempo de tratamento desse paciente.

Mais detalhes do processo de simulação serão discutidos posteriormente nos capítulos 5 e 6.

2.4.2 - Tomógrafo simulador

Foto: The Modern Technology of Radiation Oncology A Compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists - J. Van Dyk



Figura 2.24 - Esquema de uma sala com um CT-simulador

A evolução das técnicas de aquisição de imagem, principalmente a invenção da tomografia por raios X, trouxe uma grande inovação para as técnicas de simulação em radioterapia, pois possibilitou a realização da simulação virtual do tratamento.

O **CT-simulador** (figura 2.24) é um equipamento de tomografia

computadorizada adaptado para aplicação em radioterapia.

Tomógrafos utilizados em radiodiagnóstico podem ser também utilizados em radioterapia, mas necessitam de uma mesa plana especial, semelhante à utilizada nas unidades de tratamento, além de *lasers* fixos em sua sala, para auxiliar na localização do paciente e na determinação do isocentro de simulação.

A abertura do *gantry* do tomógrafo pode ser um fator limitante quando há necessidade de utilização de acessórios de posicionamento do paciente, como a "rampa de mama" (*breast board*). Entretanto, alguns equipamentos novos já são projetados e comercializados especificamente para uso em radioterapia.

Esse processo de simulação que utiliza o tomógrafo para aquisição de imagens sem que o paciente passe por um simulador convencional é chamado de simulação virtual.



CT-simulador

= *computerized tomography*, que significa em português tomografia computadorizada.

Para o processo de simulação virtual, são feitas aquisições de imagens tomográficas no plano transversal do paciente (figura 2.25). Nesta etapa, assim como na simulação convencional, os técnicos de radioterapia normalmente auxiliam na imobilização do paciente e na localização do isocentro de simulação, além de participarem na operação do tomógrafo.

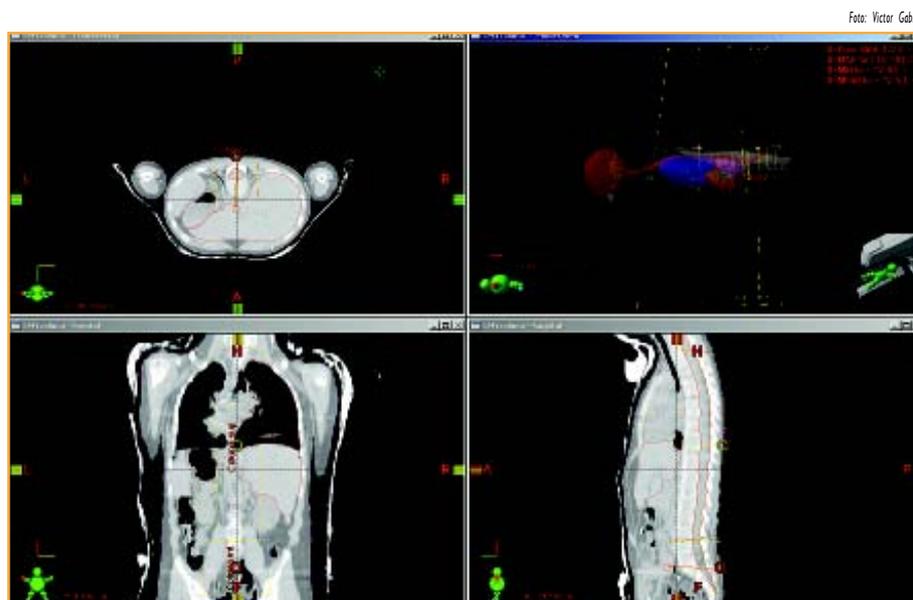


Foto: Victor Gabriel

Figura 2.25 - Cortes tomográficos, começando pela esquerda no sentido horário: corte transversal, reconstrução tridimensional do paciente com os campos de tratamento, corte sagital e corte frontal

As imagens adquiridas no tomógrafo, que contém todas informações anatômicas do paciente, são enviadas para uma estação de planejamento (*workstation*) constituída por um computador provido de um programa específico denominado sistema de planejamento de tratamento (Treatment Planning System - TPS).

O conjunto de imagens tomográficas é processado e transformado em um "paciente virtual" em três dimensões (3D) (figura 2.26). Com essa imagem tridimensional do paciente, é feita, como na simulação convencional, a determinação:

- Do isocentro de tratamento (normalmente definido no centro do tumor).
- Dos tamanhos dos campos de irradiação.
- Das regiões a serem protegidas.

Foto: Victor Gabriel



Figura 2.26 - Simulação virtual 3D

Como as radiografias na simulação convencional, as radiografias digitalmente reconstruídas (DRRs - *digital reconstructed radiographs*) servem como importantes parâmetros de verificação do posicionamento do paciente e da definição dos limites dos campos de irradiação.

As DRRs são obtidas a partir das imagens tomográficas, usando o sistema de planejamento, conforme pode ser visto na figura 2.27.

Assim como na simulação convencional, as imagens radiográficas do paciente são enviadas para os cálculos da dose e do tempo de tratamento desse paciente.

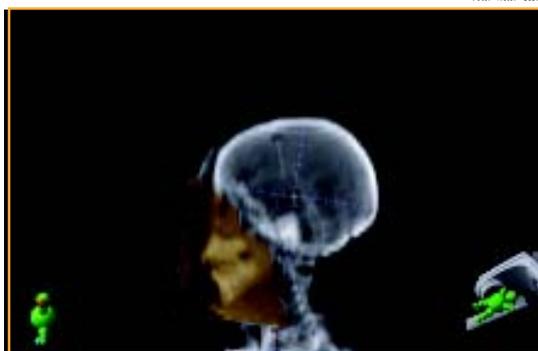


Figura 2.27 - DRRs de um tumor de cabeça e pescoço

2.5 - Aspectos gerais de segurança dos equipamentos

Os parâmetros básicos de segurança e funcionamento de instalações médicas, que possuem equipamentos radiativos, são regulados por normas específicas, como as NN-3.01, NE-3.06 e NE-6.02 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que estabelecem requisitos básicos de radioproteção em radioterapia, e a resolução RDC-20, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que é um regulamento técnico para o funcionamento de Serviços de Radioterapia.

É importante que os técnicos tenham conhecimento do que dizem essas normas. O técnico em radioterapia é o profissional que mantém o contato diário com os equipamentos do Serviço, o que lhe permite conhecer bem o desempenho de todos eles, podendo assim identificar possíveis problemas e prevenir, com o auxílio de outros profissionais, funcionamento inadequado e quebra, e/ou parada dos mesmos.

Nesse sentido, o técnico deve estar sempre atento a itens como a integridade do cronômetro mecânico ou digital, a existência de ruídos estranhos no sistema pneumático, e a movimentação do equipamento (no caso de equipamento de Co-60).

Nos simuladores, um cuidado especial deve ser dado aos aspectos mecânicos do equipamento (*lasers*, tamanho de campo etc.). Qualquer erro no processo de simulação e localização será propagado por todo o tratamento, podendo comprometer seriamente a sua qualidade.

A melhor maneira de monitorar o desempenho diário dos equipamentos é estabelecer um programa de controle de qualidade, pois este é o método mais eficaz de reduzir problemas, gastos, incidentes e acidentes.

A proteção radiológica do paciente e da equipe está intimamente ligada à garantia de qualidade, ou seja, ao funcionamento correto de todos os equipamentos.

Por essa razão, diariamente, antes do início do expediente, devem ser realizados todos os testes estabelecidos no programa de controle de qualidade da instituição, conforme normas específicas.

Assim sendo, um técnico em radioterapia, conhecedor de sua função e importância, é personagem fundamental tanto na realização diária dos tratamentos como no zelo pelo melhor desempenho dos equipamentos, conhecendo bem as suas características e as exigências básicas para seu funcionamento correto.

Agora que você já conhece os equipamentos de uso mais frequente em radioterapia e seu funcionamento, vamos conhecer, no próximo capítulo, os acessórios utilizados para posicionamento do paciente e para modificação dos feixes de radiação durante as sessões de tratamento.

Referências

Podgorsak EB, (Technical Editor) Review of Radiation Oncology Physics: a Handbook for Teachers and Students. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005.

International Atomic Energy Agency. External Beam Radiotherapy: Equipment and Safe Design. Training Material on Radiation Protection in Radiotherapy. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007.

Johns HE, Cunningham JR. The Physics of Radiology. 3rd ed., Chicago: Thomas; 1969.

Nandi DM. Estudo de Funcionalidade e Segurança para Aceleradores Lineares Utilizados em Radioterapia - uma Contribuição para Gestão Tecnológica Médico-Hospitalar. (dissertação). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica; 2004. 141 f.

Tauhata L, et al. Radioproteção e Dosimetria - Fundamentos. Rio de Janeiro: CNEN, Instituto de Radioproteção e Dosimetria; 2001.

Van Dyk J, (Technical Editor) The Modern Technology of Radiation Oncology: a Compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists. Madison, Wis.: Medical Physics Pub; c1999.

Wallace RP. Cobalt and Radiation Therapy: the Benefits in the Treatment of Cancer. Ontario, Ca: Theratronics International Limited; 1997.

Wolfgang S. 3D Conformal Radiation Therapy: a Multimedia Introduction to Methods and Techniques. [S.n.t]

Sugestões para pesquisa

http://pt.wikipedia.org/wiki/Raios_X - Sítio na internet com informações sobre a produção de raios X.

http://www.ionactive.co.uk/multi-media_video.html?m=8 - Sítio na internet com animações sobre a produção de raios X

http://en.wikipedia.org/wiki/External_beam_radiotherapy - Sítio na internet com informações sobre equipamentos de tratamento com radiação.

www.cnem.gov.br - página de internet da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) onde são encontradas as normas brasileiras de proteção radiológica e requisitos para licenciamento para serviços de radioterapia.

<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=20741&word> - Sítio da Anvisa com as regras para o funcionamento dos serviços de radioterapia.

CAPÍTULO 3 - ACESSÓRIOS PARA TRATAMENTO

.....

Objetivo:

- Oferecer ao técnico a oportunidade de aperfeiçoar seus conhecimentos sobre os acessórios mais usados, tanto para posicionamento do paciente quanto para modificação dos feixes de radiação, nos tratamentos mais frequentes com radioterapia.

3.1 - Acessórios para posicionamento

A maioria dos tratamentos em radioterapia é feita em sessões diárias (em média, de 20 a 30 no total). Portanto, a garantia da reprodução, dia a dia, do posicionamento correto do paciente, é fator de grande importância para o sucesso desse tratamento. Para isso, contamos com diversos acessórios padronizados, criados especialmente para a imobilização, o conforto e a agilidade no posicionamento dos pacientes.

Além desses, existem ainda os acessórios que têm por objetivo modificar o feixe de radiação de acordo com o planejamento do tratamento.

Esses acessórios são utilizados para posicionar e imobilizar o paciente, tanto na simulação do tratamento (no simulador convencional ou no CT-simulador) como em sua realização no equipamento escolhido para o caso. A seguir, serão apresentados alguns desses acessórios mais utilizados na rotina da radioterapia:

- a) Suportes para cabeça e pescoço.
- b) Máscaras termoplásticas.
- c) Retrator de ombros.
- d) *Breast Board*.
- e) Travesseiro para decúbito ventral.
- f) Suporte para abdômen.
- g) Imobilizador pélvico.
- h) Imobilizador de corpo inteiro.

- i) Suporte para joelhos.
- j) Berço para neuroeixo.

a) Suportes para cabeça e pescoço

Os suportes (figura 3.1) têm por objetivo posicionar a coluna cervical de acordo com cada proposta de tratamento. São construídos com formatos padronizados e identificados por letras.

Quando a posição desejada não pode ser realizada com os suportes do tipo padrão, são feitos, em uma oficina de moldes dedicada à radioterapia, suportes individualizados de gesso, espuma ou isopor.



Figura 3.1 - Conjunto padronizado de suportes de cabeça e pescoço

b) Máscaras termoplásticas



Figura 3.2 - Moldura plástica com o material sintético utilizado na imobilização

São acessórios feitos de material sintético e usados para a imobilização do paciente em tratamentos de cabeça e pescoço (figura 3.2).

Eles substituíram o antigo, desconfortável e impreciso método de imobilização da cabeça do paciente, usando uma fita adesiva colocada em sua testa e presa à mesa de tratamento.

Essas máscaras são fixadas em uma moldura plástica que lhe serve de base (figura 3.3).

A moldura com o material termoplástico é aquecida a uma temperatura suficiente para amolecê-lo, e então posicionada sobre a região do paciente a ser imobilizada. Em poucos minutos, o material termoplástico se resfria e enrijece, tomando a forma final desejada para a imobilização e irradiação diária desse paciente.

Para tratamento de tumores de cabeça e pescoço, é necessário, juntamente com a máscara, usar um suporte de cabeça (figura 3.1).



Figura 3.3 - Base com suporte de cabeça para fixação da máscara termoplástica

Para a confecção da máscara, o paciente é posicionado, de modo confortável, sobre o suporte escolhido.

A figura 3.4 mostra a sequência da confecção de uma máscara para um tratamento de cabeça e pescoço.



Figura 3.4 (a), (b), (c) - Sequência de confecção da máscara termoplástica

Algumas vezes, no tratamento de tumores de mamas muito grandes, utiliza-se uma máscara termoplástica para facilitar e garantir a repetição do posicionamento correto em cada aplicação.

Mas, atualmente, na maioria dos casos, essa imobilização é feita com "rampas de mama" (*breast board*), descritas no item "d".

c) Retrator de ombros

Em tratamentos de cabeça e pescoço, quando o paciente necessita ser posicionado em decúbito dorsal, é utilizado um retractor de ombros para melhor posicionamento dessa região.

Esse acessório é composto por duas alças fixadas em uma base de madeira (figura 3.5).

Durante a confecção da máscara termoplástica, o paciente segura essas duas alças e as puxa, fazendo um movimento de tração em direção à cabeça. Assim, a base de madeira é posicionada sob os seus pés (figura 3.6), o que permite alinhar seus ombros com o resto do corpo e evitar que fiquem em superposição com a região cervical. Essa posição é registrada na ficha do paciente e repetida a cada sessão de tratamento.

d) Breast Board

Também conhecido como "rampa de mama", esse acessório é composto por uma prancha apoiada a uma base que possibilita diferentes angulações do paciente.



Figura 3.5 - Visão anterior (esq.) e posterior (dir.) do retractor de ombros com seu correto posicionamento



Figura 3.6 - Paciente posicionado com um retractor de ombros

Para acomodação dos braços do paciente, a base contém suportes acolchoados que são posicionados de modo a garantir seu posicionamento correto e menos desconfortável durante o tratamento.

O *breast board* é ajustado para cada paciente, seguindo referências alfanuméricas de angulação da prancha e da posição dos suportes dos braços (figura 3.7). Essas referências são registradas na ficha de tratamento para orientar o posicionamento diário do paciente.

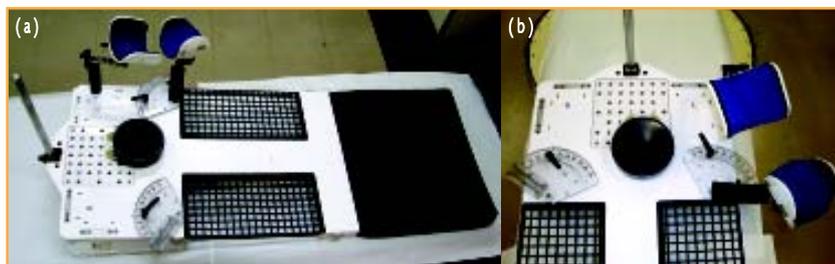


Foto: Roberto Salomon

Figura 3.7 (a) e (b) - Breast Board com suas referências alfanuméricas para posicionamento

e) Travesseiro para decúbito ventral

Quando o tratamento indicado para um paciente exige seu posicionamento em decúbito ventral, a utilização de travesseiros comuns pode, além de causar desconforto, comprometer sua imobilização e a reprodutibilidade de seu tratamento.

Nesse caso, deve-se usar um suporte inclinado com orifício na parte superior, cuja função é acomodar o tórax do paciente e encaixar sua face (figura 3.8).



Foto: Roberto Salomon

Figura 3.8 - Exemplo de travesseiro para posicionamento em decúbito ventral

f) Suporte para abdômen

Para imobilizar pacientes em decúbito ventral, como no tratamento de tumores pélvicos, pode-se lançar mão do *belly board* ou suporte para abdômen.

Esse acessório consiste em uma prancha com um orifício central para acomodar o abdômen do paciente, minimizando sua possibilidade de movimentação. Por sua simplicidade, ele pode ser facilmente confeccionado em uma oficina de moldes.

A figura 3.9 mostra o acessório posicionado sobre uma mesa de tratamento.

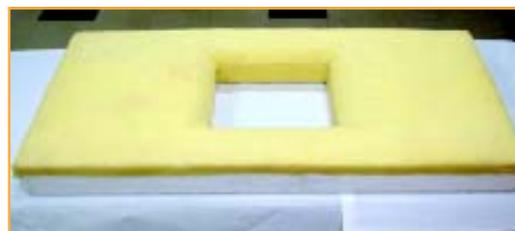


Foto: Roberto Salomon

Figura 3.9 - Suporte para abdômen (belly board)



Belly board

significa, em tradução livre do inglês, suporte para abdômen ou ventre.

g) Imobilizador pélvico

Em tratamentos de alguns tumores pélvicos, é necessária maior precisão na imobilização dos pacientes, que não é garantida pelo suporte para abdômen. Usa-se, então, o imobilizador pélvico (figura 3.10), que é um acessório formado por uma base adaptada na mesa de tratamento, e um molde termoplástico rígido, que é moldado diretamente no paciente.



Figura 3.10 - Exemplo de imobilizador pélvico

h) Imobilizador de corpo inteiro

Para imobilizar de modo confortável grande parte do corpo do paciente, pode-se utilizar um imobilizador de corpo inteiro, que é um colchão flexível preenchido com flocos de isopor (figura 3.11).

Ele é muito versátil e utilizável em variadas técnicas de tratamento, pois pode ser modelado segundo a forma do corpo de cada pessoa.



Figura 3.11 - Paciente posicionada sobre o imobilizador de corpo inteiro

Para isso, retira-se o ar do seu interior por meio de uma bomba de vácuo, deixando-o rígido e no formato do corpo do paciente.

Esse mesmo tipo de acessório pode ser feito com líquidos modeladores.

Para confeccioná-lo, misturam-se dois líquidos que formam uma solução viscosa, a qual é colocada dentro de um saco plástico. Posiciona-se, então, o paciente sobre esse saco plástico e se aguarda alguns minutos. Essa solução se expande, aumentando seu volume e adquirindo o tamanho suficiente para modelar a forma do paciente. Após essa expansão, a mistura endurece, formando, pois, o molde do paciente a ser utilizado em seu posicionamento diário durante todo o tratamento.

i) Suporte para joelhos

É usado para auxiliar a imobilização do paciente nos tratamentos de tumores da pele, como o câncer de próstata.

Trata-se de uma estrutura de espuma encapada, com a forma adequada para apoiar as pernas flexionadas. Ela é posicionada sob os joelhos (figura 3.12), evitando que o desconforto, decorrente da posição de tratamento, provoque a natural movimentação das pernas do paciente.



Figura 3.12 - Paciente posicionado com um suporte para joelhos



Neuroeixo ou sistema nervoso central é o nome dado à estrutura anatômica formada pelo encéfalo (cérebro, tronco cerebral e cerebelo) e pela medula espinhal.

j) Berço para neuroeixo

Usa-se o berço para neuroeixo nos tratamentos que exigem irradiação total do crânio com extensão para todo o **neuroeixo** dos pacientes.

Esse berço pode ser confeccionado com isopor e gesso na oficina de moldes (figura 3.13).

O paciente é posicionado em decúbito dorsal e sua cabeça fixada com uma máscara termoplástica (figura 3.14).



Figuras 3.13 e 3.14 - Berço de gesso para tratamento de crânio e neuroeixo (esq.); e posicionamento da cabeça no tratamento de crânio e neuroeixo (dir.)

Nesse tipo de tratamento, igual qualidade de imobilização pode ser obtida com o imobilizador de corpo inteiro, descrito anteriormente, conforme ilustrado na figura 3.15.



Figura 3.15 - Representação da imobilização para tratamento de neuroeixo com imobilizador de corpo inteiro

3.2 - Acessórios modificadores de feixe

Alguns tratamentos necessitam de acessórios específicos para a modificação dos feixes originalmente produzidos pelo irradiador (equipamento de Co-60 ou acelerador linear).

Para suprir essas necessidades, foram desenvolvidos os seguintes acessórios:

- Blocos de proteção.
- Bólus.
- Filtros físicos.
- Filtros eletrônicos.

a) Blocos de proteção

Quando partes dos campos de irradiação com feixes de fótons necessitam ser bloqueadas, a fim de proteger algumas regiões sãs próximas ao tumor, podem ser utilizados blocos de chumbo ou **cerrobend®**, padronizados (não divergentes) ou personalizados (divergentes), estes confeccionados especificamente para cada paciente na oficina de moldes (figura 3.16).

O bloqueio de partes do campo de irradiação, usando blocos padronizados (não divergentes), pode gerar, no paciente, regiões indesejáveis de penumbra.

Para evitá-las, a solução é utilizar blocos personalizados para cada campo de irradiação, com seus bordos seguindo a divergência natural do feixe de radiação. Detalhes da confecção desses blocos serão discutidos no "Roteiro para confecção de blocos de **cerrobend®**", no capítulo 4.



Figura 3.17 - Bandeja de acrílico com blocos de **cerrobend®**

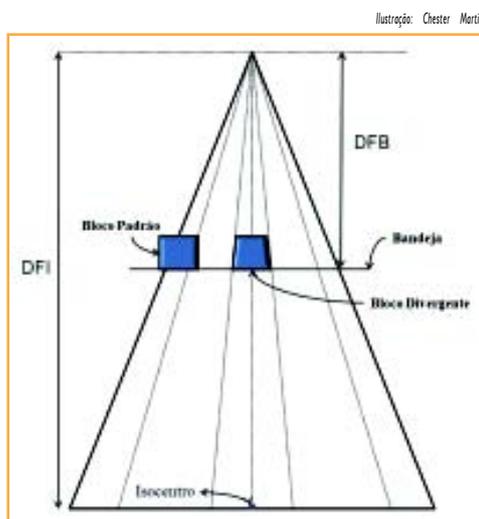


Figura 3.16 - Comparação do efeito dos blocos padronizados e dos blocos divergentes confeccionados na oficina



O **cerrobend®**

é uma liga metálica com baixo ponto de fusão (70°C) composta por bismuto (50%), chumbo (26,7%), estanho (13,3%) e cádmio (10%).

Foto: Victor Gabriel

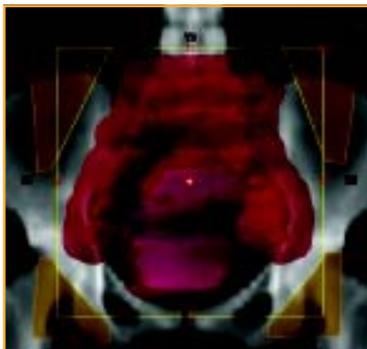


Figura 3.18 - Simulação de um campo de irradiação. No retângulo que define o tamanho de campo, tem-se o volume-alvo no meio e, nos lados, os desenhos dos blocos

planejamento do tratamento - indica a região a ser tratada (mediastino) e as regiões a serem protegidas. Esse exemplo mostra a necessidade da personalização dos blocos, visto que as regiões a serem protegidas possuem contorno irregular.

Atualmente, a nova geração de aceleradores lineares permite a utilização de colimadores de múltiplas folhas (da sigla em inglês MLC - *Multi Leaf Collimator*), que substituem os blocos de proteção. Esses colimadores permitem a conformação de campos irregulares da mesma

forma que os blocos personalizados.

Em tratamentos com feixes de elétrons, os blocos de proteção são personalizados, porém não divergentes (figura 3.19), devido às características físicas do feixe.

Esses blocos são montados no próprio aplicador de elétrons, uma vez que as bandejas de acrílico atenuariam a intensidade do feixe.

b) Bólus

Algumas técnicas de tratamento necessitam que a região de dose máxima dos feixes seja deslocada para a superfície da pele. Para esse fim, são usados os bólus.

O bólus é um acessório confeccionado com material de densidade semelhante à do tecido mole do corpo humano. Podem ser adquiridos comercialmente ou confeccionados em cera na oficina de moldes. A figura 3.20 mostra um exemplo de bólus.

A utilização de bólus comerciais otimiza o atendimento diário dos pacientes e é mais econômica do que a sua confecção personalizada em oficina.

Entretanto, na irradiação de superfícies muito irregulares, pode ser exigida a confecção de "bólus planificadores" com o objetivo de homogeneizar a distribuição das doses. Esses bólus são feitos de cera de abelha e modelados para cada paciente.

A figura 3.21 mostra um exemplo de bólus planificador aplicado em máscara para o tratamento de tumores de cabeça e pescoço.

Foto: Roberto Salomon



Figura 3.19 - Bloco de proteção para tratamento com feixe de elétrons

Foto: Roberto Salomon

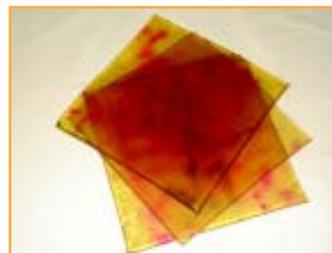


Figura 3.20 - Bólus comerciais

Foto: Roberto Solomom



Figura 3.21 - Bólus planificador montado sobre máscara termoplástica

c) Filtros físicos

Algumas vezes, durante o planejamento do tratamento, é necessário compensar a falta de tecido em superfícies curvas, assim como homogeneizar a distribuição de dose no volume a ser irradiado. Para isso, são utilizados modificadores de feixe chamados filtros físicos.

Eles consistem de um bloco metálico, moldado em forma de cunha (figura 3.22).

Com essa geometria, pode-se compensar a falta de tecido durante a incidência do campo de irradiação em uma superfície com uma certa curvatura, assim como criar propositalmente um gradiente de dose para melhorar a homogeneidade da dose no volume-alvo, ou seja, no volume a ser irradiado. Os filtros físicos podem ser dispostos em diferentes ângulos de inclinação. Os ângulos mais utilizados são: 15°, 30°, 45° e 60°.

Foto: Roberto Solomom



Figura 3.22 - Filtro físico posicionado no acelerador linear

O filtro físico deve ser posicionado no cabeçote do equipamento, na janela de saída do feixe, de modo semelhante ao da bandeja com os blocos de proteção.

Esse posicionamento é em geral definido pelas palavras em inglês: *IN* ou *OUT*, *LEFT* ou *RIGHT* (dentro, fora; esquerda ou direita). A figura 3.22 mostra um filtro físico posicionado no equipamento.

Na realização de tratamentos com filtros físicos, é muito importante observar e seguir corretamente o posicionamento do filtro, tal como registrado na ficha de tratamento de cada paciente.

A inversão de posicionamento desse filtro ou o esquecimento de sua colocação acarretam erros muito graves na dose ministrada no paciente.

A inversão do filtro provoca a inversão da distribuição de dose no volume tumoral, acabando com a homogeneidade da distribuição planejada, fazendo com que algumas regiões fiquem subirradiadas (recebem dose menor do que o planejado) e outras irradiadas demais.

A falta do filtro ainda é mais séria, pois levará a um considerável aumento (dobro!) da dose no volume a ser irradiado.

d) Filtros eletrônicos

O advento dos aceleradores lineares computadorizados permitiu o desenvolvimento de filtros não físicos, ou eletrônicos.

Esses filtros consistem em colimadores dinâmicos, que geram distribuições de dose equivalentes às produzidas por filtros físicos colocados em campos estáticos.

Os filtros eletrônicos são muito mais práticos do que os filtros físicos para a rotina de um tratamento, pois eliminam a tarefa do técnico de entrar na sala para reposicionar o filtro.

A programação do posicionamento do filtro é feita pelo técnico, no computador, na mesa de comando do equipamento.

Tanto a programação de tratamentos com filtros como a inserção de filtros físicos no cabeçote devem ser objeto de muita atenção, pois a má utilização desses acessórios já gerou alguns acidentes na área da radioterapia.

Após ter aprofundado seus conhecimentos sobre os acessórios, no próximo capítulo você conhecerá os materiais mais comumente usados e suas respectivas técnicas de confecção na oficina de moldes.

Referências

BENTEL, G. C., Radiation Therapy Planning: Second Edition, McGraw-Hill Companies, USA, 1996.

Instituto Nacional de Câncer (Brasil). Programa de Qualidade em Radioterapia - Curso de Atualização para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; s.d.

Instituto Nacional de Câncer (Brasil). Programa de Qualidade em Radioterapia, Manual para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2000.

WOLFGANG, S., 3D Conformal Radiation Therapy: a Multimedia Introduction to Methods and Techniques, Springer.

Sugestões para pesquisa

http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/ArchivedNews/3_SevereRadiotherapyAccident23patients.htm

CAPÍTULO 4 - OFICINA DE MOLDES EM RADIOTERAPIA

.....

Objetivo:

- Oferecer ao técnico a sistematização de conhecimentos sobre materiais e técnicas de confecção dos acessórios mais comumente usados na rotina da radioterapia.

4.1 - Confecção de moldes e acessórios

É na oficina de confecção de moldes e acessórios de um serviço de radioterapia que se produzem os blocos de proteção, os suportes, as máscaras termoplásticas, bem como quaisquer outros acessórios necessários à realização dos tratamentos.

A confecção correta e adequada de cada acessório é outro fator de grande importância para a reprodutibilidade e sucesso dos tratamentos tal como planejados, sobretudo porque a maioria dos tratamentos é feita em sessões diárias, como já vimos em capítulos anteriores.

O técnico de radioterapia, responsável por esse setor, deve ter conhecimento das técnicas de planejamento e domínio sobre os materiais, as máquinas e equipamentos utilizados na oficina e as técnicas de confecção dos acessórios requeridos para cada tratamento.

É desejável que os procedimentos de confecção dos moldes sejam de conhecimento de todos, estejam descritos de forma clara e detalhada, e disponíveis para consulta na oficina.

A seguir, serão apresentados os principais materiais usados na confecção dos acessórios, bem como as técnicas para confeccioná-los.

4.2 - Materiais

Os materiais mais comumente usados para confecção dos acessórios são:

- a) Cera de abelhas.
- b) Chumbo.

c) Gesso.

d) Cerrobend®.

a) Cera de abelhas

Para confecção de bólus, máscaras e moldes em geral usa-se um material equivalente ao tecido humano. Como já vimos nos capítulos anteriores, qualquer material utilizado para simular um tecido necessita reproduzir as suas características físicas de atenuação e espalhamento. A cera de abelhas, por apresentar características semelhantes às do tecido humano, ter baixo custo, e ser de fácil manuseio, é um dos materiais mais usados.

Quando aquecida, ela se torna liquefeita, o que permite ser moldada e esculpida no formato desejado. Mas é importante ter cuidado e atenção, porque ela esfria e endurece rapidamente.

A figura 4.1 mostra um recipiente com cera de abelhas em estado pastoso, ideal para ser manuseada.

Na figura 4.2, tem-se um bólus personalizado moldado na máscara para tratamento de tumor de cabeça e pescoço. Neste caso, ele atua como homogeneizador das distribuições de dose no volume-alvo.

Foto: Roberto Salomon



Figura 4.1 - Recipiente com cera de abelhas em estado pastoso

Foto: Roberto Salomon



Figura 4.2 - Exemplo de bólus personalizado feito com cera de abelhas

Na prática, deve-se ter muita atenção para que os moldes sejam confeccionados exatamente como definidos no planejamento dos tratamentos.

Por exemplo, um erro de 5 mm em um bólus definido para um tratamento realizado em um equipamento de Co-60 pode causar um erro na dose recebida pelo paciente superior a 3%, tanto para mais quanto para menos. Nas duas situações o paciente será prejudicado: se o erro for para menos, ele será subtratado e o tumor pode não ser erradicado; se for para mais, estará recebendo uma dose maior do que a indicada, causando danos desnecessários às estruturas sadias adjacentes.

b) Chumbo

O chumbo é um metal de alta densidade utilizado para atenuação do feixe de radiação. Entretanto, seu elevado ponto de fusão (327°C) dificulta a confecção de blocos de proteção em uma estrutura usual de uma oficina de moldes de um serviço de radioterapia, motivo pelo qual o cerrobend® é o material mais utilizado atualmente.

Por outro lado, devido à sua grande maleabilidade, lâminas finas de chumbo são mais fáceis de serem usadas como proteção em feixe de elétrons, pois não precisam ser derretidas.

As figuras 4.3 e 4.4 mostram proteções de chumbo confeccionadas para tratamento com elétrons.

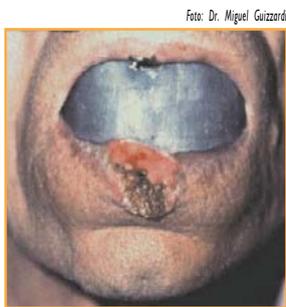


Figura 4.3 - Proteção de chumbo para o tratamento do lábio inferior com feixes de elétrons



Figura 4.4 - Máscara de proteção feita em chumbo e revestida com cera de abelhas, utilizada para o tratamento de tumores da face com feixes de elétrons

c) Gesso

O gesso é um material bastante versátil para confecção de acessórios na oficina de moldes. Para sua utilização, basta misturar o gesso disponível comercialmente na forma de pó com água, moldá-lo e esperar que seque.

É bastante usado para fazer **moldes negativos** (figura 4.5) para confecção de acessórios, como no caso de máscaras de cera para tratamentos com feixes de elétrons (figura 4.4), para tratamentos superficiais com braquiterapia e berços para tratamento de neuroeixo.

Para tratamentos de crânio com extensão para neuroeixo costuma-se confeccionar, com gesso e isopor, um acessório no formato de um berço (figura 4.6) para imobilização do paciente.



Figura 4.5 - Molde negativo em gesso para a confecção de máscaras (molde positivo)



Figura 4.6 - Berço de gesso e isopor para tratamento de crânio e neuroeixo



O molde

negativo é o primeiro molde feito diretamente sobre a área do paciente a ser tratada e que servirá de base para a confecção de acessórios em cera ou outro material que será utilizado nos tratamentos.

d) Cerrobend®

O *cerrobend®* é uma liga metálica composta por bismuto (50%), chumbo (26,7%), estanho (13,3%) e cádmio (10%) (figura 4.7).

Tem baixo ponto de fusão (70°C), o que facilita sua manipulação nas oficinas de molde em radioterapia.

É utilizado na confecção de blocos de proteção como atenuador do feixe de radiação.

A espessura dos blocos de *cerrobend®* está condicionada à energia do feixe de radiação que irá bloquear. Normalmente as espessuras para blocos de proteção já se encontram tabeladas, na oficina de moldes, com base nas medidas executadas pelo físico-médico. Por exemplo, para um bloco de *cerrobend®* fornecer a proteção adequada em um feixe de fótons de 6 MV, ele deve ter 7 cm de espessura.

Para confeccionar as fôrmas para modelagem desses blocos, o melhor material é o polipropileno expandido de alta densidade, conhecido como isopor azul. Esse material permite corte e modelagem com precisão e praticidade inigualáveis. Sua espessura é rigorosamente constante, sua granulação finíssima, e é praticamente indeformável se for manipulado cuidadosamente. Entretanto, seu custo é mais alto do que o do isopor branco, encontrado mais facilmente no mercado brasileiro.

O formato do bloco de *cerrobend®* que se deseja construir é desenhado no isopor e uma cavidade é aberta com esse formato. O *cerrobend®* liquefeito é, então, colocado nessa cavidade, onde endurece com o formato desejado para o bloco de proteção prescrito.

Para cortar fôrmas de isopor para a confecção de blocos de proteção a serem usados em feixes de fótons (figura 4.8), utiliza-se um "cortador de isopor divergente" (pois os feixes de fótons são divergentes) (figura 4.9). Já para a confecção de blocos de proteção para feixes de elétrons, pode-se usar um cortador de isopor simples, não divergente (figura 4.10).



Figura 4.7 - Blocos comerciais de *cerrobend®*



Figura 4.8 - Molde de bloco em isopor preenchido com *cerrobend®* derretido



Figura 4.9 - Cortador de isopor para blocos a serem usados em feixes de fótons



Figura 4.10 - Cortador de isopor do tipo simples, usado para confecção de proteções para feixes de elétrons

Esses procedimentos estão descritos detalhadamente nos Roteiros a seguir.

4.3 - Roteiros

- Roteiro para confecção de bólus de cera.
- Roteiro para confecção de máscaras termoplásticas.
- Roteiro para confecção de berço de neuroeixo.
- Roteiro para confecção de blocos de proteção.

4.3.1 - Roteiro para confecção de bólus de cera

Algumas técnicas de tratamento necessitam que a região de dose máxima dos feixes seja deslocada para a superfície da pele. Para esse fim, são usados os bólus.

Entretanto, na irradiação de superfícies muito irregulares, pode ser exigida a confecção de "bólus planificadores" com o objetivo de homogeneizar a distribuição das doses. Esses bólus são feitos de cera de abelha e modelados para cada paciente.

O material de mais baixo custo equivalente ao tecido humano e mais prático de ser modelado é a cera de abelhas (figura 4.11).



Figura 4.11 - Cera virgem de abelhas (esq.); e já em estado pastoso (dir.)

O procedimento de confecção dos bólus de cera segue as seguintes etapas:

1. Na oficina, o técnico recebe os desenhos dos bólus definidos no planejamento do tratamento para que, a partir desses, sejam definidas as espessuras de cada bólus (figura 4.12).



Figura 4.12 - Bólus definido no planejamento do tratamento

2. A cera virgem, quando aquecida, se liquefaz e, ao contato com um pouco de água fria, torna-se pastosa, o que permite ser modelada no formato desejado (figura 4.13).



Figura 4.13 - Tornando a cera pastosa com um jato de água fria

3. A cera é retirada do recipiente e, ainda em estado pastoso, é previamente modelada para que a massa fique homogênea e que sejam eliminadas eventuais bolhas de ar (figura 4.14).



Figura 4.14 - Preparo da cera para confecção do bólus

4. A massa passa, então, a ser trabalhada até adquirir a espessura do bólus definida no planejamento do tratamento (figura 4.15). Para isso, utiliza-se um par de placas de isopor como gabarito dessa espessura.



Figura 4.15 - Confecção do bólus de cera com espessura definida (esq.); e arremate das bordas do bólus (dir.)

5. Em seguida, molda-se na máscara termoplástica a placa de cera com a espessura definida anteriormente (figura 4.16).

Foto: Geneci Louredo



Figura 4.16 - Bólus moldado na máscara termoplástica

O procedimento para confecção do "bólus planificador" (figura 4.17) é muito semelhante ao descrito anteriormente:

Foto: Victor Gabriel



Figura 4.17 - Bólus planificador definido no planejamento do tratamento

Primeiramente, faz-se um molde de cera que é modelado na máscara, de forma a retificar as irregularidades da anatomia da face do paciente (figura 4.18a). Em seguida, se necessário, acrescenta-se outra camada de cera até atingir a espessura definida para esse bólus (figura 4.18b).

Fotos: Geneci Louredo

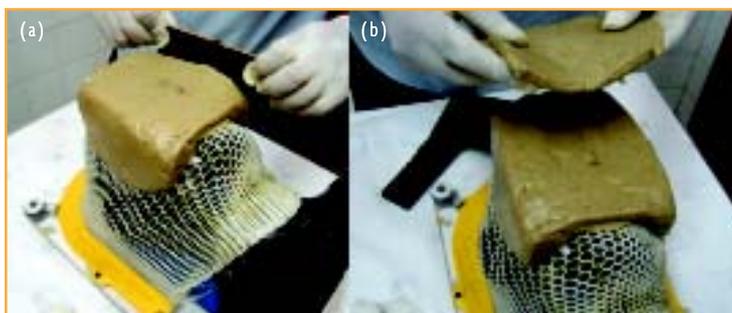


Figura 4.18 (a) e (b) - Molde de cera modelada na máscara para confecção de bólus planificador

Em seguida, faz-se o arremate das bordas do bólus (figura 4.19) e está concluída a confecção.

Foto: Geneci Louredo



Figura 4.19 - Arremate das bordas do bólus planificador

4.3.2 - Roteiro para confecção de máscaras termoplásticas

As máscaras termoplásticas são acessórios feitos de material sintético e usadas com grande frequência para o posicionamento e imobilização do paciente em tratamentos de câncer de cabeça e pescoço. Tais máscaras são confeccionadas antes de se dar início ao processo de simulação, que antecede o tratamento.

O procedimento de confecção dessas máscaras segue as seguintes etapas:

a) É escolhido um suporte de cabeça para o paciente, com o objetivo de posicionar a coluna cervical de acordo com cada proposta de tratamento.

b) O suporte é posicionado na mesa, sobre uma base de acrílico (figura 4.20), que servirá para fixar a máscara termoplástica.

c) O paciente é, então, posicionado em decúbito dorsal, com a cabeça apoiada confortavelmente sobre o suporte (figura 4.21). Em alguns casos, como na irradiação da laringe, ao confeccionar a máscara, é necessário que o paciente já seja posicionado com o retrator de ombros, que será usado durante todo o seu tratamento (figura 4.22).



Figura 4.20 - Suporte de cabeça e pescoço fixado à base de acrílico



Figura 4.21 - Simulador antropomórfico devidamente posicionado com o suporte de cabeça



Figura 4.22 - Paciente posicionado com retrator de ombros

Uma moldura com o material termoplástico é aquecida em água morna, a uma temperatura suficiente apenas para amolecê-la (figura 4.23).



Figura 4.23 - Material termoplástico virgem (esq.); e sendo aquecido para confecção da máscara (dir.)

Depois de aquecido, o material é colocado sobre a região a ser imobilizada, tomando a sua forma. Em seguida, já conformado ao paciente, é fixado à base de acrílico (figura 4.24).

Depois de poucos minutos, o material termoplástico se resfria e enrijece, tomando a forma final desejada (máscara) para a imobilização do paciente durante todo o seu tratamento (figura 4.25).



Figura 4.24 - Material termoplástico colocado no simulador antropomórfico



Figura 4.25 - Exemplo de máscara termoplástica já pronta

4.3.3 - Roteiro para confecção de berço de neuroeixo

Para o tratamento de neuroeixo, pode-se usar imobilizadores comerciais de corpo inteiro (Vac-Lock, Apha Cradle etc.), que são importados e têm custo elevado, ou se confeccionar um berço de gesso e isopor na Oficina de Moldes do Serviço de Radioterapia, obtendo o mesmo resultado final.

A seguir, são demonstrados os passos para a confecção desse acessório:

a) Para confecção do berço, faz-se um molde de gesso do contorno do tórax e abdômen do paciente, colocando-o em decúbito dorsal e protegendo-o do gesso com um plástico (figura 4.26).



Figura 4.26 - Paciente posicionado para moldagem do seu tórax e abdômen

b) As ataduras gessadas são banhadas em água e moldadas sobre o tórax e abdômen do paciente, seguindo o contorno de sua anatomia (figura 4.27).



Figura 4.27 (a) e (b) - Moldagem com ataduras gessadas

c) Após cobrir todo o tórax e abdômen do paciente com as ataduras gessadas, esperam-se alguns minutos até o gesso endurecer e adquirir a forma da região tóraco-abdominal do paciente.

d) Um novo molde é feito com uma atadura gessada fina sobre as formas do molde anterior, a fim de se cortar o isopor que servirá de base para o berço (figura 4.28)



Foto: Geneci Lauro

Figura 4.28 - Retirada do contorno axial do paciente

e) Retira-se este novo molde, coloca-se sobre uma placa de isopor e desenha-se o contorno nessa placa (figura 4.29).

f) Com os contornos desenhados no isopor, corta-se um número de placas suficientes para dar sustentação ao berço (figura 4.30).



Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela

Figura 4.29 - Desenho do contorno do tórax e abdômen em uma placa de isopor



Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela

Figura 4.30 - Corte do isopor seguindo o desenho do contorno

g) Em seguida, o berço é fixado às placas de isopor, que lhe servirão de base (figuras 4.31 e 4.32).



Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela

Figura 4.31 - Bases feitas com o isopor cortado segundo o contorno do paciente



Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela

Figura 4.32 - Fixação do berço nas bases de isopor

h) Para maior conforto do paciente, todo o berço de gesso é revestido de espuma, que é fixada com cola comum (figuras 4.33 e 4.34).



Figura 4.33 - Aplicação de cola para fixação da espuma no berço



Figura 4.34 - Colocação da espuma no berço

A figura 4.35 mostra um berço para tratamento de neuroeixo já confeccionado.



Figura 4.35 - Berço de neuroeixo pronto para uso em tratamento

4.3.4 - Roteiro para confecção de blocos de proteção

Neste roteiro, após uma rápida revisão de fundamentos teóricos, será abordada a técnica de confecção dos blocos de proteção individual do paciente nos tratamentos de radioterapia. Atualmente, a liga metálica mais utilizada é o *cerrobend*®.

Em radioterapia, os raios que compõem o feixe de radiação (fótons) aplicado no paciente não são paralelos. Ao contrário, já saem do ponto onde são gerados (foco) de modo totalmente divergente.

Portanto, para a confecção dos blocos de proteção, é preciso quantificar essas características geométricas.

Para isso, matematicamente, será usado o conceito de semelhança de triângulos, definido pelo teorema que diz: "Dois triângulos (Δ) que têm dois ângulos internos (α e β) iguais são semelhantes (\sim) entre si". Ou seja:

$$\Delta ABC \sim \Delta DEF$$

Ilustração: Victor Gabriel

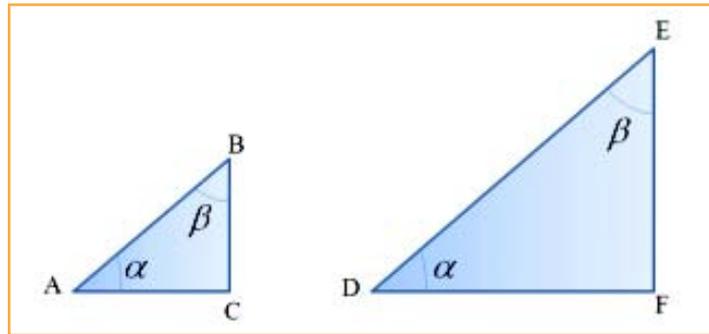


Figura 4.36 - Dois triângulos (ABC e DEF) semelhantes

Em decorrência dessa propriedade, as razões entre os comprimentos dos catetos (lados) dos triângulos semelhantes são proporcionais entre si. Essa proporção é assim descrita:

(Equação 1)
$$\frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{EF}}{\overline{DF}}$$

Os feixes de fótons usados em radioterapia (são divergentes, lembra?) descrevem uma trajetória que, geometricamente, pode ser representada por dois triângulos semelhantes.

A figura 4.37 mostra uma aplicação da semelhança de triângulos nesses feixes divergentes.

Nessa figura, o triângulo ABC é semelhante ao triângulo ADE. Definindo "h" como a distância fonte-bandeja (DFB) e "H" como a distância fonte-filme (DFF), e aplicando as proporções descritas anteriormente no teorema da semelhança dos triângulos, tem-se:

Ilustração: Victor Gabriel

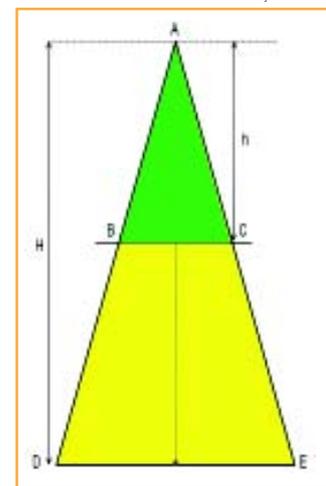


Figura 4.37 - Aplicação da semelhança de triângulos nos feixes de fótons

(Equação 2)
$$\frac{\overline{BC}}{h} = \frac{\overline{DE}}{H} \Rightarrow \overline{DE} = \frac{H}{h} \overline{BC}$$

Chamando-se de F_{mag} (fator de magnificação) a razão entre a "H" e "h", tem-se:

(Equação 3)
$$F_{mag} = \frac{H}{h}$$

A máquina cortadora de placas de isopor - que servem de moldes para a confecção dos blocos de proteção em *cerrobend*[®] - funciona com base na relação descrita pelas equações 2 e 3.

Essa máquina (figura 4.38) possui uma base luminosa (negatoscópio) onde é posicionado o filme de planejamento ou a planta baixa com o desenho das proteções a serem confeccionadas (figura 4.39).

Em uma estrutura superior, paralela a essa base, fica o suporte onde será posicionado o isopor que será cortado para servir de molde para o bloco de proteção a ser feito em *cerrobend*[®] (figura 4.40).

A distância fonte-filme "H" equivale, na máquina cortadora, à distância entre o ponto superior de fixação da haste vertical e a base onde está o negatoscópio com o filme.



Figura 4.38 - Cortador de isopor para blocos a serem usados em feixes de fótons

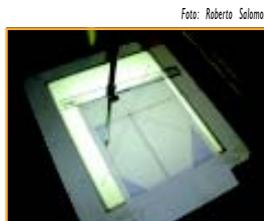


Figura 4.39 - Negatoscópio com planta baixa do desenho das proteções a serem construídas



Figura 4.40 - Detalhe do fio metálico do cortador de isopor

A distância entre o ponto superior de fixação da haste vertical e o suporte horizontal (paralelo ao negatoscópio), onde é colocado o isopor a ser cortado, equivale ao "h".

Essa máquina funciona da seguinte maneira:

- a) Na haste metálica vertical, estão presos um fio fino, também metálico, ligado à corrente elétrica, e uma ponteira.
- b) Quando a corrente elétrica passa pelo fio, ela o aquece.
- c) No filme que está sobre o negatoscópio, vai-se dirigindo a ponteira sobre o desenho do bloco desejado.
- d) O fio aquecido vai cortando facilmente o isopor, conforme a divergência do feixe.
- e) Assim, está pronto o molde de isopor a ser preenchido com o *cerrobend*[®].

Na rotina de uma oficina de radioterapia, a confecção dos blocos para proteção individual do paciente segue as seguintes etapas:

1. O médico encaminha o filme ou a planta baixa (figura 4.39) impressa pelo sistema de planejamento para oficina com:

- As proteções desenhadas.
- A informação do aparelho em que o paciente vai ser tratado ("h").
- A distância fonte-filme ("H").

2. O técnico regula no cortador de isopor a distância fonte-bandeja ("h") do aparelho escolhido e a distância fonte-filme ("H") para o tratamento (figura 4.41), posicionando, em seguida, o bloco de isopor com a espessura adequada (figura 4.42).

3. O filme é posicionado e fixado na base luminosa (negatoscópio), com o centro do campo alinhado ao centro da mesa (figura 4.41).

Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela



Figura 4.41 - Técnico regulando a distância fonte-bandeja ("h")

Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela



Figura 4.42 - Técnico colocando isopor na distância fonte-bandeja ("h")

4. O técnico acompanha o desenho da proteção com a ponta da haste metálica, acionando a corrente elétrica que mantém o fio aquecido para cortar o isopor (figuras 4.43 e 4.44).

5. É retirado o miolo do isopor cortado para que este assuma a forma de uma moldura (figura 4.45) onde será depositado o cerrobend® derretido, preenchendo-a.

Foto: Vídeo Acervo Pessoal Geraldo Magela

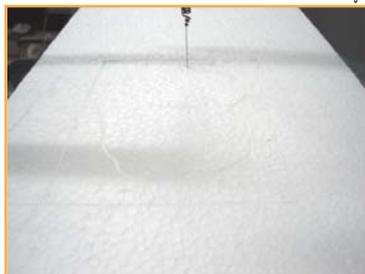


Figura 4.43 - Detalhe do corte do isopor segundo o contorno desejado

Foto: Roberto Solomon

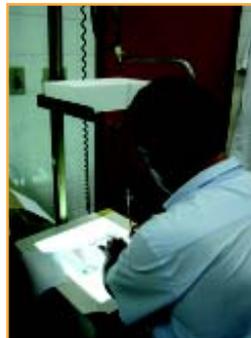


Figura 4.44 - Técnico desenhando o contorno do bloco, com o fio aquecido, de modo a cortar o isopor no formato desejado

Foto: Roberto Solomon



Figura 4.45 - Molde já cortado no isopor

Para maior segurança no preenchimento das cavidades com o *cerrobend*® derretido, em geral é necessária a fixação das bordas dessa moldura com fita adesiva.

6. O *cerrobend*® é então aquecido em uma panela, cadinho ou forno até derreter (figura 4.46).

7. Com ele derretido, preenche-se a moldura de isopor (molde) (figura 4.47). Para auxiliar na fixação do molde de isopor e evitar vazamentos por baixo, colocam-se pesos na placa de isopor.



Figura 4.46 - *Cerrobend*® aquecido no forno



Figura 4.47 - Preenchimento do molde com *cerrobend*®

8. Solidificado o *cerrobend*®, a moldura de isopor é retirada (figura 4.48).



Figura 4.48 (a) e (b) - Retirada do isopor

9. Uma vez retirada a moldura de isopor, procede-se à lixagem das bordas dos blocos de proteção (figura 4.49). É importante que os blocos não contenham irregularidades, pois essas podem comprometer a qualidade do tratamento.

10. Em seguida, os blocos precisam ser fixados à bandeja de acrílico, que vai sustentá-los no equipamento durante o tratamento. Para se fixar os blocos na bandeja (vide capítulo 3), é necessário levar a radiografia ou a planta baixa com as proteções desenhadas ao simulador convencional ou ao equipamento de tratamento, posicionando-a, nestes aparelhos, à distância fonte-filme "H" (figura 4.50).



Figura 4.49 - Arremate do bloco de *cerrobend*®

11. Usando as proteções confeccionadas, ajusta-se a posição dos blocos, guiando-se pela sombra projetada na planta baixa ou no filme de planeamento. Contornam-se, então, os blocos, marcando-se com uma caneta suas corretas posições na bandeja (figura 4.51).

Foto: Geneci Lauredo



Figura 4.50 - Planta baixa posicionada à distância fonte-filme

Foto: Geneci Lauredo



Figura 4.51 - Marcando a posição do bloco na bandeja

12. Com os contornos marcados na bandeja de acrílico, os blocos são fixados através de uma fita dupla face de alto poder de adesão ou de parafusos (figura 4.52). Nesse caso, para facilitar a operação, os parafusos podem ser fixados nos blocos enquanto eles ainda estão se solidificando.

Fotos: Geneci Lauredo



Figura 4.52 (a), (b), (c) - Fixação dos blocos na bandeja de acrílico

Foto: Roberto Saloman

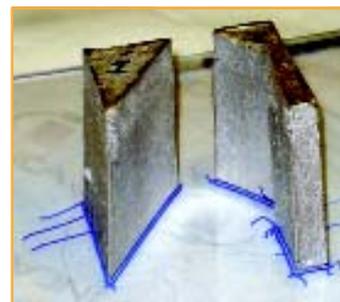


Figura 4.53 - Proteção individual pronta para utilização no tratamento

13. Uma vez fixados os blocos na bandeja de acrílico, a proteção individual está pronta para ser utilizada nas sessões diárias de tratamento (figura 4.53).

Agora que você já conhece o funcionamento de uma oficina de moldes para radioterapia e quais os principais materiais usados na confecção de acessórios para os tratamentos, vamos conhecer o processo de simulação desses tratamentos e como os acessórios são usados para imobilização do paciente ou modificação do feixe de radiação durante as sessões de radioterapia.

Referências

IAEA. Manual Técnico-Práctico de Radiación: Técnicas de Cuarto de Moldes para Teleterapia. Viena: IAEA; 2004

Instituto Nacional de Câncer (Brasil). Programa de Qualidade em Radioterapia - Curso de Atualização para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2001.

Instituto Nacional de Câncer (Brasil). Programa de Qualidade em Radioterapia, Manual para Técnicos em Radioterapia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2000.

Jarm T, Kramar P, •upanic A, (editors). Studies on the Attenuating Properties of Various Materials Used for Protection in Radiotherapy and Their Effect of on the Dose Distribution in Rotational Therapy. Proceedings of IFMBE Medicon 16., 2007. p 923-7, 2007.

Sugestões para pesquisa

<http://cerrometal.com/lowmelt.html> - Sítio do fabricante da liga metálica usada na confecção de blocos de proteção.

CAPÍTULO 5 - SIMULAÇÃO E PLANEJAMENTO DO TRATAMENTO: FUNDAMENTOS ANATÔMICOS E GEOMÉTRICOS

.....

Objetivo:

- Conhecer os termos, os conceitos geométricos e as técnicas mais comumente usadas na simulação do tratamento e no posicionamento.

5.1 - Posicionamento: simulação e tratamento

Antes de começar a falar sobre simulação e planejamento do tratamento é importante que você reconheça, no processo como um todo, a finalidade do posicionamento do paciente durante o tratamento. É essa visão geral que vai lhe proporcionar a consciência da importância de suas ações durante a simulação para o sucesso do tratamento.

Em radioterapia, um fator tão relevante quanto o início imediato do tratamento é que este só seja iniciado após um minucioso e cuidadoso processo de simulação e planejamento. Esse processo, conforme será observado, é trabalhoso e demanda tempo para sua execução.

É importante que o técnico tenha consciência de que a qualidade do posicionamento de cada paciente não deve, em hipótese alguma, ser comprometida. O objetivo é agilizar o tratamento, mesmo que haja um grande fluxo de pacientes na instituição.

Um conhecimento adequado dos conceitos envolvidos e das manobras de posicionamento que foram definidas no simulador é suficiente para dar agilidade ao processo, sem comprometer a qualidade do posicionamento do paciente no tratamento.

O conforto do paciente e a reprodutibilidade diária de seu tratamento devem ser cuidadosamente considerados em seu posicionamento, o qual é feito seguindo as marcações dos centros e dos limites dos campos de irradiação, bem como as referências na sua pele ou no acessório imobilizador.

Durante o tratamento diário, podem ocorrer desvios no posicionamento dos campos de irradiação. Esses desvios podem ser aleatórios (eventuais) ou sistemáticos (reincidentes em cada sessão). Como exemplos, são citados: o posicionamento do isocentro em um ponto diferente do que foi definido na simulação e no planejamento do

tratamento e a fixação dos blocos de proteção em uma posição errada na bandeja etc. Esses tipos de erros devem ser evitados ao máximo pelo técnico em radioterapia.

Os avanços na radioterapia tornaram crucial a localização precisa do volume a ser irradiado para que a dose seja aplicada o mais homoganeamente possível dentro desse volume. Para isso, foram desenvolvidos procedimentos e técnicas que têm como objetivo garantir a reprodutibilidade diária do tratamento. Como exemplos, são citados:

- *Check film*.
- *Portal film*.

a) *Check film* - é a expressão em inglês para denominar a radiografia de verificação do posicionamento. É o método clássico para verificar se o campo de irradiação está posicionado de acordo com a simulação e o planejamento do tratamento (figura 5.1).



Foto: Acervo INCA

Figura 5.1 - Filme radiográfico com um campo lateral feito no simulador (esq.); e *check film* do respectivo campo realizado no equipamento de tratamento (neste caso, Co-60) (dir.)

Essa radiografia é, então, comparada à radiografia feita no simulador convencional, ou à **DRR** definida durante a simulação virtual no sistema de planejamento.

A periodicidade da realização dos *check films* depende da complexidade da região a ser tratada, bem como do protocolo de cada instituição. Geralmente é realizado, ao menos no primeiro dia de tratamento, um *check film* de cada campo a ser tratado.

b) *Portal film* - é uma expressão em inglês para denominar um moderno dispositivo colocado no acelerador linear para a aquisição de imagens digitais de posicionamento com qualidade superior à dos *check films* (figura 5.2).



DRR é a sigla em inglês para denominar a radiografia digitalmente reconstruída, que é obtida no sistema de planejamento do tratamento.

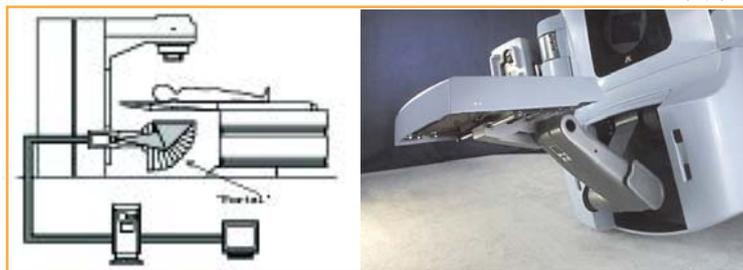


Foto: W. Schlegel Springer, 2007

Figura 5.2 - Esquema de um acelerador equipado com dispositivo de *portal film* (esq.); e detalhe de um acelerador com o dispositivo de *portal film* instalado (dir.)

Juntamente com o *portal film*, foram desenvolvidos *softwares* que comparam a imagem adquirida com a DRR, informando o deslocamento necessário do paciente para posicioná-lo corretamente no isocentro definido no planejamento.

Além dessas inovações tecnológicas para o posicionamento do paciente durante o tratamento, é necessário que o técnico em radioterapia tenha, no processo de simulação, conhecimento sobre posição anatômica e parâmetros geométricos utilizados em todo o processo, pois são essenciais para a execução do planejamento do tratamento dos pacientes.

É bom lembrar que, mesmo que não os tratemos aqui, os conhecimentos de anatomia topográfica são igualmente fundamentais para uma localização correta do volume a ser tratado e para o posicionamento adequado do paciente.

5.2 - Termos anatômicos descritivos de posição e direção

Em todo o processo de simulação é necessária a aplicação constante de conceitos anatômicos. Eles permitem dividir o corpo humano em três dimensões, ajudando, assim, a localizar e posicionar todas as suas estruturas durante o processo de simulação no simulador convencional ou no tomógrafo simulador (CT-simulador). A figura 5.3 ilustra a posição anatômica com indicação das direções e dos planos (cortes ou secções) do corpo humano, que serão conceituados a seguir:



Figura 5.3 - Representação da posição anatômica com indicação das direções e dos planos (cortes ou secções) do corpo humano

5.2.1 - Planos de secção

Os planos de secção (corte) são planos que dividem o corpo humano e são fundamentais para a interpretação das imagens de CT do paciente utilizadas na simulação virtual.

São três os planos de secção: plano coronal ou frontal, plano sagital e plano transversal.

- **Plano coronal ou frontal:** é um plano vertical que divide o corpo em duas partes: anterior e posterior. Os planos paralelos a este são chamados de ventral (na parte anterior) e dorsal (na parte posterior) (figura 5.4).
- **Plano sagital:** é um plano que divide o corpo em duas partes, direita e esquerda. O plano que corta o eixo central (**medial**) do corpo é chamado de **sagital mediano**, os demais planos paralelos a este são chamados de laterais (figura 5.5).

- **Plano transversal:** é um plano que divide o corpo em duas partes, superior e inferior. Os planos paralelos a este são chamados de cranial (na parte superior) e caudal (na parte inferior) (figura 5.6).

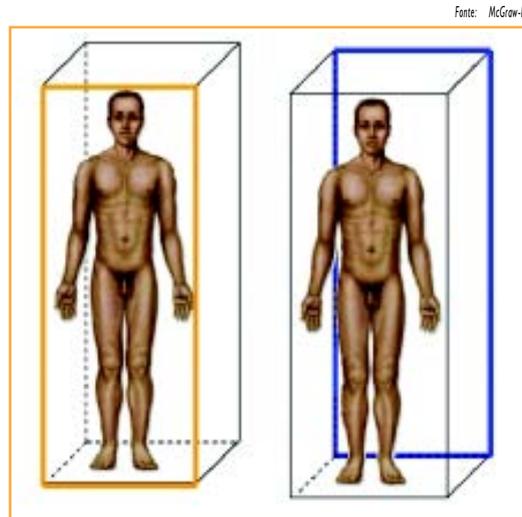


Figura 5.4 - Representação dos planos anterior (em laranja) e posterior (em azul)

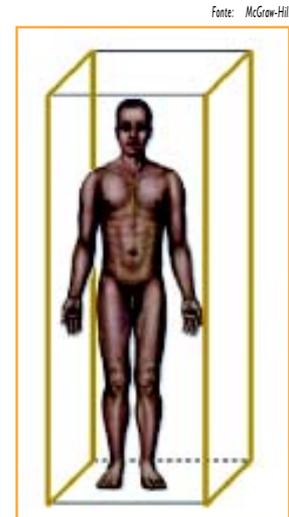


Figura 5.5 - Representação dos planos laterais

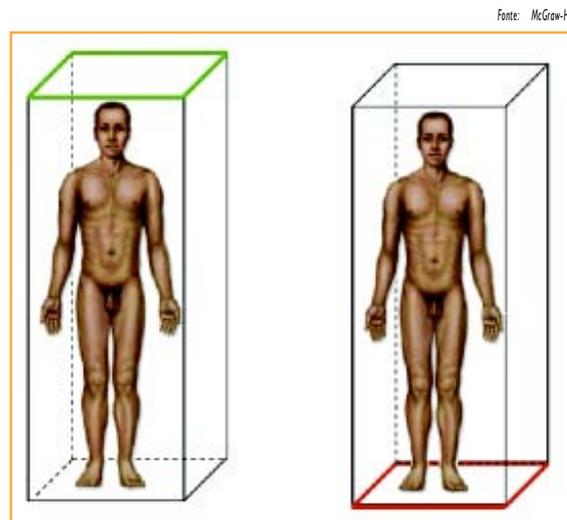


Figura 5.6 - Planos cranial (esq.); e caudal (dir.)

5.2.2 - Direções

A partir das definições dos planos de secção, naturalmente surgem os conceitos de direção anatômica:

- **Lateral:** situada mais próxima à face lateral.
- **Posterior ou dorsal:** situada atrás, mais próxima à face dorsal.
- **Anterior ou ventral:** situada na frente, mais próxima à face ventral.

- **Superior ou cranial:** situada mais próxima à cabeça (plano superior).
- **Inferior ou caudal:** situada mais próxima aos pés (plano inferior).

5.2.3 - Eixos anatômicos (figura 5.7)

- **Eixo transverso (lâtero-lateral):** atravessa o corpo de um lado a outro, sendo perpendicular ao plano sagital.
- **Eixo antero-posterior:** atravessa o corpo da frente para trás, sendo perpendicular ao plano coronal.
- **Eixo longitudinal:** atravessa o corpo de cima a baixo, sendo perpendicular ao plano transversal.

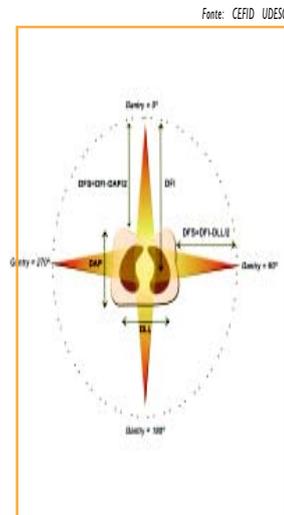


Figura 5.7 - Representação dos eixos anatômicos: o eixo preto representa o eixo longitudinal, o azul representa o antero-posterior e o vermelho o látero-lateral

5.3 - Parâmetros geométricos

Agora que você já recordou os conceitos de posição anatômica com a indicação das direções e dos planos do corpo humano, serão introduzidos dois termos muito usados em radioterapia (figura 5.8):

- **DAP (distância antero-posterior)** - é a distância entre a superfície anterior e a posterior do paciente, medida no centro do campo de irradiação.
- **DLL (distância látero-lateral)** - é a distância entre as superfícies laterais esquerda e direita do paciente, medida no centro do campo de irradiação.



Figura 5.8 - Representação dos parâmetros DAP e DLL em um corte transversal

O processo de simulação do tratamento utiliza diversos parâmetros geométricos para calcular a unidade monitora ou o tempo de tratamento do paciente com a dose prescrita pelo radioterapeuta, que servem também para definir o posicionamento correto do paciente durante seu tratamento.

Serão abordados, a seguir, os principais parâmetros determinados durante o processo de simulação do tratamento:

- Profundidade.

- Distância fonte-isocentro (DFI).
- Distância fonte-superfície (DFS).
- Tamanho de campo.

5.3.1 - Profundidade

A profundidade é a distância abaixo da superfície da pele onde a dose deve ser aplicada, sendo definida por meio de imagens diagnósticas.

Por exemplo: para a técnica de tratamento com campos paralelos e opostos (anterior e posterior), a profundidade prescrita coincide com a linha média (figura 5.9).

A linha média é definida, no centro do campo de irradiação, como metade da DAP.

Para tratamentos com múltiplos campos, a profundidade é determinada através do ponto de interseção entre os campos.

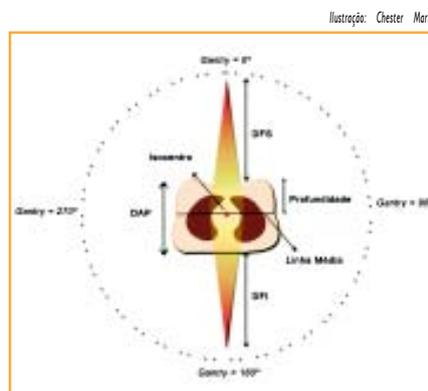


Figura 5.9 - Representação esquemática dos parâmetros: profundidade, linha média, DFS e DFI em um corte transversal

5.3.2 - Distância fonte-isocentro (DFI)

Esse parâmetro representa a distância da fonte de radiação até o eixo de rotação do aparelho. É também conhecido pela sigla SAD, do inglês *source axis distance*. Corresponde a 100 cm nos aceleradores lineares e a 80 cm ou 100 cm nos equipamentos de Co-60.

5.3.3 - Distância fonte-superfície (DFS)

Esse parâmetro representa a distância da fonte de radiação até a pele do paciente. É também conhecido pela sigla **SSD**, do inglês *source skin distance* ou *source surface distance*.

Para sua determinação, utiliza-se uma escala luminosa que é projetada pelo equipamento na pele do paciente por um sistema óptico conhecido como telêmetro (figura 5.10).



Não se deve confundir o **parâmetro SSD** com a **técnica de tratamento em SSD**, que será vista posteriormente.

Foto: Roberto Salomon

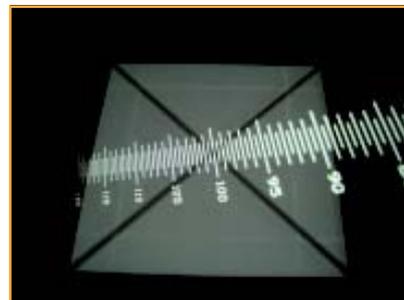


Figura 5.10 - Exemplo de telêmetro de um equipamento de Co-60 com DFI de 100 cm

5.3.4 - Tamanho de campo

O tamanho de campo de irradiação é definido pela abertura dos dois pares de colimadores, na distância fonte-isocentro.

Existem equipamentos de radioterapia, cuja movimentação dos colimadores é independente entre si, podendo produzir tanto campos simétricos (figura 5.11) como assimétricos (figura 5.12) em relação ao centro do campo.

Por exemplo: um campo definido com o colimador simétrico $X = 10$ cm e $Y = 10$ cm, terá 10 cm x 10 cm na distância fonte-isocentro.

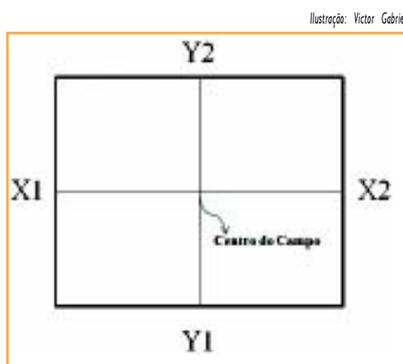


Figura 5.11 - Tamanho de campo definido por colimadores simétricos, ou seja, $X1 = X2$ e $Y1 = Y2$

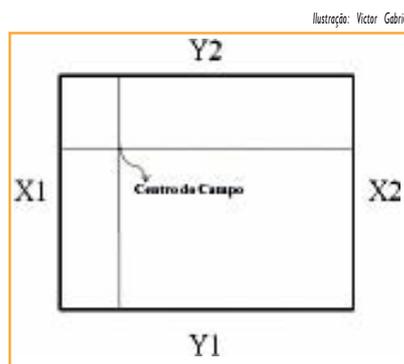


Figura 5.12 - Tamanho de campo definido por colimadores assimétricos

Agora que você conheceu os fundamentos anatômicos e geométricos básicos para a simulação e o posicionamento dos pacientes, conhecerá também algumas técnicas de simulação aplicadas em alguns casos mais frequentes de câncer, tais como: cabeça e pescoço, sistema nervoso central, região torácica e região pélvica.

Referências

Bentel GC. Radiation Therapy Planning: 2nd.ed. New York: McGraw-Hill; 1995.

Garcia-Abreu J. Introdução ao Estudo da Anatomia e Termos de Posição, Curso Introdutório. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Anatomia; s.d.

Brasil. Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências da Saúde e do Esporte. Introdução ao Estudo da Anatomia. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina; s.d. Apostila do curso oferecido pelo Centro de Ciências da Saúde e do Esporte - CEFID - UDESC.

Jacob SW, Francone CA, Lossow WJ. Anatomia e Fisiologia Humana. 4. ed. Rio de Janeiro: Interamericana; 1980.

Khan FM. Treatment Planning in Radiation Oncology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

CAPÍTULO 6 - SIMULAÇÃO DE TÉCNICAS DE TRATAMENTO PARA OS CASOS MAIS FREQUENTES DE CÂNCER

Objetivo:

- Aplicar as bases teóricas aos casos clínicos específicos da prática do técnico em radioterapia.

6.1 - Técnicas de tratamento

A radioterapia utiliza uma combinação de campos (figura 6.1) para irradiar o volume-alvo com a dose prescrita pelo radioterapeuta, com o mínimo possível de danos aos tecidos saudáveis.

A Comissão Internacional de Unidades de Radiação e Medidas (da sigla em inglês ICRU - *International Commission on Radiation Units and Measurements*), em sua publicação ICRU 24, recomenda que a variação máxima entre a dose prescrita e a dose efetivamente aplicada seja de $\pm 5\%$. Essa variação inclui todo o processo de tratamento, desde a simulação, passando pelo planejamento, pela dosimetria, até o posicionamento diário do paciente.

Portanto, o posicionamento incorreto durante o tratamento pode acarretar comprometimento nos resultados esperados, podendo também causar sérios danos ao paciente (subdosagem ou sobredosagem).

Muitas são as técnicas utilizadas atualmente na rotina da radioterapia:

a) Técnicas simples

- Campo direto.
- Campos paralelos-opostos.
- Múltiplos campos.
- Campos adjacentes (ex.: usados na irradiação de crânio e de neuroeixo).

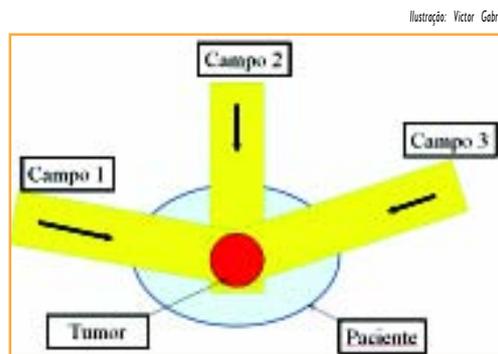


Figura 6.1 - Representação de um tratamento de radioterapia com a combinação de múltiplos campos

b) Técnicas isocêntricas (ex.: terapia rotatória)

c) Técnicas especiais

- Radioterapia de intensidade modulada (da sigla em inglês IMRT - *Intensity-Modulated Radiation Therapy*).
- Radioterapia guiada por imagem (da sigla em inglês IGRT - *Image-Guided Radiotherapy*).
- Radioterapia estereotáxica fracionada.
- Radiocirurgia.

No entanto, todas elas podem ser executadas de duas maneiras diferentes: pela técnica de tratamento em SSD e pela a técnica em SAD.

6.1.1 - Técnicas de tratamento em SSD

As técnicas de tratamento em SSD são aquelas em que os campos de irradiação são posicionados com o isocentro sobre a pele do paciente, ou seja, com a distância fonte-superfície (DFS) igual à distância fonte-isocentro (DFI), portanto, o tamanho de campo de irradiação é definido na superfície (pele do paciente).

A utilização dessa técnica ainda hoje é frequente, em decorrência de sua grande utilização desde os primórdios da radioterapia. Entretanto, ela tem uma execução mais trabalhosa e complicada, por requerer a movimentação do paciente para a localização de cada campo, o que aumenta a chance de ocorrência de erros. A figura 6.2 mostra um esquema de sua utilização.

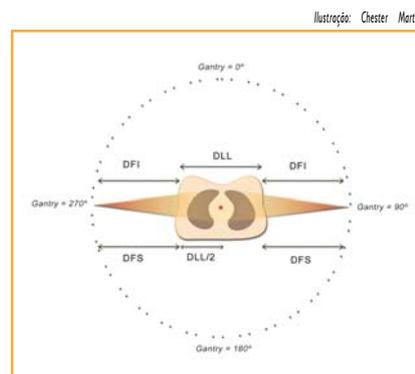


Figura 6.2 - Tratamento com um par oposto látero-lateral em SSD

6.1.2 - Técnicas isocêntricas de tratamento

Nas técnicas isocêntricas de tratamento (SAD), o isocentro é geralmente localizado no centro do volume-alvo e, portanto, o tamanho do campo de irradiação deve ser definido neste ponto. Assim, é possível realizar um tratamento com múltiplos campos apenas angulando o *gantry*, sem que o técnico precise entrar novamente na sala para reposicionar o paciente, como no caso dos tratamentos realizados com a técnica em SSD. Por isso, as técnicas isocêntricas são as mais simples e rápidas na execução do tratamento. A figura 6.3 mostra um esquema simples e comum de tratamento isocêntrico, no qual a profundidade de tratamento é definida na linha média.

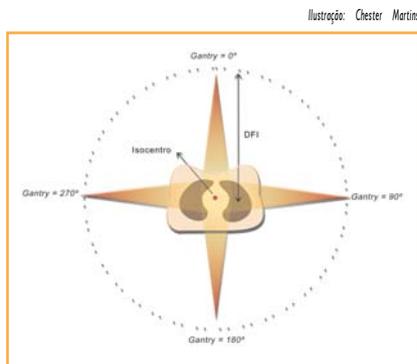


Figura 6.3 - Esquema geométrico de um tratamento com quatro campos isocêntricos

Será abordada, a seguir, a aplicação dessas técnicas na simulação do tratamento em alguns casos mais frequentes de câncer, nos quais os pacientes poderão receber radioterapia como forma de tratamento. Portanto, é de grande importância que você conheça os aspectos técnicos da simulação e do posicionamento do paciente nesses casos.

6.2 - Técnicas de simulação de tratamento dos tumores mais frequentes

6.2.1 - Tumores da região torácica

O INCA/MS aponta que os tumores mais comuns da região torácica são os de pulmão e os de esôfago e isso, certamente, você já deve ter percebido no dia a dia do seu serviço.

O padrão da ocorrência desse tipo de doença é determinado, principalmente, por um passado de tabagismo.

Para esses casos, o tratamento mais comum é pela técnica isocêntrica de par oposto antero-posterior (figura 6.4), que pode ser realizada em qualquer equipamento isocêntrico. Por exemplo, para tratar um paciente de DAP igual a 20 cm em um acelerador com DFI de 100 cm, têm-se os seguintes parâmetros:

- DFI: 100 cm.
- DFS: 90 cm.
- Profundidade de tratamento (DAP/2): 10 cm.

A seguir, observe a sequência de passos a serem realizados em um simulador convencional para a aplicação dessa técnica. Em substituição ao paciente, utilizou-se como ilustração um fantoma antropomórfico.

a) Nesse caso, a técnica de tratamento é isocêntrica e o posicionamento é feito em decúbito dorsal (deitado com a barriga voltada para cima) com dois campos, um anterior e outro posterior, em par oposto (figura 6.4).

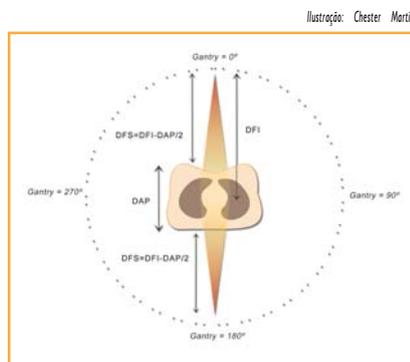


Figura 6.4 - Conformação geométrica de um tratamento em par oposto antero-posterior

b) O paciente é posicionado sobre a mesa do simulador, de forma confortável e de acordo com a técnica de tratamento escolhida, prestando-se atenção aos acessórios de posicionamento e de imobilização a serem utilizados (figura 6.5).



Foto: Roberto Salomon

Figura 6.5 - Fantoma posicionado na mesa do simulador convencional

c) O campo é posicionado e centralizado no sítio da lesão (pulmão direito, esquerdo ou esôfago). Mede-se, então, a DFS no centro do campo com o auxílio do telêmetro (figura 6.6). Para isso, é importante o conhecimento de anatomia topográfica, para que, com base em parâmetros ósseos, seja definida a região a ser irradiada.



Foto: Roberto Salomon

Figura 6.6 - Medida da distância fonte-superfície no centro do campo

d) Em seguida, mede-se, no centro do campo, a DAP do paciente. Trata-se de um parâmetro bastante importante tanto para a definição da profundidade de tratamento (figura 6.7) como para o cálculo do tempo de irradiação.

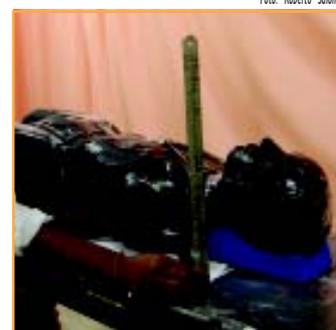


Foto: Roberto Salomon

Figura 6.7 - Medida do DAP no centro do campo

e) Após o posicionamento, é feita uma fluoroscopia (figura 6.8), para que o médico defina com mais precisão os campos de irradiação (seguindo as referências ósseas para cada tipo de tumor) e a localização dos blocos de proteção, se necessários.

Quando são usadas proteções, coloca-se um marcador radiopaco na bandeja do simulador para definir corretamente as regiões a serem protegidas (figura 6.9).

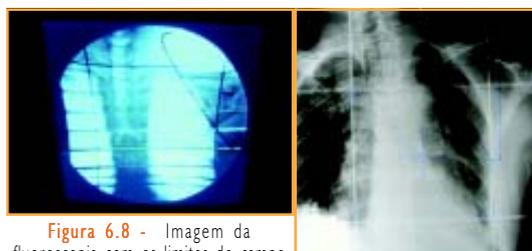


Foto: Victor Gabriel

Figura 6.8 - Imagem da fluoroscopia com os limites do campo de irradiação (esq.); e proteção definida no filme radiográfico (dir.)



Foto: Victor Gabriel

Figura 6.9 - Colocação do marcador radiopaco para delimitar a região a ser protegida no simulador

f) Faz-se, então, um filme radiográfico para documentação da simulação e posterior cálculo de dose. Com esse mesmo filme impresso, e conhecida a distância fonte-filme,

se obtém o fator de magnificação das proteções especificadas na radiografia (Equação 3 do Roteiro para confecção de blocos de cerrobend®).

g) Em seguida, são feitas no paciente as marcações dos campos de irradiação, que servirão como referência na hora de seu posicionamento diário no equipamento para o tratamento (figura 6.10). Essas marcações podem ser feitas diretamente sobre a pele do paciente (tatuagem ou tinta especial) ou com fitas adesivas colocadas sobre acessórios de imobilização (ex.: máscaras termoplásticas).

h) O paciente é, então, encaminhado para a unidade de tratamento quando, na primeira sessão, faz-se um filme de verificação (*check film*), o qual será analisado segundo os parâmetros determinados na simulação.

A figura 6.11 mostra um exemplo de simulação virtual do tratamento de um tumor de pulmão, com a técnica isocêntrica de par oposto antero-posterior.

6.2.2 - Tumores da região pélvica

Os tumores pélvicos mais comuns são os tumores do colo uterino, próstata, cólon e reto.

O câncer do colo do útero é o segundo tipo de câncer mais comum entre as mulheres. Em homens, o câncer de próstata é o mais prevalente e também considerado como o câncer da terceira idade.

Para tratamento dos tumores da região pélvica, é geralmente utilizada a técnica de quatro campos isocêntricos (denominada *box*), sendo eles dois pares opostos: um antero-posterior e um látero-lateral (figura 6.12). A profundidade de tratamento é escolhida pelo médico radioterapeuta para cada caso.

A seguir, observe a sequência de passos a serem realizados em um simulador convencional para a aplicação dessa técnica. Em substituição ao paciente, utilizou-se como ilustração um fantoma antropomórfico.

a) A técnica de tratamento é isocêntrica, como mostra a figura 6.12. Para os tumores de colo do útero ou de próstata, o posicionamento do paciente na mesa é geralmente realizado em decúbito dorsal.

Foto: Roberto Solomon

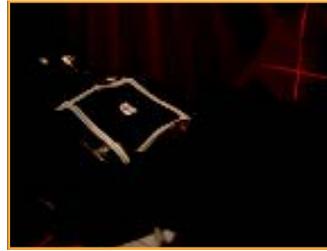


Figura 6.10 - Campo de irradiação delimitado com fita adesiva

Foto: Victor Gabriel



Figura 6.11 - Simulação virtual do tratamento de um caso de pulmão com dois campos isocêntricos em par oposto antero-posterior

Ilustração: Chester Martins

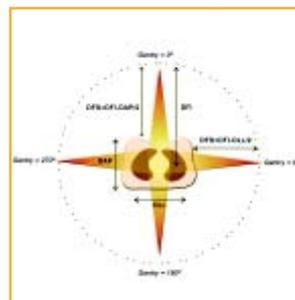


Figura 6.12 - Esquema da técnica isocêntrica de quatro campos em box centralizados na linha média

b) O paciente é posicionado sobre a mesa do simulador, de forma confortável e de acordo com a técnica de tratamento escolhida, prestando-se atenção aos acessórios de posicionamento e de imobilização a serem utilizados.

c) O planejamento é feito em quatro campos (anterior, posterior, lateral direito e lateral esquerdo), segundo os limites topográficos dos tamanhos dos campos de irradiação definidos pelo radioterapeuta para cada caso em particular.

d) O campo anterior é posicionado e centralizado no sítio da lesão. Mede-se, então, a DAP no centro desse campo para a determinação da distância fonte-superfície (figura 6.13).



Foto: Roberto Solomon

Figura 6.13 - Visão do campo anterior (esq.); e medição da DAP no centro do campo anterior (dir.)

e) Após o posicionamento, é feita uma fluoroscopia (figura 6.14), para que o médico defina com mais precisão os campos de irradiação (segundo as referências ósseas para cada tipo de tumor) e a localização dos blocos de proteção, se necessários.



Foto: Roberto Solomon

Figura 6.14 - Fluoroscopia do campo anterior da pelve

f) Definidos os campos, é feita uma radiografia do campo anterior para a confecção dos blocos de proteção e para o cálculo da dose a ser ministrada ao paciente (figura 6.15). Em seguida, são feitas no paciente as marcações do campo anterior de irradiação, que servirão como referência na hora de seu posicionamento diário no equipamento para o tratamento. Essas marcações podem ser feitas diretamente sobre a pele do paciente (tatuagem ou tinta especial) ou com fitas adesivas colocadas sobre acessórios de imobilização.



Foto: Roberto Solomon

Foto: Victor Gabriel

Figura 6.15 - Marcação do campo anterior (esq.); e exemplo de radiografia do campo anterior em um caso de tumor de próstata (dir.)

g) Para definir os campos laterais, gira-se, então, o *gantry* para 90° ou 270° . Nessa etapa, com auxílio das imagens radiológicas e dos parâmetros ósseos, são novamente definidos o centro e os limites do campo de irradiação (figura 6.16).

Fotos: Roberto Salomon



Figura 6.16 - Fantoma posicionado no simulador convencional para definição dos campos laterais (esq.); e fluoroscopia para definição dos limites e do centro do campo lateral de irradiação (dir.)

h) Faz-se, então, um filme radiográfico do campo lateral para documentação da simulação e posterior cálculo de dose (figura 6.17).

i) Tal como no campo anterior, são feitas no paciente as marcações dos campos laterais de irradiação para servir como referência de posicionamento durante o seu tratamento. A DLL é, então, medida e registrada no filme e na ficha do paciente (figura 6.18).

Foto: Victor Gabriel



Figura 6.17 - Exemplo de uma radiografia de um campo lateral para o tratamento de próstata

Fotos: Roberto Salomon



Figura 6.18 - Marcações do centro do campo e dos limites do campo lateral (esq.); e medida da DLL no centro do campo lateral (dir.)

A figura 6.19 mostra uma simulação virtual de um tratamento de próstata com quatro campos em *box*.

j) O paciente é, então, encaminhado para a unidade de tratamento quando, na primeira sessão, faz-se um filme de verificação (*check film*), o qual será analisado segundo os parâmetros determinados na simulação.

Foto: Victor Gabriel

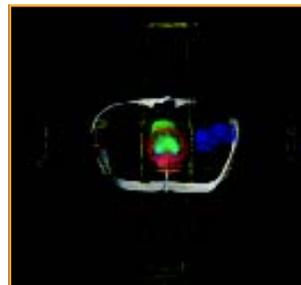


Figura 6.19 - Simulação virtual de um caso de próstata com quatro campos isocêntricos

6.2.3 - Tumores de cabeça e pescoço

Os tumores de cabeça e pescoço são tipos de câncer bastante frequentes. Muitos deles são decorrentes do consumo excessivo de tabaco e álcool.

Grande parte desses tumores é tratada com radioterapia. A técnica mais comum é a do par oposto látero-lateral (isocêntrico ou em SSD), com a prescrição da dose na linha média (figuras 6.20 e 6.21).

Ilustração: Chester Martins

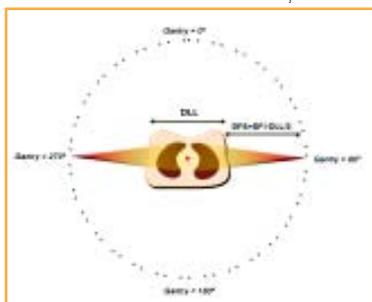


Figura 6.20 - Representação da técnica de par oposto isocêntrico látero-lateral

Ilustração: Chester Martins

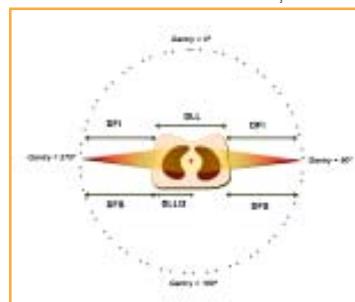


Figura 6.21 - Representação da técnica de par oposto látero-lateral em SSD

Quando existe a necessidade de irradiação da fossa supraclavicular, é utilizado um campo único e anterior para essa região (figura 6.22).

A seguir, observe a sequência de passos a serem realizados em um simulador convencional para a aplicação dessa técnica. Em substituição ao paciente, utilizou-se como ilustração um fantoma antropomórfico.

Ilustração: Chester Martins

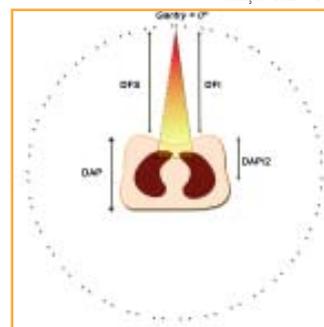


Figura 6.22 - Representação da técnica de um campo direto anterior (gantry 0°) em SSD

- a) O paciente é posicionado sobre a mesa do simulador com a região cervical apoiada confortavelmente no suporte de cabeça e pescoço mais adequado à sua anatomia. Feita sua imobilização com uma máscara termoplástica, a DLL é medida e registrada na ficha do paciente (figura 6.23).

Fotos: Victor Gabriel



Figura 6.23 - Fantoma antropomórfico posicionado no suporte de cabeça e pescoço (esq.); e medição da DLL da região imobilizada (dir.)

b) Para definir os campos laterais, gira-se o *gantry* para 90° ou 270° . Posiciona-se, então, o centro do campo no sítio da lesão e faz-se uma fluoroscopia.

c) Durante a fluoroscopia, o radioterapeuta define os limites dos campos e as regiões a serem protegidas com blocos, se for o caso, segundo cada tipo de tumor (figura 6.24).

d) Faz-se, então, um filme radiográfico do campo lateral para documentação da simulação e posterior cálculo de dose (figura 6.25).

Foto: Victor Gabriel



Figura 6.24 - Fluoroscopia do fantoma antropomórfico para determinação do tamanho de campo e das proteções

Foto: Acervo INCA

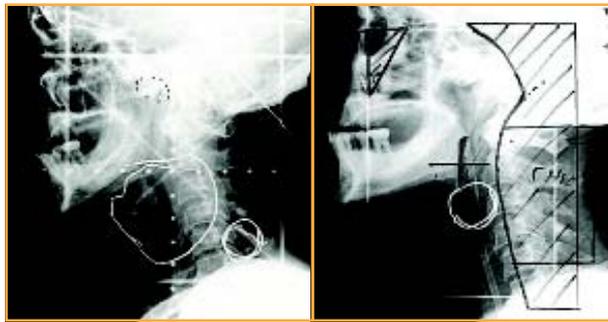


Figura 6.25 - Radiografia de uma programação de campo para o tratamento de cabeça e pescoço com proteção padrão (esq.); e radiografia de uma programação com proteção personalizada (dir.)

e) São feitas, então, no paciente as marcações dos campos de irradiação para servirem como referência de posicionamento (figura 6.26).

A figura 6.27 mostra uma simulação virtual com o CT-simulador, usando a técnica descrita anteriormente.

Foto: Roberto Solomon



Figura 6.26 - Detalhe do triângulo com marcador radiopaco fixado à bandeja do simulador para definição, por projeção, da proteção, dos limites e do centro do campo

Foto: Victor Gabriel



Figura 6.27 - Simulação virtual do tratamento de um tumor de cabeça e pescoço com um par oposito látero-lateral e um "campo direto" anterior, usado para tratar fossa supraclavicular



Leptomeninges

é o conjunto das meninges moles, aracnoide e pia-máter.

6.2.4 - Tumores do sistema nervoso central

Os tumores do sistema nervoso central são aqueles que incidem no cérebro, no cerebelo, no tronco encefálico e na medula espinhal. Sua maior incidência é em pacientes pediátricos que têm propensão de **disseminação leptomeningea**.

A técnica para tratamento desses tumores é, por vezes, considerada complexa e de difícil execução, pois pode exigir o uso de múltiplos isocentros com diferentes tamanhos de campo e, quando necessária, a angulação da mesa.

Nos tratamentos de tumores de crânio e neuroeixo, o paciente é posicionado em decúbito ventral, em um imobilizador de corpo inteiro ou em um "berço", confeccionado especificamente para cada paciente. Essa posição é muito prática, pois permite a visualização adequada dos campos de irradiação, bem como suas regiões de junção.

Nesses casos, como o volume-alvo de tratamento é muito grande, é necessário mais de um isocentro, o que resulta em junções de campos que devem ser corretamente calculadas no processo de simulação.

A seguir, observe a sequência de passos a serem realizados em um simulador convencional para a aplicação dessa técnica. Em substituição ao paciente, utilizou-se como ilustração um fantoma antropomórfico.

a) O paciente é posicionado na mesa em decúbito ventral e imobilizado com os acessórios adequados.

b) É feito o alinhamento do paciente utilizando-se os *lasers* como guias. Sua coluna é alinhada com o *laser* longitudinal e a sua cabeça com os *lasers* laterais, coincidindo simetricamente no *tragus* (figura 6.28).



Foto: Roberto Salomon

Figura 6.28 - Detalhe do fantoma com a coluna alinhada segundo o *laser* localizado no teto da sala (esq.); e detalhe do *laser* lateral alinhado seguindo o *tragus* como referência anatômica (dir.)

c) A primeira região a ser irradiada é todo o crânio. A técnica comumente usada é a de par oposto látero-lateral em SSD, descrita na figura 6.21. Esses campos serão adjacentes ao campo da coluna superior, que é a região a ser tratada em seguida. É necessário calcular a angulação do colimador para cada tipo de equipamento (Co-60 ou acelerador linear) para uma junção perfeita desses campos, sem superposição. A figura 6.29 mostra com mais detalhes a composição dos campos.

Como mostra a figura 6.29, o limite inferior dos campos laterais é alinhado com o limite superior do campo da coluna, de forma que a divergência desse campo da coluna não irradie a cavidade oral.

Ilustrações: Chester Martins

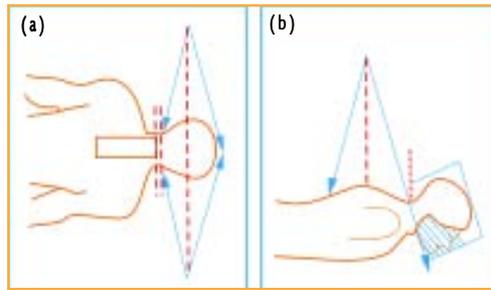


Figura 6.29 (a) e (b) - Composição dos campos laterais com o colimador angulado para fazer a junção com o campo da coluna superior

A angulação do colimador (q) é calculada através da equação abaixo, em função do tamanho do campo da coluna superior e a da distância fonte-superfície.

$$\theta = \arctan(L / DFS)$$

Onde:

L é o comprimento da metade do tamanho do campo da coluna superior, DFS é a distância fonte-superfície e \arctan é a função inversa da tangente - arco tangente. Ele é o ângulo cuja tangente é igual ao resultado de L/DFS . O valor do arco tangente é obtido através de uma calculadora científica ou de uma tabela de arcos tangentes.

Por exemplo, para os equipamentos de Co-60 ($DFS = 80$ cm), com o campo da coluna medindo 30 cm ($L = 30/2 = 15$ cm), a angulação do colimador é de aproximadamente $10,5^\circ$.

d) Após os cálculos, são definidos o centro e o tamanho dos campos laterais, bem como o bloco de proteção personalizado a ser confeccionado (figuras 6.30 e 6.31).



Figura 6.30 - Centro do campo lateral com a definição de seu limite inferior

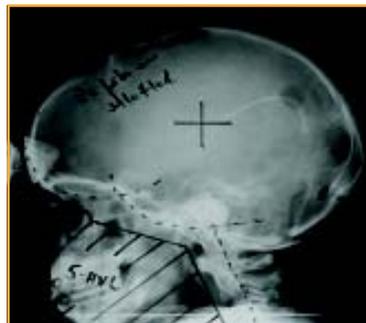


Figura 6.31 - Exemplo de radiografia com a definição dos campos laterais de tratamento

e) O campo superior da coluna (figura 6.32) é definido geometricamente a partir da marcação da divergência do campo do crânio e sua irradiação é feita com a técnica de SSD em um campo direto (ver figura 6.22).



Ponto

quente é um pequeno volume que recebe uma dose muito maior do que a prescrita.

Foto: Roberto Solomon



Figura 6.32 - Campo da coluna superior no tratamento de neuroeixo

O campo superior da coluna, definido anteriormente, não é suficiente para tratar toda ela. Por isso, é complementado com um campo adjacente para irradiar sua parte inferior.

Entretanto, se a junção do campo inferior com o da coluna superior for feita na superfície, acarretará uma região de alta dose (**ponto quente**) na medula do paciente, o que não é desejável.

Para solucionar essa situação, é feita uma separação (*gap*) entre os dois campos,

calculada em função da profundidade da medula.

A figura 6.33 mostra a conformação geométrica dos campos da coluna com o *gap*.

Com o auxílio das propriedades de semelhança de triângulos e dos parâmetros indicados na figura 6.33, tem-se o cálculo do *gap* pela seguinte equação:

Ilustração: Victor Gabriel

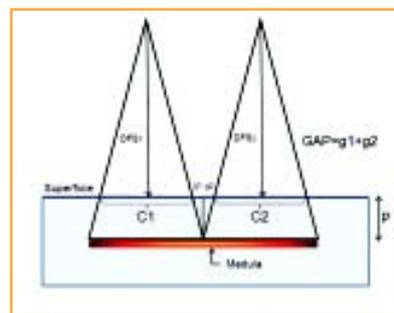


Figura 6.33 - Conformação geométrica dos campos superior e inferior da coluna

$$GAP = \frac{P}{2} \left(\frac{C_1}{DFS_1} + \frac{C_2}{DFS_2} \right)$$

Onde:

- P é a profundidade da medula.
- C₁ e DFS₁ são, respectivamente, o tamanho do campo inferior da coluna e a distância fonte-superfície do mesmo.
- C₂ e DFS₂ são, respectivamente, o tamanho do campo superior da coluna e sua distância fonte-superfície.

O valor do *gap* calculado pela expressão acima define, na pele do paciente, a distância entre o limites dos campos superior e inferior da coluna.

As figuras 6.34 e 6.35 mostram essa distância na visão posterior dos campos definidos na coluna.

Ilustração: Chester Martins

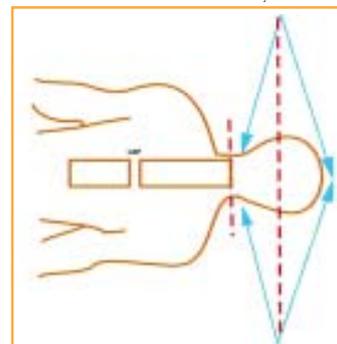


Figura 6.34 - Representação dos campos da coluna separados pelo *gap*



Figura 6.35 - Foto do *gap* definido no fantoma. O campo iluminado é o campo superior da coluna

Durante o tratamento, para evitar que o **ponto quente** formado pela junção dos campos da coluna incida em uma posição indesejada, os campos inferior e superior da coluna são modificados de forma a deslocar o *gap*. Essa mudança é definida pelo médico radioterapeuta e deve ser acompanhada por ele e pelo físico-médico.

A figura 6.38 mostra uma simulação virtual da técnica de tratamento de neuroeixo descrita anteriormente.

f) Calculado o *gap*, define-se o tamanho do campo inferior da coluna, tendo como limite superior a distância do *gap* e como limite inferior o intervalo entre as vértebras S2 e S3 (figuras 6.36 e 6.37).

Os parâmetros do tratamento de crânio e neuroeixo são estabelecidos pelo médico radioterapeuta, cabendo ao técnico interpretar corretamente o planejamento realizado para poder executar a simulação com a qualidade necessária.



Figura 6.36 - Campo inferior da coluna definido no fantoma



Figura 6.37 - Exemplo de radiografia de um campo inferior da coluna

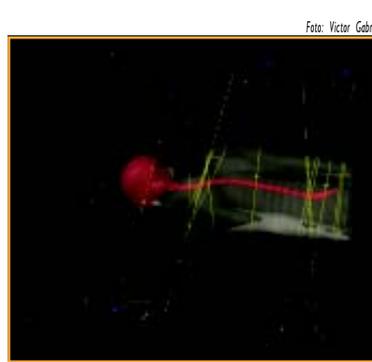


Figura 6.38 - Simulação virtual dos campos de radiação para o tratamento de crânio e neuroeixo em um acelerador linear

6.2.5 - Tratamento de tumores de mama

O câncer de mama é uma das neoplasias mais frequentes entre as mulheres e uma das maiores causas de mortalidade feminina. Embora também possa, não é muito comum ocorrer em homens.

A radioterapia é uma técnica essencial para o tratamento do câncer de mama, que inclui a irradiação da mama e, por vezes, de regiões adjacentes. Para isso, pode-se utilizar feixes de fótons e de elétrons.

Nas técnicas de tratamento mais comuns, a paciente é posicionada em decúbito dorsal e imobilizada com o auxílio da "rampa de mama" (*Breast Board*), na qual a cabeça da paciente fica virada contralateralmente (figura 6.39), visando ao seu conforto e seguindo as referências de posicionamento estabelecidas na simulação do tratamento.



Figura 6.39 - Paciente posicionada para tratamento de mama

Para o tratamento, podem ser utilizados campos diretos anteriores (figura 6.40), pares opostos antero-posteriores ou tangentes hemibloqueados (figura 6.41) em feixes gama de Co-60 ou de fótons de 6 MV. Para a irradiação das cadeias de drenagem linfática, quando necessário, são usados campos diretos anteriores. Os limites dos campos são definidos, para cada caso, pelo médico radioterapeuta.



Figura 6.40 - Radiografia de um campo direto de irradiação da fossa supraclavicular

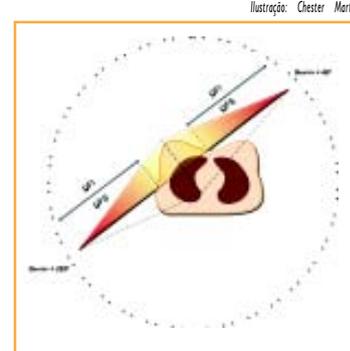


Figura 6.41 - Representação do tratamento de mama com a utilização de campos tangentes hemibloqueados

No simulador convencional, um planejamento do tratamento de mama usando a técnica de SSD de campos opostos tangentes hemibloqueados pode ser feito com facilidade, conforme exemplo apresentado a seguir em um fantoma antropomórfico.

a) Primeiramente é escolhida a angulação adequada do *gantry* para a irradiação de toda a mama. Como os campos de radiação são divergentes, é necessário também bloquear a metade do campo de irradiação para que os pulmões da paciente não sejam irradiados (figuras 6.41 e 6.42).



Figura 6.42 - Campo de irradiação hemibloqueado para o tratamento de mama

O bloqueio da metade do campo de irradiação pode ser feito com um acessório chamado bloqueador de meio campo ou com colimadores assimétricos. Em equipamentos mais modernos, com colimadores assimétricos, basta fechar um dos colimadores.

Para a marcação da região a ser protegida pode-se usar um fio metálico (figura 6.43) para definir, através da imagem radiográfica, o limite inferior do campo a partir da caixa torácica.

b) Em seguida, é ajustada a angulação do colimador seguindo as referências ósseas, já marcadas com o fio metálico (figura 6.43), com o objetivo de poupar os pulmões dos efeitos da radiação.

c) Para o cálculo das distribuições de dose e do tempo de tratamento, é necessário fazer um molde com o contorno da mama da paciente (figura 6.44) e desenhá-lo em um papel para posterior digitalização em um sistema de planejamento do tratamento (figura 6.45) a ser feito por um físico-médico.



Figura 6.43 - Detalhe do fio metálico usado como referência, para definição do limite inferior do campo de irradiação



Figura 6.44 - Retirando o molde do contorno da mama no eixo central

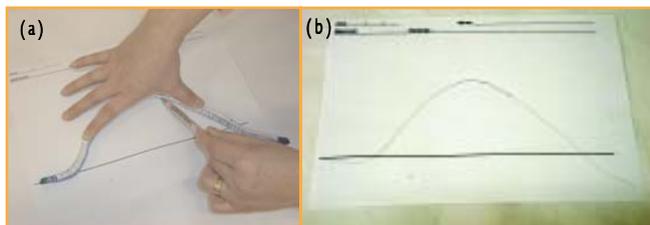


Figura 6.45 (a) e (b) - Desenhando o contorno da mama para o posterior cálculo das distribuições de dose

No caso de uma simulação virtual, não é necessário o desenho do contorno da mama, pois o cálculo das distribuições de dose e do tempo de tratamento é feito diretamente em um sistema de planejamento, a partir de imagens tomográficas.

A figura 6.46 mostra um exemplo de simulação virtual de tratamento de mama com a técnica de campos opostos hemibloqueados. A reta azul indica o eixo central dos campos, mostrando que metade deles encontra-se bloqueada.



Figura 6.46 - Simulação virtual de um tratamento de mama com a utilização de campos tangentes (Partially Wide Tangents)

Até agora, foram abordados os assuntos vinculados às técnicas da radioterapia. Contudo, ao tratar um tumor, a atenção do técnico

precisa dirigir-se para a pessoa que está sendo tratada. Por isso, o próximo capítulo versará sobre a relação humana do técnico com o paciente.

Referências

Bentel GC. Radiation Therapy Planning: 2nd.ed. New York: McGraw-Hill; 1995.

Khan FM. Treatment Planning in Radiation Oncology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; c2007.

Perez CA., Principles and Practice of Radiation Oncology. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

CAPÍTULO 7 - ABORDAGEM PSICOLÓGICA

Objetivo:

- Oferecer elementos que favoreçam o desenvolvimento de atitudes adequadas ao desempenho do técnico em radioterapia no relacionamento humano com o paciente e seus familiares.

7.1 - O processo psicológico vivenciado pelo paciente e por seus familiares

Na Introdução, dissemos que o sucesso do tratamento de radioterapia depende fundamentalmente da atuação do técnico. A natureza do seu trabalho exige grande nível de responsabilidade e de conhecimento específico. Um erro cometido nessa etapa pode comprometer o resultado do tratamento e provocar lesões irreversíveis nos pacientes.

Sabemos que as exigências para o desempenho dessa atividade são muitas e as recompensas nem sempre seguem na mesma direção. Por vezes, não nos damos conta do quão importante é nossa tarefa e o lugar que ela ocupa na vida do paciente. Seguindo uma rotina extenuante de trabalho e responsabilidades, muitas vezes, não percebemos o quanto aquele paciente, que mal conhecemos, deposita em nós a esperança do sucesso de seu tratamento.

Na nossa atividade diária com o paciente oncológico, é frequente nos defrontarmos com a fragilidade humana, evidenciada através do medo, da incerteza, da insegurança, da ambiguidade de sentimentos. Muitas vezes revestida por uma capa protetora e expressada através de comportamentos e atitudes incompreensíveis para quem desconhece a dinâmica psicológica do ser humano.

Entender o processo psicológico vivenciado pelo paciente e por seus familiares, desde a descoberta da doença e ao longo de todo o curso do tratamento, pode ajudar você - técnico de radioterapia - a lidar melhor com as situações cotidianas de seu trabalho.



Foto: Roberto Saloman

Figura 7.1 - Técnica em radioterapia orientando a paciente

É importante compreender, por exemplo, que nem sempre algumas atitudes do paciente que parecem dirigidas a você correspondem a alguma ação por você provocada. Em geral, referem-se a uma reação do paciente frente a uma situação inesperada e desagradável, que ele percebe como uma agressão.

Nos tópicos a seguir, serão apresentados alguns conteúdos que poderão lhe ajudar no entendimento dos aspectos psicológicos relacionados ao paciente oncológico e à sua família.

7.2 - O paciente oncológico

Ainda hoje, no imaginário social, o câncer é visto como uma doença incurável que coloca o doente no limite de sua fragilidade, apavorando-o, suscitando medo até mesmo de pronunciar o nome da doença. A palavra câncer carrega um significado muitas vezes associado à dor, ao sofrimento e à morte e isso pode influenciar a opinião ou o comportamento de qualquer pessoa diante da doença.

O diagnóstico de câncer, não raras vezes, é caracterizado como um momento de desestruturação, com consequências devastadoras na vida do indivíduo. Traz sofrimentos, incertezas, ameaças, gerando uma turbulência psicológica de diferentes proporções. Mesmo com os avanços científicos e a maior eficácia dos tratamentos, o paciente ainda vê o câncer como uma doença terrível.

O tratamento, por sua vez, produz uma ruptura no cotidiano do indivíduo, causando mudanças abruptas e, por vezes, dramáticas em sua vida, provocando alterações no aspecto físico e, indiretamente, podendo causar também modificações nas relações familiares, afetivas, sociais, profissionais, financeiras e até mesmo nas suas atividades de lazer.

Tratar o câncer, muitas vezes, envolve cirurgias e tratamentos clínicos (radioterapia, quimioterapia) bastante invasivos e agressivos. Lidar com as drásticas alterações de imagem corporal torna-se um desafio para o paciente. Em alguns tipos de cirurgia e em tratamentos de quimioterapia, por exemplo, o paciente, além de viver individualmente sua doença, passa a evidenciá-la também para o meio social, confrontando-se com a angústia de perceber a reação de rejeição ou preconceito vindos das outras pessoas.



Foto: Roberto Salomon

Figura 7.2 - Técnica em radioterapia explicando o procedimento do tratamento à paciente

O paciente também se depara com limitações decorrentes do tratamento, que podem ser transitórias ou definitivas. Não é incomum, durante o período de tratamento, o paciente tornar-se dependente de cuidados de outras pessoas, familiares ou não. Ver-se nessa situação suscita no indivíduo dúvidas a respeito de sua real capacidade de voltar a ocupar o seu lugar no meio familiar, social e profissional.

As respostas psicológicas variam de pessoa para pessoa e estão relacionadas, em maior ou menor proporção, com:

- A sua personalidade.
- A sua história de vida.
- A sua capacidade para lidar com adversidades.
- O seu momento de vida quando ocorre o adoecimento.
- O seu contexto cultural.
- O seu conhecimento sobre a doença.
- O suporte afetivo - familiar e social - de que dispõe.

Apesar de todos os recursos disponíveis, tratar o paciente oncológico exige de você, além da competência profissional, uma atitude de compreensão, pois a cura do câncer ainda permanece como fonte de ansiedade, caracterizando uma das facetas mais angustiantes dessa doença, tanto para o paciente como para sua família.

7.3 - A família do paciente com câncer

Como vimos anteriormente, o impacto do diagnóstico de câncer pode gerar ansiedades e tensões familiares. Para entender essa situação, você deve considerar a família como um sistema no qual, quando um componente é afetado, todos os outros, de alguma forma, também são atingidos. No sistema familiar, independente da qualidade das relações, cada membro influencia os outros, sendo ao mesmo tempo por eles influenciado.

É importante você entender que o adoecimento por câncer exige do paciente e de seus familiares: mudança de papéis, busca de estratégias para enfrentar o problema, alteração de posturas, atitudes e comportamentos, bem como um período de adaptação a essas mudanças.

A doença leva a família, sobretudo, a uma redefinição de papéis, em que os demais membros terão que assumir funções que antes eram exercidas

Foto: Roberto Selmon



Figura 7.3 - Orientação à família do paciente

pelo paciente. O mesmo acontece quando ele se recupera, pois é necessária uma readaptação para incluí-lo em sua antiga posição ou ajudá-lo a assumir uma nova posição no sistema familiar.

No período de adoecimento e de tratamento, o paciente e sua família enfrentam situações críticas como a impossibilidade de realizar metas e objetivos anteriormente planejados, a alteração do padrão socioeconômico e a possibilidade real de encurtamento do período de vida.

As necessidades do paciente de receber atenção e cuidados durante um prazo longo de tempo oferecem desafios à estabilidade familiar. Muitas conseguem, apesar da sobrecarga, manter o seu equilíbrio emocional ao mesmo tempo em que cuidam dele, enquanto que outras não.

É comum, diante da vivência do adoecimento, do diagnóstico e do tratamento, os membros da família experimentarem um sentimento de choque, incerteza e instabilidade emocional.

A família é atingida por uma crise ameaçadora, a partir da qual as reações individuais são bastante distintas. O sofrimento psicológico de alguns familiares, por exemplo, chega a ser mais intenso do que o do próprio paciente.

Alguns familiares reduzem a comunicação acerca do problema, fazendo imperar o silêncio e, com isso, promovem efeitos negativos nas relações familiares, impossibilitando qualquer sensação de bem-estar ou de alívio entre seus membros.

No caso de reincidência da doença, a incerteza é o sentimento que prevalece, porque a cura desejada não foi atingida. Afloram sentimentos de decepção e frustração, havendo um questionamento, nem sempre expressado, quanto à eficácia dos tratamentos utilizados e quanto à própria sobrevivência do paciente.

Tendo em vista essa problemática psicológica que o câncer acarreta também na família, é importante que você estenda sua compreensão àqueles que acompanham e cuidam do paciente.

7.4 - Lidando com a dor do outro

As grandes descobertas na área de saúde contribuíram para aumentar, em todos, a expectativa de vida do ser humano, fortalecendo cada vez mais a ideia e a busca pela longevidade.

O contato direto com o paciente oncológico pode representar um choque para o profissional que o trata, porque o coloca diante da fragilidade humana e da complexidade de problemas que envolvem o doente com câncer.

Tratar um paciente com câncer implica em nos relacionarmos com os sentimentos do outro e com as nossas próprias emoções. O paciente não pode ser visto como mais um. Ele deve ser compreendido nas suas próprias e variadas respostas emocionais frente às situações de tratamento que se apresentam.

Lidar com as reações emocionais apresentadas pelo paciente oncológico, identificar-se com o doente ou com os familiares, ter conhecimento pessoal do doente, ou mesmo confrontar-se com a morte do paciente, são situações que provocam sofrimento, ansiedade e angústia no profissional de saúde.

O sofrimento vivenciado pelo paciente oncológico, quase sempre, gera sofrimento emocional no profissional que o atende e exige deste o controle constante de suas próprias emoções. O não levar em conta esses aspectos, muitas vezes, cria um distanciamento entre o paciente e o profissional, funcionando para este como uma barreira de proteção emocional.

A consciência crescente de um tratamento mais humanizado favorece a melhor qualidade de assistência ao paciente e faz com que estejamos mais atentos à relação de cuidado que se estabelece nesse atendimento. Acolhimento, confiança, atitudes de interesse e estabelecimento de vínculos são ingredientes para um tratamento humanizado. Uma abordagem profissional dessa natureza é geradora de saúde e de vida.

Pode ser que você não se sinta capaz dessa abordagem por não ter conhecimento das estratégias para o enfrentamento de suas emoções. Afinal, é mesmo difícil lidar com uma situação de **estresse** sem nenhum suporte psicológico.

Sabendo dessas dificuldades, serão apresentadas algumas sugestões que poderão ajudá-lo a lidar melhor com essas situações:

- É necessário ter em mente o impacto emocional de um diagnóstico de câncer para o doente e sua família.
- É importante reconhecer que cada paciente tem uma personalidade própria e única.
- Você deve sempre fornecer informações claras, de acordo com a capacidade de entendimento de cada paciente.
- É importante entender que o paciente tem necessidade de estabelecer uma relação de confiança com quem o trata.
- Estabeleça uma comunicação aberta, honesta, verdadeira e frequente.
- É preciso demonstrar ao paciente que você o trata sempre visando a minimizar seus sintomas físicos e psicológicos, buscando assim aliviar o seu sofrimento.



Estresse =

estado de tensão de um organismo submetido a qualquer tipo de agressão.

7.5 - Quem cuida de quem cuida?

Sofrimento, dor e morte fazem parte do cotidiano hospitalar. É útil e prudente conhecermos e sabermos lidar com nossas emoções, a fim de preservarmos nossa estrutura psíquica individual e nossa saúde mental.

Todos nós, que lidamos diretamente com o paciente oncológico, também somos atingidos emocionalmente. Somos submetidos a um confronto direto com uma realidade da qual não podemos nos esconder: alteração de imagem corporal, cirurgias mutiladoras, dor física e emocional. E, em situações mais graves, como nos casos de morte, o confronto que se apresenta relaciona-se à conscientização de que somos finitos e também morreremos um dia. O que nos causa sentimento de impotência e por vezes sensação de fracasso.

A nossa formação não nos prepara totalmente para o trabalho com o paciente oncológico. Seria necessário um apoio psicológico sistemático que nos ajudaria a lidar melhor com as situações de perda, frustração e morte.

Como qualquer atividade ocupacional na área da saúde, a tarefa do técnico em radioterapia apresenta tanto características estressantes quanto gratificantes.

Algumas peculiaridades inerentes à área da saúde caracterizam, muitas vezes, um ambiente psicologicamente adverso. Tanto o contato íntimo com a dor e o sofrimento - com pacientes graves, queixosos, hostis, querelantes, rebeldes, reivindicadores, autodestrutivos, deprimidos, não aderentes ao tratamento - quanto o lidar com incertezas e limitações do sistema assistencial, contrapondo-se às expectativas dos pacientes e familiares e algumas vezes do próprio profissional, compõem esse quadro.

Por outro lado, os fatores gratificantes relacionam-se à possibilidade de ajudar, de contribuir para o sucesso do tratamento, de amparar e orientar paciente e familiares, e ter reconhecimento não só do paciente e sua família, mas também de seus pares e superiores, além do reconhecimento social.

Qualidade de vida e bem-estar são essenciais para todas as pessoas. Refletir sobre os valores e escolhas e tentar descobrir formas de encontrar bem-estar social, físico, emocional e espiritual são passos importantes para se atingir os próprios objetivos.

O simples fato de repensar e reavaliar os hábitos na busca de uma vida mais saudável, mais feliz, já é um passo importante.

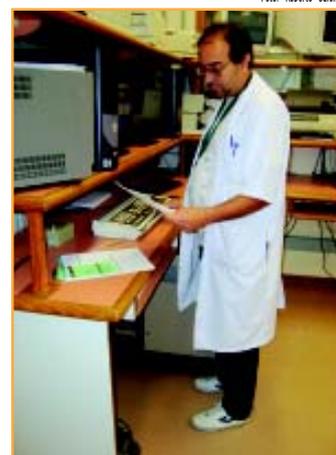


Figura 7.4 - Técnico em radioterapia no comando do equipamento

Foto: Roberto Salomon



Qualidade de

vida é o resultado da combinação de fatores subjetivos, como o grau de satisfação geral de um indivíduo com a própria vida, e de fatores objetivos, como o bem-estar material, boas relações familiares, enfim, vários itens que somados proporcionam tranquilidade, confiança, segurança e bem-estar.

O sucesso da busca de uma vida com qualidade depende, antes de tudo, da vontade e do comprometimento com a ação que se está realizando. Lembre-se que a qualidade de vida está presente quando cada um busca novos caminhos para uma existência mais saudável em todos os aspectos, e quando assume com responsabilidade o momento atual como o mais importante, porque delinea as condições futuras de nossa vida.

Entre as estratégias adotadas pelo profissional de saúde para fazer frente às exigências emocionais do contato constante e direto com o paciente oncológico, a verbalização de suas emoções com um colega ou a procura de apoio de terceiros são muito importantes. Podemos ainda mencionar, entre outras: recorrer ao entretenimento e lazer, praticar atividades físicas, racionalizar as suas atividades.

A saúde do profissional é um bem merecedor de especial atenção por parte dos gestores dos serviços públicos e privados em saúde; o ônus de se descuidar do bem-estar desses profissionais certamente recairá sobre o próprio sistema de saúde.

Apesar de todos desafios e dificuldades que caracterizam seu trabalho, é importante que você tenha clareza que o constante investimento em seu crescimento profissional o ajudará a superá-los com sucesso, tanto para sua satisfação pessoal como para benefício dos pacientes sob seus cuidados.

Referências

Silva CN. Como o Câncer (Des)Estrutura a Família. 1. ed. Rio de Janeiro: Anna Blume; 2001.

Simonton SM. A Família e a Cura. O Método Simonton para Famílias que Enfrentam uma Doença. 2. ed. São Paulo: Summus; 1990.

Haynal A, Pasini W. Manual de Medicina Psicossomática. São Paulo: Masson do Brasil; 1983.

Campos EP. Quem Cuida do Cuidador - uma Proposta para Profissionais da Saúde. Rio de Janeiro: Vozes; 2005.

Diniz DP, Schor N. Qualidade de Vida. São Paulo: Manole; 2006.

ENCERRAMENTO

Chegamos ao final de nosso curso!

Ao elaborarmos este material, tivemos sempre em mente instrumentalizar você, técnico em radioterapia, com os conhecimentos teórico-práticos mais importantes para o bom desempenho de seu trabalho. Esperamos que ele tenha atendido às suas necessidades e expectativas. Tentamos aproximar o conteúdo ao máximo da realidade atual, mas não tivemos, em momento algum, a intenção de esgotar o assunto. É importante que você tenha a consciência de que o assunto nunca estará esgotado. Haverá sempre algo sendo criado ou modificado. Portanto, haverá sempre algo a aprender, a melhorar.

Por isso, busque sempre o seu desenvolvimento, nunca deixando de passar aos outros aquilo que aprendeu, da mesma forma que o fazemos agora, com entusiasmo e dedicação.

A você desejamos sucesso e nos colocamos sempre de portas abertas para ajudar no que for possível.

A equipe

Este livro foi impresso em offset,
Papel couche brilho, 120g, 4/4.
Rio de Janeiro, 2010.



**Ministério
da Saúde**

