

改訂 放射線治療科学概論 目次

改訂版の発刊にあたり	渡部洋一・金森勇雄
初版 監修者序	中村 實
初版 序	渡部洋一・金森勇雄

第1章 腫瘍生物学

1

1・1 悪性腫瘍の基礎知識	1
1・1・1 癌化	
1・1・2 悪性腫瘍の増殖	
1・1・3 癌細胞の分化度	
1・1・4 悪性腫瘍の分類	
1・1・5 悪性腫瘍の転移と再発	
1・1・6 細胞分裂	
1・2 腫瘍細胞の放射線効果	6
1・2・1 直接作用と間接作用	
1・2・2 放射線量と細胞死	
1・2・3 生存率曲線の形	
1・2・4 放射線効果を左右する因子	
1. 細胞周期	
2. 酸素効果	
3. 再酸素化	
4. 温熱効果	
5. 化学物質	
1・2・5 放射線損傷からの回復	
1. 修復	
2. 再酸素化	
3. 再生	
4. 再分布	
5. 線量率効果	
1・2・6 分割照射法	
1. 単純分割照射法	
2. 過分割照射法	
3. 加速分割照射法	
4. 加速過分割照射法	
1・2・7 腫瘍に対する放射線効果を示す指標	
1. 腫瘍治癒線量	
2. 生物効果比	
3. 治療効果比	
4. 酸素増感比	
5. 熱増感比	
6. 治療可能比	
1・3 腫瘍と健常組織への放射線効果...	17
1・3・1 線量効果	
1・3・2 放射線障害の時間的経過	
1・3・3 健常組織の耐容線量と臨床的応用	
1・3・4 生物等効果線量	
1. 名目標準線量	
2. 部分耐容量	
3. 時間線量分割因子	
1・3・5 生物実効線量	
1・4 重粒子線の生物効果	25
1・4・1 中性子線	
1・4・2 陽子線	
1・4・3 中間子線	
1・4・4 重イオン線	

第2章 放射線治療装置

31

2・1 ^{60}Co 線遠隔治療装置	32	4. パルス変調器	
2・1・1 ^{60}Co 線源		5. 焦点用コイル	
2・1・2 線源容器		6. 偏向電磁石	
2・1・3 機器の構成		7. 加速器の真空系	
1. 照射ヘッド部		2・2・5 照射ヘッド	
2. シャッタ		1. X線焦点	
3. 絞り		2. 平坦化フィルタ	
4. 対向遮蔽板		3. 散乱箔	
2・2 直線加速器	34	4. 透過形線量計	
2・2・1 加速原理		5. 絞り	
1. 電子の加速		6. マルチリーフコリメータ	
2. 相対速度, 相対論的質量		7. くさびフィルタ	
2・2・2 線形加速法		8. シャドウトレイ	
1. 静電加速器		9. 電子線アプリケーション	
2. 高電圧発生器		2・2・6 治療寝台と補助装置	
3. イオン加速のRF線形構造		1. 治療寝台	
2・2・3 電子加速のRF線形構造		2. サイドポインタ・フロントポインタ	
1. マイクロ波		3. 光照射野および光学距離計	
2. 進行波		2・3 マイクロトロン	48
3. 定在波		2・4 ガンマナイフ	49
2・2・4 RF電子加速器の構成		2・4・1 機器の構成	
1. 電子銃		1. 照射ユニット	
2. バンチャ部		2. コリメータヘルメット	
3. マイクロ波管		2・5 遠隔操作式後充填治療装置	50

第3章 放射線計測

53

3・1 電離放射線と物質の相互作用	53	3. 質量減弱係数	
3・1・1 X線・ γ 線と物質の相互作用		4. 質量エネルギー転移係数	
1. 干渉性散乱		5. 質量エネルギー吸収係数	
2. 光電効果		3・1・3 電子線と物質の相互作用	
3. コンプトン効果		1. 後方散乱	
4. 電子対生成		2. 二次電子平衡	
5. 光核反応		3・1・4 物質内における電子の減弱	
3・1・2 物質内における光子の減弱		1. 質量阻止能	
1. 線減弱係数		2. 線エネルギー付与	
2. 半価層		3. ガス中で1イオン対生成に費やされる平均	

エネルギー	
4. 外挿飛程	
3・1・5 中性子線と物質の相互作用	
1. 弾性散乱・非弾性散乱	
2. 中性子捕獲	
3. 核反応断面積	
4. 中性子減速材	
3・2 放射線量と単位 71	
3・2・1 放射線場の量に関する単位	
1. 粒子数	
2. 放射エネルギー	
3. フルエンス	
4. エネルギーフルエンス	
3・2・2 放射線量に関する単位	
1. 照射線量	
2. カーマ	
3. シーマ	
4. 付与エネルギー	
5. 比エネルギー	
6. 吸収線量	
3・2・3 放射能に関する単位	
1. 放射能	
2. 壊変定数	
3. 空気カーマ率定数	
3・2・4 放射線防護に関する単位	
1. 等価線量	
2. 実効線量	
3・3 吸収線量測定法 84	
3・3・1 照射線量	
1. 自由空気電離箱線量計による測定	
2. ファーマ形電離箱による測定	
3. イオン再結合	
4. 極性効果	
5. 方向依存性	
3・3・2 吸収線量	
1. 3 [MeV] 以下の光子線の空中吸収線量	
2. 3 [MeV] 以下の光子線の物質中の吸収線量	
3. 3 [MeV] 以上の光子線の物質中の吸収線量	
3・4 放射線測定器 100	
3・4・1 電離箱	
1. 自由空気電離箱	
2. 空洞電離箱	
3. 平行平板形電離箱	
4. 外挿形電離箱	
3・4・2 半導体線量計	
3・4・3 熱蛍光線量計	
1. TLDの長所	
2. TLDの短所	
3・4・4 蛍光ガラス線量計	
3・4・5 写真フィルム	
3・4・6 化学線量計	

第4章 光子線束

107

4・1 深部吸収線量の定義 107	
4・1・1 後方散乱係数	
1. 定義	
2. 最大深散乱係数	
3. 線源皮膚間距離，照射野，光子エネルギーとの関係	
4. ファントム厚の影響	
4・1・2 深部量百分率	
1. 定義	
2. 光子エネルギーとの関係	
3. 照射野との関係	
4. 線源表面間距離との関係	
5. 後方散乱との関係	
4・1・3 散乱関数	
4・1・4 組織空中線量比	
1. 定義	
2. 深部量百分率と組織空中線量比との関係	
3. 線源表面間距離が及ぼす影響	
4. 光子エネルギー，照射野，測定深が及ぼす影響	
5. SSD ₁ とSSD ₂ と深部量百分率の関係	
4・1・5 組織最大線量比	

1. 定義	6. 照射体積
2. 線源表面間距離, 光子エネルギー, 照射野, 測定深が及ぼす影響	7. 危険臓器
3. 組織最大線量比と組織空中線量比との関係	4・4・2 体積内の吸収線量
4. 組織ファントム線量比	1. 最大線量
4・1・6 散乱空中線量比と散乱最大線量比	2. 最小線量
4・2 深部線量計算法 118	3. 平均線量
4・2・1 軸外線量比	4. 中央値線量
4・2・2 不整形照射野	5. 最頻線量
1. 長方形照射野	6. ホットスポット
2. 円形照射野	4・4・3 ICRU 基準点
3. 簡単な変形照射野	4・5 照射方法と等線量曲線 142
4. マントルと逆Y字照射野	4・5・1 等線量曲線の作成
5. クラークソン法	1. ファーマ形電離箱または半導体線量計による方法
6. デイ法	2. フィルム法
4・2・3 不均一組織補正	4・5・2 治療装置が等線量曲線に及ぼす影響
1. 不均一組織	1. 線源
2. 肺組織の補正計算法	2. 平坦化フィルタ
3. 等線量移動法	3. 絞り機構
4. べきTAR法	4・5・3 一門照射法
4・2・4 患者の外周補正	1. 光子線束エネルギー
1. TAR比法およびTMR比法	2. くさびフィルタ
2. 実効SSD法	3. ポーラス
3. 等線量移動法	4. 補償フィルタ
4・3 出力吸収線量測定法 129	4・5・4 二門照射法
4・3・1 線量計	1. 対向二門照射法
4・3・2 ファントム	2. 全身照射法
4・3・3 校正深	3. 直交二門照射法
4・3・4 測定方法	4・5・5 多門照射法
1. 低エネルギーX線束	1. 三門照射法
2. ⁶⁰ Co 線の吸収線量測定	2. 四門照射法
3. 高エネルギーX線束の吸収線量測定	3. 定位放射線照射法
4・3・5 照射野係数	4. 強度変調放射線治療
4・4 吸収線量表示法 138	4・5・6 回転照射法
4・4・1 治療体積の定義	1. 照射野
1. 肉眼的腫瘍体積	2. その他
2. 臨床標的体積	4・5・7 打ち抜き照射法
3. 体内標的体積	4・5・8 原体照射法
4. 計画標的体積	1. 3D原体照射法
5. 治療体積	2. 3D原体打ち抜き照射法

第5章 電子線束

161

- 5・1 電子線エネルギー 162
 - 5・1・1 エネルギーの定義
 - 5・1・2 電子線エネルギーの測定
 - 1. 深部電離量半価深の測定
 - 2. 深部吸収線量半価深の計算
 - 3. 平均入射エネルギーの計算
- 5・2 吸収線量の測定 164
 - 5・2・1 校正深吸収線量の測定
 - 5・2・2 校正深吸収線量の計算
 - 5・2・3 基準点吸収線量の計算
 - 5・2・4 モニタ単位MU当たりの基準点吸収線量
- 5・3 深部量百分率の測定 165
 - 5・3・1 測定の手順と深部量百分率の表示
 - 5・3・2 水等価ファントムの水等価深
 - 1. 深さスケーリング係数
 - 2. フルエンス・スケーリング係数
 - 5・3・3 水等価プラスチックファントムによる深部量半価深の評価
- 5・3・4 吸収線量の評価
- 5・3・5 深部電離量百分率
- 5・3・6 深部量百分率
- 5・4 等線量曲線 169
 - 5・4・1 等線量曲線の特徴
 - 5・4・2 等線量曲線の作成
 - 5・4・3 等線量曲線の補正
 - 1. エアーギャップの補正
 - 2. 小さい不均一物質
 - 3. 不均一物質の端効果
 - 4. 大きい不均一物質
- 5・5 治療計画 172
 - 5・5・1 遮蔽
 - 1. 外遮蔽
 - 2. 内遮蔽
 - 5・5・2 全身照射法

第6章 密封小線源

175

- 6・1 線源の種類 175
 - 1. ^{226}Ra
 - 2. ^{137}Cs
 - 3. ^{60}Co
 - 4. ^{192}Ir
 - 5. ^{198}Au
 - 6. ^{103}Pd
 - 7. ^{125}I
 - 8. ^{90}Sr
 - 9. ^{252}Cf
- 6・2 出力線量測定 179
 - 6・2・1 ウエル形電離箱による方法
 - 1. 測定手順
 - 6・2・2 ファーマ形電離箱による方法
 - 1. 測定手順
 - 2. サンドイッチ法
- 6・3 線量分布計算 182
 - 6・3・1 点線源による照射線量率と空気カーマ率
 - 6・3・2 線源形状を考慮した計算方法
 - 6・3・3 物理的形狀を反映した測定値を用いる方法
- 6・4 コンピュータによる計算方法 ... 185
 - 6・4・1 通常の計算法
 - 6・4・2 最適化手法を用いた計算法
 - 1. 視覚的な最適化法
 - 2. 即時最適化法
 - 3. 逐次近似法
 - 4. 論理的最適化法
 - 6・4・3 最適線量分布
 - 6・4・4 市販の治療計画装置
 - 1. FOCUS
 - 2. PLATO-BPS
- 6・5 照射法 194

- 6・5・1 腔内照射法
- 6・5・2 組織内照射法
 - 1. 一時刺入法

- 2. 永久刺入法
- 6・5・3 表面照射法

第7章 温熱療法

201

- 7・1 生物学的効果 201
 - 7・1・1 細胞生存率曲線
 - 7・1・2 細胞周期位相による感受性
 - 7・1・3 pH効果
 - 7・1・4 血流による効果
 - 7・1・5 放射線増感効果
 - 7・1・6 抗癌剤の併用
 - 7・1・7 治療可能比
- 7・2 加温方法 204

- 7・2・1 全身温熱療法
- 7・2・2 RF加温
 - 1. 誘電型加温
 - 2. 誘導加温
 - 3. 加温針
- 7・2・3 マイクロ波加温
- 7・2・4 超音波加温
- 7・3 温度測定 207

第8章 治療計画システム

209

- 8・1 治療計画システムの構成 209
- 8・2 治療計画の必要性 209
- 8・3 外部放射線治療における治療手順... 210
 - 8・3・1 患者情報の確認
 - 8・3・2 解剖学的データの取得
 - 8・3・3 X線シミュレータ
 - 8・3・4 X線CTシミュレータ
 - 8・3・5 らせん方式CT装置の原理と特徴
 - 8・3・6 デジタル再構成画像
 - 8・3・7 CTデータの利用と電子密度への変換
 - 8・3・8 MR画像の利用
 - 1. 画像歪みの問題
 - 2. 座標軸を持たない問題
 - 3. 治療体位を再現できない問題
 - 4. 電子密度を直接得られない問題
 - 5. 呼吸による画質低下の問題
- 8・4 放射線治療計画装置 219
 - 8・4・1 線量分布の計算方法と表示方法(二次元か三次元か)
 - 8・4・2 基本データの入力と検証

- 8・4・3 各種ビームデータの測定
 - 1. ビームデータ取得の準備
 - 2. 中心軸線量の測定
 - 3. ビーム・プロファイル(線量平坦度)の測定
 - 4. くさびフィルタやブロックトレイを使用した場合のビームデータ
 - 5. 全散乱係数(照射野係数・出力係数), コリメータ散乱係数(ヘッド散乱係数), ファントム散乱係数
- 8・4・4 RTPシステムへのビームデータ登録
 - 1. 中心軸線量のRTPシステムへの登録
 - 2. ビーム・プロファイル(線量平坦度)のRTPシステムへの登録
 - 3. 半影係数, 透過係数の設定
- 8・5 深部線量計算アルゴリズム(光子線) 225
 - 8・5・1 実測ベースのアルゴリズム
 - 8・5・2 不整形照射野への対応
 - 1. クラークソン積分法
 - 8・5・3 実測ベースの線量計算アルゴリズム

1. TAR比法	
2. べきTAR法	
3. 等価TAR法	
8・5・4 計算ベースの線量計算アルゴリズム	
1. ペンシル・ビーム法	
2. convolution/superposition法	
8・5・5 精度に影響を及ぼすその他の因子	

8・6 各種照射法	239
8・6・1 フォワードプランニングとインバースプランニング	
8・6・2 強度変調放射線治療	
8・7 線量分布の評価法	243
8・7・1 容積線量ヒストグラム	
8・7・2 正常組織障害発生率と腫瘍制御率	

第9章 部位別による癌の照射法

249

9・1 脳腫瘍	249
9・1・1 臨床	
1. 神経膠腫	
2. 髄芽腫	
3. 髄膜腫	
4. 松果体部腫瘍	
5. 上衣腫	
6. 下垂体腺腫	
7. 聴神経腫瘍	
9・1・2 照射方法	
1. 局所照射法	
2. 全脳照射法	
3. 全脳全中枢神経系照射法	
4. 定位放射線照射法	
9・1・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・2 舌癌	255
9・2・1 臨床	
9・2・2 照射方法	
1. 組織内照射法	
2. 外部照射法	
9・2・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・3 咽頭癌	256
9・3・1 臨床	
1. 上咽頭癌	
2. 中咽頭癌	
3. 下咽頭癌	
9・3・2 照射方法	
1. 上咽頭癌	
2. 中咽頭癌	
3. 下咽頭癌	
9・3・3 有害事象	
1. 上咽頭癌	
2. 中咽頭癌	
3. 下咽頭癌	
9・4 上顎洞癌	261
9・4・1 臨床	
9・4・2 照射方法	
9・4・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・5 喉頭癌	263
9・5・1 臨床	
9・5・2 照射方法	
9・5・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・6 肺癌	265
9・6・1 臨床	
9・6・2 照射方法	
9・6・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・7 乳癌	268
9・7・1 臨床	
9・7・2 治療	
1. 外科的療法	

2. 化学療法	
3. 内分泌療法（ホルモン療法）	
9・7・3 照射方法	
1. 乳房温存療法後の術後放射線療法	
2. 進行癌術後の放射線療法	
9・7・4 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・8 食道癌	273
9・8・1 臨床	
9・8・2 照射方法	
9・8・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・9 子宮頸癌	275
9・9・1 臨床	
9・9・2 照射方法	
1. 外照射法	
2. 腔内照射法	
3. 傍大動脈リンパ節に対する照射	
9・9・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・10 前立腺癌	278
9・10・1 臨床	
9・10・2 照射方法	
1. 外照射法	
2. 組織内照射法	
9・10・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・11 精巣（睾丸）腫瘍	281
9・11・1 臨床	
9・11・2 照射方法	
9・11・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・12 悪性リンパ腫	282
9・12・1 臨床	
9・12・2 照射方法	
1. ホジキン病	
2. 非ホジキンリンパ腫	
3. 菌状息肉腫	
9・12・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	
9・13 白血病	286
9・13・1 臨床	
9・13・2 照射方法	
9・13・3 有害事象	
1. 早期有害事象	
2. 晩期有害事象	

第10章 装置の保守管理

289

10・1 線量計，温度計，気圧計	292
10・1・1 リファレンス線量計の校正	
1. 点検方法	
2. 許容範囲	
10・1・2 温度計の校正	
1. 点検方法	
2. 許容範囲	
10・1・3 気圧計の校正	
1. 点検方法	
2. 許容範囲	
10・2 ⁶⁰ Co 線遠隔治療装置および直線加速器	293
10・2・1 線量モニタシステム（直線加速器）	
1. 校正	
2. 再現性	
3. 直線性	
4. 1日の安定性	
5. 架台角度依存性	
6. 運動照射中の安定性	
7. 運動照射の終了位置	
10・2・2 タイマシステム（ ⁶⁰ Co 線遠隔治療	

装置)	天板の回転
1. タイマの校正	5. 治療台天板の縦揺れと横揺れ
2. 線量率およびタイマの端効果	10・2・10 治療台天板の動き
3. 架台角度依存性	1. 治療台天板の垂直上下動
4. 運動照射の終了位置	2. 治療台のアイソセントリック回転軸
10・2・3 深部線量・線量分布特性 (^{60}Co 線 遠隔治療装置, 直線加速器)	3. 治療台天板の縦方向の剛性
1. X線の深部線量または校正深との線量比	10・2・11 安全点検
2. 電子線の深部線量または校正深との線量比	1. 機械的安全性
3. X線・電子線の線量プロファイルの対称性 および平坦度 (簡便測定)	2. 電気的安全性
4. X線・電子線の線量プロファイルの対称性 および平坦度 (精密測定)	10・3 X線シミュレータ装置 311
5. X線・電子線の架台角度による深部線量の 安定性	10・3・1 絞り機構の回転中心精度
6. X線・線・電子線の深部線量曲線 (中心軸)	1. クロスワイヤの回転中心精度
7. X線・線の照射野係数	2. X線照射野とクロスワイヤの回転中心の一致
10・2・4 照射野	3. 光照射野とクロスワイヤの回転中心の一致
1. 放射線照射野 (X線, 線)	4. 絞り機構回転軸のずれ
2. 光照射野表示 (X線, 線)	10・3・2 X線中心軸と光照射野中心軸の整合性
3. 照射野限定システムの平行性と直角性 (X 線, 線)	10・3・3 X線中心軸と架台回転中心軸の整合性
4. 電子線の光照射野表示	10・3・4 アイソセンタと投光器の整合性
10・2・5 多分割絞り (直線加速器)	10・3・5 スケール板とワイヤコリメータの整 合性
1. MLCリーフ開度の位置精度	1. スケール板の整合性
2. MLCの可動速度	2. ワイヤコリメータの整合性
10・2・6 アイソセンタから放射線ビーム中心 軸の変位	10・3・6 寝台の精度
1. 架台, 照射野限定システムおよびアイソセ ンタの変位 (X線, 線)	1. 天板回転精度 (アイソセントリック回転)
10・2・7 放射線ビーム軸の指示	2. 天板の上下, 左右移動精度
1. 入射点指示の変位 (X線, 線)	3. 天板のたわみ
2. 射出点指示の変位 (X線, 線)	10・3・7 その他
10・2・8 患者位置決め用機器	1. I.I.の水平度
1. アイソセンタと指示点の変位	2. 光学距離計の精度
2. 距離計の精度	3. 表示系の整合
3. アイソセンタの求め方	4. 装置の安全性
10・2・9 装置の回転精度	10・4 CTシミュレータ装置 316
1. 架台回転および照射ヘッドの縦揺れ	10・4・1 投光器と画像中心の整合性
2. 照射ヘッドの横揺れ	1. 画像中心の精度
3. 照射野限定システムの回転	2. 投光器の垂直性
4. 治療台のアイソセントリック回転と治療台	3. 投光器の平行性
	10・4・2 任意アイソセンタと投光器の整合性
	10・4・3 照射野の整合性
	10・4・4 CT値の変動性
	10・5 密封小線源治療装置 317
	10・5・1 低線量率密封小線源治療装置
	1. 線源の校正

- 2. 線源の均等性
- 3. 線源の形状
- 10・5・2 高線量率密封小線源治療装置
- 1. 線源の校正

- 2. 位置の精度
- 3. タイマの精度
- 4. 装置の安全性
- 5. その他

第11章 ペイシエント・ケア（患者接遇）

321

11・1 はじめに 321	11・9・1 院内感染症（病院内感染症）
11・1・1 倫理	11・9・2 感染経路と感染
11・1・2 生命倫理	11・9・3 感染症新法について
11・2 インフォームド・コンセント ... 322	11・9・4 感染防止策の実際
11・2・1 ヒポクラテスの誓い	1. 共通する院内感染防止策
11・3 チーム医療の倫理 323	2. 感染防護グレードについて
11・3・1 患者さんと医療者のコミュニケーション	3. 手洗い
11・3・2 チーム医療	4. マスク・ゴーグルの使用
11・4 病人（者）..... 324	5. 手袋の着用
11・4・1 受診の遅れ	6. ガウンの着用
11・4・2 過度の医療依存	7. 物品の取り扱い
11・4・3 外来診察時の患者さん	8. 血液，体液，排泄物，分泌物などの廃棄に について
11・4・4 治療・検査時の患者さん	9. 針刺し事故防止
11・4・5 診断・予後を告げられるとき	10. リネン・寝具類
11・4・6 患者さんの適応課題	11・9・5 感染経路別予防策
11・4・7 患者さんのストレス	1. 血液感染
11・5 コミュニケーション 328	2. 接触感染
11・5・1 優しさ	3. 飛沫感染
11・5・2 自己決定権	4. 空気感染
11・5・3 コミュニケーションの定義	5. 経口感染
11・5・4 コミュニケーションのプロセス	6. 動物媒介感染
11・5・5 治療コミュニケーション	11・10 リスクマネジメント 344
11・6 放射線治療におけるコミュニケーション 330	11・10・1 リスクマネジメントの目的
11・7 放射線治療棟におけるアメニティ 331	11・10・2 医療事故防止の基本的な考え方
11・8 癌患者の緩和ケア 332	11・10・3 事故防止のための院内体制
11・8・1 定義と目的	11・10・4 安全管理体制の基本的な構成要素
11・8・2 癌患者の疼痛と苦痛	1. 事故やニアミスに関する情報収集
11・8・3 癌性疼痛の鎮痛法	2. 事故・ニアミス報告を推進する環境整備
11・9 院内感染 334	3. 事故発生時の対応
	11・10・5 放射線治療におけるリスク