

# 放射線医学ノート

立川察理

November 5, 2005



# Contents

<b>1</b>	<b>放射線 radiation</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>放射線診断学</b>	<b>7</b>
2.1	単純 X 線撮影,X 線単純検査法 . . . . .	7
<b>3</b>	<b>単純 X 線写真</b>	<b>9</b>
3.1	胸部単純 X 線写真 chest roentgenology . . . . .	9
3.1.1	胸部正常像と正常偏位像 normal chest roentgenology . . . . .	9
3.2	腹部単純 X 線写真 . . . . .	11
<b>4</b>	<b>コンピューター断層撮影 computerized tomography,CT</b>	<b>13</b>
4.1	CT 値 Hounsfield number . . . . .	14
4.2	造影 CT contrast enhanced CT . . . . .	14
4.3	ポジトロン CT positron computed tomography,PET . . . . .	15
<b>5</b>	<b>磁気共鳴画像 magnetic resonance imaging,MRI</b>	<b>17</b>
5.1	造影 MRI . . . . .	18
5.2	脂肪抑制画像 . . . . .	18
5.3	MR angiography,MRA . . . . .	18
5.4	MR cholangiopancreatography,MRCP . . . . .	18
<b>6</b>	<b>functional MRI</b>	<b>19</b>
6.1	perfusion MRI . . . . .	19
6.2	MR spectroscopy . . . . .	19
6.3	拡散強調画像 diffusion weighted imaging,DWI . . . . .	19
<b>7</b>	<b>デジタルラジオグラフィー digital radiography</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>超音波検査 echography</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>造影剤 contrast medium</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>血管造影法</b>	<b>27</b>
10.1	interventional radiology,IVR . . . . .	28
10.1.1	セルジンガー法 Seldinger method . . . . .	28
10.2	静脈造影法 venography . . . . .	28

<b>11 核医学 nuclear medicine</b>	<b>29</b>
11.1 シンチグラフィー scintigraphy	29
11.1.1 放射性同位元素, 放射性核種 radionuclide	30
11.1.2 骨シンチグラフィー skeletal scintigraphy, bone scanning	31
11.1.3 骨髄シンチグラフィー	31
11.1.4 心筋シンチグラフィー nuclear cardiology	31
11.1.5 腎シンチグラフィー isotopic renogram	33
11.1.6 甲状腺シンチグラフィー	34
11.1.7 副甲状腺シンチグラフィー	34
11.1.8 副腎シンチグラフィー	35
11.1.9 肝機能シンチグラフィー, アシアロシンチ	36
11.1.10 胆道シンチグラフィー	36
11.1.11 脾シンチグラフィー	36
11.1.12 肺換気血流シンチグラム ventilation-perfusion scanning	36
11.1.13 脳槽シンチグラフィー cerebrospinal fluid imaging, radionuclide cisternography	37
11.1.14 脳シンチグラフィー	37
11.1.15 ガリウムシンチグラフィー Gallium scan	37
11.1.16 唾液腺シンチグラフィー	38
11.1.17 リンパ管シンチグラフィー lymphoscintigraphy	38
<b>12 骨量測定</b>	<b>39</b>
12.1 二重 X 線吸収骨塩定量 dual-energy X-ray absorptiometry, DXA	39
12.2 quantitative computed tomography, QCT	39
<b>13 放射線療法, 放射線治療 radiation therapy</b>	<b>41</b>
13.1 放射線治療に伴なう副作用	42
13.1.1 放射線粘膜炎	42
13.2 定位放射線外科治療, ラジオサージャリー stereostatic radiosurgery, SRS	42
13.3 定位放射線治療 Stereotactic Radiotherapy, SRT	43
13.4 全脳照射, 全中枢神経系照射 whole-brain irradiation	43
13.5 放射性ヨード治療	44
<b>14 放射線防護</b>	<b>45</b>
<b>15 光学力学療法 photodynamic therapy, PDT</b>	<b>47</b>

# Chapter 1

## 放射線 radiation

- 概念
- 分類
  - 非荷電粒子
    - \* X線, γ線  
電子を物質に衝突させるさいに発生する電磁波をX線といい、放射性同位元素によって発生する電磁波をγ線という。透過性は比較的高いため、深部腫瘍の治療に広く用いられている。
    - \* 中性子線
  - 荷電粒子
    - \* 電子線, β線  
電子を真空中の電場で加速して得られるものを電子線といい、放射性同位元素から発生する電子線をβ線という。透過性は比較的低いため、放射線ヨード治療などで利用される。
- 放射線線量の単位
  - グレイ [Gy]  
電離性放射線の照射により物質 1 キログラムにつき 1 ジュールのエネルギーが与えられるときの吸収線量 [J/kg] をいう。
  - シーベルト [Sv]  
生物学的効果を加味した線量であり、放射線防護の観点から利用される。
  - ベクレル [Bq]  
放射能、つまり壊変毎秒を表わす物理的な単位である。
  - クーロン毎キログラム [C/Kg]
- 生物効果

放射線は酸素ラジカル superoxide を誘発し、これがDNAと反応して損傷をもたらす。障害は分裂の盛んな骨髄・腸管・皮膚に顕著である。

  - 細胞死
    - \* 分裂期死
    - \* 間期死



## Chapter 2

# 放射線診断学

### 2.1 単純 X 線撮影, X 線単純検査法

典拠: 標準放射線医学 6 版 [27, p.9]

- 種類
  - 高圧撮影  
高圧撮影ではコントラストが小さくなるが、被曝線量を抑えることができる。
  - 軟部撮影  
軟部組織に対しては低圧撮影を行なう。増感紙なしで撮影されるので解像度の高い画像となるが、被曝線量は大きい。
  - 断層撮影
  - 間接撮影

- 黒化度 density  
X 線フィルムの黒化度は、以下のように定義される。

$$density = \log \frac{I_0}{I} \quad (2.1)$$

ただし  $I_0$ : 入射光、 $I$ : 透過光 である。

- 感度 speed



## Chapter 3

# 単純X線写真

### 3.1 胸部単純X線写真 chest roentgenology

典拠: 大場:胸部 X 線写真の読み方 2 版 [24, p.1]

- 撮像条件
  - － 姿勢  
背臥位では通常の立位後前撮影よりも心陰影が 10%程度大きく結像する。
  - － 露出
  - － 方向
    - \* 正面像 frontal
      - ・ posteroanterior projection
    - \* 側面像  
肺区域の確定や無気肺のチェックに利用される。
    - \* 斜位撮影 oblique
      - ・ 右前斜位, 第一斜位 right anterior oblique  
被検者は右前胸部を前にして後から撮影されるので、胸椎はフィルムに向かって左に投影される。
    - \* 肺尖撮影 apical view  
鎖骨と第 1 肋骨にかさなりがちな肺尖部の撮影に適している。

#### 3.1.1 胸部正常像と正常偏位像 normal chest roentgenology

典拠: 大場:胸部 X 線写真の読み方 2 版 [24, p.9], 典拠: EssentialsRadiologicImaging.6ed [4, p.786]

- 胸郭 thorax
  - － 肋骨  
肋骨軟骨の石灰化が結節像と誤認されることがある。
    - \* 骨島 bone island  
単純写真で骨硬化性変化を示し、造骨性の転移性骨腫瘍との鑑別を要する。鑑別には骨シンチが有用である。

- 鎖骨
- 肩甲骨
- 脊椎
- 胸骨
- 肺門部
 

心臓の存在により、左側が右側よりも高い。

  - 肺紋理 pulmonary markings
 

肺門から外側に向かって伸びる線状影であり、肺動静脈・気管支動脈・気管支・神経・リンパ管などの結合したもの。正常で見えなければならぬが、肺鬱血があると肺紋理が拡大して映る。
- 縦隔肺境界
 

縦隔と肺を区別する境界線である。

  - 接合線
  - 脊椎線
- 横隔膜
 

肝臓の存在により、右側が左側より高い。

  - 左横隔膜の高位は肝腫瘍、横隔神経麻痺、無気肺など
- 乳頭陰影 nipple sign
 

肺内結節影に類似するが、外側縁は鮮明で内側縁は辺縁不明瞭なことが多い。

#### 縦隔肺境界

典拠: 大場:胸部 X 線写真の読み方 2 版 [24, p.80]

- 概念
 

縦隔と肺を区別する境界線である。
- 種類
  - 接合線
    - \* 前接合線
    - \* 後接合線
  - 脊椎線
    - \* 左傍脊椎線
    - \* 右傍脊椎線
  - 奇静脈弓
  - 奇静脈食道線

## 3.2 腹部単純 X 線写真

典拠: EssentialsRadiologicImaging.6ed [4, p.501]

- 概念
- 異常像
  - 石灰化  
虫垂炎・腎結石をはじめ、大動脈瘤やリンパ節の石灰化など。



## Chapter 4

# コンピューター断層撮影 computerized tomography,CT

典拠: 必修放射線医学 3 版 [19, p.96,p.175]

- CT の特徴
  - － 長所  
コントラスト分解能が高く、横断像が非侵襲的に得られること。組織の X 線吸収度を示す CT 値を診断に用いることが可能。
  - － 短所  
空間分解能がやや劣り、質的診断には限界があるため、しばしば造影剤を必要とすること。空間分解能は X 線ビームの幅や撮影中の人体の移動などによって制限される。  
また骨に囲まれた病変は骨によるアーチファクトによって捉えにくい。
- CT の原理  
細く絞った X 線を人体に透過させて検出器で測定し、人体内での X 線吸収値をコンピューターに記録する。この操作を全周にわたって行ない、得られたデータをもとにコンピューターで画像に合成する。
  - － CT 値 Hounsfield number  
水を基準の 0 として空気が-1000 で骨を 1000 とし、そのあいだの比重と CT 値が直線関係となるように設定されたもの。組織の X 線減弱係数の値を水を基準として表したものの。
- CT 値の評価
  - － 部分容積現象 partial volume effect
  - － アーチファクト artifact
    - \* motion artifact
    - \*
- 高分解能 CT

## 4.1 CT 値 Hounsfield number

- 概念

組織の X 線減弱係数の値を水を基準として表したものの。すなわち、水を基準の 0 として骨を 1000 とし、そのあいだの比重と CT 値が直線関係となるように設定されたもの。

$$\text{Hounsfieldnumber} = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} \times K \quad (4.1)$$

ただし  $\mu_t$  は問題とする組織の減弱係数、 $\mu_w$  は水の減弱係数、K は定数とする。

組織	CT 値
骨	1000
筋肉	30 ~ 60
血液	50
水	0
脂肪	-100
空気	-1000

したがって吸収域は次のようになる。

- 高吸収域は、出血や石灰化病変
- 低吸収域は、脂肪や浮腫病変

## 4.2 造影 CT contrast enhanced CT

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.19]

- 概念

造影剤投与後の CT 撮影であり、病変にコントラストをつけたり血行動態を調べる目的で行なう。

- 種類

- 静注 CT  
水溶性ヨード造影剤を投与して CT を撮影する。血液に富んだものが描出される
- dynamic CT  
水溶性造影剤をボース静注して同一の部位で撮影することで、血流動態を解析する。
- dynamic incremental CT
- 経口性造影剤併用 CT

- 副作用

ヨードに対するショックが副作用として生じうる。

### 4.3 ポジトロン CT positron computed tomography,PET

典拠: 最新内科学大全:脳血管障害 [14, p.107]

- 概念

半減期の短い核種を用いて F-FDG による脳グルコース代謝を測定する検査法であり、脳の局在の機能変化が経時的に示される。たとえば、てんかんの発作間欠時には脳局所の低代謝像が見られ、発作時には代謝が亢進する。



## Chapter 5

# 磁気共鳴画像 magnetic resonance imaging, MRI

典拠: 病態生理でできた内科学:神経疾患 [18, p.144] , 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.54] , 典拠: 最新内科学大全:慢性関節リウマチ [10, p.154]

- 概念

原子核を構成する陽子と中性子は磁性を持つが、多くの原子核は p と p あるいは n と n が対となって磁性を相殺している。しかし 1H や 2H は p や n が奇数であるために磁性を持っており、こうした原子核にある周波数で変動する磁場を与えると、磁場に共鳴して原子核が回転する。このときに原子核の回転によって新たな磁場が生じるが、これによって誘導される起電力を信号として捉えるのが、MRI の基本原理である。

外部から特定の周波数のラジオ波を与えると、同じ周波数で回転している身体の特定の部分のプロトンのみがエネルギーを吸収して励起された状態となる。そして、ラジオ波を切ると励起されたプロトンがもとの安定な状態に戻るが、その際に与えられたのと同じ周波数のラジオ波 (NMR 信号) を放出する。この NMR 信号をフーリエ変換によって画像化する。

なお 1H 原子核は石灰巣・骨皮質・肺 (空気) などには極めて少なく、水や脂肪に多く含まれる。

- flow void

血液などの移動する流体は信号を失うため、T1 強調でも T2 強調でもいずれも低信号となる。

- MRI の特徴

- 長所

濃度分解能が高く、任意の方向の断層像が得られ、X 線被爆がないこと。

- \* flow void の原理により、動脈の描出に優れている
- \* CT に見られるようなアーチファクトがない  
特に骨によるアーチファクトがないため、頭蓋内の描出に長けている。
- \* 閉塞性脳血管病変を早期に発見できる

– 短所

撮像時間が長く、装置が高額な点が短所である。また高磁場を出すのでペースメーカーや人工弁などの金属を装着した患者には禁忌となる。

\* 骨は描出されない

● 撮影法

– T1 強調

水が低信号で黒く映り、軟部組織のコントラストはよくないが、造影剤を用いた撮影が可能で解剖構造の描出に長ける。

– T2 強調

水や脂肪が高信号で白く映り、軟部組織のコントラストがよいので病変の検出感度が高い。

## 5.1 造影 MRI

● 概念

造影剤としてガドリニウムを静注したあとで MRI 撮影を行なうものであり、血液脳関門の欠損している部位に分布する。

## 5.2 脂肪抑制画像

● 種類

– Selective saturation

水と脂肪に含まれる水素原子核の共鳴周波数の差を利用したもの。

– Chemical shift

– STIR 法

## 5.3 MR angiography, MRA

● 概念

通常の MRI では血流は flow void となるが、この性質を利用して逆に無信号領域を強調することで血流を描出させたもの。

## 5.4 MR cholangiopancreatography, MRCP

● 概念

MRI を用いて胆道系と膵管を三次元表示する検査であり、胆道系の閉塞がある場合でも末梢が描出可能である。

## Chapter 6

# functional MRI

- 種類
  - perfusion MRI
  - MR spectroscopy
  - 拡散強調画像 diffusion weighted imaging,DWI

### 6.1 perfusion MRI

### 6.2 MR spectroscopy

### 6.3 拡散強調画像 diffusion weighted imaging,DWI

典拠: 脳神経外科学 8 版 [23, p.358]

- 概念
  - 細胞内外のミクロなプロトンの動きを可視化するもので、組織内の分子がブラウン運動によって拡散していく様子を画像化する。
  - 特に脳梗塞において超早期から虚血した梗塞病巣を描出するのに優れている。



## Chapter 7

# デジタルラジオグラフィー digital radiography

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.20]

- 概念  
人体を透過した X 線の強度分布を検出し、これをデジタル信号に変換してコンピューターによる処理を加えるもの。
- 特徴
  - － 長所
    - \* デジタル信号を様々な処理して診断に適した画像を作成できる
    - \* データ保管のための容量が少なくすむ
    - \* データの検索が高速かつ柔軟に行なえる
    - \* 通信網を用いてデータの転送が可能
  - － 短所



## Chapter 8

# 超音波検査 echography

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.40]

- 概念

超音波が密度の異なる媒体の境界で一部は反射し一部は透過するという性質を用いて、対象の構造に関する情報を取得する。

- 特徴

- 長所

- \* 非侵襲性
- \* 各方向からの断層像を容易に得ることができる

- 短所

- \* 画像が不鮮明である
- \* 術者の手技や経験に依存することが多い
- \* 被験者の身体条件によって検査が影響されやすい  
たとえば、肥満や腸管ガスの充満は超音波の進行を妨げる。
- \* 空気を通過できない  
なお医療用の超音波は解像度を増すために高周波数にしているが、そのために吸収減衰が増大し空気を通過できないという欠点をもつ。
- \* アーチファクトを生じやすい
  - ・ サイドローブ現象  
主となる放射以外に側方に伸びる副極 side lobe が生じ、この方向に反射体があるとあたかも主極方向に反射体があるかのような虚像を生じる。特に胆嚢が好発部位となる。
  - ・ 多重反射現象  
振動子から放射された超音波が対象と振動子との間を何回も往復して反射される現象である。腹壁筋膜や膀胱壁など、振動子に平行して強い反射体がある場合に好発する。

- 種類

- 超音波内視鏡
- 超音波断層法

- 適応
  - 超音波内視鏡は進行胃癌の深達度の検査に有効
  - 肝臓の肝血管腫は高エコー像を示す

## Chapter 9

# 造影剂 contrast medium



## Chapter 10

# 血管造影法

- 概念

カテーテルを目的血管内に挿入し、それを通じて造影剤を注入し、連続撮影を行う。他の造影検査よりも侵襲度が高いため、最終的な質的診断法として用いられる。

- 種類

- IVR, interventional radiology

血管造影法の手技を治療に応用したものであり、止血・局所線溶・血管拡張などに用いられる。

- DSA, digital subtraction angiography

血管造影の画像から、造影剤が注入される前の画像を差し引いた像をコンピューターで作成する。

- 血管造影の適応

他の非侵襲的な検査法では診断困難な腫瘍性病変や血管性病変が適応となる。

- 腫瘍性病変では、脳腫瘍・肝細胞癌・膵ガン・腎癌など

- 血管性病変では、動脈瘤・血管奇形など。

- 血管造影の禁忌

ヨード過敏症や重篤な甲状腺疾患を持つ者に対してヨード造影剤を用いることは、禁忌となる。

- 合併症

- 造影剤による合併症としては、嘔吐・疼痛・呼吸困難など。

特にイオン性の水溶性造影剤は副作用が強い。

- 手技に由来する合併症としては、血腫・動脈の閉塞・血管損傷など

- 造影剤の種類

- 陽性造影剤

周辺の陰影よりも強い陰影を作り出す。硫酸バリウム・ヨウ素製剤・水溶性造影剤などがある。

- 陰性造影剤

目的物を浮かび上がらせる。

## 10.1 interventional radiology,IVR

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.661]

- 概念

血管造影法の手技を治療に応用したものであり、止血・局所線溶・血管拡張などに用いられる。

### 10.1.1 セルジンガー法 Seldinger method

典拠: IVR の技法 1 版 [25, p.26]

## 10.2 静脈造影法 venography

- 分類

- 上行性静脈造影

- 下行性, 逆行性静脈造影

半立位での Valsalva 負荷を行い、造影剤の到達範囲で判定する方法。

## Chapter 11

# 核医学 nuclear medicine

- 概念

放射性同位元素を利用した臨床検査。

- 放射性同位元素 radioisotope

- 核医学で利用される放射性同位元素

- $^{99m}\text{Tc}$  テクネシウム  
もっとも多用されている RI で、次のような特徴を持つ。
  - \* 半減期が 6 時間と短い
  - \* 線を放射しない
  - \* 線がガンマカメラに適した分量放射される
- $^{123}\text{I}$
- $^{131}\text{I}$

### 11.1 シンチグラフィー scintigraphy

- 概念

放射性同位元素を用いた検査法であり、内照射によって標的臓器の機能を調査するという特徴を持つ。

- 種類

- 肝シンチグラフィー, アシアロシンチ  
 $^{99m}\text{Tc}$ -GSA を用いたシンチグラフィー。肝細胞のアシアロ糖タンパク受容体に結合するため、肝機能の評価に用いられる。肝臓のアシアロ糖受容体に RI が結合する性質を利用して肝臓の代謝機能を検査する。
- 胆道シンチグラフィー cholescintigraphy  
 $^{99m}\text{Tc}$ -PMT を用いたシンチグラフィーである。肝細胞に摂取され、胆管内に排泄されるため、胆道系の通過性の評価に用いられる。急性胆嚢炎や先天性胆道閉鎖症に診断に有効である。
- 腎シンチグラフィー

- \*  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3  
尿細管に摂取されて分泌排泄されるため、腎血漿流量を反映する。
- \*  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA  
糸球体で濾過されて再吸収されずに排泄されるため、糸球体濾過能 GFR を反映する。
- 骨シンチグラフィー skeletal scintigraphy  
リン酸化合物に放射性同位元素を結合させた試料  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP を用いて骨病変を描出するシンチグラフィーである。  
骨代謝が亢進している部位に集積する。

### 11.1.1 放射性同位元素, 放射性核種 radionuclide

典拠: 必修放射線医学 4 版 [20, p.2]

- 概念  
原子番号が 83 以上の核種は不安定で壊変して安定な原子核になろうとする性質があり、壊変の際に放射能を放出する。
- 種類
  - ヨード  $^{123}\text{I}$   
甲状腺組織に選択的に摂取される。
  - テクネシウム  $^{99m}\text{Tc}$   
 $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  ジェネレーターにおいてモリブデンから生成され、線を放出して  $^{99m}\text{Tc}$  に壊変する。半減期が 6 時間で線を放出せず、解像力の優れた鮮明な画像が得られるなどの特性から、広く利用されている。甲状腺や胃粘膜に集積するため、甲状腺機能の検査や異所性胃粘膜の検索に利用される。
  - タリウム  $^{201}\text{Tl}$   
ミトコンドリアの豊富な筋細胞や悪性腫瘍に好んで摂取される。なかでも甲状腺癌と脳の神経膠芽腫に集積しやすい。
  - ガリウム  $^{67}\text{Ga}$

ジェネレーター, カウ generator, cow

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.32], 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.13]

- 概念  
比較的半減期の長い親核種をアルミナやイオン交換樹脂などに吸着させておき、親核種が壊変してできる短半減期の娘核種を分離 (ミルク) する装置をいう。日常診療でよく利用されるカウはモリブデンからテクネシウムを分離するものである。
- 種類
  - $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$  ジェネレーター  
モリブデンが壊変して生じたテクネシウムはイオン化されているので、これを生食に溶解させて分離する。

### 11.1.2 骨シンチグラフィー skeletal scintigraphy, bone scanning

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.608] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.259] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.534]

- 概念

広範囲に骨転移を検索することができるほか、感度が高いため単純 X 線写真よりも早期に病変を描出できる。ただし敏感度高いので偽陽性を生じるほか、存在診断には優れているが質的診断は単純 X 線に及ばないといった短所を持つ。

- 原理

骨は主に有機質・水分とヒドロキシアパタイト  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  結晶の無機質から構成されている。ヒドロキシアパタイトの  $Ca^{++}$ 、 $PO_4^{3+}$ 、 $OH^-$  は血中イオンと容易に交換され、投与されたイオン化核種はヒドロキシアパタイトに高率に集積する。特に骨代謝の亢進した状態にある骨疾患ではリン酸化合物は多く集積する。

転移性骨腫瘍をはじめ、原発性骨腫瘍・骨折・骨髄炎・無菌性骨壊死などの早期診断に利用されている。

- 種類

- 99mTc-MDP シンチ methylidiphosphonate

リン酸化合物 MDP に放射性同位元素を結合させた試料 99mTc-MDP を用いて骨病変を描出するシンチグラフィーである。骨シンチのなかでもっとも多用される。

骨代謝が亢進している部位に集積する。ほとんどの骨病変 (溶骨性変化でも) は反応性の骨新生が生じるためにリン酸化合物が過剰に集積し、病変部位として描出される。特に悪性腫瘍の骨転移に極めて有用であるが、良性腫瘍・疲労骨折・感染などでも集積する。悪性腫瘍では造骨性変化のみならず溶骨性変化でも同様に集積する。

- ガリウムシンチグラフィー

### 11.1.3 骨髄シンチグラフィー

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.587]

- 概念

全身の造血骨髄を描出する。その原理には放射性コロイドを網内系細胞に貪食させる方法と、トランスフェリンと結合する放射性物質を用いて赤芽球に摂取させる方法とがある。

### 11.1.4 心筋シンチグラフィー nuclear cardiology

典拠: Lange: Clinical Cardiology. 6ed [2, p.106] , 典拠: 最新内科学大全: 循環機能検査法 [9, p.226] , 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.303] , 典拠: Braunwald: Heart Disease. 5ed [1, p.273] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.162]

- 分類

- 心筋血流を調べるもの
  - \* 201Tl-シンチグラフィー, タリウムシンチ thallium scintigram  
タリウムは $K^+$  と類似の元素であるため、 $Na^+-K^+$  ATPase によって心筋内に能動輸送される。したがって心筋梗塞で生じた心筋の壊死部位には血流が途絶するため欠損像 cold spot として現われる。
  - \* 99mTc-MIBI シンチ
- 心筋梗塞巣に集積するもの
  - \* 99mTc-PYP シンチグラフィー technetium labeled pyrophosphate  
正常心筋には集積せず、心筋梗塞巣に集積して hot spot を生じる。
- 心筋の神経機能を調べるもの
  - \* 123I-MIBG シンチ  
心臓の交感神経の機能を調べる。
- 心筋脂肪酸代謝シンチ
  - \* 123I-BMIPP

### 201Tl-シンチグラフィー, タリウムシンチ thallium scintigram

典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.255]

- 概念

タリウムは  $K^+$  と類似の元素であるため、 $Na^+-K^+$  ATPase によって心筋内に能動輸送される。したがって心筋梗塞で生じた心筋の壊死部位には血流が途絶するため欠損像 cold spot として現われる。

虚血病巣の検出と心筋の生存能 viability の評価に有効である。

### MIBI シンチ

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.162] , 典拠: シンチグラムアトラス [16, p.85] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.280]

### 123I-MIBG シンチ

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.180] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.196]

- 概念

心臓の交感神経の機能を調べる。そのほかに、褐色細胞腫・神経芽細胞腫・甲状腺髄様癌・カルチノイドなどの局在診断にも利用される。

生理的な集積部位は、副腎髄質・心筋・唾液腺・膀胱・肝臓などである。

### 負荷心筋シンチグラフィー stress myocardial perfusion imaging

典拠: 最新内科学大全:循環機能検査法 [9, p.229] , 典拠: Braunwald:HeartDisease.5ed [1, p.291] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.170]

- 概念

安静時心筋シンチグラフィーでは心筋壊死巣は欠損像として描出されるが、虚血部位は正常部位とほぼ同等に描出されるため虚血巣の検出には適していない。負荷心筋シンチグラフィーは、運動負荷をかけることによって安

静時心筋シンチグラフィーでは検出できない虚血巣を検出することを目的とした検査である。

運動負荷をかけた状態で 201Tl を静注すると虚血部は正常部ほど血流の増加が見られず、欠損像を呈する。その後の wash out では虚血巣は血流が乏しいためトレーサーの洗い出しが遅延し、欠損像が消失することになる。この現象を放射能の再分布 redistribution と呼ぶ。一方、梗塞巣では早期画像と遅延画像の双方で持続性欠損を呈するので、両者の鑑別に有効である。

#### 心筋脂肪酸代謝シンチ

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.177]

- 概念

123I を標識した脂肪酸 (BMIPP など) により、心筋の脂肪酸代謝を調べる。静注された BMIPP は心筋に摂取されたあと、脂肪酸の代謝経路に入るが、その途中でミトコンドリア内に長くとどまるため心筋内の集積から心筋の脂肪酸代謝を把握することができる。

- 評価

陳旧性心筋梗塞では 123I-BMIPP の欠損像と 201Tl の欠損像が同程度となることが多い。急性期心筋梗塞の再灌流に成功した例などでは 201Tl に比べて 123I-BMIPP の欠損が大きくなるという解離現象が多く見られる。これは梗塞周辺部における脂肪酸代謝障害を現わしている。血流および BMIPP ともに欠損を呈した部分は壊死に陥っている可能性が高い。

#### 11.1.5 腎シンチグラフィー isotopic renogram

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.519] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.453]

- 概念

主に腎臓の尿生成機能を調べる検査である。

- 分類

- 腎静態シンチグラフィー

- \* 99mTc-DMSA シンチグラフィー

- DMSA は静注後、尿細管上皮細胞に摂取され、ほとんど排泄されずに皮質に集積する。主に虚血による腎の瘢痕化を調査する。

- 腎動態シンチグラフィー

放射性同位元素が静注後に腎臓に選択的に集積したものを、経時的に画像を得る方法である。

- \* 99mTc-DTPA シンチグラフィー

- もっぱら糸球体から濾過され、尿細管からの排泄はない。このため GFR の測定に利用される。

- \* 99mTc-MAG3 シンチグラフィー

### 腎静態シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.223], 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.456]

- 概念  
腎臓の形態・サイズ・位置ならびに腎実質内放射能分布から腎臓の異常を診断する。
- 種類
  - － 99mTc-DMSA シンチグラフィー  
DMSA は静注後、尿細管上皮細胞に摂取され、ほとんど排泄されずに皮質に集積するため、腎静態シンチグラフィーに利用される。主に虚血による腎の瘢痕化を調査する。  
分腎摂取率の正常値は 25% 前後である。

### 腎動態シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.226], 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.457]

#### 11.1.6 甲状腺シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.109], 典拠: 最新内科学大全:甲状腺疾患 [11, p.89], 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.134], 典拠: シンチグラムアトラス [16, p.38]

- 分類
  - － 摂取率検査  
摂取率の正常値は 10～35% である。バセドウ病をはじめとして Plummer 病や橋本病の一部で高値を示す。甲状腺機能低下症では低値を示し、なかでも亜急性甲状腺炎や無痛性甲状腺炎ではほとんど摂取されない。
    - \* 123I シンチ  
ヨード制限の前処置を要するほか、123I は半減期が長いので被曝線量が多いという欠点を持つ。しかし甲状腺の生理的機能をよく反映する。
    - \* 99mTcO<sub>4</sub><sup>-</sup> シンチ  
ヨードを用いたシンチとほぼ同等の結果を出す。実際に甲状腺に取り込まれるわけではないので必ずしもホルモン合成能を反映しない。
  - － 腫瘍シンチグラフィー
    - \* ガリウムシンチ

#### 11.1.7 副甲状腺シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.128], 典拠: シンチグラムアトラス [16, p.49], 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.199]

- 概念  
201-TlCl や 99mTc-MIBI を用いる。正常副甲状腺は遅延像では描出されず、副甲状腺腫がある場合に陽性像として描出される。

## 11.1.8 副腎シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.130]

- 概念
- 分類
  - 副腎皮質シンチグラフィー  
コレステロールに核種を標識した NP59 を用いて副腎皮質を描出する。  
副腎腺腫では腺腫からのホルモン分泌に反応して ACTH が減少するため、対側の副腎ではホルモン分泌が低下し、病側のみが描出される。ホルモン産生性の腺癌では独自にコレステロールを合成してホルモン合成をなすため、副腎は両側とも描出されない。
  - 副腎髄質シンチグラフィー
    - \* MIBG シンチ  
MIBG はグアニジンの誘導体であり、その分子構造はノルアドレナリンとよく似ている。このため、アドレナリン作動性ニューロンに特異的に取り込まれ、交感神経末端や副腎髄質に集積する。

## 副腎皮質シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.131] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.186] , 典拠: シンチグラムアトラス [16, p.112]

- 概念  
コレステロールに核種を標識した NP59 を用いて副腎皮質を描出する。  
副腎腺腫では腺腫からのホルモン分泌に反応して ACTH が減少するため、対側の副腎ではホルモン分泌が低下し、病側のみが描出される。ホルモン産生性の腺癌では独自にコレステロールを合成してホルモン合成をなすため、副腎は両側とも描出されない。

## 副腎髄質シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.137] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.196]

- 種類
  - MIBG シンチ  
MIBG はグアニジンの誘導体であり、その分子構造はノルアドレナリンとよく似ている。このため、アドレナリン作動性ニューロンに特異的に取り込まれ、交感神経末端や副腎髄質に集積する。正常でも交感神経に富んだ心筋や唾液腺によく集積する。肝臓や脾臓も集積像を呈する。  
褐色細胞腫・神経芽細胞腫などの診断に利用されている。

### 11.1.9 肝機能シンチグラフィー, アシアロシンチ

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.203]

- 概念

99mTc-GSA を用いたシンチグラフィーである。肝細胞のアシアロ糖タンパク受容体に結合するため、肝機能の評価に用いられる。

肝臓のアシアロ糖受容体に RI が結合する性質を利用して肝臓の代謝機能を検査する。

HH15 の正常値は 0.5~0.6、LHL15 の正常値は 0.91~0.96 であり、それぞれ高値と低値になるほど肝機能低下を意味する。

### 11.1.10 胆道シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.206] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.391]

### 11.1.11 脾シンチグラフィー

典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.519]

### 11.1.12 肺換気血流シンチグラム ventilation-perfusion scanning

典拠: PulmonaryPathophysiology.5ed [8, p.43] , 典拠: Pathophysiology [6, p.216] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.141] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.233]

- 概念

換気血流不均等を見る。主に肺塞栓症の検索に用いられる。

- 肺血流シンチグラフィ

凝集アルブミンをテクネシウムで標識した Tc-MAA を静注すると肺末梢血管床に捕捉され、これを体外より計測することで肺動脈の血流分布が描出される。注入粒子は数時間後には分解されるが、右-左短絡があると腎臓に集積する。

- 肺換気シンチグラフィ

放射性ガスを吸入させてその分布を体外から撮像する。

両者の所見が異なることを血流シンチと換気シンチグラフィとのミスマッチ mismatch defect と呼び、換気血流比不均衡を意味する。

#### 肺換気シンチグラフィ

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.149]

- 概念

放射性ガスを吸入させてその分布を体外から撮像する。放射性ガスには半減期の短い 81mKr や 133Xe が利用される。これらは不活性ガスのため吸入しても約 95%は体内に吸収されずに呼出されるので肺の換気能を検査するのに適している。

### 肺血流シンチグラフィ perfusion scintigraphy

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.143] , 典拠: シンチグラムアトラス [16, p.53]

- 概念

テクネシウムで標識された凝集アルブミン  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA を静注すると肺末消血管床に捕捉され、これを体外より計測することで肺動脈の血流分布が描出される。注入粒子は数時間後には分解されるが、右-左短絡があると腎臓に集積する。

### 11.1.13 脳槽シンチグラフィー cerebrospinal fluid imaging, radionuclide cisternography

典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.101] , 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.72]

- 概念

放射性同位元素で標識した DTPA をクモ膜下腔に注入し 24～48 時間後に撮像することで、脳脊髄液の循環を見る検査法である。正常圧水頭症や水頭症の鑑別や脳脊髄液漏の検出がよい適応となる。

交通性水頭症では側脳室が描出される。正常圧水頭症は閉塞性交通性水頭症であり、24 時間および 48 時間像でも側脳室が描画されるが、大脳半球のクモ膜下腔は描出されない。

### 11.1.14 脳シンチグラフィー

典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.71] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.84]

#### 脳血流シンチグラフィー

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.90] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.75] , 典拠: 最新内科学大全:脳血管障害 [14, p.109]

- 概念

RI を用いて主に脳血流の画像を得る機能的神経画像検査法である。シンチカメラを回転させながら数十の投影像を作り、積分法によるフィルタ逆投影法を用いて任意の軸に対する断層像を再構成する。

特に脳虚血の重症度判定に有効である。

### 11.1.15 ガリウムシンチグラフィー Gallium scan

典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.361] , 典拠: 最新臨床核医学 3 版 [29, p.522] , 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.553] , 典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.278]

- 概念

悪性腫瘍全般に広く集積するが、良性腫瘍や炎症部位にも取りこまれる性質がある。サルコイドーシスの検査にも利用される。

悪性腫瘍では特に低分化な腺癌や扁平上皮癌、小細胞癌では病巣に強く集積する。

悪性腫瘍のリンパ節浸潤や転移の有無、特に悪性リンパ腫の病期決定の手段として利用される。

- 評価

代表的な生理的集積部位は、骨・骨髄・肝臓・脾臓・腸管などである。ガリウムは腎臓からも排泄されるが、24時間以降は肝臓から腸管への排泄が主経路となる。

### 11.1.16 唾液腺シンチグラフィ

典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.428]

- 概念

特にシェーグレン症候群が適応となる。ほかにワルサン腫瘍の特異的診断に利用される。

正常では、5～15分像にて左右耳下腺ならびに顎下腺が対称性に描出される。濃度は経時的に増加し、正常甲状腺と同程度となる。レモン汁投与後には唾液腺への集積は急激に減少し、RIは口腔内に移行する。レモン汁投与による洗い出し率は50%を以上を正常とする。

シェーグレン症候群ではRIの唾液腺摂取率の低下、耳下腺や顎下腺の左右非対称が特徴的である。

ワルサン腫瘍ではRIの過剰摂取が特異的である。

### 11.1.17 リンパ管シンチグラフィ lymphoscintigraphy

典拠: 核医学ノート 4 版 [17, p.255], 典拠: 最新臨床核医学 2 版 [28, p.522]

- 概念

リンパの豊富な皮内または皮下にRIで標識されたコロイドを注入し、リンパ流を描出する。下肢から投与すると総腸骨領域まで描出される。

主な適応は、悪性腫瘍のリンパ節浸潤や転移の評価である。リンパ浮腫に対するリンパ流の評価にも有効である。

## Chapter 12

# 骨量測定

典拠: EssentialsRadiologicImaging.7ed [5, p.199] , 典拠: 最新内科学大全:骨疾患 [12, p.60]

- 種類

- radiogrammetry
- radiographic absorptiometry
- single-energy absorptiometry,SPA  
現在では DXA にとって代られている。
- dual-energy absorptiometry,DPA  
現在では DXA にとって代られている。
- dual-energy X-ray absorptiometry,DXA  
骨と軟部組織との X 線の吸収度の違いから骨密度を計算する方法であり、現在の主流となっている。
- quantitative computed tomography,QCT  
骨梁に対して選択的に骨量測定を行なう点が極立った特徴である。

### 12.1 二重 X 線吸収骨塩定量 dual-energy X-ray absorptiometry,DXA

典拠: EssentialsRadiologicImaging.7ed [5, p.201] , 典拠: 最新内科学大全:骨疾患 [12, p.63]

- 概念

骨と軟部組織との X 線の吸収度の違いから骨密度を計算する方法であり、現在の主流となっている。計測は原則として腰椎正面像と大腿骨近位に対して行なわれる。

### 12.2 quantitative computed tomography,QCT

典拠: EssentialsRadiologicImaging.7ed [5, p.203]



## Chapter 13

# 放射線療法, 放射線治療 radiation therapy

典拠: 最新脳神経外科学 [15, p.499], 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.681], 典拠: 最新内科学大全:臨床腫瘍学 [13, p.291]

- 種類

- 体外照射

- \* 定位放射線外科治療, ラジオサージャリー stereostatic radiosurgery  
細い線束を用いて脳内の病巣に 3 次元的方向から集中照射する。  
正常組織の傷害が小さいため大きな線量を 1 回で十分である。
  - ・ ガンマナイフ
  - ・ ライナック, リニアック
- \* 全脳照射, 全中枢神経系照射

- 体内照射

- \* 組織内照射  
針を用いて放射性同位元素を組織内に刺入する方法である。
- \* 腔内照射  
子宮頸癌や食道癌に利用される。

- 副作用

- 早期障害

治療開始から終了後 3ヶ月頃までに生じやすい。全身症状としては骨髄抑制や放射線宿酔があり、局所症状としては皮膚の炎症性変化を生じる。

- 晩期障害

治療終了後 3ヶ月を過ぎてから生じることが多く、不可逆的な変化を来たす。

- \* 放射線肺臓炎
- \* 甲状腺機能低下症
- \* 放射線照射性腸炎
- \* 不妊症

## 13.1 放射線治療に伴う副作用

- 分類

- － 急性障害

放射線治療期間中に発症する障害をいう。線量とともに増強するが、照射を中止すれば容易に改善することが多い。病態生理のひとつに、腫瘍細胞に起こる組織の変性や壊死が関与している。

- \* 骨髄抑制

血小板減少がよい指標となり、5万以下で放射線療法の中断を考慮し、1万以下では放射線治療の中止と輸血などを検討する。

- － 慢性障害

放射線治療から数ヶ月以上を経過して発症する障害をいう。進行は不可逆である。血管や結合組織などの間質組織の障害によって生じた血流障害に加えて、放射線に遅い反応を示す細胞の障害に起因する。

- \* 晩発障害

潜伏期が数年と長く、かならずしも発症するとは限らない障害をいう。早期障害と比較して1回線量の影響を強く受けるが、治療期間の影響はほとんど受けない。

- ・ 心筋障害

心膜にもっとも生じやすく、心膜液貯留によって心タンポナーデに発展することがある。

- ・ 放射線脊髄症 radiation myelopathy

照射半年から数年(平均2年)で発症する。下肢の脱力に始まり、しばしば Brown-Sequard 症候群を呈し、最終的に対麻痺に至る。

### 13.1.1 放射線粘膜炎

- 概念

咽頭口腔粘膜・鼻腔粘膜・結膜・食道粘膜・膀胱粘膜・腸管粘膜などに放射線が照射されたために生じた粘膜の炎症をいう。

- 症状

- － 粘膜刺激症状

羞明感・流涙・鼻汁・下痢・頻尿など。

- 治療

ステロイドが第一選択であり、混合感染の恐れがあれば抗生剤を併用する。なお、様々な急性症状が出現しても、大量な出血などの重篤な症状が生じない限り、原則として放射線治療は継続すべきである。

## 13.2 定位放射線外科治療, ラジオサージャリー stereotatic radiosurgery, SRS

典拠: 標準脳神経外科学 8 版 [22, p.171], 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.703]

- 概念

細い線束を用いて脳内の病巣に 3 次元的方向から集中照射する放射線療法である。正常組織の傷害が小さいため大きな線量を 1 回照射するだけで十分である。

良性腫瘍の治療目的に開発されたものだが、球形で小さな転移性脳腫瘍にも有効である。

- 種類

主に下の 2 種類に大別されるが、両者とも効果はほぼ同等である。

- ガンマナイフ

コバルト 60 を線源としたガンマ線によるもの。

- ライナック

高エネルギー X 線を用いたもの。加速管のなかで電子を加速して電子線を発生させる。

### 13.3 定位放射線治療 Stereotactic Radiotherapy, SRT

- 概念

stereotactic radiotherapy (SRT) is that in SRS, radiation is delivered at a very high intensity, all at once, to a small area, while in SRT, radiation is given at different times, at lower intensities, to larger areas. In other words, in SRS, you get all the radiation at once, while in SRT, radiation is split up over multiple sessions.

This technique is particularly important in cases where tumors are adjacent to radiosensitive tissues such as the brain stem, eyes, optic nerves or pediatric tumors. By treating the lesion with multiple fractions of a lower dosage of radiation, spaced over several days of treatment, the Novalis SRT method enhances the biological effect on the tumor while avoiding radiation damage to nearby critical structures.

The linear accelerator machines use one large, intense radiation beam that is redirected in many "arcs" to lessen the effect on healthy tissue. The linear accelerator machines can perform radiosurgery on larger tumors and can fractionate these treatments over several days, having a flexibility that is not available with other machines. These treatments that are given over time are referred to as fractionated stereotactic radiotherapy (FSR) or SRT. Since the linear accelerator moves during treatment, the degree of precision is less than with cobalt60 machines. On the other hand, linear accelerators can produce radiation of higher intensity than the cobalt60 machines, treat larger tumors and lesions, and deliver this energy safely.

### 13.4 全脳照射, 全中枢神経系照射 whole-brain irradiation

典拠: 必修放射線医学 4 版 [20, p.535], 典拠: 標準放射線医学 5 版 [26, p.700], 典拠: Moss:RadiationOncology.6ed [3, p.597]

- 概念

神経細胞は出生後には細胞分裂を行なわないので放射線感受性が低く、成人では 50[Gy] までは耐容線量とされている。ただし胎児から幼児にかけては感受性が高く、知能障害をきたす恐れがある。

主な適応は胚芽腫 germinoma や多発性転移性脳腫瘍である。

- 副作用

- 食欲不振
- 脱毛
- 遅発性反応  
巣症状、脳炎、内分泌異常などを呈しうる。

### 13.5 放射性ヨード治療

- 概念

標的は甲状腺乳頭癌もしくは甲状腺濾胞腺癌の転移巣である。原発巣ではヨードが腫瘍よりも残存している正常組織のほうにより多く摂取されるため、原発巣のみの症例では適応とならない。同じ理由によって転移巣の治療に先立って原発巣を治療することが不可欠である。

- 副作用

- 唾液腺機能低下
- 造血能障害
- 肺線維症

## Chapter 14

# 放射線防護

典拠: STEP 公衆衛生 2 版 [21, p.272]

- 概念

放射線診療従事者の被曝線量の上限は 50[mSv/year] である。なお患者被曝には法的な上限はない。



## Chapter 15

# 光学力学療法 photodynamic therapy, PDT

典拠: BasicScienceOncology.3ed [7, p.453]

- 概念

光反応物質を体内に投与し、これを光線を照射させ、光毒性反応によって局所的に悪性腫瘍を治療する方法である。

主に膀胱癌の予防や気管支を閉塞する気管支腫瘍あるいは食道癌に対する姑息的治療として用いられるが、早期の食道癌・胃癌・子宮頸癌に対しては根治的な治療としても期待されている。

他の治療法、すなわち手術・放射線療法・化学療法などに対する相互作用はないため、これらの治療法と組み合わせて実施されることある。温熱療法とは相互作用がある。

耐性をもたらすことなく、同一部位に繰り返して施行することができる。薬物の再分布や再合成などの機序により、分割照射することでむしろ効果が増強することがある。

正常組織も障害されるが、よく修復される。

- 光反応物質

- hematoporphyrin, HpD
- porphyrin
- chlorin
- purpurin
- ALA

光反応物質の前駆体である。

- 手順

まず光反応物質を体内に投与する。大体 24～72 時間ほど薬物が腫瘍に蓄積するのを待つ。光反応物質に作用し、かつ組織に十分到達できる波長の光線を照射する。630nm の波長を持つ赤外線が利用されることが多い。深部の病変に対しては照射にファイバーを用いることもある。

- 機序

照射された光子によって光反応物質がエネルギー準位の高い状態に励起されると、光反応物質は蛍光を発して元の状態に戻るか、もしくは少しエネルギー準位の低い三重項 triplet の状態に落ち着く。三重項の状態にある光反応物質は酸素と反応して、これをよりエネルギー準位の高い一重項 singlet の状態へと活性化する。生成された一重項の酸素はすぐさま赤外線に近い波長の光子を放出して定常状態に復帰するが、このときの光子が組織を障害すると考えられている。一連の反応は短かい時間で生じるため、障害は光反応物質が結合している細胞膜に生じる。

- 副作用

- 光線過敏症

薬物投与後も数週間にわたって持続することもある。

# Bibliography

- [1] Eugene Braunwald, editor. *Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. W.B.Saunders, 5 edition, 1997.
- [2] Melvin D. Cheitlin, editor. *Clinical Cardiology*. Lange, 6 edition, 1993.
- [3] William T. Moss & James D. Cox, editor. *Radiation Oncology*. C.V.Mosby, 6 edition, 1989.
- [4] John H.Juhl et al, editor. *Essentials of Radiologic Imaging*. Lippincott-Raven, 7 edition, 1993.
- [5] John H.Juhl et al, editor. *Essentials of Radiologic Imaging*. Lippincott-Raven, 7 edition, 1998.
- [6] Stephen J. McPhee et al. *Pathophysiology of Disease*. Appleton & Lange, 2 edition, 1997.
- [7] Ian F. Tannock & Richard P. Hill, editor. *The Basic Science of Oncology*. McGraw-Hill, 1998.
- [8] John B. West. *Pulmonary Pathophysiology*. William & Wilkins, 5th edition, 1992.
- [9] 井村裕夫ほか (編). 循環機能検査法, 最新内科学大全, 第 29 巻. 中山書店, 1990.
- [10] 井村裕夫ほか (編). 慢性関節リウマチ, 最新内科学大全, 第 25 巻. 中山書店, 1993.
- [11] 井村裕夫ほか (編). 甲状腺疾患, 最新内科学大全, 第 2 巻. 中山書店, 1994.
- [12] 井村裕夫ほか (編). 骨疾患, 最新内科学大全, 第 73 巻. 中山書店, 1995.
- [13] 井村裕夫ほか (編). 臨床腫瘍学, 最新内科学大全, 第 80 巻. 中山書店, 1995.
- [14] 井村裕夫ほか (編). 脳血管障害, 最新内科学大全, 第 66 巻. 中山書店, 1996.
- [15] 菊池晴彦ほか. 最新脳神経外科学. 朝倉書店, 1996.
- [16] 久保敦司 (編). シンチグラムアトラス. 金原出版, 第 1 版, 1997.
- [17] 久保敦司, 木下文雄. 核医学ノート. 金原出版, 第 4 版, 2001.
- [18] 五幸恵. 神経疾患. 病態生理でできた内科学, No. 5. 医学教育出版社, 第 1 版, 2000.

- [19] 高橋睦正（編）. 必修放射線医学. 南江堂, 第 3 版, 1994.
- [20] 高橋睦正（編）. 必修放射線医学. 南江堂, 第 4 版, 1999.
- [21] 高橋茂樹, 豊沢隆弘. 公衆衛生. STEP. 海馬書房, 第 2 版, 1999.
- [22] 山浦晶（編）. 標準脳神経外科学. 医学書院, 第 8 版, 1999.
- [23] 太田富雄ほか（編）. 脳神経外科学. 金芳堂, 第 8 版, 2000.
- [24] 大場覚. 胸部 X 線写真の読み方. 中外医学社, 第 2 版, 2001.
- [25] 中村仁信ほか（編）. IVR の技法. 南江堂, 第 1 版, 2002.
- [26] 有水昇ほか. 標準放射線医学. 医学書院, 第 5 版, 1996.
- [27] 有水昇ほか. 標準放射線医学. 医学書院, 第 6 版, 2001.
- [28] 利波紀久ほか（編）. 最新臨床核医学. 金原出版, 第 2 版, 1997.
- [29] 利波紀久ほか（編）. 最新臨床核医学. 金原出版, 第 3 版, 1999.