歯学科 2 年生講義 放射線学総論 核医学・IVR

担当：新國 農

放射線診療は、画像診断、IVR（interventional radiology）、核医学、放射線治療の 4 分野から構成される

核医学とは、放射性同位体（radioactive isotope, RI）を使用して画像検査や生化学的臨床検査、治療を行なう分野である

- 画像検査：シンチグラフィ, SPECT, PET
- 生化学的臨床検査：ラジオイムノアッセイ
- 治療：放射免疫療法（radioimmunotherapy）

核医学検査

- インビボ（in vivo）検査：微量の放射線を出す体内診断用放射性医薬品を投与し、身体の状態を画像や数値で捉える（シンチグラフィなど）
- インビトロ（in vitro）検査：体外診断用放射性医薬品を用いて、採取した血液や尿などの試料を試験管内で試薬と反応させ、ホルモンなどの微量物質を測定する（ラジオイムノアッセイ）

半減期

- 元の核種の原子核数が半分になる時間
- 言い換えれば、はじめに存在した状態の半分が壊変するまでにかかる時間

体内診断用放射性医薬品（インビボ検査）

- 特定の臓器や組織、疾患に強い親和性をもつ
- 生体に投与すると目的とする部位に集積する
- 半減期が短く、対外に早く排泄され、適切なエネルギーをもつ γ 線を出すものが好まれる
- 口腔顎顔面領域でよく使用される放射性同位体
  ガリウム（^{67}Ga）；半減期：78 時間
  テクネチウム（^{99m}Tc）；半減期：6 時間

シンチレーションカメラ（核医学撮像装置, ガンマカメラ）

- 放射性医薬品投与後にその体内分布を画像化する
- コリメータ、検出器（シンチレータ）、光電子増倍管、位置・エネルギー計算回路、ディスプレイ等から構成される
- コリメータ：検出器の前面に装備し、一定の方向からの γ 線や特性 X 線だけを通過させる

- シンチレータ：NaI 結晶で γ 線は光に変換される
- 光電子増倍管：光のエネルギーに比例して光電子が放出し、さらに 2 次光電子が増幅されて電流に変換される

断層撮像装置：SPECT（single photon emission CT）

- 基本的原理はガンマカメラと同じ
- ガンマカメラは平面画像（planar image）を撮像するが、検出器を回転させてさまざまな方向から撮影した平面画像を収集し、それを CT の原理を用いてコンピュータで画像再構成を行い、断面の RI 分布を画像化する

骨シンチグラフィ

- 放射性医薬品：^{99m}Tc-MDP、^{99m}Tc-HMDP など
- ハイドロキシアパタイト結晶表面にリン酸化合物が結合する→骨吸収と骨添加の盛んな骨代謝回転が亢進している部位に集積する
- 悪性腫瘍の骨転移の診断に多く利用される
- 口腔顎顔面領域では、顎骨骨髄炎における病変の広がりや活動性の評価、口腔癌における骨浸潤の有無や浸潤範囲の判定に利用される場合がある
- 薬剤関連顎骨壊死・骨髄炎においても同様の目的で利用される
- 線維性異形成症では強い集積がみられ、単骨性か多骨性かの鑑別に有用
- ^{99m}Tc 標識リン酸化合物 370～740MBq を静注し、3～4 時間後に撮像

^{67}Ga シンチグラフィ

- 腫瘍や炎症の診断に利用
- 放射性医薬品：^{67}Ga-クエン酸（^{67}Ga-citrate）
- 血中のトランスフェリンと結合し、腫瘍細胞表面のトランスフェリン受容体に取り込まれるとされている
- 腫瘍の組織型により集積の程度は多様
- 炎症性病変部にも集積する→^{67}Ga が多核白血球細胞膜表面に結合すると考えられている
- サルコイドーシス、膿瘍、活動性結核でも集積する→67Ga が集積しても悪性とは限らない
- ^{67}Ga クエン酸 37～148MBq を静注し、48～78 時間後に撮像

唾液腺シンチグラフィ

- 放射性医薬品：^{99m}TcO4- （テクネチウムパーテクネテート；technetium pertechnetate）
- 大唾液腺（耳下腺・顎下腺）に集積する
- 機能診断としては、^{99m}TcO4-を 185～370MBq 静注直後から約 30 分間連続的に画像を収集する
- クエン酸等による味覚刺激で唾液分泌能を評価できる
- 良性・悪性の唾液腺腫瘍や唾液腺炎、Sjögren 症候群などの診断に利用される
- 一般に腫瘍の存在部位は欠損像となる
- Warthin 腫瘍やオンコサイトーマでは異常集積像となる

PET 陽電子放出断層撮影法

- 陽電子（positron）を放出する放射性薬剤を体内に投与
- 陽電子は陰電子と結合して消滅し（電子対消滅）、電子対の全質量に相当するエネル

ギーが、互いに反対方向に放射される 2 個の光子に変わる（消滅放射線）

- 一対の消滅放射線を同時計測して、RI の取り込み部位を断層像として描出する→

SPECT と比較して空間分解能や物理的定量性に優れた画像が得られる

- ポジトロン放出核種として ^{15}O、^{13}N、^{11}C、^{18}F などが用いられる→半減期が短い（^{18}F で 110 分）ため、検査施設にサイクロトロンが必要（^{18}F はメーカー供給体制あり）
- PET 診断で最も多く使われている臨床検査薬は FDG

^{18}F-FDG の集積原理

- ^{18}F-FDG：^{18}F-フルオロデオキシグルコース（2-fluoro [^{18}F]-2-deoxyglucose）は、ブドウ糖類似の構造
- 細胞は増殖速度が速いものほどより多くのエネルギーを必要とするため、悪性腫瘍細胞はより多くの ^{18}F -FDG を取り込む
- ^{18}F -FDG はブドウ糖と同じグルコーストランスポーターによって細胞内に取り込まれ、ヘキソキナーゼによって ^{18}F -FDG-6 リン酸に変換されるが、それ以降は代謝されず蓄積する（グルコース-6 リン酸は解糖系で代謝される）→^{18}F -FDG 集積の程度はブドウ糖代謝をほぼ正確に反映しており，メタボリックトラッピングと呼ばれる
- ^{18}F -FDG を 185MBq 静注し、60 分後に撮像

FDG-PET の口腔顎顔面領域における利用

- 口腔癌の原発巣や転移リンパ節の画像診断の第一選択は、MRI と CT である
- PET 検査の有用性は:

1）治療効果判定
2）癌の病期診断（リンパ節転移・遠隔転移）
3）再発診断（治療後の瘢痕・線維化）
4）良・悪性の鑑別・悪性度診断
5）癌の検診（早期発見）

- 非悪性腫瘍性集積（鑑別困難なことあり要注意）:
  生理的集積：口蓋扁桃，大唾液腺など
  炎症性病変：膿瘍，骨髄炎，放射線性粘膜炎など
  良性腫瘍：唾液腺腫瘍

SUV（standardized uptake value）

- SUV：「単位体積あたりの病巣への集積量」を「投与した放射能」と「患者の体重」で標準化したもの
- ^{18}F-FDG の集積程度を半定量的に数値評価
- ブドウ糖代謝の亢進した部位では高く、ブドウ糖代謝の亢進した部位では低い
- 投与した RI が全身に均一に分布したと想定した場合の SUV 値を 1 として、目的とする領域の放射能濃度がその何倍であるかを示したもの
- 投与から撮像までの時間、体格、血糖値等により影響を受ける
- 良悪性の鑑別に役立つ場合がある（最大値［SUVmax］が用いられることが多い）

核医学検査の被ばく線量

- 患者に放射性同位体を投与→内部被ばく
- PET/CT の被ばく線量は PET と CT の被ばくの和
- PET のみでは 3.5～7mSv
- PET/CT において低線量 CT では 10mSv 程度
- 診断用 CT 併用の場合には最大 25mSv 程度
- 術者の被ばくは医薬品の調整時や患者への投与時→外部被ばく
- 一般人への注意事項：18F-FDG 投与 2 時間以内は、妊娠中の女性および 10 歳未満の小児との接触時間を短くしまた距離をとることを指導

IVR（interventional radiology；インターベンショナル・ラジオロジー）
「画像下治療」と訳され、「血管内治療」や「血管内手術」などもほぼ同義語として使われる

- 画像診断のための検査技術を治療に応用する診療の分野
- エックス線透視や CT、超音波検査などの画像ガイド下に体内を透見しながら細いカ

テーテルや針を入れてさまざまな疾患の治療を行う

- 低侵襲で身体への負担が少なく外科手術と同程度の治療効果が得られる
- 血管造影手技に基づく血管系 IVR と、それ以外の非血管系 IVR に大別される
- 血管系 IVR には、血管塞栓術（動静脈奇形などに対する）や動注化学療法（頭頸部癌

などに対する）などがある

- 非血管系 IVR には、超音波ガイド下針生検や CT ガイド下神経ブロックなどがある

2024.12.16