

リレー講座

専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最近の話題

Vol. 13 放射性医薬品

Basic knowledge and recent topics of nuclear medicine learned from the certification examination.

Vol. 13 Radiopharmaceuticals (No. 1)

本田 納紀¹⁾ HONDA Natsuki 伊藤 公輝²⁾ ITO Kimiteru

Keywords: Radiopharmaceuticals, Cyclotron, Specific Radioactivity, FDG, Amyloid

《はじめに》

本号および次号では、過去5年分の核医学専門医試験問題のうち、放射性医薬品に関する問題について抜粋し、解説をさせていただきます。前号において先端医療開発センター機能会診断開発分野の稲木先生より解説があったが、放射性医薬品は大きく院内製造の薬剤とデリバリーされる医薬品が存在する。本稿ではvol.1として、サイクロトロンを用いて院内製造される¹⁸F-FDGを代表とする放射性薬剤に関する問題を中心に解説する。

第16回

1. 放射性医薬品に用いられる放射性核種のうち、通常サイクロトロンを用いて製造されないものはどれか。1つ選べ。

- a. ¹⁸F
- b. ^{81m}Kr
- c. ¹¹¹In
- d. ¹²³I
- e. ²⁰¹Tl

回答 b

解説

通常、^{81m}Krはジェネレータを用いて親核種⁸¹Rbから生成され肺換気シンチグラフィなどに用いられるSPECT核種である。b以外はサイクロトロンから生成される放射性核種である。

第19回

13. 次の核種のうち、通常サイクロトロンで製造されるものはどれか。1つ選べ。

- a. ⁹⁰Y
- b. ⁹⁹Mo

回答 d

- c. ¹²⁵I
- d. ¹³¹I
- e. ²⁰¹Tl

回答 e

解説

サイクロトロンによる製造核種は¹¹C, ¹³N, ¹⁵O, ¹⁸F, ⁶⁷Ge, ⁶⁸Ga, ¹¹¹In, ¹²³I, ²⁰¹Tl。

第17回

09. ¹⁸F-標識放射性医薬品を合成してから6時間後に比放射能を求めたところ、10GBq/ μ molであった。合成時点での比放射能として最も近いのはどれか。1つ選べ。ただし、放射能の減衰以外は考慮する必要はない。

- a. 1.3GBq/ μ mol
- b. 10GBq/ μ mol
- c. 30GBq/ μ mol
- d. 60GBq/ μ mol
- e. 80GBq/ μ mol

回答 e

第20回

13. 比放射能が50MBq/ μ molである¹²³I-標識放射性医薬品の39時間前の比放射能として最も近いのはどれか。1つ選べ。ただし、放射能の減衰以外は考慮する必要はない。

- a. 50 MBq/ μ mol
- b. 100 MBq/ μ mol
- c. 200 MBq/ μ mol
- d. 400 MBq/ μ mol
- e. 800 MBq/ μ mol

回答 d

国立がん研究センター中央病院 〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1

National Cancer Center Hospital

1) 薬剤部 Department of Pharmacy

2) 放射線診断科 Department of Diagnostic Radiology

^{18}F の半減期は約109.7分、 ^{123}I の半減期はおよそ13.27時間。また比放射能とは単位質量あたりの放射能の強さのことである。これらの問題はいずれもそれぞれの核種の約3半減期前の標識放射性医薬品の比放射能が問われている。放射性医薬品の物質については変わらない(本問題上では放射能の減衰以外は考慮する必要はない)ため、経過時間分の減衰補正を計算して行うか、単純に約2半減期経っているため $2^3 = 8$ 倍すればよい。

第17回

14. 次のうち正しいものはどれか。1つ選べ。
- 放射性医薬品の管理上、放射線自己分解に注意を要する。
 - 放射性医薬品の有効期限は核種の半減期により規定される。
 - 放射性核種の純度は放射能の半減期を測定して求められる。
 - 過テクネチウム酸($^{99\text{m}}\text{Tc}$)注射液の性状は黄色の透明の液である。
 - 院内製造された ^{18}F -FDGはエンドトキシン試験結果の確認前に投与される。

回答 a

解説

放射性医薬品は性質上、自己の放射能により分解が進むことがあるため、その点を理解、注意しながら使用する必要がある。放射性医薬品は一般的に薬理作用ではなく、標識放射性核種の放射線を利用するものであるが、有効期限は核種の半減期によってのみ規定されるものではない。院内製造放射性薬剤に関しては、安定性試験として放射化学的純度や確認試験といった適切な試験検査を行い、有効期限を設定する。詳細は日本核医学会の「分子イメージング臨床研究に用いるPET薬剤についての基準」を参照のこと。

また本問題における放射性核種の純度は、放射化学的純度もしくは化学的純度と判断できる。一般的に放射化学的純度や化学的純度は、標識化合物と未標識体や他標識化合物との割合によって評価される。これらの評価は高速液体クロマトグラフィー(HPLC)や薄層クロマトグラフィー(TLC)を用いた分析で行われる。

- d: 過テクネチウム酸($^{99\text{m}}\text{Tc}$)注射液の性状は無色の透明の液である。
- e: 院内製造された ^{18}F -FDGはエンドトキシン試験ではなく、無菌試験の結果確認前に投与される。

第19回

07. ^{18}F -FDGに関して正しいのはどれか。1つ選べ。
- ^{18}F の物理学的半減期は90分である。
 - ^{18}F はジェネレータによって産生される。
 - 主に腎臓で代謝され体外へ排泄される。
 - 細胞内に取り込まれた後、リン酸化を受ける。
 - PET装置は、 ^{18}F が放出するポジトロンを検出する。

回答 d

解説

^{18}F -FDGに関する設問はある程度の頻度で出題されているため、きちんと押さえておくべきポイントである。 ^{18}F -FDGは主に腎臓より尿中へ排泄される(腎では代謝はされない)。 ^{18}F -FDGは細胞内へはグルコーストランスポーターを介して取り込まれ、細胞内にてヘキソキナーゼによってリン酸化される。リン酸化された ^{18}F -FDGはそれ以降代謝されず、細胞内へ蓄積するため、その性質が診断に利用されている。また投与後に運動をすることで骨格筋へ集積が高まるため、安静が必要となる。またPET装置は ^{18}F から放出されるポジトロンが近傍の電子と結合して放出される消滅放射線を検出する。

第18回

13. FDGの正常体内動態について、誤っているものはどれか。1つ選べ。
- 腎から排泄される。
 - 糖負荷により脳の集積が増加する。
 - 運動に伴い筋に蓄積する。
 - 空腹時には心筋への集積は低い。
 - 脳にはトランスポータにより取り込まれる。

回答 b

解説

^{18}F -FDGは糖負荷によりインスリンが分泌されることで、心筋や横紋筋などの集積が増加し、脳細胞や腫瘍などの集積が低下する。その他、 ^{18}F -FDGの正常集積についてなど、「FDG PET, PET/CT 診療ガイドライン2020」に記載があるため一読をお勧めする。

第17回

10. ^{18}F -FDGについて、誤っているのはどれか。1つ選べ。
- 細胞に取り込まれた後、代謝を受けて速やかに排出される。
 - 褐色脂肪組織(brown adipose tissue)に集積する。

- c. 炎症に伴い浸潤するマクロファージに集積する。
- d. 高血糖では、脳や腫瘍への集積は低下する。
- e. 尿中に排泄される。

回答 a

解説

^{18}F -FDGは生理的集積の一つとして褐色細胞腫に集積する。また、炎症に伴うマクロファージや好中球にも集積する。また、高血糖では細胞内への取り込みが低下するため脳や腫瘍への集積は低下する。

第20回

08. ^{18}F -flutemetamolに関する記述のうち、誤っているのはどれか。1つ選べ。

- a. イオン性の化合物である。
- b. 排泄経路は主に腎臓である。
- c. 製剤にエタノールが含まれる。
- d. 正常白質への非特異的集積を認める。
- e. 脳へ取り込まれた後、線維性アミロイド β に結合する。

回答 a

解説

本剤は非イオン性の化合物であるため血液脳関門を通過し、アミロイド β に集積することを可能とする。b. 排泄経路は、腎尿路系および消化管の双方を介して排泄されると考えられているが、日本人では腎尿路系からの排泄が主経路と考えられている。c. 製剤には添加物として無水エタノールを含む。d.e. その通り。

第19回

11. アミロイド β イメージング剤に関する次の記述のうち、正しいのはどれか。1つ選べ。

- a. 抗体を放射性同位元素で標識した製剤である。
- b. 正常部位からのクリアランスが速いことが望まれる。
- c. 脳へ取り込まれた後、神経細胞の受容体に結合する。
- d. ^{18}F -flutemetamolは、脳内で代謝物となり蓄積する。
- e. トランスポーターを介して血液脳関門を通過する。

回答 b

解説

a. アミロイド β イメージング剤はいずれも抗体製剤ではなく、低分子化合物製剤である。c. 脳へ取り込まれた後、アミロイド β に結合し蓄積することでアミロイド β イメージングを可能とする。d. ^{18}F -flutemetamolは代謝されずにアミロイド β に結合し、蓄積する一方で、正常な脳組織からは速やかにクリアランスされるという特徴を有する。e. アミロイド β イメージング剤で用いられているプローブは低分子かつ適度な脂溶性を有する化学構造であり、トランスポーターを介さずに血液脳関門を透過する。

リレー講座

専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最近の話題

Vol. 14放射性医薬品 No.2

Basic knowledge and recent topics of nuclear medicine learned from the certification examination.

Vol. 14 Radiopharmaceuticals (No. 2)

本田 納紀¹⁾ HONDA Natsuki 伊藤 公輝²⁾ ITO KimiteruKeywords: Radiopharmaceuticals, Metabolism, PRRT, ¹⁷⁷Lu-DOTATATE

《はじめに》

本号では前号に引き続き、過去5年分の核医学専門医試験問題のうち、放射性医薬品に関する問題について抜粋し、解説をさせていただきます。前号において放射性医薬品のうち、サイクロトロンを用いて院内製造される薬剤に関する問題にスポットを当てて取り上げた。本稿ではデリバリーされるSPECT製剤や放射性治療薬に関する問題を中心に解説する。核医学専門医試験問題の領域における放射性医薬品の出題は、集積機序や体内動態、代謝等に関する問題が多い。まずはそれらの問題をまとめて紹介させていただく。後半で過去問掲載の放射性医薬品についてまとめた表を掲載するのでそちらも参照いただきたい。

第20回

09. 脳機能イメージング剤のうち集積機序に代謝が関わるのはどれか。1つ選べ。

- ¹⁸F-florbetapir
- ^{99m}Tc-ECD
- ^{99m}Tc-HSA-D
- ¹²³I-IMP
- ¹²³I-ioflupane

回答 b

^{99m}Tc-ECDは脂溶性の低分子化合物であり、血液脳関門通過後、エステラーゼによって立体特異的脱エステル化され、水溶性へ代謝されることで脳内へ集積する。¹⁸F-Florbetapirおよび¹²³I-ioflupaneは未変化体がアミロイドβ、ドパミントランスポーターへそれぞれ結合する。^{99m}Tc-HSA-Dはヒト血清アルブミンに^{99m}Tcを配位結合させた薬剤であり、代謝されずに血液プールシンチグラフィに利用される。¹²³I-IMPは単純拡散で脳内へ緩徐に移行し、脳内のアミン結合部位へ結合、集積すると考えられている

第20回

10. 次の^{99m}Tc標識放射性医薬品とその医薬品の

診断標的への集積に関わる因子の組み合わせについて正しいのはどれか。1つ選べ。

- ^{99m}Tc-DTPA 脂溶性
- ^{99m}Tc-MAA トランスポーター
- ^{99m}Tc-MDP ハイドロキシアパタイトとの相互作用
- ^{99m}Tc-MIBI メタボリックトラップ
- ^{99m}Tc-PMT 受容体

回答 c

^{99m}Tc-MDPは骨のハイドロキシアパタイトへの吸着が集積の機序と考えられているため合っている。^{99m}Tc-DTPAは腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。トランスポーターは介さない。^{99m}Tc-MAAは肺毛細血管の一時的な微小血栓による集積。^{99m}Tc-MIBIは心筋へ受動拡散により集積し、細胞内で負荷電位を帯びたミトコンドリア膜に吸着すると考えられている。^{99m}Tc-PMTは静注後、肝・胆道系へ移行したのち、小腸へ排出される。受容体を介した集積ではない。

第20回

26. 下記の放射性医薬品のうち、受容体結合を集積機序とする薬剤はどれか。1つ選べ。

- ^{99m}Tc-DTPA
- ^{99m}Tc-ECD
- ^{99m}Tc-HMPAO
- ¹²³I-ioflupane
- ¹²³I-iomazenil

回答 e

¹²³I-iomazenilは中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合することでベンゾジアゼピン受容体発現を可視化する薬剤である。a-dの選択肢の薬剤集積には受容体は関与しない。^{99m}Tc-DTPAは腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。^{99m}Tc-ECDおよび^{99m}Tc-HMPAOは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝される

ことで長時間保持される。 ^{123}I -ioflupaneはドパミントランスポーターへ結合する。

第20回

42. 放射性医薬品と主要な排泄経路の組み合わせで誤っているものはどれか。1つ選べ。

- | | |
|----------------------------------|----|
| a. ^{67}Ga citrate | 腸管 |
| b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT | 胆汁 |
| c. ^{131}I -MIBG | 尿中 |
| d. ^{177}Lu -DOTATATE | 尿中 |
| e. $^{223}\text{RaCl}_2$ | 尿中 |

回答 e

$^{223}\text{RaCl}_2$ の主要排泄経路は糞中排泄である。日本人去勢抵抗性前立腺癌患者に本剤55kBq/kgを単回投与72時間後の累積糞中排泄率の平均値は56%。a-dの薬剤の主要な排泄経路はあっている。

第19回

14. 放射性医薬品とその集積に関連する語句の組み合わせとして正しいものはどれか。1つ選べ。

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| a. ^{99}Tc -ECD | 加水分解 |
| b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA | グルタチオン抱合 |
| c. ^{123}I -BMIPP | 心筋交感神経受容体 |
| d. ^{123}I -IMP | ベンゾジアゼピン受容体 |
| e. ^{123}I -MIBG | 交感神経受容体 |

回答 a

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDは脳内へ移行後、エステル基が加水分解され水溶性物質に代謝されることで脳内に長時間保持される。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSAはアシアロ蛋白く受容体に結合することで肝細胞内へ取り込まれる。 ^{123}I -BMIPPは細胞内へ取り込まれた後、脂質プールおよびミトコンドリア内へ移行する。側鎖として β 位にメチル基があるため β 酸化を受けにくく心筋内に長くとどまる。 ^{123}I -IMPは単純拡散で脳内へ移行し、アミン結合部位へ結合し集積する。 ^{123}I -MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、交感神経終末のUptake-1経路を介して取り込まれる。

第18回

08. 集積機序として構造変化を利用しない放射性薬剤はどれか。1つ選べ。

- | |
|------------------------------------|
| a. ^{18}F FDG |
| b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD |
| c. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO |
| d. ^{123}I -BMIPP |
| e. ^{123}I -Iomazenil |

回答 e

^{123}I -Iomazenilは未変化体のまま血液脳関門を通過し、中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合することでベンゾジアゼピン受容体の発現量の評価を可能とする。 ^{18}F -FDGはグルコーストランスポーターで細胞内へ取り込まれた後、リン酸化されることで細胞内に保持される。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDおよび $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAOは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝される

ことで長時間保持される。 ^{123}I -BMIPPは心筋細胞へ取り込まれた後、アシアロCoAにより活性化され、脂質プールやミトコンドリア内へ移行する。

第17回

08. 以下の放射性医薬品の集積機序と関連性の低いものはどれか。1つ選べ。

- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| a. ^{99}Tc -HMDP | ハイドロキシアパタイト |
| b. ^{123}I -MIBG | ノルアドレナリン |
| c. ^{67}Ga -citrate | トランスフェリン |
| d. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI | トランスポーター |
| e. ^{111}In -pentetreotide | ソマトスタチン受容体 |

回答 d

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBIは受動拡散により心筋細胞へ集積し、負荷電荷を帯びたミトコンドリア膜へ吸着すると考えられており、トランスポーターは介さない。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDPは骨のハイドロキシアパタイトへの化学的吸着により集積する。 ^{123}I -MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、交感神経終末や副腎髄質に取り込まれる。 ^{67}Ga -citrateの集積機序は明らかとされていないが、トランスフェリンと結合して腫瘍へ取り込まれると考えられている。 ^{111}In -pentetreotideはソマトスタチン受容体への結合を利用した神経内分泌腫瘍診断薬である。

第17回

25. 輸送担体(トランスポーター)で脳細胞に取り込まれるものはどれか。1つ選べ。

- | |
|--------------------------------|
| a. ^{99}Tc -ECD |
| b. ^{123}I -IMP |
| c. ^{123}I -iomazenil |
| d. ^{18}F -FDG |
| e. H_2^{15}O |

回答 d

^{18}F -FDGはグルコースと同様にグルコーストランスポーターを介して細胞内に取り込まれるためdが正解である。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝されることで長時間保持される。 ^{123}I -IMPは脳内での血管内/脳実質組織のpH勾配、脂質/水分配係数並びに脳及び脳内毛細血管内膜に局在する相対的非特異的な高容量アミン結合部位への親和性などの作用が複合していると考えられている。 ^{123}I -Iomazenilは血液脳関門を通過し、中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合する。 H_2^{15}O は脳血流や酸素代謝の測定に用いられる。トランスポーターは介さない。

前述の通り、専門医試験において放射性医薬品に関する問題は、集積機序や代謝・排泄経路についての問いが多い。放射性医薬品を使用していくにあたって基本的な情報となるため押さえておいていただきたい。過去問中で出題されている放射性医薬品の作用機序・集積機序ならびに主な排泄経路について、一覧にまとめさせていただく。解説については本一覧を参照のこと。

	作用機序・集積機序	主な排泄経路
^{99m} Tc-MDP (骨シンチグラフィ)	骨のヒドロキシアパタイトへの化学的吸着と骨の細胞を介した取り込み。	尿中排泄
^{99m} Tc-HSA-D (血液プールシンチグラフィ)	^{99m} Tc-HSA-Dはヒト血清アルブミンに ^{99m} Tcを配位結合させた薬剤であり、血中保持率が高く、心疾患や血行動態・血管病変の診断を可能とする。	尿中排泄
^{99m} Tc-DTPA (腎シンチグラフィ)	^{99m} Tc-DTPAは糸球体濾過物質で、腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。	尿中排泄
^{99m} Tc-MAA (肺シンチグラフィ)	静注後、肺毛細血管を一時的に塞栓することで肺に集積する。	尿中排泄
^{99m} Tc-MIBI (心筋シンチグラフィ)	心筋へ受動拡散により集積する。細胞内へ入った ^{99m} Tc-MIBIは負荷電位を帯びたミトコンドリア膜に吸着すると考えられている。	尿中排泄
^{99m} Tc-PMT (肝胆道シンチグラフィ)	静脈内投与されると、迅速に血中から消失し、肝・胆道系へ移行したのち、小腸へ排出される。腸管からの再吸収は認められず、また尿中排泄も少ない。	肝胆道系排泄
^{99m} Tc-ECD (脳血流シンチグラフィ)	中性・脂溶性の ^{99m} Tc-ECDは血液脳関門を透過し、局所脳血流に比例して脳実質に取り込まれる。透過後はエステル基が加水分解を受けることで水溶性物質に分解され脳実質に保持されると考えられている。	尿中排泄
^{99m} Tc-HMPAO (脳血流シンチグラフィ)	中性かつ脂溶性の ^{99m} Tc-HMPAOは静注後、初回循環で血液脳関門を通過して脳内に取り込まれ、局所脳血流に比例して脳内に分布する。脳組織内で水溶性に代謝されることで長時間脳内に保持される。	尿中(40%程度) 肝胆道系(30%程度)
^{99m} Tc-GSA (肝受容体シンチグラフィ)	アシアロ糖たん白(ASGP)受容体に結合して肝細胞内に取り込まれる。	胆道～ 糞中排泄
¹²⁵ I-IMP (脳血流シンチグラフィ)	脳内での血管内/脳実質組織のpH勾配、脂質/水分配係数並びに脳及び脳内毛細血管内膜に局在する相対的非特異的な高容量アミン結合部位への親和性などの作用が複合していると考えられている。	尿中排泄
¹²⁵ I-BMIPP (心筋シンチグラフィ)	¹²⁵ I-BMIPPは生体内の脂肪酸と同様の体内動態を示し、細胞内に取り込まれた後、アシアロCoAにより活性化されて脂質プールおよびミトコンドリア内に移行する。本剤は直接β酸化を受けにくいため、心筋内に長時間保持される。	尿中排泄

¹²³ I-MIBG (心・腫瘍シンチグラフィ) ¹³¹ I-MIBG (褐色細胞腫・パラガングリオーマ治療薬)	¹²³ I-MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、Uptake-1を介する経路で心臓の交感神経終末や副腎髄質細胞内に取り込まれる。 ¹³¹ I-MIBGはMIBGに治療用放射線核種である ¹³¹ Iを標識した治療薬である。作用機序は ¹²³ I-MIBGと同様で現在は褐色細胞腫・パラガングリオーマに適応あり。	尿中排泄
¹²³ I-Ioflupane (ドパミントランスポートシンチグラフィ)	¹²³ I-Ioflupaneは、線条体のドパミントランスポート(DAT)に結合することでDATの発現量の評価を可能とする。	尿中排泄
¹²³ I-Iomazenil (脳受容体シンチグラフィ)	¹²³ I-Iomazenilは中枢性ベンゾジアゼピン受容体に選択的に結合することで分布を得ることができる。	尿中排泄
²²³ RaCl ₂	ラジウム223はカルシウムに類似した性質を有しており、骨転移巣のように骨代謝が亢進している部位に集積し、α線で腫瘍増殖抑制作用を示す。	糞中排泄
⁶⁷ Ga-citrate	⁶⁷ Gaは血清蛋白質のトランスフェリンと結合し、腫瘍細胞膜表面のトランスフェリン受容体を介して腫瘍細胞内に取り込まれ、集積すると考えられている。	投与24時間以内は腎排泄 その後は肝臓排泄となる。

《ペプチド受容体放射性核種療法(PRRT)》

近年、神経内分泌腫瘍(NEN)に対する新規治療アプローチとして、ペプチド受容体放射性核種療法(Peptide Receptor Radionuclide Therapy: PRRT)が着目を浴びている。NENの腫瘍細胞表面にはソマトスタチン受容体発現が多く、PRRTでは、ソマトスタチン類似物質を¹⁷⁷Luで標識したルテチウムオキソドトロチド(¹⁷⁷Lu)注射液(ルタテラ静注)を用いて腫瘍選択的な治療を行う。またPRRT適応判定には¹¹¹In-pentetreotide(オクトレオスキャン注)によるソマトスタチン受容体シンチグラフィが用いられる。専門医試験においても毎年出題されている傾向があるため、以下にまとめて解説をさせていただきます。

第19回

09. ルテチウムオキソドトロチド(¹⁷⁷Lu)注射液(ルタテラ静注)について、誤っているのはどれか。1つ選べ。

- アミノ酸輸液を併用する。
- 物理的半減期は約6.6日である。
- 腎尿路経路により速やかに尿中排泄される。
- ¹⁷⁷Luのα線により腫瘍増殖抑制作用を示す。
- ソマトスタチン受容体陽性の神経内分泌腫瘍の治療に用いられる。

回答 d

第20回

42. ^{177}Lu -DOTATATE 治療について誤っているのはどれか。1つ選べ。
- 放射線治療病室への入院が必要である。
 - ^{177}Lu の物理学的半減期は約7日である。
 - ^{177}Lu は β 線と γ 線の両者を放出する。
 - アミノ酸製剤(ライザケア[®])は腎臓での ^{177}Lu -DOTATATEの再吸収を阻害する。
 - 治療前に病変部のソマトスタチン受容体の発現を画像的もしくは病理学的に確認する。

回答 a

^{177}Lu は β 線と γ 線を放出する放射性核種であり、半減期は6.6日である。またルタテラ静注は、ソマトスタチン受容体陽性の神経内分泌腫瘍(NEN)への治療で用いられ、治療前にオクトレオスキャン等でソマトスタチン受容体陽性を確認したのちに投与される。ルタテラは尿中排泄される薬剤であるが、一部腎臓に取り込まれるため、アミノ酸輸液であるライザケア輸液を併用することで、ルタテラの腎臓への取り込みを阻害し、被ばくを低減させる。投与後は基本的には放射線治療病室へ入院することになるが、現在では特別措置病室への入院も可能となっていることや、退出基準を満たせるのであれば外来での投与なども可能となる。

第18回

33. ^{111}In -pentetretotide について、誤っているものはどれか。1つ選べ。
- 神経内分泌腫瘍のソマトスタチン受容体のサブタイプSSTR2および5への親和性が高い。
 - 肝、腎、脾などが生理的な集積臓器である。
 - ガストリノーマよりもインスリノーマの検出感度が高い。

- サルコイドーシスや関節リウマチへの集積することが報告されている。
- 標識法は ^{111}In 溶液を注射用ペンテトレオチドと混合し、常温で30分間放置である。

回答 c

^{111}In -pentetretotide(オクトレオスキャン[®])に関する問題。オクトレオスキャンはソマトスタチン受容体のサブタイプSSTR2ならびに5に親和性が高く、特にSSTR2への親和性が高いと言われていた。インスリノーマはガストリノーマなどの他のNETと比較してSSTR発現が少ないため検出感度が低い。逆にSSTR発現のある他の腫瘍にも集積を示し、他にもサルコイドーシスや関節リウマチ、Graves病などの炎症性疾患への集積も報告されているため、鑑別診断には注意を要する。またSSTR2発現の高い臓器への高い集積を認め、かつ主に腎臓排泄(一部肝胆道)の薬剤のため、生理的な集積は腎臓、膀胱に多く、また脾臓や肝臓などの臓器にも集積を認める。標識法は問題表記の通り。

《おわりに》

前号に引き続き、過去5年分の放射性医薬品に関する問題について解説させていただいた。デリバリーで供給される医薬品については、適用から集積機序・代謝・排泄などの基礎知識は各医薬品の添付文書やインタビューフォームで得ることができるため、一度参照いただくことをお勧めする。また今回紹介させていただいたPRRTのほか、 ^{131}I -MIBG治療など新規性が高い診断・治療に関しても専門医試験を受けるにあたって理解を深めていただきたい。本稿が核医学専門医を目指される先生方の一助になれば幸いです。