

令和4年度 核医学概論 期末試験
 試験範囲は、講義1～13 + α

7/25 9:00 – 10:00 Webで試験を行います。
 選択問題 100問

回答は、
 解答用紙ファイル名に学生番号と氏名を追記して、
 下記アドレスにメールに添付して送って下さい。

hokudaikatoh@gmail.com

1

【問題 4-98】 (平成 10)

^{99m}Tc -MAA の集積機序はどれか。

1. 能動輸送
2. 受動拡散
3. 生合成
4. 貪食能
5. 微小塞栓

〔注解〕 肺血流シンチグラフィに用いる、 ^{99m}Tc -MAA の集積機序は肺毛細血管の微小塞栓である。

5

2

^{99m}Tc -MAA pulmonary perfusion scintigraphy
 • ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

^{99m}Tc -MAA (macro-aggregated albumin)
 (大凝集アルブミン)

185MBq 静脈投与2分後から撮像可能。
 肺野正面、背面、左右後斜位プラナー像。
 MAAは直径10～50 μm で、肺動脈末梢毛細血管を通過できず停滞するので、(微小塞栓)肺動脈血流分布が画像化される。

3

21年 国家試験 解答 1

^{81m}Kr 肺換気シンチグラフィで正しいのはどれか。

1. 多方向からの撮影に適している。
2. 動態撮影で洗い出しを評価する。
3. 高エネルギー用コリメータを用いる。
4. 撮影の際には閉鎖回路が必要となる。
5. 核種の物理学的半減期は約 13 時間である。

4

^{81m}Kr (クリプトン) 肺換気 (pulmonary ventilation)
 半減期 13秒 希ガス 190 keV MEGP コリメータ
 クリプトンガスジェネレータ ($^{81}\text{Rb} - ^{81m}\text{Kr}$ 放射平衡) で
 ^{81m}Kr ガスを持続吸入しながら撮像。

胸部の正面、背面、左右前斜位、左右後斜位を撮像。
 気管支の通過性などを調べる。半減期が非常に短いので肺塞栓を疑う場合は、 ^{99m}Tc -MAA 肺血流シンチグラフィの直前に(MAA注射前)実施可能で、診断精度が向上する。(肺塞栓は、肺血流は欠損するが、吸気分布は正常。)
 (陳旧性肺炎では肺血流、吸気ともに欠損するので鑑別可)

5

肺塞栓症 ^{81m}Kr 肺換気 ^{99m}Tc -MAA 肺血流

塞栓箇所は、血流は欠損するが換気は保たれる。
 気管支が閉塞した箇所は、肺動脈血流も低下する(気管支肺炎など)
 陳旧性炎症部位は、肺組織が破壊しているので血流、換気ともに低下

^{81m}Kr 肺換気 (口腔の描画あり) ^{99m}Tc -MAA 肺血流 (口腔の描画なし)

6

^{133}Xe 肺換気シンチグラフィ ventilation scintigraphy
 ^{133}Xe (ゼノン、キセノン) 半減期 5.3日 81keV LEGP
 $^{81\text{m}}\text{Kr}$ (半減期13秒) と異なり、半減期の長い希ガス。深呼吸を繰り返しながら185MBq経口吸入し、吸入を止めて数分間、胸部背面、正面をダイナミック撮像。
 肺胞内に分布した空気の排出状態(washout)、気管支、細気管支の通過性を調べる検査。
 肺気腫などの慢性閉塞性肺疾患(COPD; chronic obstructive pulmonary disease) の重症度判定や治療効果判定に有用。

7

肺気腫 Emphysema ^{133}Xe scintigraphy
 吸気が肺野内に停滞する。死腔(呼吸に使われない空気の停滞部位)の画像化と治療効果判定。

washout →

Xe washout

90 sec 120 sec

治療前

治療後 3ヶ月

治療後 10ヶ月

8

【問題 4-97】 (平成9)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -フチン酸が肝臓に集積する機序はどれか。

1. 能動輸送	^{201}Tl (Na-K イオンポンプ)
2. 貪食能	コロイド
3. 単純拡散	^{123}I -IMP, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC (血液プール像) など
4. 生合成	^{11}C -メチオニン(必須アミノ酸; 蛋白合成)
5. 毛細管塞栓	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA

〔注解〕 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -フチン酸が肝臓に集積するのは肝細胞の貪食能による。

2

9

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sn-colloid (スズコロイド) 肝シンチグラフィ
 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -phytate (フチン酸) 肝シンチグラフィ

フチン酸は、血中でカルシウムと結合してコロイドを形成する。コロイドは、肝、脾、骨髄の網内系細胞(クッパー細胞などに貪食(どんじょく)される。
 投与20~30後に撮像。プランナー像、SPECT像

Anterior Posterior

肝硬変 cirrhosis 脾臓の腫大、肝外側区腫大、肝右葉萎縮

10

21年 国家試験 解答 1

正しいのはどれか。

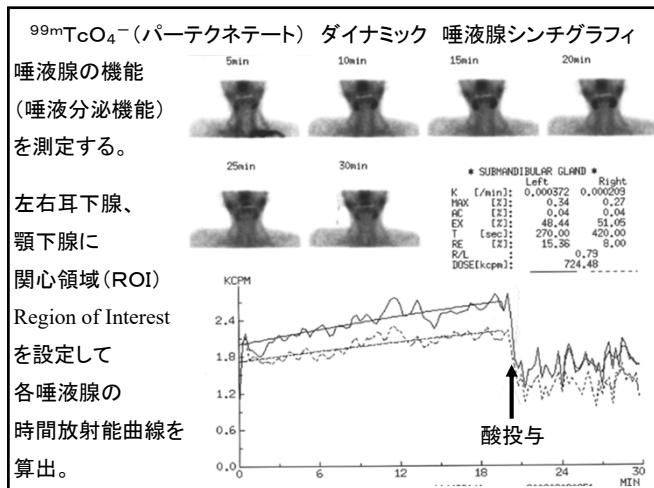
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -スズコロイド静注後に脾臓が描出される。
- 消化管出血シンチグラフィには ^{111}In 標識血小板を用いる。
- メッケル憩室シンチグラフィでは $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ を経口投与する。
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA は $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT よりも速やかに肝から洗い出される。
- 唾液腺シンチグラフィではビタミンC負荷後に放射性医薬品を投与する。

11

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP Bone scintigraphy

輸血中または鉄剤投与中の患者に $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP または $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP を静脈注射すると、血中に過剰に存在する Fe と MDP、HMDP が結合してコロイド状態になり、肝臓の網内系細胞に貪食されて Bone scintigraphy で肝臓が描画される。

12



13

【問題 4-95】 (平成 12)

健常人で肝臓が描出されないのはどれか。

1. ^{99m}Tc -スズコロイド
2. ^{99m}Tc -フチン酸
3. ^{99m}Tc -ピロリン酸
4. ^{99m}Tc -PMT
5. ^{99m}Tc -GSA

【注解】 3. ^{99m}Tc -ピロリン酸は、骨シンチグラフィや心筋梗塞シンチグラフィに用いられ、健常人で肝臓が描出されることはない。

^{99m}Tc -スズコロイド、 ^{99m}Tc -フチン酸、 ^{99m}Tc -PMT、 ^{99m}Tc -GSA は、いずれも投与後肝臓に集積し、肝臓が描出される。 3

14

^{99m}Tc -PYP myocardial scintigraphy、SPECT

障害を受けた細胞はリン酸を取り込んでCaと石灰化を起すので、AMI (Acute Myocardial Infarction : 急性心筋梗塞) 病変にPYPが集積する。

病変は左室心筋壁の一部なので、部位の同定が困難な場合があり、プラナー像とSPECT像の両方で診断する。

^{201}Tl 心筋血流SPECTとの同時撮像が望ましい。

15

^{99m}Tc -PYP myocardial scintigraphy、SPECT

- ^{99m}Tc 141 keV
- LEHR または LEGP コリメータ

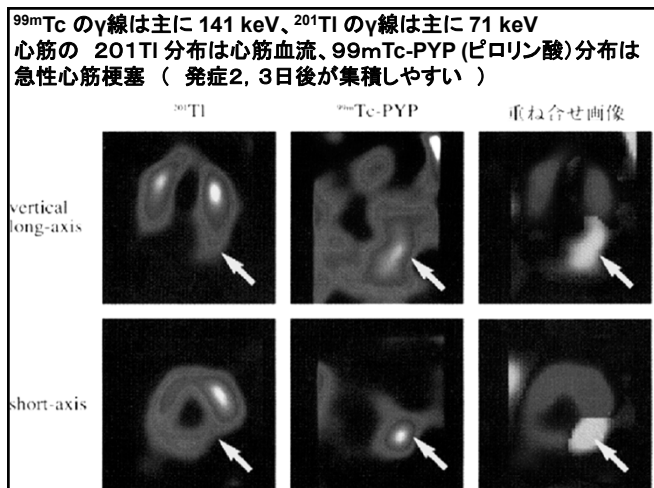
^{99m}Tc -PYP (pyrophosphate) (ピロリン酸) 370~740MBq 静脈投与

急性心筋梗塞 (AMI) 発症2~3日後に行う。発症1週間以上経つと病変にピロリン酸集積なし。

投与後3、4時間後に血液中、心内腔の放射能が低下した時間に撮像する。

プラナー像とSPECT像を撮る。

16



17

^{99m}Tc -GSA 肝シンチグラフィ (アシアロ肝シンチ)

- ^{99m}Tc 141 keV、コリメータ LEHR。

^{99m}Tc -GSA 185MBq (GSA 3mg) 静脈注射と同時に、20分以上の心臓、肝臓の正面ダイナミック収集 (128x128マトリックス)。その後、SPECT撮像。

GSA (ガラクトシル血清アルブミン) が 肝細胞表面のアシアロ糖タンパクに結合し、肝細胞の分布を画像化する。肝の局所的評価および肝予備能評価に用いられる。

18

GSAの肝予備能の指標

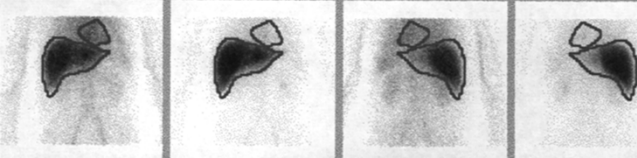
HH15 : 3分後に対する15分後の心カウント比。
(GSAの血中停滞率。肝機能が悪いと高い値。)

LHL15 : 15分後における(心+肝)に対する肝カウント比。
(GSAの肝摂取率。肝機能が悪いと低い値。)

GSAのHH15, LHL15と慢性肝疾患重症度との関係

重症度	HH15	LHL15
正常	0.54±0.04	0.94±0.02
軽度	0.63±0.08	0.91±0.04
中等度	0.74±0.08	0.84±0.07
重症	0.83±0.05	0.71±0.11

19



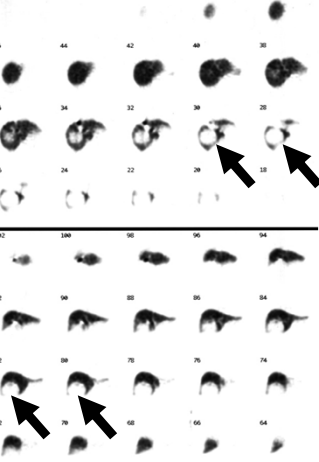
1 DYNAMIC				2 DYNAMIC				3 DYNAMIC				4 DYNAMIC			
STUDY 2	FRAME 67	STUDY 2	FRAME 103	STUDY 2	FRAME 214	STUDY 2	FRAME 250	STUDY 2	FRAME 67	STUDY 2	FRAME 103	STUDY 2	FRAME 214	STUDY 2	FRAME 250
SIZE	AVG	SUM	#	SIZE	AVG	SUM	#	SIZE	AVG	SUM	#	SIZE	AVG	SUM	#
pixels	cts/pixel	cts		pixels	cts/pixel	cts		pixels	cts/pixel	cts		pixels	cts/pixel	cts	
1	1300	54.9	71375	1	1300	98.8	128382	1	1300	39.1	50846	1	1300	67.3	
2	350	37.6	13156	2	350	18.8	6594	2	350	24.7	8653	2	350	12.8	

正常例

HH15 = H15 / H3 = 0.50

LHL15 = L15 / (L15 + H15) = 0.95

20



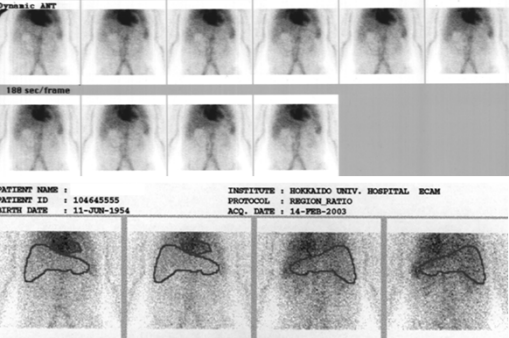
肝癌 GSA SPECT
上: axial 下: coronal

正常肝細胞が欠損している部位にはGSAは分布しない。

21

ID : 10464555 Pham : GSA ED:1954.06.11 48M
Hokkaido Univ. Hospital Exam Dose : 185 MBq LOT:Gray Scale

Dynamic SPECT



188 sec/frame

PATIENT NAME :
PATIENT ID : 10464555 INSTITUTE : HOKKAIDO UNIV. HOSPITAL EXAM
PROTOCOL : REGION RATIO
REFIN DATE : 11-JUN-1954 ACQ. DATE : 14-SEP-2003

1 DYNAMIC 2 DYNAMIC 3 DYNAMIC 4 DYNAMIC

STUDY 2	FRAME 67	STUDY 2	FRAME 103	STUDY 2	FRAME 214	STUDY 2	FRAME 250
SIZE	AVG	SUM	#	SIZE	AVG	SUM	#

HH15 = 0.907 LHL15 = 0.667

肝不全 GSA
このような症例はSPECT不要

22

【問題 4-96】(平成13)

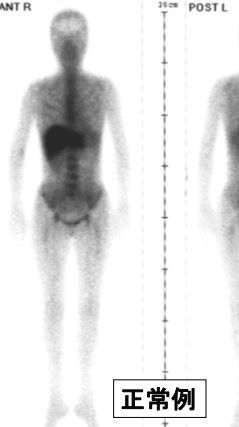
放射性医薬品と適応疾患との組合せで正しいのはどれか。

1. ¹¹¹In-塩化インジウム — 心筋梗塞
2. ¹²³I — 甲状腺機能亢進症
3. ²⁰¹Tl-塩化タリウム — 悪性リンパ腫
4. ^{99m}Tc-DTPA — 肝癌
5. ^{99m}Tc-MDP — 亜急性甲状腺炎

23

¹¹¹InCl Bone marrow scintigraphy 骨髄シンチグラフィ

¹¹¹In 171 keV, 245 keV
MEGP コリメータ
111 MBq投与
48~72時間後に撮像



¹¹¹Inは、Feと類似の分布を示し、血液中のトランスフェリン(鉄を骨髄に運ぶタンパク質)と結合して造血骨髄(赤色骨髄)に集積する。(正常では中心骨髄、四肢骨近位)

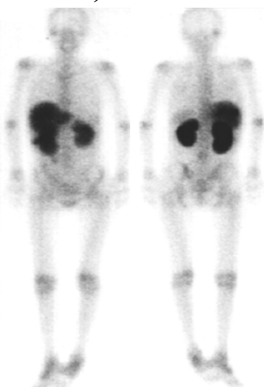
肝臓にも正常分布あり。

正常例

24

再生不良性貧血 (Aplastic anemia)
(骨髄全体の造血機能が廃絶する疾患)

骨髄の機能が
びまん性に低下し、
 $^{111}\text{InCl}$ の集積部位が
なくなるので
腎臓に多く排泄されて
腎臓の描出が強くなる。



25

^{123}I thyroid scintigraphy
 ^{123}I γ 線 159KeV 半減期 13時間
LEHRコリメータ または ^{123}I 専用コリメータ
 ^{123}I は、内服薬 (NaI)。3.7~7.4 MBq内服

内服前に、薬を頸部ファントムに入れて撮像。
(最近では内服薬をガンマカメラで撮像して
投与カウントを測定する簡便法が多い。)

内服3時間後と24時間後にプランナー撮像。
3時間後と24時間後の画像から
甲状腺ヨード摂取率を算出する。
正常値(24時間) 10~40%

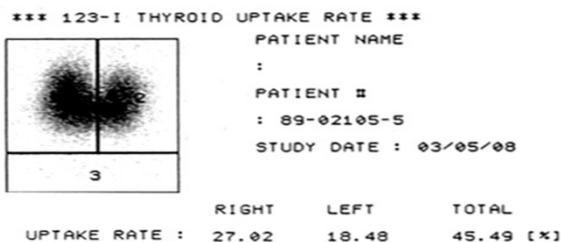
検査1~2週間前から、ヨード制限食の前処置が
必要。甲状腺治療薬を内服している場合は
内服を検査1~2週間前から中止する。



26

甲状腺ヨード摂取率試験 (現在はガンマカメラで撮った画像で行う)

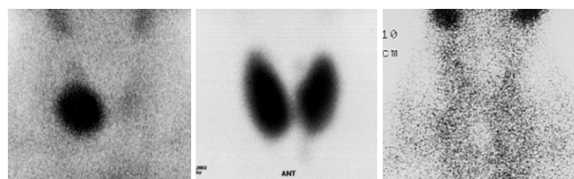
^{123}I を内服 (現在では ^{131}I は甲状腺ヨード摂取率試験には使わない)
24時間後(必要あれば3時間後)に甲状腺への ^{123}I 摂取量を測定。
内服した放射能の10~40%が正常。24時間値が3時間値より高いのが正常。(逆なら甲状腺ホルモン産生障害(ヨード有機化障害))
検査の前処置として1~2週間のヨード制限食が必要。



27

甲状腺機能亢進症の鑑別 (^{123}I または $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$)
(血液中の甲状腺ホルモンが過剰な疾患)

局所的な亢進 びまん性亢進 びまん性低下



プランマー病

ホルモン産生機能をもつ
良性腺腫

TSHが低下するので
正常甲状腺は機能低下。

バセドウ病

甲状腺が
びまん性に
機能亢進

亜急性甲状腺炎

ウイルス感染で炎症が
生じ甲状腺組織が破壊
され血液中にホルモン
が過剰放出(一過性)

28

【問題 4-99】 (平成 11)

健常人で尿中排泄率が最も高いのはどれか。

1. ^{67}Ga -クエン酸ガリウム
2. $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ガス
3. $^{99\text{m}}\text{Tc-MAG}_3$
4. $^{123}\text{I-MIBG}$
5. ^{201}Tl -塩化タリウム

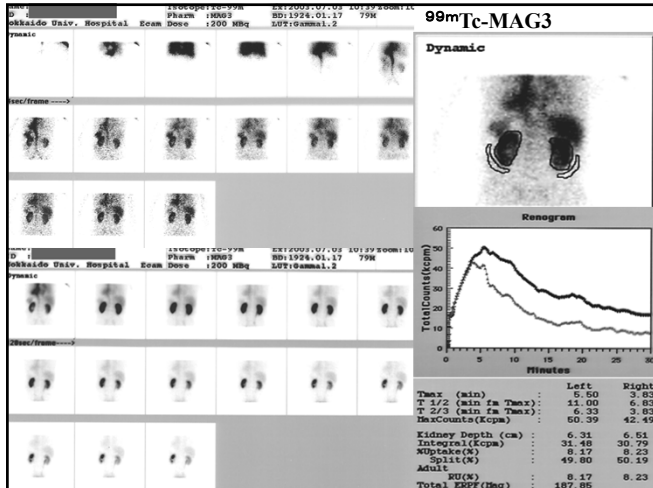
29

【注解】 3. $^{99\text{m}}\text{Tc-MAG}_3$ は尿中排泄率の高いことを利用して動態腎シンチグラフィに用いられ、投与後1時間の尿中排泄率は80%以上である。

^{67}Ga -クエン酸ガリウム, $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ガス, $^{123}\text{I-MIBG}$, ^{201}Tl -塩化タリウムは、いずれも尿中排泄率が $^{99\text{m}}\text{Tc-MAG}_3$ より少ないので、腎関係のシンチグラフィに用いられることはない。

3

30



31

99mTc-MAG3 Renography

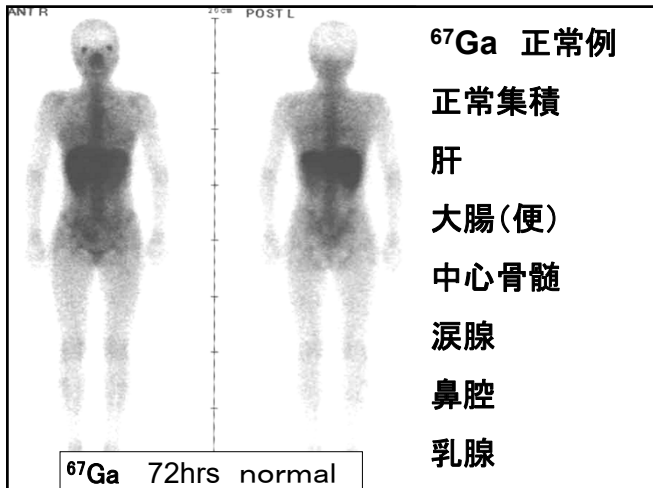
• 99mTc 141 keV、LEHRコリメータ。

前処置：30分前に水負荷（250mL 程度の飲水）を行う。
99mTc - MAG3 を 200MBq / 50kg ボーラス静脈注射し、
直後より 99mTc-DTPA と同じ方法でダイナミック収集。

左右腎臓に関心領域(ROI)を設定し、
各腎臓の時間放射能曲線を作成(renogram)。
Renogramの1分から2分間の積分値が、
有効腎血漿流量ERPFと関連する。

DTPAよりも腎実質への集積が多く、排泄も速やかなので、
腎機能が高度低下している症例、小児例では
DTPA より MAG3 のほうが有効。

32



33

201Tl whole body scintigraphy

201Tl は、血流の豊富な部位、
細胞増殖の盛んな部位に集積。
腫瘍、炎症病変にも集積する。

腎臓、心筋(201Tl は心筋血流
SPECTにも使われる)には、
非常に強く集積する。
腎臓、肝、腸管、筋にも集積。

脳血液関門BBBを通らないので
脳には集積しない。頭蓋内に集積
があればBBBが破壊された病変
の所見(脳腫瘍など)。



34

123I-MIBG(ヨードベンジルグアニジン) meta iodo benzyl guanidine

123I 159keV LEHRまたは 123I 専用コリメータ
111 MBq 静脈注射

20分後に、プラナー像とSPECT撮像
4時間後に、プラナー像とSPECT撮像

MIBGは、交感神経の終末端にノルエピネフリン
(NE: 心臓の拍動を調節している神経伝達物質)
と同じ機序で取り込まれるので、

心筋の交感神経機能の評価に用いられる。

近年はパーキンソン病(全身の交感神経機能が低下)、および
パーキンソン病に伴う認知症(びまん性レビー小体病)の
診断のために、心筋MIBGシンチグラフィがよく施行される。

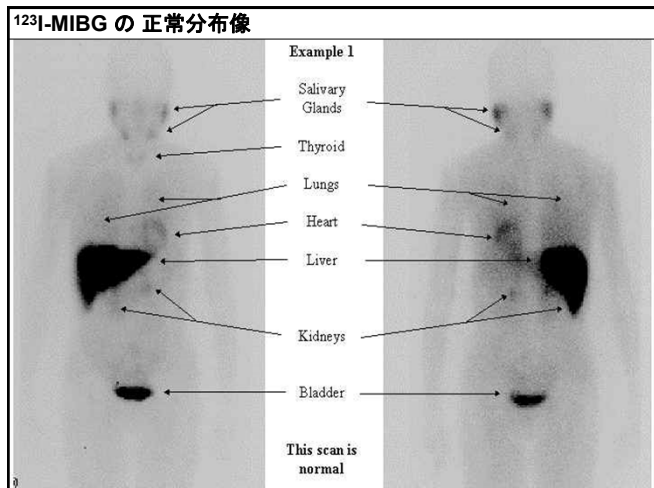
35

びまん性レビー小体病 DLB (レビー小体型認知症)

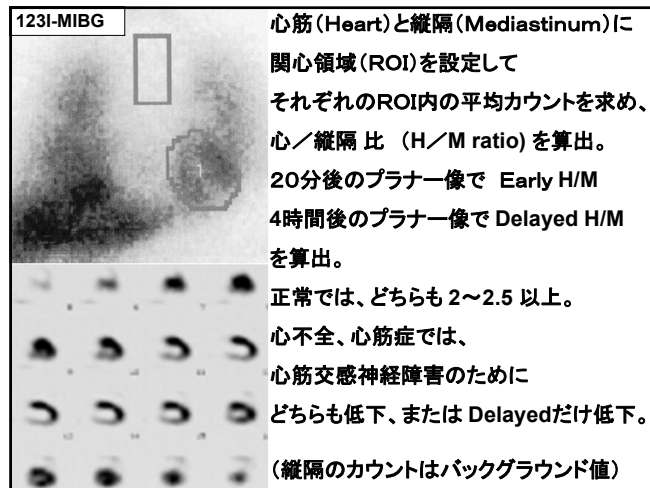
レビー小体は、パーキンソン病の異質、青斑核、迷
走神経運動核などにみられる細胞内封入体で、パー
キンソン病の病理学的特徴とされるものである。この
レビー小体が大脳皮質にも多数出現し、臨床的に進
行性の痴呆とパーキンソン症状を特徴とするものが
びまん性レビー小体病といわれるものである。

初老期、老年期に発症し、記憶障害から始まって
徐々に痴呆症状が目立つようになり、経過中、筋固縮
や寡動を主とするパーキンソン症状が加わってくる。こ
のパーキンソン症状が目立つ前の初期に、しばしば幻
覚や妄想を伴い認知機能の変動を呈しながら、徐々
に痴呆が進行することが特徴とされる。

36



37



38

21年 国家試験 解答 1

骨シンチグラムを示す。適切な対応はどれか。

1. 排尿後に再度撮影する。
2. 感度補正後に再度撮影する。
3. 利尿剤投与後に再度撮影する。
4. 全身スキャンスピードを速めて再度撮影する。
5. コリメータを中エネルギー用に交換して再度撮影する。

39

21年 国家試験 解答 3

腫瘍部が陰性像になる組合せで正しいのはどれか。

1. ^{18}F -FDG ————— 肺癌
2. ^{67}Ga -クエン酸ガリウム — 悪性リンパ腫
3. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -フチン酸 ————— 転移性肝腫瘍
4. ^{131}I -MIBG ————— 褐色細胞腫
5. ^{201}Tl -塩化タリウム ——— 副甲状腺腺腫

40

^{201}Tl - $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ parathyroid scintigraphy

副甲状腺腺腫は $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 集積なし。
 ^{201}Tl 集積あり。

^{201}Tl 像から $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 像を減算しサブトラクション像を作成すると、副甲状腺腺腫が検出される。

1 Tl
2 Tc
3 Tl-Tc Subtraction

Parathyroid Tumor

^{201}Tl - $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ subtraction

41

【問題 4-101】(平成 12)

静脈注射後、糞便中に最も多く排泄されるのはどれか。

1. $^{81\text{m}}\text{Kr}$
2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT
3. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP
4. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA
5. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG₃

【注解】 2. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT は静注後肝実質細胞に選択的に取り込まれ、胆道系を経て消化管内に排泄されるので糞便中に最も多い。
 $^{81\text{m}}\text{Kr}$, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG₃ は、いずれも消化管内に排泄されることはほとんどない。

2

42

^{99m}Tc-PMT 胆道シンチグラフィ

PMT (pyridoxyl-5-methyltryptophan) は、ビリルビン (赤血球が分解されたもの。胆汁の材料になる) の類似物質で、肝細胞に取り込まれ、速やかに胆汁へ排泄される。胆汁は便 (stool) に移行する。

5min/F

43

^{99m}Tc-MIBI, ^{99m}Tc-TF など、心筋血流検査の薬剤も胆汁排泄が多いので、胆道や腸管、便 (stool) に多く集積。

99mTc-MIBI 99mTc-TF (Tetrofosmin)

44

21年 国家試験 解答 3

運動負荷²⁰¹Tl-塩化タリウム心筋血流 SPECTで正しいのはどれか。

1. 負荷時検査よりも安静時検査を先に行う。
2. 運動負荷終了後約 30 分で撮影を開始する。
3. 運動負荷終了直後に ²⁰¹Tl-塩化タリウムを投与する。
4. 虚血部位では ²⁰¹Tl-塩化タリウムの洗い出しが遅い。
5. ²⁰¹Tl-塩化タリウムは受動拡散によって心筋細胞に集積する。

45

²⁰¹Tl Myocardial SPECT

²⁰¹Tl 71 keV
• LEHRコリメータ

運動負荷、薬剤負荷(血管拡張剤ジピリダモール)直後に²⁰¹Tl 111MBq 静脈投与10分後にSPECT撮像。(Stress像)

4時間後に再度撮像するとRest像(安静像)を得る。

心電図同期収集をすると、拡張期、収縮期の心筋SPECTから壁運動評価、左室駆出率の算出が可能。

46

Stress Rest

労作性狭心症 (angina)

Stress像で心尖部前壁 (apical anterior) に局所的血流低下あり、Rest像で同部位に再分布を示す。(運動時は心筋血流が4倍になるが、冠動脈が細い場所では、相対的に心筋血流が周囲より低下する。)

Rest 像でも分布低下なら心筋梗塞。(Myocardial Infarction)

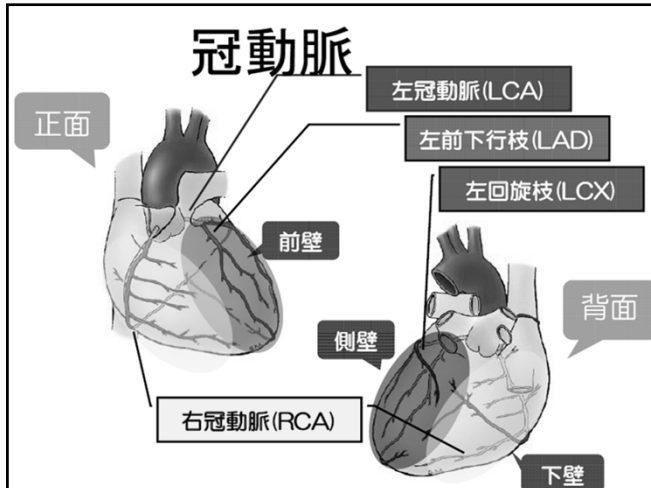
47

令和3年 国家試験 解答 2

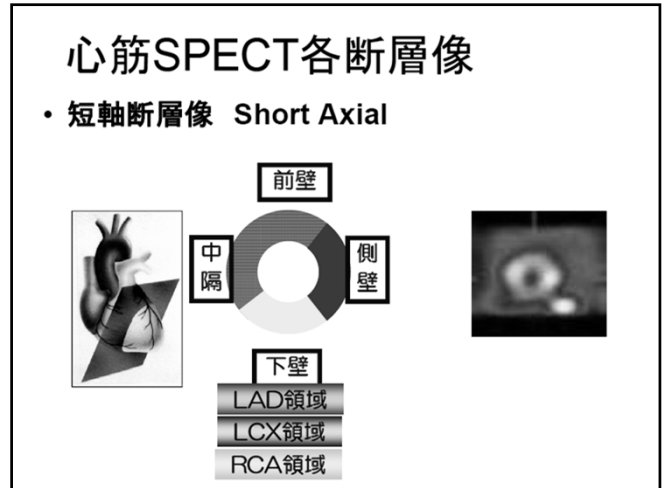
心筋シンチグラフィの極座標表示を示す。矢印で示す心筋壁はどれか。

1. 下壁 3. 側壁 5. 心尖部
2. 前壁 4. 中隔

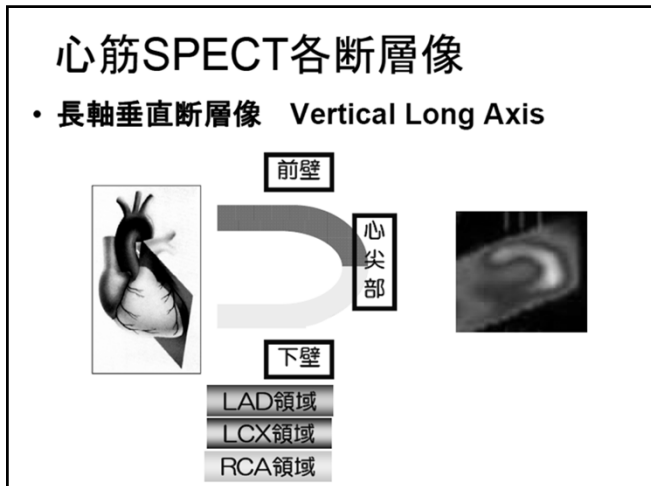
48



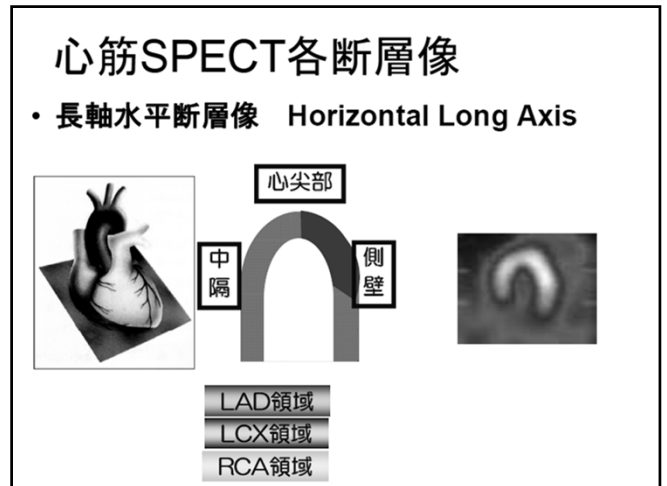
49



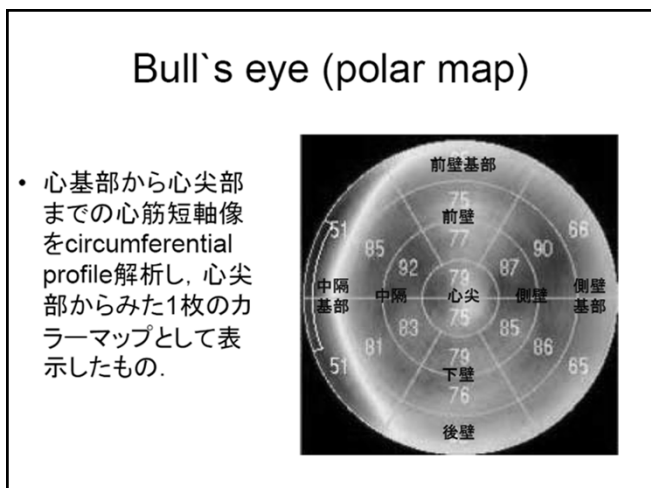
50



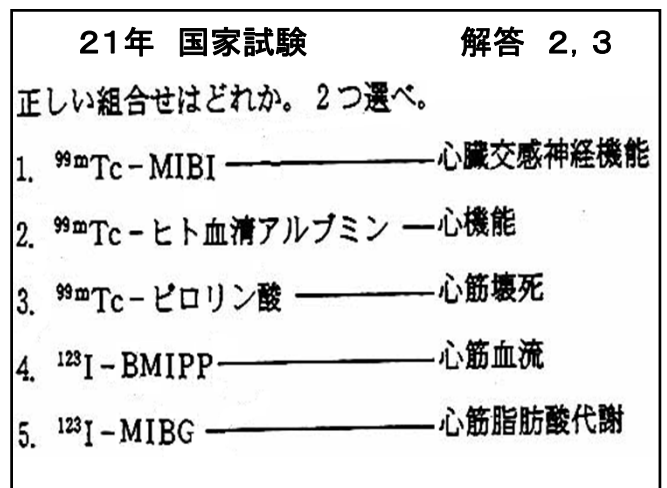
51



52



53



54