

【問題 4-143】(平成 15)

負荷試験が行われない検査はどれか。

1. 脳血流シンチグラフィ
2. 甲状腺シンチグラフィ
3. 心筋血流シンチグラフィ
4. 肺血流シンチグラフィ
5. 副腎皮質シンチグラフィ

1. 脳血流シンチグラフィは、ダイアモックスなどの脳血管拡張剤を用いて負荷試験を行う。
2. 甲状腺シンチグラフィは負荷として T₃ 抑制または TSH 刺激が併用されることがある。
3. 心筋血流シンチグラフィは運動負荷などが併用されることがある。
5. 副腎皮質シンチグラフィはデキサメサゾンを負荷試験として用いる。
4. 肺血流シンチグラフィは負荷試験を行わない。 4

1

T3 (トリヨードサイロニン) 抑制試験 T3 suppression test

バセドウ病が治癒したか診断するための検査。

甲状腺ホルモン内服薬 T3 (薬品名 チロナミン) を投与して、TSH を下げて、甲状腺ヨード摂取率を測定する。

はじめに、負荷をしないでヨード摂取率測定検査を実施。次に、1週間 チロナミン (25μg) を、1日3錠内服してから再度 甲状腺ヨード摂取率測定検査を行う。

T3 負荷時のヨード摂取率が、1回目の 50% 以下になれば陽性 (バセドウ病は 治癒した) と診断する。

T3 負荷期間中は、甲状腺機能亢進症状が出るので、心疾患 (特に心不全) を伴う患者には禁忌。

2

バセドウ病 Basedow's Disease Graves' Disease

甲状腺組織は 血中の TSH を受取って甲状腺ホルモン産生量を調節する、TSH を受取る場所 (TSH 受容体) を邪魔する蛋白質 (TSH 受容体抗体) が血液中に多く存在すると、TSH とは無関係に、TSH 受容体が刺激され甲状腺組織の機能亢進が続き、腫大してホルモンを過剰に産生する。

治療には、甲状腺の機能を抑制する内服薬 (メルカゾール) を数年間飲み続ける。内服薬を中止しても良いと判断する検査として、T3 抑制試験を行う。

T3 負荷で、TSH は下がる。TSH 低下に従ってヨード摂取率が下がれば、

TSH 受容体を邪魔していた TSH 受容体抗体が減少したと判断できる。

3

デキサメサゾン (デキサメタゾン) Dexamethasone

薬品名 デカドロン 合成コルチゾル内服薬

デキサメサゾン を多量に内服すると、脳下垂体が副腎皮質のコルチゾル産生過剰と判断して、ACTH 分泌を下げる。ACTH が減ると正常副腎皮質のコレステロール摂取が減る。

デキサメサゾン負荷 Adosterol scintigraphy

¹³¹I-Adosterol 静注の 3 日前から撮像最終日 (7 日後) まで 10 日間、毎日 デキサメサゾン を 4mg 内服。正常な副腎皮質の Adosterol 集積が低下する。

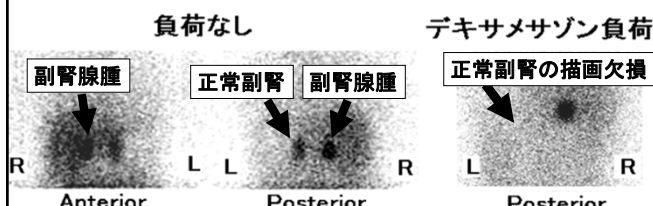
4

デキサメサゾン負荷によって副腎皮質腺腫の鑑別ができる。コルチゾル産生腺腫 (Cushing 症候群) か、アルドステロン産生腺腫 (原発性アルドステロン症) か。

負荷なしの画像では右副腎の集積が明らかに高いので、左側の正常副腎への集積が正常か低下しているか判断困難。

デキサメサゾン負荷で ACTH が抑制され、左副腎の集積が低下した。はじめから ACTH が抑制されているコルチゾル産生腺腫ではない。

右副腎皮質のアルドステロン産生腺腫と診断。



5

【問題 4-16】(平成 12)

腫瘍シンチグラフィに用いる薬剤はどれか。

- a. ^{99m}Tc-MAG₃
- b. ⁶⁷Ga-クエン酸ガリウム
- c. ²⁰¹Tl-塩化タリウム
- d. ¹⁸F-FDG
- e. ¹²³I-BMIPP

1. a, b, c
2. a, b, e
3. a, d, e
4. b, c, d
5. c, d, e

〔注解〕 a. ^{99m}Tc-MAG₃ は腎動態シンチグラフィに用いる。e. ¹²³I-BMIPP は心筋脂肪酸代謝シンチグラフィに用いる。⁶⁷Ga-クエン酸ガリウム、²⁰¹Tl-塩化タリウム、¹⁸F-FDG は、いずれも腫瘍シンチグラフィに用いる。 4

6

Malignant Lymphoma in the stomach
Brain meta (Lt. frontal)

Stage IV
 (他臓器転移あり)

⁶⁷Ga scintigraphy は、リンパ腫などの悪性疾患の病期 (stage) 分類に有用。

7

¹⁸F-FDG (Fluoro Deoxy Glucose) は、ブドウ糖の類似物質 (analog) で、ブドウ糖と同様に組織に摂取されるが、代謝されないで組織内に長く停滞し、脳や病変のブドウ糖定量画像収集に有用な薬剤となる。(ただし、肝細胞、高分化型肝細胞癌には取込まれにくい。)

D-Glucose
ブドウ糖

¹⁸F-FDG

8

¹⁸F-FDG PET

腫瘍、炎症のほかに脳、尿、ときに心筋へ正常集積を認める。

9

一般的に、体内組織は、エネルギー源として脂肪酸を摂取し、ミトコンドリア内のベータ酸化回路で脂肪酸からATP(アデノシン三リン酸)を産生する。ベータ酸化回路はATP産生は多いが、酸素を多量に要求する。

癌細胞や炎症細胞など、急に出現した異常組織は、酸素を運ぶ赤血球の通路である血管が不備なので、酸素をあまり要求しない解糖系でATPを産生する。解糖系はATP産生量が少ないので、普通の組織ではあまり稼働していない。

そのため、PET検査で、ブドウ糖と類似物質の放射性薬剤FDGを使うと、腫瘍や炎症病変に集積し、さらに代謝されないで病変組織内に長く停滞し、画像化できる。

10

北大病院 核医学検査室 PET/CT装置

PET: 陽電子CT Positron Emission CT

11

¹⁸F-FDG Brain PET 185MBq 静注1時間後 5分撮像

Slice thickness = 1.5 mm

12

FDG-PET の健康保険適用疾患

1. てんかん
2. 虚血性心疾患
心サルコイドーシス
3. 悪性腫瘍（早期胃癌を除く）
（病理診断で悪性病変と確定した症例に限る）
4. 血管炎 高安動脈炎など
（平成30年から）

13

高安動脈炎

指定難病(330疾患ある)の一つ。登録患者 7000人
(原因不明疾患に対する医療費補助制度がある)
平成30年4月から FDG PET の保険適用。

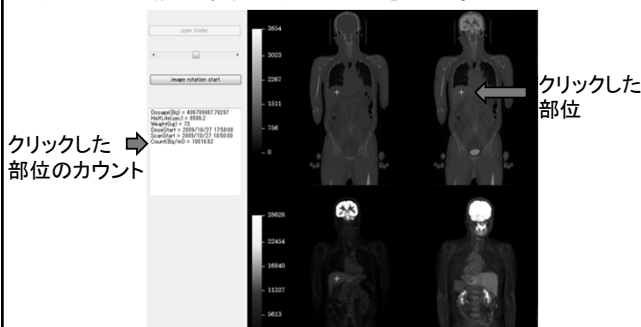
9割が女性。好発年齢は10~30才。若年女性。

若年女性で重症の頸部痛、頭痛、肩凝りの症例で、
CT等で大動脈弓の分枝血管に狭窄等の所見、
左右上肢での血圧測定値に左右差などあれば、
FDG PET/CT実施を。炎症血管にFDG集積あり。

治療法は、ステロイド(減量すると再燃しやすい)、
抗体医薬(トリシズマブ(アクテムラ) IL-6R)
(本来は関節リウマチ薬。高価。5000円/日)

14

CT・PET・fusion画像のいずれかをクリックすると、
その部位の集積が表示される。
クリックした点は黄色十字で示される。



FDG-PET画像から 病変の SUV を算出する。

15

SUV (Standardized Uptake Value)

$$= \frac{\text{病変の放射能濃度 (Bq/ml)}}{\text{体内平均放射能濃度 (Bq/ml)}}$$

$$= \frac{\text{投与量 (Bq)}}{\text{体重 (g)}}$$

分子と分母の放射能は時刻を合わせる
(半減期補正をする)必要がある。

病変の放射能濃度が体内平均の何倍か
を示す半定量値。正常値は 1。

2.5~3以上を病的集積と考える。

16

半減期 Half life $T_{1/2}$

$$N = N_0 \times (1/2)^{(t / T_{1/2})}$$

崩壊定数 λ

1秒間に原子核が崩壊する割合

$$dN/dt = -\lambda N$$

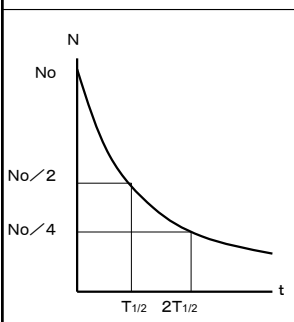
$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$1/2 = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\text{Log}(1/2) = \text{Log}(e^{-\lambda T_{1/2}})$$

$$\text{Log}2 = 0.693 = \lambda T_{1/2}$$



17

平成26年 診療放射線技師国家試験 解答 2

10時に 200 MBqであった ^{18}F -FDGを 10時 55分に患者に投与した。

11時 50分に撮影を開始し、13時 40分に解析を行ったところ、
病巣部の放射能測定値は 12,000 Bq/cm³であった。SUV 値はどれか。
ただし、患者は身長 150 cm、体重 50 kg とし、人体の密度を 1 g/cm³
 ^{18}F の物理的半減期を 110分とする。

1. 3
2. 6
3. 9
4. 30
5. 60

撮像開始時刻の 11時50分における放射能を計算する。

患者体内の放射能は、 $200 \times (1/2) = 100 \text{ MBq}$

体内平均濃度は、 $100 \text{ MBq} / 50 \text{ kg} = 2000 \text{ Bq / ml}$

病変のSUVは、 $12000 / 2000 = 6.0$ (倍)

(SUVに定量的単位はない。SUVは半定量値である。)

18

膵頭部癌 Panc. head ca. 症例3 腹部造影CT

食後に実施した FDG PET では、病変部の SUV 2.2 空腹時に再検査して SUV 3.4 に上昇。

FDG-PETは、空腹時に行う。

症例3: FDG-PET(1回目) 症例3: FDG-PET(2回目)

SUV 2.2 Lesion1 5029Bq/ml SUV 3.4 Lesion1 8251 Bq/ml

前処置:検査3時間前に食事(just after meal), 検査時血糖 BS 167mg/dl 前処置:検査前夜より絶食(fasted all night), 検査時血糖95mg/dl

19

¹⁸F-FDG PET 検査では、検査6時間前から患者に絶食および甘味飲料の中止を依頼するが、それが守られなかった状態で実施した ¹⁸F-FDG PET 検査は、どのような問題点が生じるか。FDG の薬理的性質を基にして説明せよ。

¹⁸F-FDG はブドウ糖の類似物質である(2点)。腫瘍や炎症病変にはブドウ糖が集積するので、類似物質の ¹⁸F-FDG も集積する。しかし絶食の前処置が守られないと ¹⁸F-FDG 投与時に患者血中のブドウ糖が多くなる(高血糖)(2点)。高血糖状態では、腫瘍や炎症病変にはブドウ糖が多量に集積し、病変への ¹⁸F-FDG 集積量が減少するので(競合が生じる)(2点)、PET 画像で病変の描出が低下し、SUV も低下するため(2点)、病変の診断が困難になる(2点)。

20

¹²³I-BMIPP myocardial SPECT 心筋脂肪酸代謝画像 (β-methyl-iodophenyl pentadecanoic acid)

111 MBq 静脈注射、20~30分後に、SPECT撮像。

BMIPP は、脂肪酸。食後は血中脂肪酸が増えるので、5時間程度の絶食の前処置が必要。

正常心筋は、脂肪酸を摂取してエネルギーを得ている。不安定狭心症など、過去に血流が低下した部位の心筋や、心筋組織が変性する心筋症は、血流が保たれていても心筋に障害があり、脂肪酸でエネルギーを産生できないので、BMIPPを取込まない。(障害心筋はブドウ糖で生きている。)

²⁰¹Tl、^{99m}Tc-MIBI、^{99m}Tc-Tetrofosmin は、心筋血流が低下した部位の検出しかできないが、¹²³I-BMIPP SPECT では、血流低下部位 および 心筋障害部位(虚血既往、心筋症)も検出できる。

21

¹²³I-BMIPP 心筋脂肪酸代謝 SPECT

不安定狭心症 Unstable Angina

心尖部前壁に、安静時血流はあるが、脂肪酸代謝が低下し、障害心筋。過去に虚血既往があったと判断。BMIPP で所見があれば CAG を行う。

Cardio Angiography CAG LAD 90% stenosis

Rest MIBI 安静時血流

BMIPP 脂肪酸代謝

長軸矢状断面 長軸水平断面

22

【問題 4-17】(平成 11)

腎臓の核医学検査に使われないのはどれか。

1. ^{99m}Tc-DTPA
2. ^{99m}Tc-DMSA
3. ^{99m}Tc-GSA
4. ^{99m}Tc-MAG₃
5. ¹³¹I-OIH

3

〔注解〕 3. ^{99m}Tc-GSA は肝機能シンチグラフィに用いられ、肝細胞機能を表現するが、腎臓の核医学検査には使われない。

^{99m}Tc-DTPA、^{99m}Tc-DMSA、^{99m}Tc-MAG₃、¹³¹I-OIH はいずれも腎臓の核医学検査に用いる。

23

腎動態検査(レノグラフィ) 前処置: 30分前に250ml飲水

^{99m}Tc-DTPA 141 keV LEHRコリメータ

DTPA (diethylene triamine penta-acetic acid) はキレート剤。金属を包んで尿へ排泄する。金属中毒の解毒剤。(Gd-DTPA は、MRI の造影剤として利用される。)

糸球体から尿へ濾過される。糸球体濾過率(GFR)の測定。投与量 200MBq (大人)

^{99m}Tc-MAG₃、¹³¹I-OIH(馬尿酸)

糸球体および近位尿細管から尿へ排泄される。有効腎血漿流量(ERPF)の測定。投与量 ^{99m}Tc-MAG₃ 200MBq (大人)

¹³¹I-OIH 10MBq (大人) (β線放出核種)

24

腎動態検査(レノグラフィ) 前処置: 30分前に250ml飲水

^{99m}Tc -DTPA 141 keV LEHRコリメータ

DTPA (diethylene triamine penta-acetic acid) はキレート剤。

金属を包んで尿へ排泄する。金属中毒の解毒剤。

(Gd-DTPA は、MRI の造影剤として利用される。)

糸球体から尿へ濾過される。糸球体濾過率(GFR)の測定。

投与量 200MBq (大人)

^{99m}Tc -MAG3、 ^{131}I -OIH(馬尿酸)

糸球体および近位尿管から尿へ排泄される。

有効腎血漿流量(ERPF)の測定。

投与量 ^{99m}Tc -MAG3 200MBq (大人)

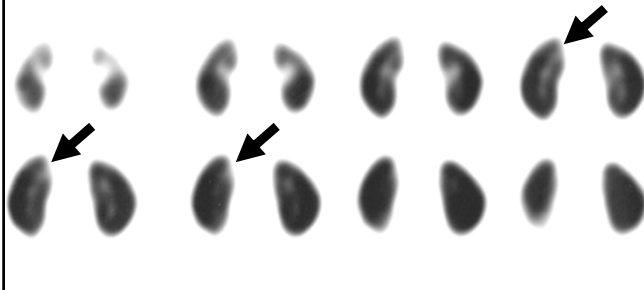
^{131}I -OIH 10MBq (大人) (β 線放出核種)

25

^{99m}Tc -DMSA 腎静態シンチグラフィ

正常腎実質 (近位および遠位尿管)に集まる。
腎臓の機能、局所的障害部位を調べる。

主にVUR(膀胱尿管逆流症)に伴う腎盂腎炎による
腎実質の炎症後瘢痕(scarring)の有無を調べる検査



26

^{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。

前処置: 5時間の絶食。空腹時に行う。

^{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。

27

Name: Study: Liver GSA Dyn. B.d.: 1941.02.06 OM
ID : 4199412 Pharm: GSA 185 MBq Ex. :

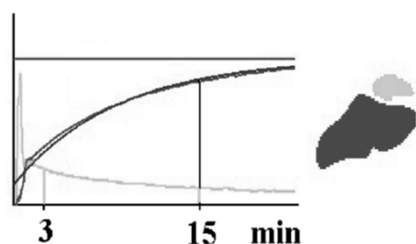
ダイナミック収集画像。
心臓と肝臓全体が
撮像範囲に入ることが重要。
(外れても3分以内に直せばOK)

28

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の血中消失率

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



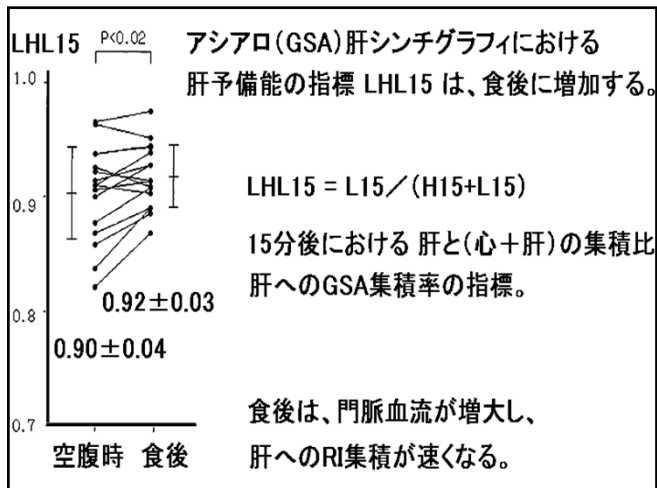
29

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

3分と15分の正面像があれば算出可能

30



31



32

【問題 4-19】(平成9)

正しい組合せはどれか。

- a. ^{99m}Tc -DTPA ————— 腎シンチグラフィ
- b. ^{99m}Tc -標識エアゾル ——— 肺吸入シンチグラフィ
- c. $^{99m}\text{TcO}_4^-$ ————— 唾液腺シンチグラフィ
- d. ^{99m}Tc -赤血球 ————— 消化管出血シンチグラフィ
- e. ^{99m}Tc -HSA ————— 肺シンチグラフィ

1. a, b, c 2. a, b, e
3. a, d, e 4. b, c, d
5. c, d, e

a. ^{99m}Tc -DTPA は腎シンチグラフィに用いる。
e. ^{99m}Tc -HSA は RI アンジオカルジオグラムおよび心プールシンチグラムに用いる。

b, c, d はいずれも正しい。

4

33

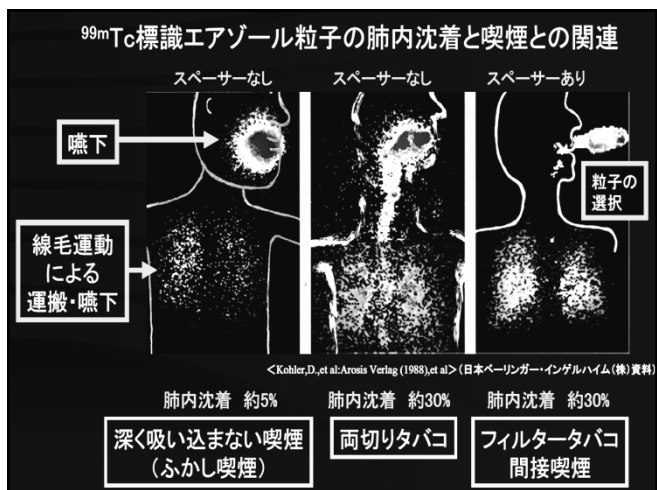
エアロゾル 肺吸入シンチグラフィ Aerosol Scintigraphy

^{99m}Tc 標識のDTPAやHSAをエアロゾル(霧状)にして、
数 μm ~10nm径 程度の粒子を吸い込むことで、
気管支、細気管支の通過性を画像化する。

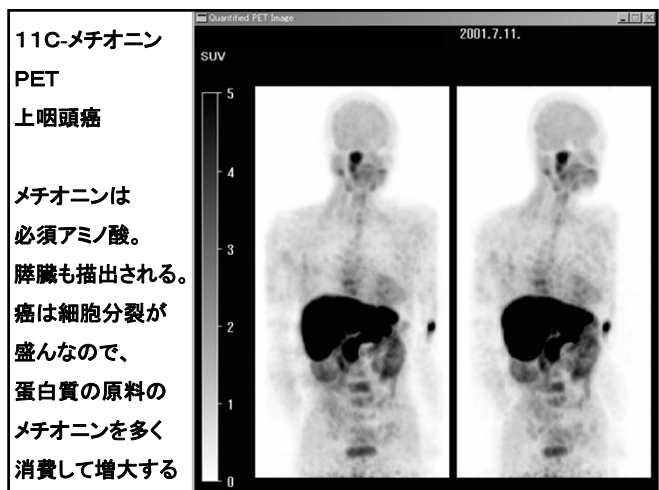
投与量(吸入量)は、37MBq以上にする。
撮像は、胸部の正面、背面、左右斜位像を撮る。

肺気腫や慢性気管支炎などの慢性閉塞性肺疾患(COPD)では、細気管支の通過が悪いので肺末梢が描画されにくい。

34



35



36

【問題 4-20】 (平成 15)

正しい組合せはどれか。

1. ^{99m}Tc -MAA —— 肺血流シンチグラフィ
2. ^{99m}Tc -MIBI —— 甲状腺シンチグラフィ
3. ^{99m}Tc -PMT —— 肝コロイドシンチグラフィ
4. ^{99m}Tc -MDP —— 脳血流シンチグラフィ
5. $^{111}\text{InCl}$ —— 脳槽シンチグラフィ

2. ^{99m}Tc -MIBI は心筋血流シンチグラフィに用いる。
 3. ^{99m}Tc -PMT は肝胆道シンチグラフィに用いる。
 4. ^{99m}Tc -MDP は骨シンチグラフィに用いる。
 5. $^{111}\text{InCl}_3$ は骨髄シンチグラフィに用いる。
 1. ^{99m}Tc -MAA は肺血流シンチグラフィに用いるので
 正しい組み合わせである。

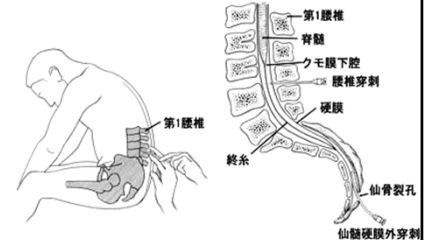
1

37

^{111}In -DTPA cisternography 脳槽シンチグラフィ

^{111}In 173 keV、MEGPコリメータ、半減期2.8日

^{111}In -DTPAを脊髄腔に37MBq注入(腰椎穿刺)。
 注入直後に腰椎背面撮像(穿刺が成功したか確認)
 3, 6, 24, 48 時間後に頭部正面、側面を撮像。



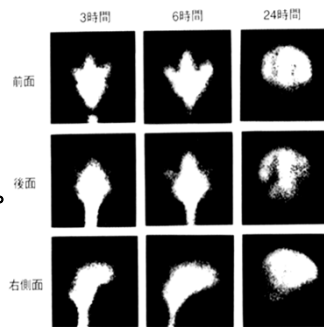
38

脊髄腔に入った ^{111}In -DTPAは、髄液の流れに乗って
 3~6 時間後に、頭蓋底部、シルビウス溝に分布。

24時間後に、大脳半球周囲髄膜下に分布して
 ここで血液中に吸収される。

正常では、側脳室には
 流入しない。

髄液は、側脳室の脈絡叢で
 産生され脊髄腔に流出する。



39

正常圧水頭症 (NPH : Normo-pressure hydrocephalus)

水頭症だが、側脳室髄液の圧力は高くない。

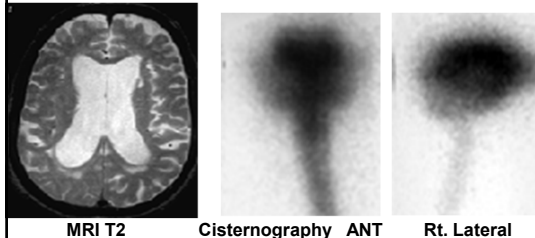
脳萎縮、脈絡叢の髄液産生能低下で生じた脳室拡大。

Cisternographyで、側脳室が描画される。

緊急の治療は不要。

Cisternographyで、側脳室が描画されない水頭症は危険。

すぐ治療しないと脳が圧迫されて脳ヘルニアの危険あり。



40

【問題 4-21】 (平成 9)

誤っている組合せはどれか。

1. 脳梗塞 —— ^{99m}Tc -HMPAO
2. 狭心症 —— ^{99m}Tc -MIBI
3. 肺梗塞 —— ^{99m}Tc -DMSA
4. 胆嚢炎 —— ^{99m}Tc -PMT
5. 肝硬変 —— ^{99m}Tc -コロイド

【注解】 3. 肺梗塞は ^{99m}Tc -MAA による。

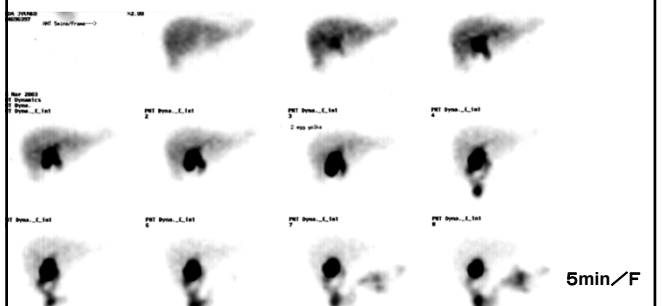
1, 2, 4, 5 はいずれも正しい。

3

41

^{99m}Tc -PMT 胆道シンチグラフィ

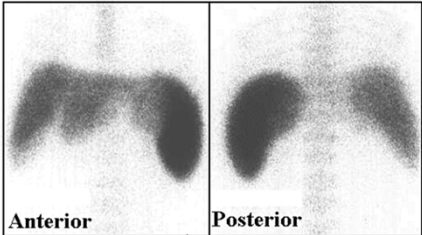
PMT(pyridoxyl-5-methyltryptophan)は、ビリルビン
 (赤血球が分解されたもの。胆汁の材料になる)の類似物質
 で、肝細胞に取り込まれ、速やかに胆汁へ排泄される。
 胆嚢炎では、胆嚢管が狭窄し胆嚢内のPMT分布を示さない。



42

^{99m}Tc-Sn-colloid (スズコロイド) 肝シンチグラフィ
^{99m}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(どんじよく)される。
 投与20~30後に撮像。プラナー像、SPECT像



肝硬変 cirrhosis 脾臓の腫大、肝外側区腫大、肝右葉萎縮

43

【問題 4-23】(平成 15)

放射性医薬品と検査目的との組合せで正しいのはどれか。

- ¹⁸F-FDG —— 悪性リンパ腫
- ^{99m}Tc-MAG 3 —— 胆道閉鎖症
- ¹¹¹In-DTPA —— 虚血性心疾患
- ¹²³I-MIBG —— 脳出血
- ¹²³I-BMIPP —— 褐色細胞腫

2. ^{99m}Tc-MAG 3 は腎動態シンチグラフィに用いる。
 3. ¹¹¹In-DTPA は脳槽シンチグラフィに用いる。
 4. ¹²³I-MIBG は心筋交感神経機能シンチグラフィに用いる。
 5. ¹²³I-BMIPP は、心筋脂肪代謝シンチグラフィに用いる。

1. ¹⁸F-FDG はグルコース代謝の活発な部位に集積するので、悪性リンパ腫の検査目的に用いる。 1

44

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

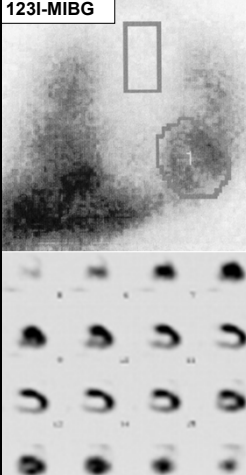
20分後に、プラナー像とSPECT撮像
 4時間後に、プラナー像とSPECT撮像

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。

最近では、パーキンソン病に伴う認知症(レビー小体型認知症 DLB)の診断に用いられる。パーキンソン病は、全身の交感神経受容体機能が低下。

45

¹²³I-MIBG



心筋(Heart)と縦隔(Mediastinum)に関心領域(ROI)を設定してそれぞれのROI内の平均カウントを求め、心/縦隔比(H/M ratio)を算出。
 20分後のプラナー像で Early H/M
 4時間後のプラナー像で Delayed H/Mを算出。
 正常では、どちらも2~2.5以上。
 心不全、心筋症では、心筋交感神経障害のためにどちらも低下、またはDelayedだけ低下。
 (縦隔のカウントはバックグラウンド値)

46

レビー小体型認知症、びまん性レビー小体病 DLB
 Dementia with Lewy Bodies ; DLB
 diffuse Lewy body disease ; DLBD

認知障害だけでなくパーキンソン病のような運動障害も併発

¹²³I-MIBG 心筋交感神経シンチグラフィで心筋交感神経受容体機能低下の所見を示す。

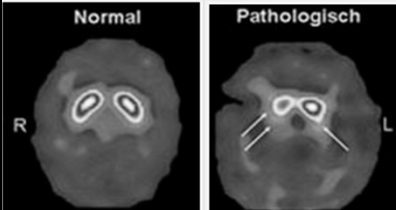


Early H/M = 1.5 L/M = 1.76
 Delay H/M = 1.24 L/M = 1.82
 Washout = 41.13 (%)

47

¹²³I-イオフルパンSPECTによるパーキンソン病の診断
 イオフルパンはドーパミン受容体に集積する物質。
 投与3時間後に30分間SPECT撮像。
 正常例では、基底核のドーパミン受容体に集積。
 正常集積は、基底核/バックグラウンド比が6以上。
 パーキンソン病やレビー小体型認知症は、集積低下。

正常例 パーキンソン病(DLB:レビー小体型認知症)



2014年1月から検査が認可された。
 検査名 Dat scan
 最近ではDLB検査は、Dat Scanが多い。

48