

核医学検査・核医学治療

・核医学検査とは

核医学検査はごく微量の放射性医薬品を投与し、体内のどこにどれぐらいの薬が集まり、洗い出されていくかという各臓器の機能や代謝を画像化する検査です。放射性医薬品の量は薬理作用（薬が人体の生理機能に影響を与える作用）に届かないほど微量であることから副作用が少ない安全な検査です。

検査に応じて平面像や断層像（輪切りの画像）だけでなく、臓器の形態がわかる CT 画像を同時に撮像し、放射性医薬品の集積を詳細に評価します。核医学検査の対象となる疾患は脳、心臓、悪性腫瘍をはじめ骨関節、内分泌系、腎尿路系、呼吸器系、消化器系と多岐にわたっており、様々な病態の機能や代謝が評価可能で、疾患によっては他の検査法よりも早期発見が可能です。

・核医学治療とは

核医学治療は放射性医薬品を投与し、がん細胞などの病変を身体の内側から治療する方法です。手術や外部からの放射線治療と違い、病変に集積した放射性医薬品からピンポイントで放射線が病変に障害を与えるのが特長です。

当院では、治療の前に核医学検査を行い、治療用の放射性医薬品が治療すべき場所に集まるかどうかを確認してから治療を実施します。また、治療用の放射性医薬品の体内分布に関しても撮像を行うことがあります。これにより、効果が見込める患者さんに核医学治療を行うことができ、副作用を最小限に抑えた効率的な医療を実現しています。

・当院における核医学診療の特徴

核医学部門には核医学診療科の専門医をはじめ、放射線科・循環器内科・内分泌代謝内科・乳腺外科・皮膚科・泌尿器科など多くの専門分野の医師が核医学診療に従事しております。また、装置の操作や画像作成・放射線管理に従事する診療放射線技師は核医学専門技師を中心として5～7名体制で日々の診療に当たっております。

検査装置はSPECT/CT装置4台、PET/CT3台を保有しています。SPECT/CT装置、PET/CT装置ともに同一ベッドでCT装置とつながっているため、放射性医薬品の体内分布を収集したSPECT画像、PET画像と形態情報であるCT画像の高精度な融合が可能です。院内には医療用サイクロトロンという放射性同位元素を作る装置ならびに放射性医薬品を合成する標識合成室を設置しており、検査予定に合わせた放射性医薬品を高い清浄度で管理されたクリーンルームで出荷しています。この標識合成室には専任のオペレータと核医学認定薬剤師が勤務しており

ます。

▽核医学装置

・ Symbia Intevo 6

当院では4台のSPECT/CT装置が稼働しています。SPECT/CT装置では放射性医薬品の分布画像であるSPECT画像と骨や臓器の形態画像であるCT画像を高精度に重ね合わせて表示することが可能で、従来の単体器よりも診断能が高いと報告されています。Symbia Intevo 6ではすべてのsingle photon検査を行うことが可能で2台が稼働しています。

・ NM/CT 870 CZT

NM/CT 870 CZTは半導体検出器(CZT: cadmium zinc telluride)を搭載しており、従来よりもエネルギー分解能が高いことが報告されています。当院では主にドパミントランスポーターSPECTや心筋血流SPECTなどの検査を行っています。

・ VERION-CT

VERION-CTは全身を取り囲むように配置された12個の独立可動型の半導体検出器(CZT)を搭載しているため感度、分解能が向上した装置です。当院では主に心筋血流SPECT、肺血流SPECT、肺換気SPECTに用いており、従来よりも詳細な画像を出力することができます。

・ Discovery 710

当院では2台のPET/CT装置が臨床検査で稼働しています。Discovery 710は消滅放射線の時間差を画像に反映するTOF (: time of flight)補正が搭載された装置で、当院では主に悪性腫瘍の糖代謝を評価する ^{18}F -FDG-PET/CT検査を担っています。

・ Biograph Vision 600

Biograph Vision 600は光検出器にSi-PM (: silicon photo multiplier)半導体検出器が搭載され、時間分解能が214 psecと短縮されています。当院で ^{18}F -FDG-PET/CT検査をはじめ、脳を対象としたアミロイドPET/CTやアミノ酸PET/CT検査、脳循環代謝を評価する ^{15}O -Gas PET/CT検査、 ^{13}N - NH_3 を用いた心筋血流PET/CT検査などを担っています。

・ HM-18 ならびに標識合成室

医療用サイクロトロンであるHM-18は陽子（重陽子）を高速で加速し、ターゲット物質に衝突させることで検査に必要な放射性同位元素を生成する装置で、 ^{18}F -FDGに用いられる ^{18}F だけでなく様々な放射性同

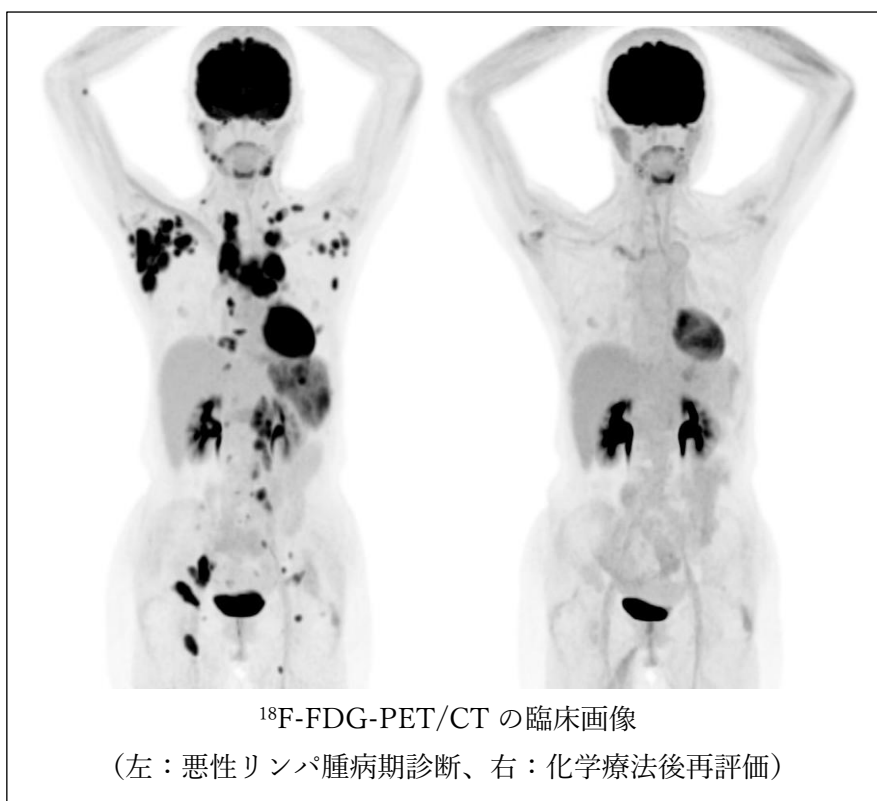
位元素を生成することができます。また、放射性医薬品を製造する過程は、学会 GMP(: good manufacturing practice)基準に基づいた一貫して安全な品質を担保しています。

▽代表的な核医学検査、核医学治療について

・ ^{18}F -FDG-PET/CT

^{18}F -FDG-PET/CT は放射性に標識されたブドウ糖類似物質の体内分布を PET 画像として出力し、CT 画像で正確な位置を同定します。黒く表示されている箇所に ^{18}F -FDG が集積していますが病変だけでなく、脳や心筋、肝臓などの生理的集積だけでなく、膀胱や尿路系の排泄経路の薬剤の分布が画像化されています。

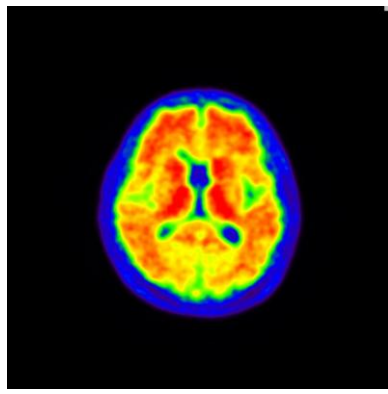
検査は 4 時間以上の絶食などの前処置を行ったうえで ^{18}F -FDG を静脈投与し、排尿後投与 1 時間後から 20-30 分程度撮像を行います。また、必要に応じて再撮像を行います。



・アミロイド PET/CT

アミロイド PET は、アルツハイマー病の原因のひとつとされる「アミロイド β たんぱく」の蓄積状況を、PET 画像で確認できる検査です。陰性画像と比較し、陽性画像では大脳皮質領域に広く放射性医薬品の集積が確認されます。これにより、大脳皮質にアミロイド β たんぱくが沈着していることがわかります。

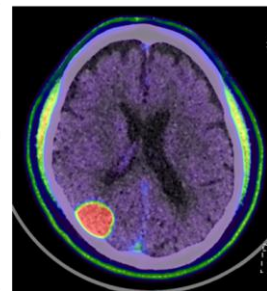
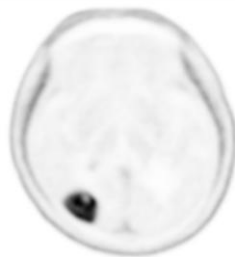
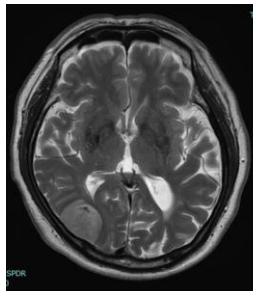
検査は放射性医薬品を静脈投与し、投与から 1 時間程度してから 20 分程度の撮像を行います。痛みも少なく外来で検査を行います。



アミロイド PET の臨床画像
(左：陽性像、右：陰性像)

・ アミノ酸 PET/CT

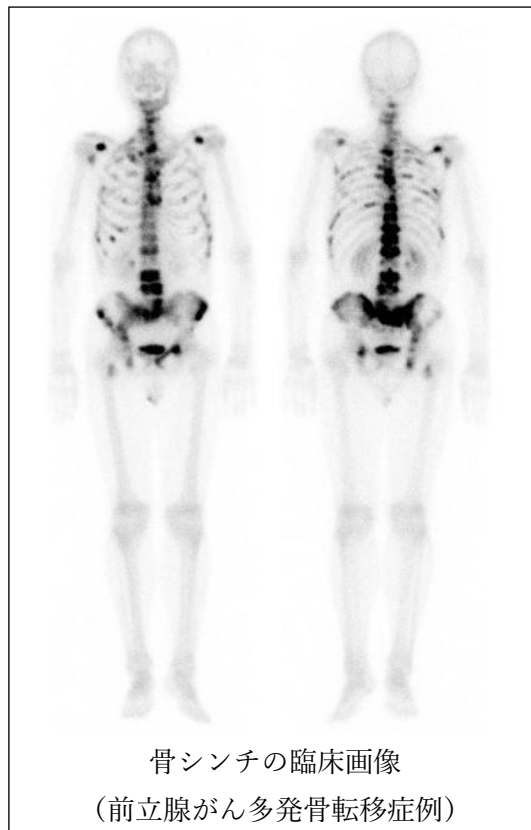
アミノ酸 PET/CT は放射性に標識された人工アミノ酸(^{18}F -FACBC)の体内分布を PET 画像として出力し、CT 画像で正確な位置を同定します。 ^{18}F -FDG は脳内の生理的集積が高いため、腫瘍における代謝の区別が付きにくい場合があります。 ^{18}F -FACBC は正常脳細胞への集積が極めて低いため、腫瘍の位置、活動性、広がりを高精度に可視化することができます。



アミノ酸 PET の臨床画像
(左：MRI 画像、中央：PET 画像、右：PET/CT 画像)

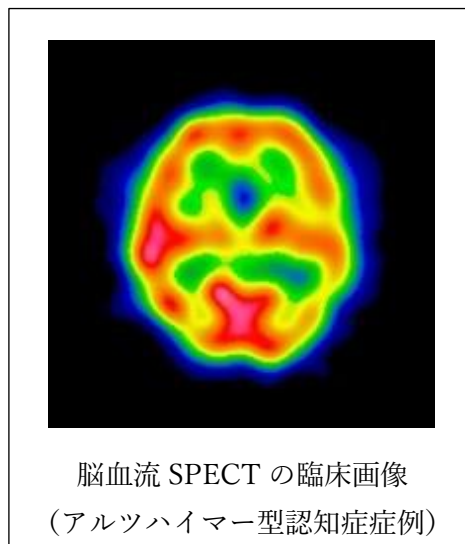
・ 骨シンチ

骨シンチでは骨細胞に吸着する性質がある放射性医薬品を注射し、2～3 時間後以降に全身の骨を撮影します。骨の代謝が活発な個所では、放射性医薬品が多く集積し画像上で「濃く」見えるようになります。



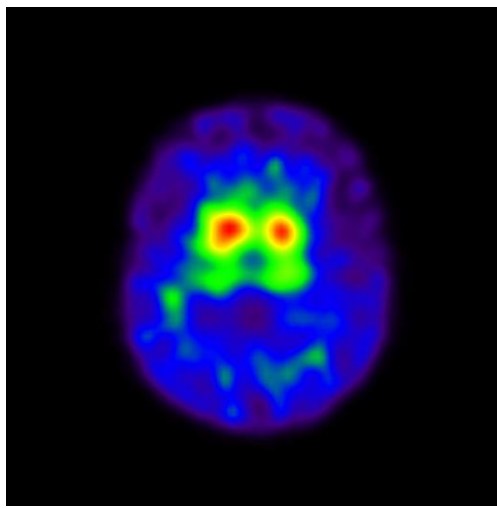
・脳血流 SPECT/CT

脳血流 SPECT/CT では血流に応じて脳細胞に集積する放射性医薬品を静脈投与し、投与直後から検査を行います。多方向からの情報を収集し、画像再構成を行うことにより輪切りの画像を出力します。検査は投与から 45 分後まで撮像を行います。



・脳ドパミントランスポーターSPECT

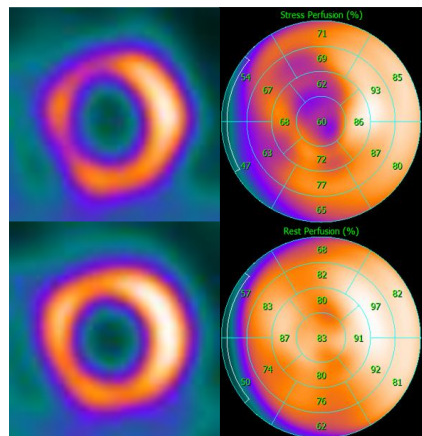
脳ドパミントランスポーターSPECT 検査ではドーパミン神経細胞の表面に存在するドパミントランスポーターに特異的に結合する放射性医薬品を静脈投与します。検査は静脈投与した後、3 時間以降に 30 分程度撮像を行います。



脳ドパミントランスポーターSPECT の臨床画像
(パーキンソン症候群症例)

・心筋血流 SPECT

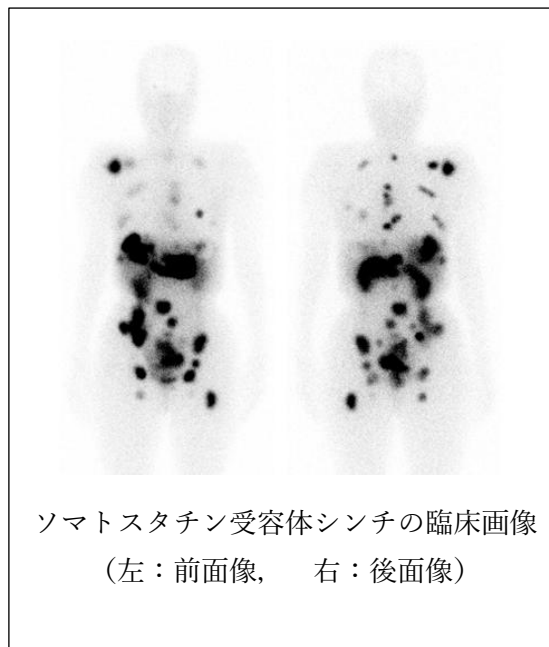
心筋血流 SPECT は血流に応じて心筋細胞に集積する放射性医薬品を静脈投与します。投与から撮像までの時間は放射性医薬品の種類により異なりますが、当院では投与 1 時間後から撮像する放射性医薬品を主に用いています。必要に応じて、運動や薬剤で心臓に負荷をかけて検査を行う検査や、放射性医薬品の残存をみるために後期像を撮像する検査があります。



心筋血流 SPECT の臨床画像
(上段：負荷時, 下段：安静時)

・ソマトスタチン受容体シンチ（神経内分泌腫瘍シンチ）

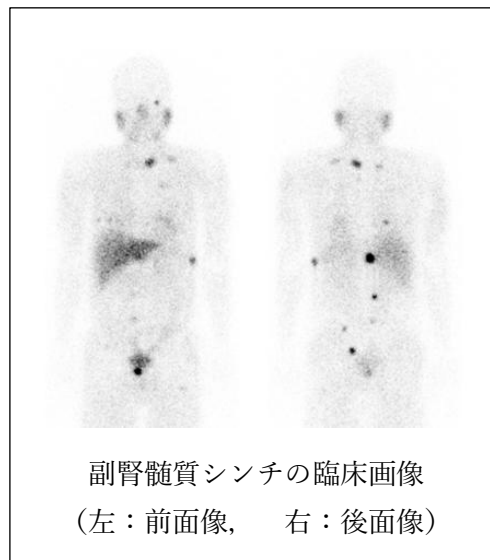
ソマトスタチン受容体シンチは神経内分泌腫瘍に発現しているソマトスタチン受容体に特異的に結合する放射性医薬品を使用します。検査日の午前中に放射性医薬品を静脈投与し午後から撮像を行います。また、投与翌日にも撮像を行いますので予定を調整いただくようお願いいたします。



ソマトスタチン受容体シンチの臨床画像
(左：前面像, 右：後面像)

・ 副腎髄質シンチ

副腎髄質シンチは交感神経終末に取り込まれるノルアドレナリンの輸送メカニズムを利用した放射性医薬品を静脈投与します。1時間前後の撮像を投与翌日に行いますので予定を調整いただくようお願いいたします。この放射性医薬品はヨウ素を含むため甲状腺への放射性ヨウ素 (^{123}I) の集積を避けるため、ヨウ化カリウム丸を検査前に服用していただきます。



副腎髄質シンチの臨床画像
(左：前面像, 右：後面像)

・ 神経内分泌腫瘍に対する核医学治療

ソマトスタチン受容体シンチで病変に集積が認められた症例に対して、診断用の γ 線が放出される放射性同位元素 (^{111}In) から治療用の β 線が放出される放射性同位元素 (^{177}Lu) に変更した放射性医薬品を用いて治療を行います。

・ 褐色細胞腫に対する核医学治療

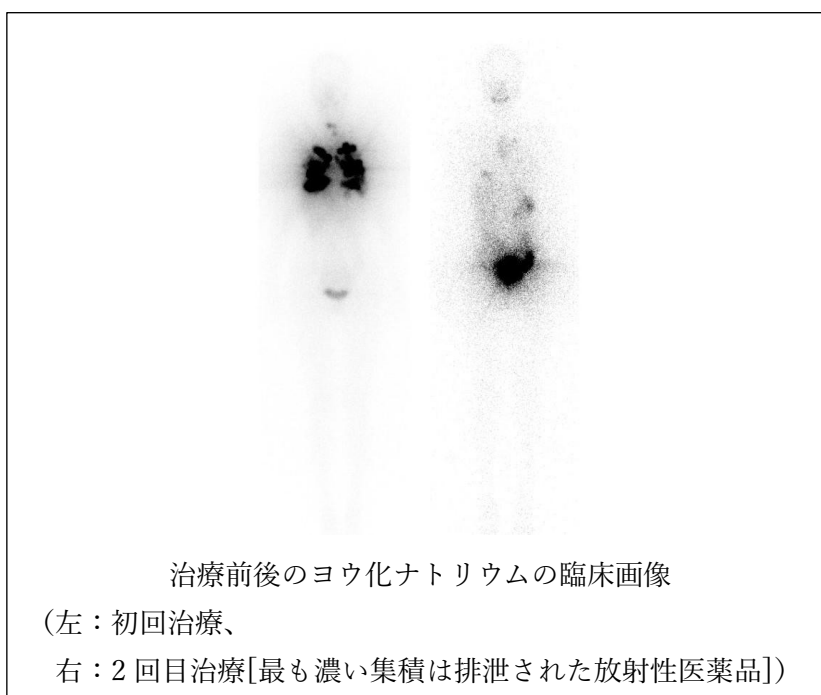
副腎髄質シンチで病変に集積が認められた症例に対して、診断用の γ

線が放出される放射性同位元素(^{123}I)から治療用の β 線が放出される放射性同位元素(^{131}I)に変更した放射性医薬品を用いて治療を行います。

- ・甲状腺がんに対する核医学治療

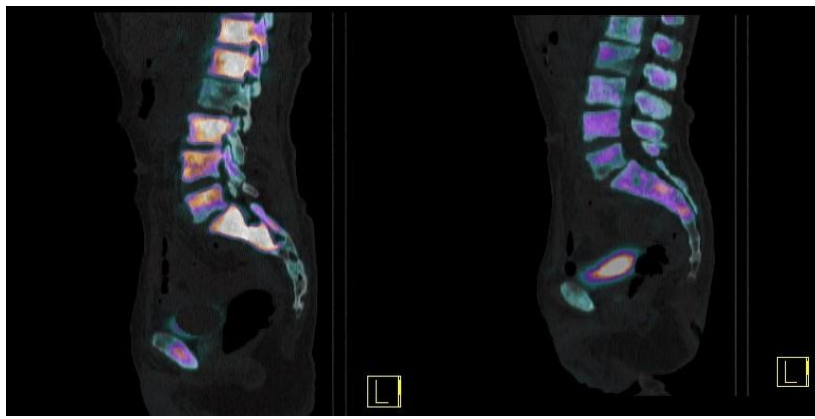
分化型甲状腺がんではヨウ素を取り込む性質があるので放射性のヨウ化ナトリウムを治療に使用します。手術を行った後に、残存する甲状腺組織や転移した甲状腺がん細胞に対して治療を行います。内服するカプセルは1個もしくは2個ですが、がん細胞に障害を与えるため高放射能を使用するため、専用病室に数日入院しての治療になります。甲状腺がん細胞が最大限に放射性ヨウ素を取り込むよう、低ヨウ素での食事を治療前から続けていただきます。

甲状腺機能亢進症に対する核医学治療では外来で生活できる程度の放射能量で治療を行います。



- ・骨転移を有する去勢抵抗性前立腺癌に対する核医学治療

放射性の塩化ラジウムを治療に使用します。ラジウムはカルシウムと非常に似た体内の挙動を示し、骨の代謝が活発な領域（造骨性骨転移）に集積した放射性ラジウムで骨転移した前立腺がん細胞に障害を与えます。この放射性医薬品は α 線を主に放出するため、外来通院での治療が可能です。4週ごとに最大6回までの投与を行います。



治療前後の骨 SPECT/CT 画像
(左：核医学治療前、右：核医学治療後)

▽核医学診療を受けられる患者様へ

核医学診療で使用する放射性医薬品には、有効期限が非常に短いという特性があり、ひとつひとつの核医学検査、核医学治療の予約に合わせて個別に準備されます。核医学診療はすべて予約制ですので、必ず予約日時に来院ください。やむを得ず、予約変更や検査をキャンセルされる場合は速やかに当院へご連絡ください。直前のキャンセルや変更の場合、製造された薬剤が無駄になってしまう可能性があります。また、前処置が必要な検査もありますので、検査説明用紙の記載を順守いただくようお願いします。

なお、核医学検査は寝台上で長時間（20 分以上）の体位保持（仰向け）が必要になります。下記に該当する場合は予約の際に、主治医の先生にお知らせください。

- ・長時間（30 分）、仰向けの姿勢がづらい方
- ・妊娠中の方、妊娠の可能性のある方、授乳中の方
- ・閉所恐怖症など狭い場所が苦手な方

▽主な核医学検査の前処置

- ・ FDG-PET/CT

腫瘍 PET/CT、脳 PET/CT、大動脈炎 PET/CT では 4 時間の絶食が必要です。午前予約の場合、朝食は絶食です。午後予約の場合、早めに朝食を済ませ昼食は絶食です。心臓 PET/CT では検査目的により絶食時間が異なりますので主治医の指示に従ってください。また、絶食中は糖分を含んだものを口にしないようお願いします。水やお茶（無糖）は飲んでも構いません。

- ・ 心筋血流 SPECT

検査前日の夕方よりお茶やコーヒーなどカフェインを含む飲料は控えてください。検査日の朝食は軽食にしてください。日常に飲んでいる薬

に関しては主治医の指示に従ってください。運動負荷検査の場合は自転車エルゴメータ（エアロバイク）をこいでもらいますので、運動しやすい服装で来院し必要に王おじて汗拭きタオルなどを御持参下さい。

- ・ガリウムシンチ

月曜日もしくは火曜日に放射性医薬品を投与します。投与翌日、翌々日の下剤の服用ならびに撮像前日には流動食での食事を忘れないようお願いいたします。撮像日の朝には十分に排便をしてください。朝食は食べても構いません。これらの前処置薬、流動食は検査予約時に主治医より処方されます。

- ・甲状腺シンチ

検査日の1週間前よりヨード制限が必要です。海藻類（昆布、わかめ、寒天、ようかん）、昆布だし入りの食品の摂取は禁止です。ヨードチンキ、イソジン、ルゴール液、ヨード系造影剤の使用もできません。検査当日の朝食は絶食でお越し下さい。

▽核医学 Q&A

- ・核医学検査とはどんな検査ですか？

核医学検査はごく微量の放射性医薬品を投与し、体内のどこにどれだけの薬が集まり、洗い出されていくかという各臓器の機能や代謝を画像化する検査です。放射性医薬品の量は薬理作用（薬が人体の生理機能に影響を与える作用）に届かないほど微量であることから副作用が少ない安全な検査です。

検査に応じて平面像や断層像（輪切りの画像）だけでなく、臓器の形態がわかる CT 画像を同時に撮像し、放射性医薬品の集積を詳細に評価します。

- ・核医学治療とはどんな治療ですか？

核医学治療は放射性医薬品を投与し、がん細胞などの病変を身体の内側から治療する方法です。手術や外部からの放射線治療と違い、病変に集積した放射性医薬品からピンポイントで放射線が病変に障害を与えるのが特長で、抗がん剤治療と比較し副作用が少ないこと報告されています。

核医学治療の前に核医学検査を行うことで、治療用の放射性医薬品が治療すべき場所に集まるかどうかを確認することで治療効果の予測が可能です。また、治療用の放射性医薬品の体内分布に関しても撮像を行うことにより、実際に投与した放射性医薬品が病変に集まっている画像が得られます。

- ・放射性医薬品とはどんな薬ですか？

放射性医薬品の特徴は放射線（ α 線、 β 線、 γ 線、陽電子など）を放出するアイソトープ（同位元素）が含まれることです。一般的な医薬品は体内の分布を確認することは困難ですが、核医学検査では放射性医薬品の分布に応じて放射線を画像化することにより、臓器や疾患の機能や代謝を評価することができます。核医学治療では体内に投与後、病変部に集積した放射性医薬品による放射線が腫瘍に障害を与えます。また、投与数日後の撮像を行い、病変部の放射性医薬品の集積を画像化して確認を行います。

- ・核医学検査での副作用

放射性医薬品の化学量は薬理作用（薬が人体の生理機能に影響を与える作用）に届かないほど微量であることから副作用が少ない安全な検査です。日本アイソトープ協会の副作用調査では10万人に1-2人と非常に少ないことが報告されており、副作用の症状に関しては、一時的な気分不良、嘔気、血圧低下、皮膚発赤、発疹、掻痒感などでした。

核医学診断で用いられる放射性医薬品の放射エネルギーは、国際放射線防護委員会の検討に基づいて、患者さんの利益ができるだけ大きくなるよう決められており、放射線影響の心配はありません。核医学検査の際に妊娠されていた場合、胎児も放射線被ばくを受ける可能性があります。どの核医学検査においても胎児の線量が100 mGyを超えることはありませんので、放射線が原因で胎児に影響が表れることはありません。また、男性、女性ともに生殖器が受ける放射線被ばくに関しても同様に、核医学検査が原因で不妊になることはありません。

- ・核医学検査の流れ

検査予約：核医学検査はすべて予約制です。放射性医薬品には物理的半減期などにより、検査日当日限りの有効期限のものがほとんどです。投与日と撮像日が異なる検査や撮像日が複数にわたる検査もありますので、説明文書をよく読んでください。

前処置：核医学検査、核医学治療では放射性医薬品を用いることから、影響を与えないよう前処置が必要な検査がありますのでご注意ください。前処置が守られない核医学検査では診断能の低下、核医学治療では治療効果の低減となります。

投与：ほとんどの核医学検査では静脈注射で放射性医薬品が投与されます。他には経口や皮下注射で投与される核医学検査もあります。

撮像：放射性医薬品の種類により投与と同時に撮像を行う検査から投与

10 日後に撮像を行う検査があります。また、撮像するタイミングが複数ある検査もありますので説明文書を確認して下さい。多くの撮像は長時間（20 分以上）の体位保持が必要になりますので、身体の痛みが強いなどの患者さんは予約の際に主治医にお知らせください。