

FDG-PET がん検診ガイドライン

第3版

日本核医学会
日本核医学会 PET 核医学分科会
編

2004年11月	初版
2007年11月3日	第2版
2011年5月6日	第2版小改定
2019年6月3日	第3版

FDG-PET がん検診ガイドライン 2019

ガイドライン作成メンバー

PET 核医学分科会 PET がん検診ワーキンググループ

座長：陣之内正史

委員：宇野 公一，川本 雅美，千田 道雄*，塚本江利子，

田所 匡典，寺内 隆司，中島 留美，西澤 貞彦，

南本 亮吾，吉田 毅

*原案作成に参画、利益相反管理基準に従って承認作業には携わっていない

本ガイドライン利用時の注意点

本ガイドラインは FDG による PET がん検診※を実施している施設の医師やスタッフらに対して、検診を実施する上で考慮すべき事項を述べたものであるが、下記の 2 点にとくに注意してほしい。

※PET がん検診とは、無症候の人に対するがん早期発見を目的とする FDG による PET 検査 (PET/CT、PET/MRI を含む、以下同じ) をいい、通常他のがん検診を併用して行われる。

(1) 併用検査に関する詳細は各検査についての文献や指針を参考にすること。

PET は一度に多くの種類のがんを発見でき、一般にがんの早期発見に少なくともある程度は役立つと期待されるが、他方 PET がほとんど役に立たない種類のがんもあるため、がん検診に PET を用いる場合は他の検査を併用する「総合がん検診」が望ましい。したがって、本ガイドラインでも、PET がん検診に併用すべき検査を挙げて、その特徴、方法、有効性がある程度述べてある。

しかし、本ガイドラインは、あくまで PET がん検診について PET の専門家らが策定したものであって、いわゆる総合がん検診のガイドラインではない。併用検査すべてについてそれぞれの指針を述べることは本ガイドラインの目的ではない。PET がん検診に併用される検査は、それぞれに歴史があり専門家がいて、装置や方法が開発され改良されて、臨床データも蓄積されている。肺がん CT 検診のように、学会レベルで標準化とガイドラインの策定が行われているものもある。したがって、併用検査に関する詳細はそれぞれの専門家や学会が発表している文献やガイドライン等を参考にし、実施する場合はその分野の専門家とよく相談して実施することを勧める。各併用検査に関する文献等は必要に応じて本ガイドライン中に引用してあるので参考にしてほしい。

(2) PET がん検診の有効性に関するエビデンスは不十分であること。

PET がん検診の有効性、すなわちどのがんがどれくらいの精度で発見され、それによって生存年数や QOL がどれくらい延長するかに関しては、十分な臨床データが無くエビデンスが不十分である。一般にがん検診のエビデンスを出すことは容易ではなく、現在普及している他のがん検診でも、十分なエビデンス無しに実施されているものが少なくない。しかしながら、PET ががんの早期発見に役立つことがあり、また高額な料金を払って受診する人がいることも事実である。したがって、本ガイドライン中にも詳述してあるが、PET がん検診を実施するときは、受診者に対してその限界をよく説明した上で適切な方法で実施するとともに、エビデンスを出すための追跡調査など臨床データの蓄積に努めなければならない。

本ガイドラインは、PET がん検診が有効であるというエビデンスが得られたから策定されたのではない。十分なエビデンスの無い状態で実施するためにはどのような点に注意を払うべきかという指針を示すことによって、PET がん検診の健全な発展を促すために策定されたものであることを忘れないでほしい。

項 目

1. はじめに
2. ガイドラインの目的と対象、構成
3. 検査対象
4. 情報公開
5. インフォームド・コンセント
6. 検診間隔
7. 個人情報
8. 整備すべき機器、設備、料金と費用
9. 検査項目
 - 9-1) 問診および診察
 - 9-2) 血液・尿・便・血液生化学検査など
 - 9-3) FDG-PET 検査
 - 9-4) 超音波検査
 - 9-5) CT および PET/CT 検査
 - 9-6) MRI および PET/MRI 検査
 - 9-7) その他の検査
10. 集計・精度管理とデータ蓄積
11. 読影医の基準
12. 発見される代表的な腫瘍とその対策
 - 12-1) 頭頸部癌
 - 12-2) 消化管癌（食道・胃・大腸）
 - 12-3) 肺癌
 - 12-4) 乳癌
 - 12-5) 肝臓癌
 - 12-6) 膵臓癌
 - 12-7) 前立腺癌
 - 12-8) 卵巣癌
 - 12-9) 子宮癌
 - 12-10) 悪性リンパ腫
 - 12-11) 泌尿器癌（腎臓・膀胱）
13. 被曝管理について
14. おわりに
15. 改廃記録
16. 文献

1. はじめに

PETを用いたがん検診は1994年からわが国で始まったもので、世界的にもユニークな試みである。近年、健康、とりわけがんに関する国民の関心が高く、自分の健康は自分で護るという意識が高まりつつある。このような背景のもとに、PETを用いたがん検診が注目を集めており、2000年以降、全国でPETを中心にした検診センターが普及して来た。PETを用いたがん検診は、無症候の人を対象にFDG-PETによる画像検査を主検査とする一連の検査により、無症候のがんを発見し、それらを早期のうちに出来るだけ非侵襲的に治療することにより患者のQOLの確保と死亡率の減少を目的とする。この事が達成されれば、これは取りも直さず国の医療費の削減に通ずるものであると考えられた。しかし、2004年の時点では、その有効性に関する科学的データは蓄積されておらず、この検診方法の有効性を確立することが急務であった。そこで、臨床PET推進協議会のPET検診分科会では、PETを用いたがん検診の検査水準を維持し、その健全な発展を推進し、その有効性を証明することを目指して、本ガイドラインを日本核医学会の監修の基に作成した。その後、PET/CTの普及は目覚しく、PET検診施設も著しく増加したので、2005年度全国調査のデータを基に改訂して2007年度版を作成した。次いで、臨床PET推進会議の日本核医学会PET核医学分科会への統合、PETを用いたがん検診の調査方法の変更により、軽微な修正を加え2011年度版として更新した。

この間、本ガイドラインに基づき、2005年から2009年の5年間、PETがん検診に関する全国アンケート調査を行った。このたびこの調査の解析がすべて終了し論文化されたので、これまでに得られた知見を加えて、本ガイドラインを改訂した。また、いくつかのがんに関して読影と要精査判定の基準を発表したので、その点を盛り込んだ。さらに、PET/MRIについても新たに追加した。

尚、米国核医学会 (Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, SNMMI) が2012年に「Five Things Physicians and Patients Should Question in the Choosing Wisely Campaign」の1つにとりあげ、PETがん検診に否定的見解を示したが、日本核医学会がわが国におけるFDG-PETがん検診の実績とガイドラインによる品質管理を示した結果、SNMMIより彼らの見解は米国(の医療事情)に限定したものであるとの回答を得た。さらに2015年のSNMMI年次大会にて、日本核医学会が教育セッション(Continuing Education)「Cancer screening using FDG-PET」を企画してわが国のFDG-PETがん検診を紹介し、外国でも一定の評価が得られていることをつけ加えておく。

2. 本ガイドラインの目的と対象、構成

本ガイドラインはFDG-PETを用いたがん検診の検査水準を維持すること、およびその有効

性を評価することを目的として、全国のPET検診施設を対象に現時点における知見に基づき推奨される指針を示した。推奨される各項目には、その根拠を参考文献をつけて記載した。

3. 検診対象

- 3-1) FDG-PETがん検診の積極的な対象は中・高年者(特に50歳以上)が望ましい。全国調査の結果では、年代別のがん発見率は10-39歳(0.40%)、40-49歳(0.76%)、50-59歳(1.07%)、60-69歳(1.49%)、70-79歳(2.57%)であり、50、60代の受診者が全体の65%を占め、50歳以上の受診推奨を裏づける。ただし、遺伝的に高い発がんリスクを有する者はこの限りではない。
- 3-2) がんの家族歴、喫煙などの危険因子を有するハイリスク群に重点的に受診を勧める。
- 3-3) この検診は費用を全額自己負担する人間ドックの形態をとるが、健保組合や共済組合などの保険者や地方自治体との契約は、がん検診についての十分な理解を得て行う。

4. 情報公開

各実施医療機関はホームページなどを利用して PET がん検診の内容を公表することが望まれる。

公表項目としては、検診システムの概要、検査項目、料金、医療機器、担当スタッフ、ガイドライン準拠の程度、要精査の際の紹介方法、および実績として受診者数、異常所見の発見率(要精査率)、などである。

がんの発見率を公表する場合には、がん発見率は検診の精度よりもむしろ受診者の有病率を反映することを付記すること。また、がん発見率のうち、PETで発見された群、PET以外の検査で発見された群、および両方で発見された群、の内訳を付記することが望ましい。

効果に関する誇張広告は慎むべきである。たとえば、「数ミリのがんが発見されることがある」というような宣伝をする場合は、大きさだけが PET での描出を決める因子でないことを述べて、「数センチのがんでも発見されないことがある」ということを付記するのが望ましい。

5. インフォームド・コンセント

受診時、本検診の目的・効果・意義・限界について対面により適切に説明し、インフォームド・コンセントを得ることが必要である。

主な説明内容は以下のとおりであるが、これらを説明文書として用意しておくことが望ましい。

- ① PET がん検診の目的と意義
- ② 検査の内容とリスク（被曝線量とそのリスクを含む）
- ③ 発見されうる異常（がん、生理的集積、炎症など）と正診率（偽陽性、偽陰性について）

受診結果の説明に際して検査結果の説明は原則として本人に限る。以下のそれぞれのケースに対応して、適切な結果説明とその後の対応を行う。

- (1) 異常が検出されなかった場合、偽陰性の可能性についても説明する。検診間隔については当面、その施設の方針による。
- (2) 異常（生理的集積、説明のつくがん以外の集積を除く）が検出された場合、精密検査の必要性を説明し、自施設で精密検査を行うか、あるいは他医療機関に適切な紹介を行う。
- (3) 再受診、フォローアップの必要性、など

6. 検診間隔

検診間隔について、現時点で明らかなエビデンスは確立していない。適切な検診間隔を決定するためには、経年受診者のがん発見率推移のデータが不可欠である。要請に応じて日本核医学会PET核医学分科会に情報提供を行う。最終的には性別の死亡リスクや余命の観点から決定する必要がある。

全国調査の結果では経年受診率は約 25%であった。

参考： 施設によっては1年に1回ごとの検診が必要であるという結果が得られているところがある。また、初回は、FDG-PETを含めたすべてのモダリティを受けていただき、翌年はPETのみといった受診方法をとっている所もある。1年に1回の検診を2年連続して奨め、以後は2-5年に1回を勧奨するという方法もある。また、消化管内視鏡検査とPET検診を1年おきに交互に行うと相補的となるので、一策である。

7. 個人情報

7-1) 個人識別情報

- (1) 受診者番号、氏名（漢字、よみがな）、性別、生年月日、住所、電話番号、勤務先
- (2) 受診者の取り違え防止
- (3) 追跡調査を可能にするシステムの採用

7-2) 個人情報保護

- (1) 個人情報保護管理者の設定
- (2) 個人情報管理室の設定
- (3) インターネット等の不用意な使用による個人情報転送の禁止
- (4) 個人情報入手の際の、利用目的のインフォームドコンセントの取得

8. 整備すべき機器、設備、料金と費用

8-1) 整備すべき機器、設備

- (1) PET/CT装置 (PET/MRIを含む)
- (2) CT装置 (胸部に関しては整備すべき)
- (3) MRI装置は整備すべき
- (4) 超音波装置は整備すべき
- (5) 血液生化学検査システム(外注でも可)
- (6) がん検診専用診療録
- (7) インフォームド・コンセント用の部屋
- (8) 薬剤投与のための部屋 (陽電子診療室)、自動注入器
- (9) がん検診受診者の陽電子待機室
- (10) その他 (内視鏡検査設備があればさらに望ましい)

8-2) 料金と費用

- (1) 自由診療であるPETがん検診の費用の設定は各実施医療機関が独自に設定すべきものであるが、より多くの受診者に実施し同時に医療機関の経営負担にならないように設定すべきである。したがって、原則的に一般診療における社会保険診療報酬と同じ程度に設定するのが妥当であろう。
- (2) 混合診療や違法診療にならないような注意が必要である。

9. 検査項目

9-1) 問診および診察

- (1) 自覚症状、既往歴 (がんの既往、手術歴)、検診受診歴、がんの家族歴、糖尿病、生活歴、飲酒喫煙などの嗜好歴を含む問診を行う。また、検査前絶食の確認、薬剤使用歴、当日の服薬状況等を確認する。
- (2) 受診時に妊娠の有無を確認し、妊娠の可能性があるときは検査を中止する。授乳中の女性受診者の場合、検査を行わないことが好ましい。敢えて行う場合

は授乳中止期間を24時間とし、投与後12時間は乳幼児との密接な接触を避けるように指導する事が好ましいが、はっきりした確証はない。

(3) 身長、体重、BMI、血圧、脈拍等の測定

9-2) 血液・尿・便・血液生化学検査など

A. 一般検査：

(1) 一般末梢血検査：白血球、赤血球、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血小板

(2) 血液生化学一般検査：総蛋白、アルブミン、総コレステロール、HDLコレステロール、血糖、HbA1c、尿酸、BUN、クレアチニン、CRP、H.ピロリ菌抗体、ペプシノゲン

(3) 尿・便検査

B. 腫瘍マーカー：CEA、AFP、PSA、CA125、CA15-3、CA19-9、NCC-ST-439、SCC、シフラなど

C. 喀痰細胞診、子宮頸部細胞診など

9-3) FDG-PET検査

従事者の被曝を防ぐために、FDG-PET検査は、超音波等諸検査の後に行なうことが望ましい。

FDG薬剤：FDGの合成および品質規格については、日本核医学会の定めた基準に従うこと。

PET装置：PET/CT、PET/MRIなどの専用カメラが必要である。これらの装置の性能・定量性維持のための点検については、日本核医学会の定めたガイドラインに従うこと。

手 技：

前処置：最低4時間の絶食とするが、水分摂取は寧ろ好ましい。FDG注射後、一定量の水を飲用させることは、画質向上と被曝低減の点で利点があるとされている。ただし、腎機能低下がある場合は水分負荷しない。血糖値は150mg/dl以下を原則とする。200mg/dl以上では画質の劣化により診断能が低下する可能性があるため、場合によっては検査中止の判断も必要である。FDG投与後最低30分は安静にし、リラックスにさせてから撮像する。また会話や咀嚼を避ける。

FDGの投与量：3.7 MBq/kgを標準とするが、使用する装置の種類と性能により最適な投与量を決定する。

エミッション撮像：FDG投与60分後より全身あるいは頸部から大腿起始部まで撮像を開始する、直前に排尿を促す。撮像方法として2D収集と3D収集があるが、どちらを用いるかは、各施設の決定にゆだねられるものとする。撮像時間は、良質な画像が得られるように設定すべきである。吸収補正は、実施することが望ましい。FDG投与後2時間の後期像を行うことにより偽陽性例が減り、診断精度が向

上するという報告がある。

画像再構成：逐次近似法を用いることが望ましいが、フィルタードバックプロジェクション法も可とする。吸収補正はSAC(Segmented Attenuation Correction)を用いる装置が多い。

9-4) 超音波検査

対象： 表在臓器（乳腺および甲状腺）、上腹部（肝、胆、膵、脾、腎）、消化管、骨盤内臓器（膀胱、前立腺、子宮、卵巣）

目的： FDG-PET陰性がんの検出、FDG-PET陽性所見の補助診断（部位診断、質的診断）。ただし、超音波検査は客観性に乏しく、部位診断としての有用性は高くない。

装置： 一般的に普及している機種で問題ないが、表在臓器の観察に用いる高周波プローブ（7.5～10MHz以上）を有することが条件である。また、カラードップラー機能を有することが望ましい。常に、適切な画質調整（ゲインやフォーカスの設定）を心がける。超音波診断装置は使用頻度の高い検診施設では劣化が早いので、適切な画質が維持されていることを常に確認する。老朽化した装置やアーチファクトを生じるような不良プローブを用いてはならない。

手技： 超音波検査に熟練した医師か検査技師、放射線技師が行う。目的とする臓器に応じて、適切な前処置、体位、プローブの選択が必要となる。表在臓器においては高周波プローブを用い、甲状腺の観察には頸部を伸展した状態で、乳腺の観察には検査側の方を高くし、乳房を水平とした状態で施行する。上腹部臓器の検査は胆嚢の収縮や消化管ガスの存在が検査精度低下の原因となりうるため、絶食下に行うことが基本となる。FDG-PET検査は絶食下で行われるため、その直前に超音波を施行するのが効率的である。胃や膵の観察においては飲水させることにより、描出能の向上が期待できる。骨盤内臓器の観察は膀胱の充満程度により、検査精度が大きく左右される。特に、骨盤部MRIを施行しない場合は膀胱を充満した状態での詳細な観察が必要となる。

診断： 検査手技が検査技師、放射線技師によって行われた場合、診断医によって、所見のダブルチェックを行う。医師から術者へのフィードバックを積極的に行い、検査精度の向上を目指す。

9-5) CTおよびPET/CT検査

A. CT検査

対象： 頸部、胸部、腹部、骨盤部

但し、PET/CTを導入している場合は、胸部のみを別に追加して撮影した場合を併用検査として扱う。

目的：FDG-PET 陰性がんの検出、FDG-PET 陽性所見の補助診断（部位診断、質的診断）。

FDG-PET 陰性がんの検出や FDG-PET 陽性所見の質的診断という目的において、肺病変を除けば、CT の有用性は高くない。上腹部や骨盤部においては超音波検査や MRI が勝る。被曝低減の観点からは、腹部の補助診断には超音波検査、MRI への移行が望まれる。特に妊娠可能年齢の女性に対する骨盤部 CT はできるだけ控えるべきで、受診時に妊娠の有無についての問診を行っておくことが重要である。

装置：検診受診者の負担および、所見の再現性、検診効率などから高速撮像が可能な機種、具体的には呼吸停止下に全肺野の撮像可能なヘリカル CT あるいは同等以上の高速性を有するものであることが望ましい。

PET/CT を導入している場合は、搭載されている CT 部分を使用して併用検査としての深吸気呼吸停止下の胸部 CT 撮影を行うことができる。

撮像法：スライス厚 10mm 以下、間隔 10mm 以下とする。MDCT では、広範囲を薄いスライスで撮像することが可能で、任意の MPR 画像を用いた PET 画像とのフュージョン画像を得ることができる。また、仮想内視鏡（前処置が必要）の撮像に適するといったメリットがある。なお、診断に支障のない範囲で線量を抑え、被曝線量の低減に努める必要がある。

低線量 CT による肺がん検診（低線量 CT 肺がん検診）を行う際の撮影条件は、肺癌取扱い規約（2017 年 1 月発刊 改訂第 8 版）において、管電圧は原則 120 kVp、管電流は 20～50mA、管球回転速度は 0.5～1.0、ピッチファクタは、4 列スライス CT では 1.5～2.0、16 列以上のマルチスライス CT では 0.9 が標準的であるが、使用する各施設の CT 装置において、CT の線量指標（CTDIvol）が標準体型の被検者で 2.5mGy 以下の低線量となるように調整する必要がある、とされている。また、画像再構成条件は、低線量 CT では径 5mm を超える程度の結節の検出を目標としているので、再構成スライス厚 5mm 以下、再構成間隔 5mm 以下が望ましい。マルチスライス CT では、必要に応じて 3mm 以下の薄いスライス厚の再構成画像を作成することが可能である。

なお、いかなる機種を用いる場合でも、CT はデジタル画像なので、比較的安定した画像を常に得られるものと思われがちであるが、撮影の際のポジショニング、吸気の深さ、撮像条件、画像再構成間隔やその関数、表示する際のウィンドウ条件、画像観察装置等により、画質は大きく変動することを知っておく必要がある。CT 画像の画質と線量は、一般的にトレードオフの関係にあるので、一般 CT 検査よりさらに適正かつ慎重な撮影条件の設定が必要となる。「胸部検診用 MDCT 撮影マニュアル」が、日本 CT 検診学会のホームページ（<https://www.jscts.org/>）に掲載

されており、ダウンロードできるので、詳細に関してはそちらを参照し、高品質な胸部 CT 検診を実施することが重要である（同ガイドライン肺癌の項も参照）。最近の CT 装置では、ノイズを大幅に低減する画像再構成法として逐次近似（応用）画像再構成法があり、低線量撮影でもノイズの少ない画像が得られるようになってきているが、各施設において至適撮影条件、画像再構成条件などを十分に検討することが重要である。

ペースメーカー、植込み型除細動器（ICD）の装着者：機種により胸部 CT の施行が禁止されているものがあるので検査前に機種を確認すべきである。

造影剤：一般的に、診断能向上のベネフィットが副作用のリスクを上回る場合に限り、用いられるべきであるが、特定のハイリスクグループを対象とする場合（肝癌におけるウイルス性肝炎など）を除いて有用性は知られておらず、一般（無症候者）対象のがん検診には使用すべきでない。特に、救急医療の体制が整備されていない施設では、安易に使用してはならない。

（PET/CT の項と同様で、CT 用の造影剤については、検診の場合には経静脈性造影剤は用いない。消化管の陰性造影剤は適宜使用してかまわない。）

B. PET/CT検査について

ここでは PET/CT 装置を用いて PET/CT 検査、すなわち PET+CT+融合画像検査を行う場合について述べる。PET/CT 装置の CT 部分だけを用いて行う検査は、たとえば肺の CT 検査は肺癌の早期発見に有効であり、PET がん検診の併用検査として勧められるが、ここでは触れない。該当するがんの検診のところを参照されたい。

以下、検診に PET/CT を使用する場合の注意点について述べる。

（1）PET/CT撮像範囲、体位、上肢の位置

撮像範囲：PET と同様大腿上部から頭頂部とする。

体位：背臥位。

上肢の位置については、挙上したほうが被曝も少なく、体幹部の CT 画質も良い。しかし、腕の固定が難しく、また 20 分以上の挙上は苦痛を伴うことが多い。現実的ではないため、個別で対応するものとする。

上肢を下げた場合の位置は、下腹部で交叉させる。上腕骨、前腕骨が脊椎と平行にならず、骨のアーチファクトが少ない。

（2）CT撮像条件、呼吸状態、造影剤

PET/CT の CT 撮像条件としては、使用目的と電流（すなわち被曝）の多少によって、

- ① 吸収補正のみで CT 画像を用いないレベル（ごく低線量）、
- ② PET 読影の参照画像や融合画像として用いるレベル（低線量ないし中線量）、

③ 通常の CT 画像診断レベル（高線量）、
の 3 段階に分けられる。

検診に PET/CT を用いる場合には、②の条件による PET/CT は PET 画像だけの場合よりも感度や陽性適中率などが優れることを示唆するデータがあるので、通常は②の条件が望ましい。しかし、若年者などとくに被曝が問題になる場合や、併用検査によって全身の画像診断がよくカバーされている場合（たとえば、胸腹部 CT と頸部骨盤部 MRI を別途撮影する場合）には①の条件が望ましいこともある。なお、②の条件でも、検診では患者と異なりなるべく電流を低めに設定して被曝線量を下げるべきである。また、各施設にて、検診用の PET/CT の CT 撮像条件を決め、メーカーの協力を得て被曝線量を推定または測定しておくことが望ましい。

ただ、②を選択しても下記のように呼吸状態によっては肺野の条件が不良で、肺だけは別に吸気時の撮影を追加する場合もある（これは PET/CT 装置の CT 部分を使って併用検査としての肺 CT を行ったというべきで、総合がん検診のひとつの形である）。

CT 撮影時の呼吸については、PET 画像との横隔膜の位置を合わせる為には、呼気停止が望ましい。しかし、個人差があり呼吸の停止を指示した場合には吸気して止める人も多いため、事前に練習させておく必要がある。呼気停止が難しい場合には、浅い安静呼吸とする。

胸部 CT の施行が禁止されているペースメーカー等装着者は胸部のみ吸収補正を行わない。

CT 用の造影剤については、検診の場合には経静脈性造影剤は用いない。

消化管の陰性造影剤は適宜使用してかまわない。ただし、PET/CT 撮影直前に水を飲用させると、CT と PET 撮影時の胃の膨らみ具合が異なり、位置ずれを起こす原因となるので、注意すべきである。また、消化管の陽性造影剤とくにバリウムは、CT 画像でアーチファクトを起こし、PET では吸収の過補正により偽陽性像の原因ともなりうる。消化管造影検査は、PET/CT 検査の前は避けるべきである。

（3） 融合画像作成とアーチファクト

PET/CT 装置標準の画像融合ソフトウェアを用いる。複数の機種がある場合には汎用のソフトウェアで統一すると、診断が簡便となる。

融合する PET 画像は SUV 換算画像が望ましい。画像表示は、MIP 画像と横断、冠状断、矢状断の 3 断面の同時あるいは任意断面を表示させる。

PET/CT 特有のアーチファクトとして、以下があげられる。

① 金属、造影剤アーチファクト：吸収の過補正により起きる偽陽性像（異常集積）

歯冠、ペースメーカー、ICD、動注用ポートなどの金属および消化管造影剤のバリウム。最近の PET/CT では再構成ソフトの改善および補正により、このアーチファクトは少なくなった。

② 呼吸によるずれ：CT と PET 撮影時の横隔膜の位置ずれによる現象

これには2点、注意が必要となる。まず、CT 画像と PET 画像の位置ずれである。多いのは横隔膜付近の上下に異常集積がある場合に、CT 画像の病変と PET の集積が数スライスずれて描出される。

次に、吸収補正マップのずれによるアーチファクトで、CT 撮影時に横隔膜が下がって起きる場合が多い。肝臓の上に低吸収ゾーンが出来る、肝臓が上下に短く描出される、肝内病変が描出されなくなるといった現象が起きる。また、こうした場合には SUV も正確でなくなる。

このようなアーチファクトが見られた場合には、吸収補正なしの PET 画像が参考となる。

(4) 読影法

PET 単独と CT 単独をそれぞれ独立して読影、その後融合画像を読影の順が望ましい。最初から融合画像を読影すると、単独画像でのみ指摘しうる病変を見逃す可能性がある。また、融合画像のみで指摘可能な病変もあるので、少なくとも横断融合画像を頭部から大腿部までレビューすべきである。

見逃さないコツは、自分なりの手順を決めて各臓器をチェックすることである。

(5) 被曝

PET/CT は、PET に比べ CT 撮影が加わるため、被曝線量が多くなる。機種にもよるが CT による被曝は、吸収補正条件では～2mSv 程度、融合画像条件では～12mSv 程度である。

メーカーの協力を得て、自施設のがん検診の PET/CT 撮像条件での被曝線量を知り、さらにその線量でのリスクを文献などで調べておく必要がある。

受診者には、被曝線量とメリット・デメリットについてよく説明し、納得のうえで検査をうけてもらう必要がある。

(6) その他

がん検診における PET/CT の意義をまとめると次のようなことが言える。

PET カメラに比べて、①検査時間が短縮、②異常集積があった場合に部位の同定が容易（生理的集積を病変の疑いとして指摘することが減少し陽性適中率が増加）、③FDG 集積が無いか淡い、もしくは生理的集積を区別できない集積に対して CT による形態的異常所見を併用することでがん疑い病変を指摘できること（感度や発見率が増加）、④

それらによって後期像の必要性が減少、といった利点があることである。

また、PET と PET/CT がある施設では、PET/CT を後期像に用いると有用性が高い。

9-6) MRIおよびPET/MRI検査

A. MRI 検査

対象： 上腹部、骨盤内臓器（膀胱、前立腺、子宮、卵巣）※広範囲（全身）

目的： FDG-PET陰性がんの検出、FDG-PET陽性所見の補助診断（部位診断、質的診断）。

特に骨盤部において、有用性が高いと考えられる。

装置： 静磁場強度1.0T以上の高磁場装置で、phased-array coilを使用できるものが望ましい。

撮像法：スライス厚は5mm程度が一般的である。骨盤部の撮像は高速SE法によるT2強調像を基本とし、T1強調像及び脂肪抑制法を適宜組み合わせる。なお、脂肪抑制法は選択的脂肪抑制法が望ましい。以下に基本的プロトコールの例を示す。

(1) 女性骨盤:T2強調矢状断像、T2強調横断像、(T2強調冠状断像)、T1強調横断像、脂肪抑制 T1強調横断像

(2) 男性骨盤:T2強調横断像、T2強調矢状断像、T2強調冠状断像、T1強調横断像
(付記)

※ 広範囲（全身）拡散強調背景信号抑制法：Diffusion-weighted Whole body Imaging with Background body signal suppression (DWIBS)

特殊な撮像法として、近年本邦で開発された DWIBS 法による全身拡散強調画像が注目されている。脂肪抑制として STIR 法を用い、T2 強調像・T1 強調像と併せて撮像する。リンパ節の描出が非特異的であるため初回診断には限界があるが、悪性腫瘍の経過観察（繰り返し検査）にとくに優れる。最近では骨転移診断における骨シンチに対する有用性が注目されている。FDG-PET との比較では FDG 排泄経路である尿路系病変や FDG 生理的集積との鑑別が難しい腸管病変の検出に優れると考えられる。

造影剤：ヨード造影剤ほどの副作用頻度はないが、がん検診に用いる明確なメリットはなく、基本的には使用すべきでない。

B. PET/MRI 検査

PET/MRI は、PET/CT に次ぐ新たな複合画像診断機器として開発され、国内でも 3 社が医療機器としての認証を取得し、販売を行っている。PET/MRI には大きく分けて 2 種類の装置があり、一つは PET と MRI で撮影部が分離独立しているが、一つの検査ベッドを共用して、同一断面の撮影を受診者が装置を離れることなく行えるタイプで、分離型 PET/MRI と呼ぶこととする。他の一つは、MRI 装置のガントリー内に、強磁場下でも作動

する、新設計の PET 撮影ユニットを内挿したタイプであり、MRI 撮影と PET 撮影を全く同時に行えることが特徴で、統合型 PET/MRI と呼ぶこととする。ここでは、現在主流となっている統合型 PET/MRI 装置を用いた PET/MRI 検査につき述べる。

FDG-PET がん検診として、全身（頭部または頸部から骨盤部まで）のスクリーニングを目的とした PET/MRI の利用について述べる。乳腺、骨盤部、頭部などを個別に目的とした PET 検診、あるいは PET/CT に併用した、部分的な PET/MRI 運用も考えられるが、多岐となるため、ここでは省略する。

（1）検査前の注意事項

PET/MRI 撮影では、MRI の禁忌事項がすべて適用される。心臓ペースメーカー、ICD 装着者や MRI 非対応の体内金属、体内医療具を有する受診者などの PET/MRI 撮影は禁忌である。また、MRI 対応金属であっても、各種ステントや歯科インプラントなど、治療後短期間しか経過していない場合は、発熱等による生着不良を招く可能性もあるとされており、施術医に確認し、安定化するまでの期間を設けることが推奨される。

また、市販の PET/MRI 装置はいずれも磁場強度が 3T であり、1.5T 以下での安全性が保障されていても、3T で安全でなければならない。

なお、現在、MRI 対応のペースメーカーや ICD が使用される場合も多くあるが、受診者の多くや、一部の医療関係者も「MRI 対応」に関して誤解している場合があるので、注意が必要である。「MRI 対応」とは、例えば、ペースメーカー・ICD 装着者が脳疾患などを合併し、診療上の理由から、MRI 撮影が必須となった際に、循環器専門医監視下において、特別にペースメーカー・ICD 装置の設定を一時的に変更して対応できるとされているものであり、適切な対応を取らずに、PET/MRI 装置に近づけば、誤動作する可能性が高く、重大な医療事故となりうる。したがって、MRI 対応、非対応にかかわらず、ペースメーカー・ICD 装着者の検診 PET/MRI 撮影は禁忌である。

また、閉所恐怖症や強い磁場酔いのため、3T-MRI 装置での撮影困難な被験者は、PET/MRI の撮影はできない。MRI 検査のみであれば、直前または開始直後に中止するだけで良いが、PET/MRI では撮影に先立ち、すでに放射性医薬品 ^{18}F -FDG が投与されているため、検査が中止になると、被験者は被曝だけはするが、全く検査画像を得られない結果となりえる。よって、事前にしっかりと問診を行い、PET/MRI 装置での検査が可能であることを十分に確認する必要がある。統合型 PET/MRI 装置では、MRI ガントリーの内側に PET ユニットが装着されているため、最新の MRI 装置よりも、ガントリーが狭くなっており、過去に MRI 撮影が可能であった受診者でも、PET/MRI 装置に入れない場合があるため、注意が必要である。検査が行えないことが直前に判明した際に、代替として PET 検査を行うための PET/CT 装置または PET 単独装置を施設内に別途所有

しておれば、対応可能である。

(2) PET/MRI 撮影範囲、体位、上肢の位置

撮影範囲：PET と同様に大腿上部から頭頂部とする。

体位：背臥位。上肢の位置は下げて撮影する。PET/MRI では骨によるアーチファクトは生じないため、挙上する利点はない。また、下げた上肢の位置も、PET/CT で推奨されている下腹部での交叉は行ってはいけない。MRI 撮影時に高周波電流ループが発生し、熱傷を生じる危険性が高い。

(3) PET 撮影方法

PET 撮影は、MRI 撮影と同時に行うのが基本であるが、いずれかの撮影時間が長くなる場合がある。標準の FDG 投与量では、各ベッドポジションで 2 分～3 分の収集時間とする。上下の断面は感度が悪いため、数 cm 程度重なるようにして、全身を 4～6 ベッドポジションで撮影する。

(4) MRI 撮影方法

MRI 撮影は使用目的によって大きく 3 種類に分けられる。

- 1) 減弱補正（吸収補正）を目的とした「減弱補正用 MRI 撮影」
- 2) 解剖学的位置同定と融合画像作成のみを目的とした「融合用 MRI 撮影」
- 3) 通常の MRI 画像診断と同等の「診断用 MRI 撮影」

以下、各々、概説する。

1) 減弱補正用 MRI 撮影

Dixon 法などを用い、同時撮影される複数の高速撮影シーケンスの MRI 画像から PET 用の減弱補正画像（MR-AC 画像）を作成する。CT 画像から作成される減弱補正画像（CT-AC 画像）とは異なり、光子の減弱を直接計測できないため、MRI 画像から組織を 3 種または 4 種程度に区分し、あらかじめ定めた減弱係数を適用する segmentation 法が用いられる。CT-AC で使用される segmentation 法とは異なり、MRI 画像のみでは、骨を正確に描出できないため、脂肪～軟部組織に割り振られて減弱補正が行われる場合が多い。頭部領域の骨の推定については、標準頭部画像を被験者に合わせて非線形変換を行って推定する atlas-based 法も使用することが可能であり、一部のメーカーでは、躯幹部においても atlas-based 法による骨推定を行う手法が採用されている。更なる骨の推定については、頭部領域で開発が進んでおり、ultra-short TE/zero TE MRI を別に撮像し、その T2*減衰やプロトン密度から骨を推定する方法が新しく開発され、一部メーカーでは、最新のオプションソフトウェアとしてリリースされた。より正確に減弱補正が行える方法として期待されている。

撮影条件および減弱補正画像作成法は装置メーカーごとに異なり、また、詳細は公開されていない部分が多い。撮影断面も各装置メーカーにより異なり、横断像または冠状断像が用いられる。肩・上肢などが視野外とならないよう、大視野で撮影する。作成された MR-AC 画像は、金属等による大きな歪みや、部分的な白黒反転など、目視でも容易に確認できるような不良画像を生じることがあるため、減弱補正を行う前に、確認することが望ましい。不良画像の場合は、減弱補正を行わない画像も追加再構成して診断に用いる。

一部のメーカーでは光子到達時間差を組み入れた **time-of-flight** 画像再構成が可能であり、これにより減弱補正エラーをある程度、補償出来る事が知られている。装備されている場合は、標準的に使用することが推奨される。

2) 融合用 MRI 撮影

解剖学的位置同定、融合画像作成に用いる画像には、高速撮影の脂肪抑制 T1 強調画像を用いると良い。解剖学的構造が把握しやすい撮影方法であることと、FDG 集積部の視認性が良いことが主たる理由である。融合画像では、白黒の MRI 画像に、カラーの PET 画像を重ね合わせるが、MRI で高信号、すなわち白色表示される部位では、融合したカラーPET 画像の発色が不明瞭となり、融合画像において、FDG 集積部の視認性が不良となる。全体として信号強度が低く、白色表示部が少ない画像が推奨される。

撮影時の呼吸は、下胸部～上腹部を撮影する際に、呼気位での呼吸停止撮影を行うと、PET 画像との位置ずれが少なくなり、良好な融合画像が得られやすい。

3) 診断用 MRI 撮影

単独でも診断に使用する MRI 画像は、通常各臓器、疾患に適した MRI 撮影方法が望ましい。しかし、通常は全身スクリーニングとしてがん検診を行う場合が大部分であり、がんの臓器別頻度や悪性度を考慮し、目的とする臓器を絞り込んで撮影する必要がある。

特定の目的臓器を複数のパルスシーケンス、複数の断面像で撮影し、病変の質的診断や解剖学的な位置情報を得られるのが、MRI 画像の大きな特性であり、この特性を十分に考慮した、臓器選別、撮影方法選択が必要と考えられる。すべてのシーケンス、すべての断面像で MRI 画像と PET 融合画像を作成することは可能であるが、ルーチンですべて作成するのは、業務量増大、画像数が膨大となり、現実的ではない。女性骨盤の矢状断 MRI 画像など、診断用 MRI でも有用性が高い画像のみを選択して、診断用 MRI と PET 画像の融合画像を作成するのが良い。

また、体軸方向に広範囲な冠状断、矢状断画像を撮影する場合、PET 収集前、ま

たは後に、コイルの付け替えを行い、撮影中心を移動させて対応する場合もある。

全身をスクリーニング的に撮影する MRI 画像としては、前出の全身拡散強調像 (DWIBS) があるが、全身 PET 像と DWIBS を同時に撮影することも可能であり、複数の視点から、病変検出、質的診断が可能となり、大変有用な方法と考えられる。一方で、市販されている PET/MRI 装置はいずれも磁場強度 3T であり、アーチファクトや位置ずれ、歪みの少ない DWIBS 画像をルーチンで精度良く撮影するには多くの課題がある。また、PET に加え、MRI でも大量の画像枚数となり、画像診断や画像保管においても、新たな問題が生じうる。施設の方針に応じて、検討すべき撮影方法である。

最後に、通常の MRI 撮影で頻用される FSE 法等による T1 強調画像、T2 強調画像などの「診断用 MRI 撮影」画像は、「減弱補正用」に用いることは出来ないため、必ず「減弱補正用 MRI 撮影」を行わなければならない。一方で、「減弱補正用 MRI 撮影」「融合用 MRI 撮影」で得られた画像には診断的情報もある程度含まれるが、充分とは言えない。これらの撮影と同時またはほぼ同時に、診断的情報をより多く含む撮影方法も提案、検討されている。

(5) 読影法

1. PET 単独を全身 MIP 画像と断面像で読影し、病変の可能性のある FDG 異常集積部を検出する。
2. 融合画像の読影を行うが、融合画像と同時に、同一スライス面の PET 画像、融合用 MRI 画像を並列表示して読影を行うのが望ましい。これにより、FDG 異常集積部の解剖学的位置を診断する。
3. 診断用 MRI 画像が撮影されている領域に FDG 異常集積部がある場合、PET 画像、融合画像と診断用 MRI 画像を並列表示して読影を行う。必要に応じ、ワークステーション上で、診断用 MRI 画像と PET 画像を位置同期 (co-registration) して、PET 画像上の FDG 異常集積部を、診断用 MRI 画像で診断する。
診断用 MRI 画像が撮影されていない領域に FDG 異常集積部が見られる場合には、融合用 MRI 画像を簡易診断目的で使用する。しかし、十分な情報が得られない場合が多いので、FDG 異常集積部の解剖学的位置、集積度などを報告するとともに、次に行うべき画像診断法等を報告書に記載する。
4. 診断用 MRI 画像を単独で読影する。診断用 MRI 画像のみで病変が見つかった場合は、PET 画像、融合画像を再び参照し、必要に応じて病変部の FDG 集積度を計測する。

(6) 被曝

PET/MRI では、CT 撮影や外部線源によるトランスミッションスキャンが行われないので、投与された FDG による被曝のみとなり、大幅な被曝低減となる。また、同時撮影される MRI 撮影時間が PET 収集時間よりも長くなることが多く、MRI 撮影時間に合わせて PET 収集時間を延長すれば、FDG 投与量を減らしても同等画質を得られるため、さらに被曝を低減することが可能である。ただし、MRI 撮影プロトコールに依存するので、施設ごとに総合的な判断が必要である。

(7) その他

FDG-PET がん検診における PET/MRI の利点、欠点を以下にまとめる。

1) PET/MRI の利点

- ・PET/CT と比較し、被曝低減が可能である。
- ・PET/MRI では、PET 収集と大部分のシーケンスで MRI 撮影を同時撮影できるため、PET と MRI の位置ずれがない。これにより、①正確な位置同期、融合画像作成が行える。②減弱補正用画像 MR-AC と PET 画像の位置ずれがないので、正確な減弱補正が行える
- ・CT では診断が難しい病変が、MRI で正確に診断できることがある。
- ・複数の断面、複数の MRI シーケンスで、PET 画像との位置同期、融合画像作成が行え、診断精度が向上することがある。
- ・頭頸部や骨盤部などにおいて、体内金属によるアーチファクトが、PET/CT よりも抑えられていることが多く、PET 画像、融合画像の画質劣化が少ない。

2) PET/MRI の欠点

- ・装置価格が高く、維持運営に多額の費用が必要となる。
- ・MRI 撮影禁忌の受診者はすべて撮影できない。
- ・内挿された PET ユニットのため、通常の MRI 装置よりもガントリー径が狭く、閉所恐怖症を生じやすい。
- ・低線量 CT で容易に検出できる石灰化病巣が、PET/MRI では検出不能な場合があり、診断精度に影響を与える可能性がある。
- ・MRI 撮影が難しい肺野病変に関しては、PET/CT と比較し、診断精度が劣る場合が多い。他の検査を含めた総合検診コースとして PET/MRI を利用する場合は、肺 CT の併用が望ましい。

9-7) 内視鏡による消化管の検査

内視鏡検査は消化管のがんの検査には必須であるが、FDG-PET がん検診ガイドラインにおいてはその侵襲性を考慮し、含めることが望ましいという位置づけとする。ただ、がん死亡数のうち胃癌が 16%、大腸癌が 12%であり、この二つでの約 3 割を占めていること、

FDG-PET で早期胃癌、早期大腸癌が見逃されている可能性があることを知っておきたい。内視鏡検査を行わない施設では、内視鏡検査の必要性を受診者に説明しておく必要がある。

上部消化管内視鏡、大腸内視鏡検査を検診に含める場合には、PET 画像への影響と術者の被曝の観点から、PET 検査とは別の日に行うことが望ましい。ただ、PET 前の上部消化管内視鏡検査は、PET 画像に影響を与えないとの報告もある。この場合、グルカゴンは使用すべきでない。

10. 集計・精度管理とデータ蓄積

集計と精査票の報告について

PET がん検診は有効性に関する十分なデータが無いため、実施しながらデータを蓄積してゆく必要がある。とくに検診で異常所見があった例の精査結果の追跡調査はきわめて重要であり、それによってその施設の検診の質も向上する。そこで、臨床PET推進会議と日本核医学会 PET 核医学分科会では、全国のPET施設を対象に、下記の(1) - (4)の項目に関して、PET がん検診に関する実態と実績を毎年調査してきた。全国集計の結果は報告を行った施設名とともにホームページ等に発表されている。また、調査結果の詳細な解析を行い、2015年までに論文発表した。

2011年以後は、日本核医学会 PET 核医学分科会が主体となって、定期的または必要に応じて同様の調査を行う予定である。調査が行われた際には、PET がん検診を行う施設は積極的に協力し、集計や精査結果等を報告することが求められる。また、調査が行われない時期においても、検診の質を維持するために、各施設において自主的にこのような調査と分析を行うことが望まれる。さらに、この調査以外にも、学会や公的研究班等が行うPETがん検診の有効性を実証するための調査や研究事業に、積極的に参加協力することが求められる。

なお、報告事項中の精査票は匿名化するとともに、照会に備えて医療機関IDとの対照表を保管すること。また、受診者には予め、検査結果をこのような精度管理や調査に用いることと、必要に応じて精査医療機関に問い合わせをすることを説明し、同意を得ておくことが望ましい。

(1) 検査の方法

- ・PET検査(PET/CTを含む)の方法。機種、投与量、待機時間、撮像時間など。
- ・PET/CTの場合、CTの撮像条件。電流、再構成間隔など。
- ・併用する検査の項目。それぞれについて、PETがん検診受診者でその検査を受けた人数。

(2) 件数

- ・ 検診受診者数（性、年齢階級別）。
- ・ 経年受診者数（前年度に同じ検査を受けた人）。

（3）要精査者の情報

（要精査とは、検診総合判定の結果、〇〇がんが疑われるとして精査を勧めた例。）

- ・ 要精査数（性、年齢階級別）。
- ・ 内訳として、PET（PET/CTを含む）陽性者、併用検査陽性者、両方陽性者数。
- ・ 精査結果判明者数。

（精査結果判明とは「がん診断」「がん否定」「経過観察と決定」のどれであるかがはっきりしたものをいう。本人や精査を行った医療機関に照会して、できるかぎり全例の精査結果を得るように努力する必要がある。）

（4）精査票＝上記の精査結果判明者ひとりひとりについて精査結果情報。

- ・ 検診年月、性別、年齢階級、検診前歴。
- ・ 疑ったがんの種類、検診 PET（PET/CTを含む）所見の有無（陽性陰性）。
- ・ 検診併用検査のリストとそれぞれについての所見の有無（陽性陰性）。
- ・ 精査結果（「がん診断」「がん否定」「経過観察と決定」のどれか）。
- ・ がん発見の場合は、がんの種類、進行度などの詳細。がん否定の場合は、その診断名。

（がん発見の有無にかかわらず、判明した全例の精査結果を精査票で報告すること。）

経年追跡調査について

検診で要精査であったかどうかにかかわらず、1年後に案内状や挨拶状を送ることは、精度管理とデータ蓄積の点からも意義がある。検診で指摘されなかったがんが、1年以内に発症して見つかるということがなかったか、1年以内に（PETを用いない通常の検診も含めた）がん検診で見つかるということがなかったか、というデータを蓄積すれば検診の精度がより正確にわかる。もちろん、1年後に経年受診者として本人が PET がん検診を受診すれば、さらに詳しい情報が得られる。

さらに、2年後3年後に案内状や挨拶状を送って、生存安否やがんの発見や発症がないかどうかを尋ねることは、たとえ検診受診が最初の1回だけだったとしても意義がある。

このような経年追跡調査のためには顧客管理が必要であるが、もしそれが可能なら、精度管理とデータ蓄積という点からも、長期追跡調査を行うことは意義がある。

日本核医学会 PET 核医学分科会は、このような PET がん検診受診者の経年追跡調査をしている PET 施設に対する調査も計画している。

11. 読影医の基準

日本核医学会が認定したPET核医学認定医が常勤医として1人以上いること。

読影に際しては、PET 核医学認定医がダブルチェックを励行する。

12. 発見される代表的な腫瘍とその対策

2006年から2009年の全国調査では、述べ233施設において155,456例のがん検診を実施している。この中から16,955例（10.9%）が要精査と判定され、1912例（1.23%）にがんが発見された。そのうちFDG-PETが陽性であったものは1491例（検診の0.96%）であった。また、要精査例の中で結果の判明したものの陽性適中率は32.3%であった。

発見がんのがん腫別でみると、大腸・直腸癌が396例、甲状腺癌が353例、肺癌が319例、乳癌が163例と頻度が高かった。これらのPET陽性率はそれぞれ85.9%、90.7%、86.8%、84.0%とPET陽性の例が多かった。次いで、前立腺が165例、胃癌が124例と続くが、これらのPET陽性率はそれぞれ37.0%、37.9%と低い値であった。また、発見がんはUICCのstage Iの例がほとんどを占めていた。

全体的には、大きさの小さいもの、中枢神経系、尿路系に近接するもの、腫瘍組織内の細胞密度の低いもの、分化度の高いもの、glucose-6 phosphatase活性の高いものなどはFDG-PET検査偽陰性になりやすい傾向が認められる。具体的には、腎細胞癌、前立腺癌、膀胱癌、胃硬癌（スキルス）、気管支肺胞型腺癌（高分化型肺腺癌）、高分化型肝細胞癌などがFDGの集積が乏しい。

12-1) 頭頸部癌

A. 頭頸部癌（甲状腺癌以外）

この領域では、生理的集積として、扁桃組織、外眼筋、唾液腺、咽頭粘膜、咬筋、胸鎖乳突筋、喉頭筋などへの集積が知られている。これらの特徴は、通常、左右対称に集積を認めることである。言い換えれば、この領域に左右非対称の集積を認めた場合、集積の亢進している部位に、活動性病変が存在している可能性があるため、追加検査を考慮すべきである。

2006-2009年の全国調査では頭頸部癌の発見率は、155,456件中22例0.014%、発見癌1912例の0.11%と低い結果であった。頭頸部癌は比較的早期に症状を自覚するため、検診発見例が少ない可能性がある。

B. 甲状腺癌

甲状腺は結節性病変が好発する臓器である。結節性病変の検出には、超音波検査がもっとも簡便であり、検出感度も優れているが、その質的診断にはしばしば苦慮する。FDG-PET検査に期待される場所であるが、FDGは、良性濾胞腺腫にも高集積を示し、質的診断にお

ける有用性には限界がある。また、甲状腺癌についても、超音波検査+FDG-PET検査で診断できた甲状腺癌のうち、FDG-PET検査単独で、悪性腫瘍と診断できたものは、21/33（63%）に留まる（2005年度全国調査）。

甲状腺には、時にびまん性の集積が認められるが、慢性甲状腺炎で多く認められる所見である。慢性甲状腺炎に結節性病変が合併した場合、その質的診断は、FDG-PET検査では困難となるので、超音波検査所見の詳細な解析が必要となる。稀ではあるが、集積強度が前回よりも著明に増強した場合は、悪性リンパ腫の合併を考える必要がある。

甲状腺癌におけるPET検診の現状

PETがん検診で、最も多く発見されるのは甲状腺癌である。2006-2009年の全国調査で発見されたがん悪性腫瘍1912件中353件が甲状腺癌であった。女性に多く、50～60代にピークを認めた。甲状腺腫瘍に関しては、良性腫瘍でも集積することがあり、一方、悪性でも集積の乏しいこともある。偽陰性に関する報告は併用する検査項目により左右される。

2006-2009年の全国調査結果ではFDG-PETの感度は90.7%、陽性適中率は29.5%であった。PET専用機では感度・陽性適中率は85.0%、29.6%で、PET/CTは94.1%、29.5%でありPET/CTの方が感度が高かった（ $p < 0.005$ ）。初回検査でFDGが陽性にも関わらず細胞診が陰性で1年後に確認がついた例があり、細胞診が陰性でも再検はすべきであるが、PETで完全に良悪性を鑑別できないというのが現状である。

従って、甲状腺病変に関する対応は、超音波検査やサイログロブリン値などを参考に、PETで集積を認めた場合は専門医に紹介する方針を薦める（FDG-PET+超音波検査では感度98.8%、FDG-PET+サイログロブリンでは感度97.2%）。なお、現時点では細胞診などの病理検査を勧める基準はまだ確立していない。

甲状腺癌における超音波検査の役割

甲状腺内結節性病変の検出には超音波検査が最も鋭敏である。すなわち、甲状腺癌の発見において、最も感度の高い検査法と言える。ただし、偶然発見される結節の多くが良性病変であり、特異度が高いとは言い難い。結節の内部エコー、辺縁性状、血流の多寡などより総合的に判断する必要がある。FDG-PETと相補的に用いることにより、診断精度の向上が期待できる（FDG-PET+超音波検査では感度98.8%）。甲状腺の観察においては、同時に、頸部リンパ節腫大の有無を確認する。頸部には非特異的な反応性腫大がしばしば観察されるため、腫大リンパ節のサイズのみでなく、内部性状も評価する必要がある。CTは検出能、質的診断いずれにおいても超音波検査に劣る。

（参考）超音波にて発見されたFDG-PET陰性甲状腺癌

各施設により5～33%までばらつきがあるが、2005年全国調査では12%であった。

<甲状腺における読影判定基準>

FDG-PET所見が以下の項目に該当する場合、要精査が勧められる。

① 集積形態が大きさ、集積度にかかわらず限局性である場合（注1、2、3）

注1 限局性では集積度が高いほど悪性の可能性が高いが、軽度集積でも悪性の確率が高く、集積度を要精査の判断因子として考えるべきではない。

注2 限局性の集積が認められた場合、悪性以外は腫瘍を形成する良性腫瘍である可能性も多く、限局性の集積と判断した場合は超音波検査を併用した内部性状の確認や詳細な精査が必要となる。

注3 集積形態がびまん性であれば、その集積度にかかわらず良性と考えてよく、甲状腺全域に対称性に集積が認められる場合は慢性炎症の可能性が高く同様に良性と考えてよいが、一般的にはホルモン値の確認などの内科的精査を勧めるのが妥当と考える。ただし、頻度は稀であるが、悪性リンパ腫も同様の所見を呈することがあり、頸部の臨床症状（頸部圧迫感など）を加味した判断が必要である。

12-2) 消化管癌

消化管癌全体に対して言えることであるが、我が国には、消化管造影検査、消化管内視鏡検査に関して優れた技術があり、早期癌の発見に関しては、FDG-PET 検査は無力であることを認識すべきである。FDG-PET 検査は、侵襲性が低いため、高齢者などで有用性がある可能性はある。

A. 食道癌

食道癌は、胃や大腸と異なり、偽陽性はほとんどなく、FDG 集積が良好ながんとされているが、病変範囲の小さな場合や表層を這うように拡がる病変には集積が乏しいことも、理解しておく必要がある（2005-2008 年度の全国調査では Stage0 もしくは I の食道癌の感度は 12.5%であった）。食道入口部に限局性集積が認められる場合があるが、ほとんどが生理的集積である（ただし、内視鏡検査では見過ごしやすい個所でもあり、悪性が否定できない場合は部位を明記しておく必要がある）。なお、下部食道で逆流性食道炎などへの集積がみられることがある。

2005-2008 年度の全国調査では、食道癌は男性に多く 60 代にピークを認めた。FDG-PET の感度 65.7%、陽性適中率 38.3%、Stage II 以上では感度 100.0%であった。

B. 胃癌

胃、大腸に関しては生理的集積が少なからぬ頻度で観察される。ある施設の検討では、肝臓の辺縁部の集積より強い集積を認めた症例は、胃で 10%、大腸で 9%であった。びまん性の集積の場合は、生理的集積との判断が比較的容易であるが、限局性集積（特に結節状

に見えるもの) の場合は活動性病変の除外がしばしば困難である。また、びまん性集積の場合、活動性病変の集積が検出できない場合もある。その点に関しては予め受診者に告知しておくべきで、別途内視鏡検査などを受けてもらう必要がある。PET で胃に集積を認め、胃の自覚症状があったり、H. ピロリ菌抗体が陽性の場合に内視鏡検査を勧めている施設もある。

2006-2009 年度の全国調査結果では FDG-PET の感度 37.9%、陽性適中率 33.6%であった。偽陽性は胃炎やポリープであった。

C. 大腸癌

大腸癌は PET 検査の良い適用である。ある施設では便潜血陰性例 3 例で FDG 陽性癌が発見されいずれも Stage0 であった。この段階の FDG の集積が、がんの部分か腺腫の部分か議論となりうるが、腺腫は前がん病変との位置づけで、NCCN のガイドラインでも早期発見が推奨されている。いずれにしても早期がんの発見の契機となることに意義があると考えられる。2006-2009 年度の全国調査では、発見された大腸癌は 50~60 代にピークが認められ、FDG-PET の感度は 86.0%、陽性適中率 31.7%であり、PET 専用機 (感度 88.2%、陽性適中率 31.3%) と PET/CT (感度 84.6%、陽性適中率 32.0%) の間に有意な差は認められなかった。PET で II 期までの症例 161 件中 133 件 (81.4%) を検出し得た。また、大腸癌の死亡率減少効果の認められた便潜血よりも、感度が高く、偽陽性率は低く、陽性適中率が高く、検診として PET の方が優れており、FDG-PET の大腸がん検診として有効性が示唆されたという報告がある。もっとも、PET 陰性で便潜血のみで発見される大腸癌もあることから、検診としては両者を併用することが望ましい (2006-2009 年度の全国調査では、検査感度は FDG-PET:86.0%、便潜血反応検査[二日法]: 80.2%、FDG-PET+便潜血反応検査[二日法]: 97.2%であった)。

大腸癌 PET 検診の最大の問題は偽陽性が多いことにあるとされる。大腸には蠕動運動に伴い生理的集積がみられるため、病変検出の特異度が落ちる。腸管の走行に沿って長範囲にみられる淡い集積は生理的なものと考え、限局の高集積は病変を疑うようにしているが、判断に苦慮することもよくある。したがって便潜血反応なども参考に総合的に判定する必要がある。しかし、進行がんでも便潜血の陰性例がある。PET の意義は、腺腫であれ、がんであれ、10mm 以上 (13mm 以上のポリープの 90%で PET 陽性であったと報告) あれば検出できる点にある。また、内視鏡や注腸検査に比べて前処置が不要なこと、侵襲性が低いことも利点と言える。FDG 投与後 2 時間以上経過した後期像を撮像し、集積の変化の有無を観察することにより、生理的か病的かの鑑別が可能とする報告がある。検診において、全例に後期像を追加するのは現実的でないが、限局性集積については後期像を追加することが望

ましい。前立腺の経直腸エコー施行後に PET を行うと、直腸部にほぼ確実に偽陽性の hot spot が見られるので気をつける。

(参考)

- 便潜血検査により早期がんは 50%、進行がんの 90%を発見できる。
- 毎年または隔年便潜血検査は大腸癌の発生を減少させる。N Engl J Med 2000; 343:1603-7
- 50歳で便潜血検査、sigmoidoscopy、or colonoscopyを勧める。USPSTF Ann Intern Med 2002; 137:129-131

<大腸における読影判定基準>

FDG-PET所見が以下のいずれかの項目に該当する場合、要精査が勧められる。

- ① 集積形態が限局性である場合（注1）
- ② 集積形態が「短連続型」で、後期像で集積位置の変化がない場合と集積が早期像と比較して上昇した場合（注2、3）。

注1 回盲部は生理的集積として限局性集積が認められることがある。

注2 「短連続型」とは限局性集積と腸管に沿った長連続集積の中間であり、集積形態はさまざまな方向や階調から確認する必要がある。

注3 後期像は病変の判断に有効な方法のひとつである。短連続型の集積に対しては病変を拾い上げることに寄与するが、一般的には偽陽性を減らす方向により有用性があると考えられる。

食道癌・胃癌・大腸癌についてのCT・MRI検査

食道癌：CTにおいて壁肥厚を指摘できる可能性はあるが、早期がんの発見は極めて困難と考えられる。内視鏡検査やバリウム造影検査に勝るものはない。

胃癌：CTや超音波検査において、胃壁の肥厚として描出される可能性がある。CTの読影や超音波検査に際しては、留意すべきである。ただし、早期がんの発見に関する有用性は低いと考えられる。受診者に対し、内視鏡検査やバリウム造影検査を定期的に受けるよう啓蒙する必要がある。

大腸癌：通常のCTではFDG-PET陰性がんの検出は期待できない。PET/CT所見でPETが陰性、CTが陽性のものは存在しなかった。FDG-PET陰性がんのほとんどは便潜血陽性を契機に発見されている。大腸への生理的集積との鑑別においても、CTの有用性は高くない。しかし、PET陽性がんの部位同定には有用である。MDCTを用いた仮想内視鏡は、前処置が必要ではあるが、大腸内視鏡と同等の成績が報告され、米国の検診ガイドラインに大腸癌検診の選択肢として挙げられている。

12-3) 肺 癌

肺癌は、本邦における悪性腫瘍の死因の第1位であり、その予後改善が研究されているが、有効な治療法が確立されているとは言えず、早期発見の果たす役割は大きい。従来 X線撮影、CT などを用いたがん検診が実施されている。

2006-2009 年度の全国調査では、FDG-PET、PET/CT、CT、腫瘍マーカーを用いた検診対象 153,775 例から 853 例が要精査となり、319 例の肺癌が発見された。FDG-PET の感度は 86.5%、陽性適中率は 38.9%であった。感度は PET/CT 装置が 100%、PET 単独装置が 63.2%と PET/CT が高かったが、これは CT 所見に寄るところが大きい。また、腫瘍マーカーについて、CEA と SCC の併用は陽性適中率を上げるが、感度は変わらないという結果であった。

発見肺癌は男性が多く（男性 197 例、女性 122 例）、年代では 60 歳代の占める割合が多かった。病理組織では、腺癌が 216 例と最も多く、次いで扁平上皮癌 28 例、小細胞癌 10 例、大細胞癌 7 例の順で、不明 58 例であった。病期が判明した 244 例中、stage IA または IB が 175 例（71.7%）と大半を占めており、手術適応となる stage IIIA 以下が 86.9%であったが、それ以上の進行癌も 13.1%見られた。

良性病変と判明したものでは、陳旧性あるいは慢性炎症が 105 例、活動性炎症が 91 例と多く、結核 10 例、サルコイドーシス 7 例、珪肺 5 例、間質性肺炎 4 例、膿瘍 1 例であった。また、PET 陽性例で病変の見られなかったものが 36 例あり、生理的集積を病変の疑いとされた偽陽性例であった。

経過観察となった例は 201 例あり、うち 75%にあたる 151 例は PET で異常集積が見られず、CT あるいは腫瘍マーカーなどの陽性所見に寄るものであった。その多くはすりガラス影（pure ground glass opacity、GGO）の 113 例で、平均 11 mm（4~20mm）であり、判定困難な小結節 35 例、平均 11 mm（4~30mm）であった。

FDG-PET がん検診における胸部読影時の注意点

FDG-PET は、肺結節の良悪性鑑別、肺癌の病期診断、再発診断に有用ではあるが、小さすぎる病変や生理的集積部に近接する病変、呼吸性移動の影響を受けやすい部位にある病変などは FDG の集積を捉えにくい状態にあることを知っておく必要がある。また、上皮内腺癌（旧規約分類における細気管支肺胞上皮癌）に代表される糖代謝の低い一部の腫瘍は検出されないことが知られている。しかし一方では、FDG 集積の高い肺癌は FDG 集積の低い肺癌よりも術後遠隔転移の出現頻度が高かった、という悪性度に相関した集積を認める可能性があること報告されており、長期予後と相関した所見が得られる可能性があるため、CT 検査と相補的に用いることが望ましい。

偽陽性所見は、活動性炎症がその多くを占めている。FDG は炎症細胞（特にマクロファージ）あるいは幼若な肉芽組織にも集積し、結核、非結核性抗酸菌症、サルコイドーシス、クリプトコッカス症、アスペルギローマなどの炎症性病変や良性腫瘍が FDG-PET の偽陽性

病変として検出されることもある。この場合、CT 所見や問診情報と合わせて、質的診断を行う必要がある。炎症性疾患に対して外科的侵襲を加えることは極力避けなくてはならない。なお、活動性炎症が存在する場合、その内部あるいは近傍に悪性病変が存在すると、悪性病巣に FDG の集積があっても指摘できない場合がある。

日本人では、肺門部リンパ節に生理的集積が多いことが知られている。この生理的集積は、1) 両側の肺門部にほぼ同等の集積強度を示して存在する、2) CT で縦隔に腫大リンパ節が認められない症例においても縦隔リンパ節に FDG 集積が認められることは少なくない、といった点が特徴である。肺門部付近の病変においては、特に非造影 CT では血管影との区別が難しいことがある。

偽陰性所見は、分化度の高い腺癌（上皮内腺癌が代表的）が挙げられる。検診で FDG-PET 検査陰性であった症例の大半はこの組織型の肺癌であり、25～35%に見られる。

(PET/CT におけるピットフォール)

PET/CT は PET と比べて、検査所要時間の短縮、画質の向上、容易かつ精巧な PET 画像と CT 画像の重ね合わせ表示 (fusion image) が可能とされ、従来の PET 診断の精度を向上させてはいるが、上述のような偽陽性・偽陰影といった FDG-PET 自体の問題点に加え、さらに留意すべきことがある。それは①胸部は呼吸性移動により fusion image にズレが生じることがあり、特に下肺野の病変ではその影響が大きいこと、②安静呼吸下での撮影であるため、肺の伸展が不十分になり、小結節影や GGO を呈する病変が検出すらできない場合があること、の2点である。

呼吸性移動により FDG の集積自体が過小評価されることにも留意しておく必要がある。

胸部 CT で指摘されている異常陰影への FDG 集積の有無を評価する際 (良悪性鑑別)、呼吸により fusion image にズレが生じている場合は、短時間息止め撮影を追加し、fusion image の質を向上させる、といった工夫を行う。呼吸同期収集が行える PET/CT 装置では、精度の高い fusion image が得られ、診断精度の向上が期待できる。

肺癌検診としての胸部 CT 検査の意義

1) 対象

分化度の高い腺癌（上皮内腺癌が代表的）のように糖代謝の少ない FDG 陰性の肺癌では CT 画像の読影が重要となり、FDG-PET が検診に相補的に行われる併用検査としての胸部 CT 検査のターゲットとなる。また、転移性肺癌の場合でも、原発巣の FDG 集積の程度が転移巣への集積にも反映されるため、原発巣に FDG 集積が認められない癌の肺転移の検出には胸部 CT の読影が重要となる。

2) 撮影時・読影時の注意点

PET/CT 検査では CT 画像も得られるので、上記のような FDG 陰性肺癌についても同

時に検出可能と思われがちである。しかし、PET/CT 撮影は、安静呼吸時（あるいは呼吸停止下）に行われるため、呼吸性移動の影響が大きい下肺野、あるいは吸気が不十分な部位などでは、微小陰影や GGO（すりガラス状陰影）の検出自体が困難となる場合があり、呼吸停止下で撮影された胸部 CT に比し明らかに質的診断能が低下する。

したがって、PET/CT を導入している場合でも、肺だけは別に深吸気呼吸停止時の撮影を追加する（これは PET/CT 装置の CT 部分を使って併用検査としての肺 CT を行ったというべきで、総合がん検診のひとつの形である）。

ただし、呼吸停止下で撮影しているはずの胸部 CT 画像でも、部位によっては、受診者の呼吸の程度が変われば、陰影の性状が変化することがある。比較読影の際には、吸気の程度、撮影時の条件の違いが少なからず画像に影響を与えることを念頭において、同一条件で撮影されているのかどうかを充分確認することが必要である。このように、比較読影重視の考えから画像の再現性が強く求められるので、撮影時の呼吸停止方法は、ばらつきの度合いを最小限に抑えるために基本的に最大吸気（深吸気）とする。

読影は、モニター読影が推奨される。病変の見落としがないように、縦隔条件で撮影範囲内の頸部～縦隔～腹部、肺野条件で肺野を左右それぞれ上～中～下葉の順に、最後に骨・軟部に関してもウィンドウやレベルを変えて読影する、など手順を決めて行う。

全例二重読影（ダブルチェック）とし、可能な限り、CT 検診過去画像との比較読影が望ましい。

3) 判定

1993 年 9 月、「東京から肺がんをなくす会」における低線量ヘリカル CT 導入により世界で初めて胸部 CT 検診が始まり、その後 10 年が経過した時点において、ここで発見された肺野型肺癌症例の経過が分析され、胸部 CT 検診研究会（1994 年発足、2006 年から日本 CT 検診学会となる）の肺がん診断基準部会にて、検診 CT 画像上の結節の「判定基準および経過観察ガイドライン」としての decision tree（診断樹）が作成され、2009 年 4 月に追加改訂（第 2 版）された。この「判定基準および経過観察ガイドライン」によれば、胸部 CT 検診で拾い上げる結節の基準は 5mm 以上であるが、異常陰影の性状が pure GGO（均一なすりガラス状陰影）であるか、mixed GGO（一部軟部組織濃度を含むすりガラス状陰影）であるかで、判定が変わり、また、経過観察中 pure GGO の中に濃度上昇域が出現してきた場合や大きさが増大するなどの変化が認められれば、要精査（確定診断にまわす）とされていた。その後、マルチスライス CT の普及によるデータの蓄積や肺腺癌の新国際分類発表に伴い、第 3 版、第 4 版と改訂され、

2017年10月には改訂第5版が公開された。第4版の改訂要点は、①マルチスライスCTによる薄層スライス厚として推奨される3mm以下を前提とした診断樹が追加された点、②医療機関にて精密検査を行う肺結節の大きさが5mmから6mmに変更された点、③増大の定義が明記された点である。第5版の改訂要点は、①初回のTS-CTが、喫煙の有無、肺結節の性状、検診施設のCT画像のスライス厚に関わらず、検診から3か月後とされた点（ただし、「肺癌を強く疑う結節、新たに出現した結節」などは除く）、②CT検診での肺癌の存在診断エラーや質的診断エラーに関する報告の概要が追補としてまとめられた点である。

CT検診で発見された肺結節へのFDG集積の有無は良悪性鑑別の大きな指標となるが、FDG集積が認められない結節（FDG陰性がん）、あるいはFDG集積が検出できるvolume以下の微小結節影に関する判定や経過観察期間に関しては、前述の日本CT検診学会から提案されている「低線量CTによる肺がん検診の肺結節の判定基準と経過観察の考え方 第5版」に記載されている内容を参照（日本CT検診学会ホームページ <https://www.jscts.org/> からダウンロード）して対応する。ただし、ここで提案されている診断樹は、すべてにエビデンスがあるわけではなく、専門家の意見を加味したものであることに留意しておく必要がある。今後もCT検診で発見される多数の肺癌症例の経過観察データ蓄積により、判定基準は適切な内容に改訂される可能性があり、それをエビデンスとして確立するためには、肺がんCT検診施設での検診データ（受診者情報：喫煙、家族歴、その他）、発見肺がんの情報（組織型、大きさ、病期、CT画像、その他）を恒常的に収集できるシステムの構築が必要である。

日本CT検診学会肺がん診断基準部会の上承を得て、「低線量マルチスライスCTによる肺がん検診：肺結節の判定と経過観察 第5版」を参照図として下に示した。胸部CT検診の従事者は、同学会への積極的な参加により、画像診断・読影技術上の最新情報を収集し、質の高い検診を維持する必要がある。

判定については、肺癌取扱い規約における細分化された胸部CT判定区分

(A, B, C, D1, D2, D3, D4, E1, E2) に沿って分類しておくこと、施設内での精査結果の管理が容易となるだけでなく、施設間での判定・精度の比較なども支障なく行われることとなる。また、判定を行う場合は画像のみでなく問診情報を参考にすることが重要である。胸部疾患に関連する自覚症状・喫煙歴・既往歴・検診受診歴等の重要項目に関して、予め問診しておくが、不十分であった場合は、PET検査結果を説明する際にさらに詳細に聴取して判断することが重要である。

4) 事後管理・精度管理

検診受診者に対しては、適切な精密検査や治療を受けることができるような精査機

関を選定し、確実に受診するよう指導し、また、実際に適切な精密検査や治療を受けることができたかどうか、すなわち、検診による利益が得られたかどうかを把握することが肝心である（事後管理）。したがって、検診機関は、「要精密検査」の判定で医療機関に紹介された受診者が紹介先を受診したかどうかの確認を定期的にチェックし、受診していない場合には受診勧奨を行う体制を整える必要がある。また、受診後の精査結果について判明していない場合は、積極的に紹介先に問い合わせる努力を惜しまないようにしなければならない。可能ならば、精査結果の管理における責任者を設置し、精査機関との連絡経路を一本化しておくといよい。

日本 CT 検診学会では、精度管理を保つために胸部 CT 検診成績の全国集計を行っている。前年度の検診受診者数、要精検率、精検結果判明率、発見肺癌数、切除肺癌数、I 期肺癌数、肺癌疑い濃厚かつ診断未確定例数、等について、全国の検診施設からの報告が毎年 1 月に集計され、2 月に開催される総会において集計の報告が行われる。このとき集計に参加した施設名が公表される。

（付記）

胸部単純 X 線検診は、医師の資格さえあれば、誰でも読影に従事できたため、読影の精度に大きなバラツキが生じ、結果として受診者に不利益を与えてきたことは周知の事実である。CT 検診は、異常陰影の検出力を飛躍的に高め、重喫煙者に対して米国で行われた最大の無作為化比較試験 National Lung Screening Trial (NLST) の結果、低線量 CT による肺がん検診群が胸部 X 線による検診群より肺がん死亡を 20%減少させることが 2011 年に発表された。さらに、2018 年 9 月の世界肺癌学会総会においては、欧州で行われた NELSON スタディ（重喫煙者を対象とした世界で 2 番目に大きな無作為化比較試験）の結果、CT 検診による肺癌死亡低減（26%）が報告された。これを受けて、今後、低線量 CT 検診が益々普及することが予測されるが、低線量で撮影された画像を読影するには、相応の技術が必要となり、読影医には、その画質の管理と維持が要求され、検診領域で一定レベル以上の技量、知識、経験を有していることが求められる。

2007 年 3 月に、日本医学放射線学会、日本呼吸器学会、日本呼吸器外科学会、日本肺癌学会、日本 CT 検診学会、日本放射線技術学会の 6 学会からの委員で成る CT 検診認定制度合同検討会が設置され、2 年間弱の議論を経て、これら委員の叡智により認定医師、認定技師の認定を遂行する肺がん CT 検診認定機構を立ち上げることが合意され、2009 年 4 月には東京都から特定非営利活動法人（NPO 法人）の認証がなされた（<http://www.ct-kensin-nintei.jp/index.html>）。2018 年 10 月現在、1445 名が肺がん CT 検診認定医として、1366 名が肺がん CT 検診認定技師として登録されている。ま

た、同機構は、基準を満たした認定施設によって肺がん CT 検診が実施されるという制度設計を整備すべく、2018 年 4 月より認定施設制度を開始している。

参照図 (<https://www.jscts.org/pdf/guideline/gls5thfig201710.pdf>)

「低線量マルチスライス CT による肺がん検診: 肺結節の判定と経過観察 第 5 版」

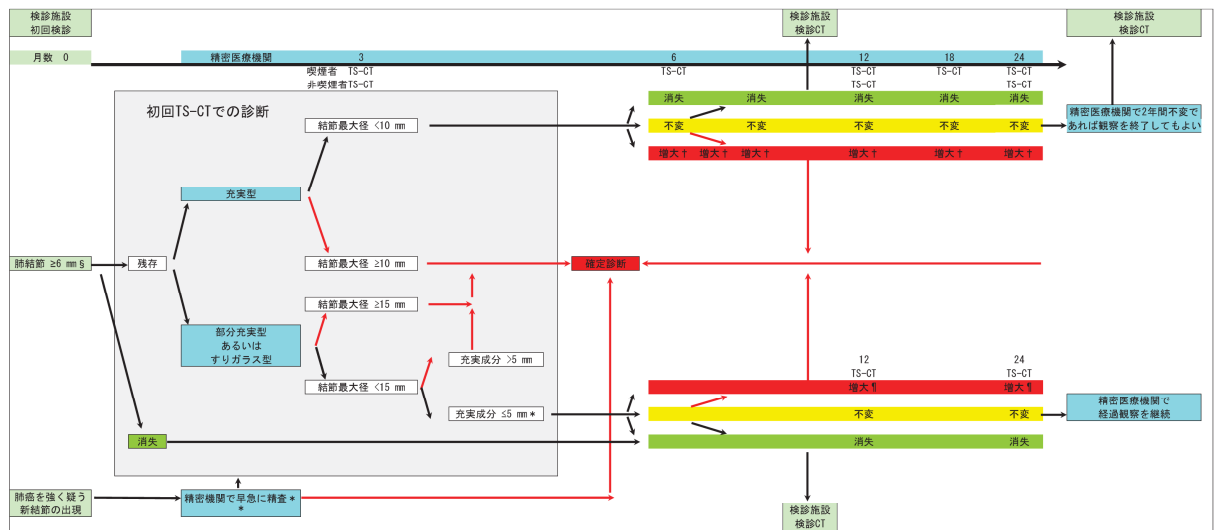


図1. 低線量マルチスライスCTによる肺がん検診: 肺結節の判定と経過観察 第5版 ©日本CT検診学会

TS-CT: thin-section CT
 S: 大きさの基準は、検診CT上での測定の際は、最大径と短径の平均値を使う。医療機関における精密検査の際の大きさは最大径を使う。
 増大↑: 2 mm以上
 増大↑↑: 結節全体2 mm以上、あるいは、充実成分2 mm以上
 * 充実成分 ≤ 5 mmの場合、原則として経過観察とする。ただし、施設の方針により確定診断も選択肢の一つである。
 ** 精密機関でなるべく早くTS-CTを撮影する。

12-4) 乳 癌

乳癌もPET検診にとって重要な疾患であるが、閉経期前後に頻度が高く、高齢者発見は比較的少ない。全国調査結果では40-60代にピークが認められた。FDG-PETの感度は83.9%、陽性適中率は41.7%であった。PET専用機とPET/CTで有意な差を認めなかった。病期別感度をみると、0期86.7%、I期80.8%、II期90.9%、III期以上は100%であった。

ある施設の報告では、FDG-PET検査、超音波検査、触診を組み合わせることで、女性受診者の0.56%に乳癌を発見している。この結果は、従来の触診による検診の結果(0.09%)を遙かに凌ぐものである。

乳癌6例中1例がPET陰性であった。陰性例はCTで描出された8mmの腫瘤で、非浸潤性の管状腺癌であったとの報告もある。

一方、女性の乳腺では正常でも軽度の集積がみられ、乳腺症や線維腺腫などの良性病変にも集積しうる。また、豊胸術後の症例ではimplantに対する反応性変化と思われる集積がしばしば認められる。このような偽陽性所見の鑑別には後期像が参考となり、また超音波検査の助けが有用となる。

通常、乳癌病巣には明瞭なFDG集積が認められるが、他の癌種と同様に検診で発見されるような、サイズが小さい病変では集積が低いことが多く、検出されない場合もあるため、超音波検査による補完が必要となる。また、偽陰性として、細胞密度の低い乳癌(硬癌が多い)、高分化度の乳癌などが挙げられるが、乳房専用PET検査装置を用いた検査が可能となり、これはFDG-PET検査に合わせて同日に行うことも可能である。乳癌検診への貢献性に関して今後の研究成果が待たれる。

乳癌におけるマンモグラフィおよび超音波検査の役割

乳癌検診における超音波検査の位置づけはマンモグラフィの補助的手段とされてきた。しかしながら、若年者(40歳以下)の検診においては、いわゆるdense breastであることや、被曝の問題から、超音波検診を積極的に行うべきとの考えもある。特に脂肪組織の少ない日本人においては超音波の有用性は高いと考えられる。逆に、中高年者に対してはマンモグラフィが乳癌検診の基本と考えられる。特に、石灰化所見から発見される非浸潤性乳管癌の超音波検査による発見は極めて困難であることを認識しなくてはならない。マンモグラフィを保有しないFDG-PETがん検診施設では、他の検診施設や公的検診における定期的なマンモグラフィ検診を啓蒙する必要がある。造影剤を用いないCTやMRIでは非触知乳癌の発見は期待できない。

超音波にて発見されたFDG-PET陰性乳癌は8~32%との報告がある。

<乳腺における読影判定基準>

FDG-PET所見が以下のいずれかの項目に該当する場合、要精査が勧められる。

- ① 限局性集積が認められかつ集積度が中等度以上である場合。
- ② 集積度にかかわらず集積形態が小型限局性の場合。(注1、2)
- ③ 集積に左右差が認められる場合(注3)。

④ 領域リンパ節へのFDGの集積が認められた場合。

- 注1 明確な集積が認められない場合でも、冠状断や矢状断、MIP画像を供覧して確認することや、より低いSUVを対象に画像を調整して確認することで、限局性集積が認められた場合があるため十分な観察が必要である
- 注2 限局性の集積は乳腺のびまん性集積から離れる、もしくは突出する場合もあり、そのような場合も対象となる。
- 注3 FDGの集積はdense breastではやや上昇し、判断を紛らわしくする可能性があるため乳腺の性状を加味して読影することも必要である。
- 注4 後期像を撮像した場合、対象とする集積に集積の増加が認められた場合は悪性が疑われ、逆に集積が消失、もしくは著しく減弱した場合は良性を考える。

12-5) 肝臓癌

肝細胞癌の検査は、腫瘍マーカーと超音波、造影CTあるいは造影MRIが一般的であるが、検診では造影は行わないことが多い。どの施設でもFDG-PETで発見された肝細胞癌はほとんど無い。特に高分化のタイプのFDG-PET検出率は高くない。この理由としては、正常肝臓としての性格を有する高分化型肝癌では細胞内に脱リン酸化酵素（glucose-6-phosphatase）が豊富にあるために、細胞内でリン酸化され停留していたFDG-6-リン酸は脱リン酸化されてFDGに戻り、細胞の外へ出ていくためと説明される。なお、転移性肝癌にはFDGはよく集積する。検診としては肝炎ウィルスキャリアに対する超音波検査が有効とされている。

2005-2008年度の全国調査では、肝胆道系腫瘍は男性に多く、60代にピークを認めた。FDG-PETの感度78.4%、陽性適中率43.9%であった。

12-6) 膵臓癌

確立されたスクリーニング法はない。

FDG-PETにより、相補的な情報が得られるが、他の検査法を凌駕するものでない。腸管の生理的集積との判別が困難な場合があり、PET-CTの利用が望ましい。

腫瘍形成性膵炎（自己免疫性膵炎）など炎症性病変にも集積をみるため、良悪性の鑑別が問題となる。膵臓の病変に関しては、SUVを用いた半定量評価が有効との論文が多い。ただし、膵癌と良性病変とのSUV値にはかなりのオーバーラップがあるため、良悪を完全に鑑別することは難しい。検診においては膵臓に集積がみられた場合は、造影CTやMRI、ERCPなどの精査に回す必要がある。

2005-2008年度の全国調査では、膵癌の発症に男女差はなく、70代にピークを認めた。FDG-PETの感度97.4%、陽性適中率52.1%、StageI以上で感度は100.0%であった。しかし、膵癌の進行は比較的早く、FDG-PET検診で陰性であったものの、その後膵癌が発見された例を経験した施設もあるため、報告されたFDG-PETの感度に関しては議論が必要である。

肝・胆・膵悪性腫瘍における超音波・CT・MRI検査の役割

肝細胞癌、胆管細胞癌、転移性肝癌などが発見される可能性がある。肝にはFDGの生理的集積もあり、FDG-PET陰性病変の検出に超音波検査が不可欠と考えられる。超音波検査で発

見される充実性結節の多くは血管腫である。MRIは造影剤を用いることなく血管腫と他の充実性腫瘍の鑑別が可能である。

胆嚢癌においては、胆嚢隆起性病変の検出には超音波検査が有用である。ただし、超音波で検出される胆嚢隆起性病変のほとんどはコレステロールポリープで、腫瘍性病変ではない。典型的なコレステロールポリープの超音波所見が得られない場合、嚴重な経過観察が必要である。10 mmを超えるもの、増大傾向が認められるものに関しては、外科治療が考慮される。

膵癌においては、検診として有効な検査法は知られていない。超音波検査での詳細な観察により、膵管の軽度の拡張や不整像をひろいあげることで、比較的小さな膵癌を発見できる可能性はあるが、超音波検査における膵の描出能は被検者の体形や術者の熟練によるばらつきが大きい。このため、超音波検診による膵癌の発見率は検診施設間格差が大きい。すなわち、超音波検査の精度向上への積極的な取り組みにより、発見率向上の余地があるかもしれない。MRIは高分解能画像の撮像が可能となり、MRCPとの組み合わせにより有用性が期待されるが、検診に応用した実績は知られていない。

12-7) 前立腺癌

腫瘍マーカー（血清PSA）が最も簡便な方法と思われるが、確立されたスクリーニング法はない。

高齢者のがん検診を語る上で、前立腺癌をいかに発見するかという問題は大きい。65歳以上の高齢者での前立腺癌発見率は0.43%で、65歳未満（0.08%）の実に5倍以上となる。発見時の平均年齢は65.6歳と他のがん種に比べて最も高かった。腫瘍マーカー（血清PSA）を前提に、MRI所見を参考に診断するという方式をとっている施設では、転移をきたすほど進行しない限り、ほとんどがPET陰性発見例である。超音波、MRIなどとの相補的な利用が望ましい。

前立腺癌の検診という面で、PETの意義はさほど高くないと思われるが、中には明瞭に描出される例がある。PSAが高いにもかかわらず生検が陰性であったが、PETで前立腺の一側に集積があり、生検の参考に役立った例がある。以前は、膀胱内の尿の放射能によるアーチファクトのため、前立腺病変はほとんど見えないことが多かった。しかし、OSEM法など、近年の画像再構成法の進歩によって、アーチファクトの少ない画像が得られるようになり、前立腺の病変も検出可能となってきた。前立腺癌はPETでは見えないとあきらめず、膀胱の下方を注意してみる必要があると思われる。全国調査結果では FDG-PETの感度・陽性適中率は44.7%、58.3%であった。

2006-2009年度の全国調査では、前立腺癌の発見数は60代、発見率は70代にピークを認めた。FDG-PETの感度37.0%、陽性適中率32.8%、感度はStageII以下で31.5%、StageIIIで22.2%、StageIVで80.0%であった。偽陽性は前立腺炎や前立腺肥大症でみられた。

前立腺癌にける腫瘍マーカーおよびMRIの役割

前立腺癌：FDG-PETの陽性率は低い。PSAというスクリーニングに適した腫瘍マーカーがあり、画像検査はその補助的な役割と考えられる。一般的には経直腸超音波検査が行われるこ

とが多いが、がん検診に適しているとは言いがたく、MRIが適当と考えられる。前立腺癌の多くは辺縁域に発生し、T2強調画像において高信号の辺縁域内の低信号病変として、拡散強調画像においては高信号域として検出される。ただし、スクリーニング検査で認められる辺縁域内の低信号の多くは炎症や導管閉塞に起因する偽病変である。楔状の形態を示すもの、腫大を伴わないびまん性信号低下は偽病変を疑う。浸潤が疑われるもの、結節状の形態を示すもの、明らかな腫大を伴うものでは前立腺癌を疑う。血清PSAが著明な高値の場合はMRI所見の如何にかかわらず、精査が必要であるが、血清PSAが正常上限あるいは軽度高値の場合、前述のMRI所見の有無が参考となる。

全国調査結果では、MRI検査は感度66.5%、陽性適中率36.2%で、血清PSAは感度92.2%、陽性適中率は36.7%であった。

12-8) 卵巣癌

超音波（一部MRIあるいはCT）および腫瘍マーカーによるスクリーニングが行われているが、確立された方法はない。

卵巣癌に対してPETの有効性をうたった報告は多いが、原発巣の診断については嚢胞性腫瘍などでは集積が弱い場合があり、MRIなどとの相補的な利用が望ましい。また、卵巣には、月経周期のある年代では排卵期前後に高率に卵巣への集積を認めるため、異常集積との鑑別に苦慮することも多い。卵巣への集積が認められた場合は、最終月経から排卵期の推定をしたり、MRIで卵巣に異常のないことを確認するのが望ましい。また、子宮筋腫などで、子宮を摘出した場合も卵巣の集積がみられる場合があり、同様にMRIでの確認が有用である。

卵巣癌は、2005年から2008年までの全国調査では50歳から59歳の間で発見される頻度が高く、FDG-PETあるいはFDG-PET/CTの相対的感度は96.0%、陽性的中率は41.4%であった。また、卵巣癌を疑われた良性腫瘍の中で最も頻度が多かったのは、卵巣嚢腫であった。

卵巣癌における超音波・CT・MRIおよび腫瘍マーカーの役割

無症状の卵巣癌発見の契機はほとんどが画像診断である。すなわち、画像を用いたがん検診は卵巣癌における有効性が期待される。卵巣病変の検出能に限れば、CTが超音波検査やMRIに劣ることはないと考えられるが、質的診断に関する情報量の違いおよび被曝の観点から、CTを用いることは好ましくない。上皮性卵巣腫瘍の多くは嚢胞性病変の形態を示し、充実成分や明らかな壁肥厚部分の有無が良悪性鑑別のポイントとなる。この点において超音波検査、MRIとも優れた検査法と考えられる。超音波検査ではカラードップラー機能を用いることにより充実部分の血流状態をも評価できるというメリットがあるが、腸管ガスが描出の妨げとなり、見落としのリスクが常につきまとう。MRIは適切な撮像法を行えば、内膜症性嚢胞および嚢胞性奇形腫（これらは卵巣癌よりはるかに高頻度に発見され、超音波では悪性腫瘍との鑑別が困難となりうる）の確実な診断が可能である。なお、卵巣癌の腫瘍マーカーとして、CA125やCA19-9が知られているが、これらは内膜症性嚢胞や嚢胞性奇形腫のような良性病変でも高頻度に上昇することを知っておく必要がある。

12-9) 子宮癌

子宮癌は体癌、頸癌ともにFDGの集積をしばしば認める。

頸癌に関しては、婦人科検診で細胞診がすでに実施項目となっており、頸癌の早期発見に有効とされている。

体癌に関しては有効な検診が行われなため、PET検診が役立つこともある。特に、閉経後の被験者で内膜の集積がみられた場合はホルモン投与時などを除き、高い確率で子宮体癌の診断ができる。ただし月経時期の子宮には生理的集積がみられるため、検診日は月経時期をはずすことが望ましいが、実際には難しいことも多い。また、閉経前の女性では排卵期の前後にも内膜の集積が高くなることが報告されており、さまざまな時期にさまざまな程度の生理的集積がみられることも知っておくべきである。診断には問診時に生理の有無を確認しておくことが必要であり、MRIでの確認が望ましい。また、子宮筋腫も時に強い集積を示し、同一人でも時期によって異なる集積を示すことがある。子宮肉腫との鑑別が重要となるが、MRIとの比較が大切である。

早期の子宮頸癌や子宮体癌はFDGの集積がみられないことも多く、スクリーニングには不向きであるという報告もあるが、2005年から2008年までの全国調査では2例の子宮肉腫と23例の子宮頸癌、12例の子宮体癌が発見されており、病期が判明したうちの過半数がstage Iであった。通常の検診では、子宮体癌までチェックされることは少なく、また、子宮体部の細胞診や組織診は苦痛があるため、非侵襲的な苦痛のないPET検査で子宮体癌が発見しうることは女性にとって福音と言えよう。近年、子宮体癌の比率が増加していることから、その意義は高いと思われる。

なお、FDG-PET、FDG-PET/CTの相対的感度は84.2%、陽性的中率は29.4%であった。子宮癌を疑われた良性疾患の中で最も頻度が多かったのは子宮筋腫であった。

子宮癌におけるMRI検査および細胞診の役割

子宮頸癌：MRIはT2強調像にて子宮頸部の正常構造(子宮頸管腺、頸部間質、筋層)を明瞭に描出し、子宮頸癌の描出にも優れるが、検出可能な子宮頸癌は全て浸潤癌である。一般的には浸潤癌の病期診断に用いられる。非浸潤癌や微小浸潤癌を検出しうる子宮頸部細胞診というスクリーニング法がすでに確立しており、画像検査のみで検診を行うことは危険である。定期的な子宮がん検診の受診を啓蒙する必要がある。

子宮体癌：有効な検診法は確立していない。MRIではT2 強調画像で子宮内膜の肥厚所見として検出され、通常の子宮内膜より若干低信号を呈することが多い。筋層への浸潤所見があれば、診断はほぼ確定的であるが、子宮内膜に限局する病変は子宮内膜ポリープや子宮内膜増殖症などの良性病変との鑑別は困難である。明らかな子宮内膜の肥厚例については厳重な経過観察あるいは子宮内膜細胞診が望まれる（特に閉経後）。なお、子宮内膜厚の正常値は閉経前1-16mm（月経期1-2mm、分泌期7-16mm）、閉経後5mm以下とされている。

12-10) 悪性リンパ腫

確立されたスクリーニング法はないが、FDG-PETはスクリーニング法として有用と思われる。PETがん検診の全国アンケート調査結果においてもPET検診感度は93%と高い値を示している。

悪性リンパ腫の病変に対して、FDGはガリウムと同様に強い集積を示す。広範のリンパ節領域に高集積をみた場合は本疾患を疑い、専門医を受診させる必要がある。偽陰性になるとすれば、胃壁の表在性病変など腫瘤を形成しないもの、あるいはMALT型リンパ腫、小リンパ球性リンパ腫／慢性リンパ球性白血病など低悪性度のものである。また、リンパ節に高集積を示すものとして、サルコイドーシスなどの反応性リンパ節腫大があり、悪性リンパ腫との鑑別が困難なことがある。

12-11) 泌尿器癌（腎癌・膀胱癌）

A. 腎癌

FDG-PET 陰性となることが多く、他の形態診断で発見される。超音波検査が最も一般的で、有効な検査法である。ただし、部分的に超音波で発見困難な場合もあり、CTあるいはMRI による補助的診断が必要である。造影剤を用いないCTとMRIではMRIの有用性が高い。FDG-PET 陰性腎癌は67～88%と高率である。PETがん検診の全国アンケート調査結果でも腎癌のPET検診感度は64%と必ずしも高い値ではない。

B. 膀胱癌

FDG-PET では膀胱内の尿中FDGの影響で発見が困難で、PETがん検診の全国アンケート調査結果でも28%と低い値を示している。

通常は超音波検査あるいはMRIにて発見されることが多い。超音波検査は膀胱内がある程度充満された状態で行う必要がある。超音波検査では描出範囲が限られる可能性があるが、MRIより高い分解能を有し、小病変の検出が期待される。超音波とMRIは相補的に用いられるべきである。

13. 被曝管理について

学会ガイドラインに準拠する（FDG-PET 検査における安全確保に関するガイドライン <http://www.jsnm.org/archives/721/>）。

A. 受診者の被曝

- ・ FDG-PET による被曝以外に、トランスミッションスキャン、PET/CT 装置のCT、あるいはPET検査と組み合わされた胸部CTによる被曝など、検診1回あたりの合計被曝線量、またその被曝による確率的影響（リスク）をインフォームド・コンセントの際の説明内容に含めること。
- ・ FDG投与量は必要最低限とし、受診者の無用な被曝をさける。
- ・ 被曝線量や検査後の家族への被曝の影響などを事前に説明しておく。

A. 医療従事者の被曝

フィルムバッジやポケット線量計を必ず装着しモニターする。

- ・ 被曝低減の方策

特に医療従事者の体外被曝を少なくするための3原則（時間、距離、遮蔽）を念頭においた対策を講ずる。

(1)ハード面

FDGの自動注入器の整備、投与後の安静室の確保、検査終了後の回復室の整備が望ましい。

(2)ソフト面

定期的な教育訓練、施設に応じたマニュアル制作と遵守を要する。

被曝量の多いFDG投与作業員、介助案内者はローテーションなどにより、被曝の均等化を図る。

B. 介護者、診療行為の対象者以外の者、一般公衆に対する被曝線量の軽減化

診療従事者は、介護者、診療行為対象者以外の者、一般公衆に対する被曝を低減するために、次の指示・指導を行うこと。

(1) FDG投与後の飲水を促し、管理区域から退出する前に排尿を指導する。

(2) 投与後2時間は、放射線に影響を受けやすい妊娠中の女子および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する。

(3) FDG-PET検査を受けた複数の受診者が検診医療施設から同一時間帯に退出し、かつ特定の交通機関（シャトルバス、路線バス、タクシーなど）を利用する場合に関しては、

①運転手から離れて乗車すること、②同じ検査の受診者が同一のタクシーに乗車しないこと等、運転手等の乗務員の放射線被曝にかかる防護を意識した指導を行う。

14. おわりに

本ガイドラインは2004年に策定、2007年に改訂、2011年にマイナー改訂され、今回、全国アンケート調査の論文発表が完了したことを踏まえ、大幅改定となった。日本核医学会PET核医学分科会「PETがん検診ワーキンググループ」のメンバーを中心に各項目を分担し、最新の知見を盛り込むことができた。

今後も、ガイドラインは知見の蓄積に応じて修正される可能性があること、また検査装置の進歩が早いので、継続的に更新することが必要であることを申し添える。全国のFDG-PET検診機関が準拠すべき指針という観点から作成されたもので是非活用して頂きたい。

15. 本ガイドライン改定記録

2004年11月 制定

2007年11月3日 改訂

2011年5月6日 小改訂

2019年6月3日 改訂

表1 発見される代表的な異常とその対策

	普及している検診方法およびその問題点	癌検出におけるFDG-PETの有用性	癌検出能向上のために併用が望まれる検査法	鑑別すべき良性疾患、生理的状態(偽陽性)	異常集積を認めた場合の精査の進め方	
1) 頭頸部癌	有効なものは知られていない。甲状腺については超音波検査が濫用されている。	非常に有用	FDG-PETが最も優れた検出方法と考えられる。	MRI、超音波検査(甲状腺)	炎症(扁桃腺炎、咽頭炎、喉頭炎、リンパ節炎)、甲状腺腫、唾液腺のワルチン腫瘍	耳鼻科的診察、MRI
2) 食道癌	造影検査、内視鏡検査。	有用性は高くない	偶然、発見されることはあっても感度が低く、FDG-PETをスクリーニングの第一選択とすることには問題がある。	内視鏡検査	食道炎	内視鏡検査
3) 肺癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性が高いと考えられる	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	ヘリカルCT、MDCT	肺炎、結核、非定型抗酸菌、他感染症	MDCT、細胞診、気管支鏡
4) 乳癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性が高いと考えられる	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	MMG、超音波検査、MRI	乳腺症、正常乳腺	超音波、MRI、生検
5) 肝臓癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性は高くない	偶然、発見されることはあっても感度が低く、FDG-PETをスクリーニングの第一選択とすることには問題がある。	超音波検査、MRI、AFP		超音波、造影CT、MRI、生検
6) 膵臓癌	有効なものは知られていない。	有用性が高いと考えられる	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	超音波検査、MRI、CA19-9	膵炎(急性期)、腫瘤形成性膵炎(自己免疫性膵炎)	超音波、造影CT、MRI、生検
7) 胃癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性は高くない	偶然、発見されることはあっても感度が低く、FDG-PETをスクリーニングの第一選択とすることには問題がある。	内視鏡検査	胃炎	内視鏡検査
8) 大腸癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性が高いと考えられる	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	内視鏡検査、便潜血検査	限局性の生理的集積(小腸、大腸)、腺腫(特に高度異型)、大腸炎	内視鏡検査
9) 前立腺癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。	有用性は高くない	偶然、発見されることはあっても感度が低く、FDG-PETをスクリーニングの第一選択とすることには問題がある。	PSA測定、MRI	前立腺炎、肥大のTUR術後変化	PSA、MRI、生検
10) 卵巣癌	有効なものは知られていない。	有用性が高いと考えられる	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	超音波検査、MRI、CA125、	排卵後の生理的集積、	超音波検査、MRI、CT、CA125
11) 子宮癌	既に確立した有効なスクリーニング法がある。ただし子宮体癌では、有効なものがあるが、侵襲性が無視できない。	子宮頸癌については有用性は高くない。子宮体癌については有用性が高いと考えられる。	検出能において最も優れているとは言いが、侵襲性の面から第一選択となりうる。他のスクリーニングと相補的に用いることにより、検出能の向上が期待される。	細胞診、MRI	月経子宮、子宮筋腫	超音波検査、MRI、CT、CA125(体癌)
12) 悪性リンパ腫	有効なものは知られていない。	非常に有用	FDG-PETが最も優れた検出方法と考えられる。		リンパ節炎、サルコイドシス	超音波検査、CT、MRI、CT、血液検査
13) 腎、膀胱	有効なものは知られていない。	有用性は高くない	偶然、発見されることはあっても感度が低く、FDG-PETをスクリーニングの第一選択とすることには問題がある。	超音波検査、MR、CT、尿中NMP22、尿細胞診	尿貯留(憩室、術後変形)、尿汚染	超音波検査、CT、MRI、CA125

16. 文献

全 般

1. 安田聖栄、他：Transmission Scanを省略した全身PETによるがんの検出. 核医学 33:367-373, 1996
2. Yasuda S, et al: Application of positron emission tomography imaging to cancer screening. Br J Cancer 83:1607-11, 2000
3. 福田寛、他：院内製造されたFDGを用いたPET検査を行うためのガイドライン. 日本核医学会. <http://www.jsnm.org/guideline/20060130>
4. Shreve PD et al: Normal variants in FDG PET imaging. Principles and practice of positron emission tomography. Lippincott Williams & Wilkins. 111-136, 2002
5. 中井勝彦、他：がん検診におけるFDG-PET. 臨床放射線 47: 1137-1148, 2002
6. Nakai K, et al: Cancer screening with 18F FDG-PET, In PET and PET/CT in Oncology, Springer, Berlin, 309-320, 2003
7. 留森貴志、他：全身FDG-PET検査の腫瘍描出能における吸収補正の影響に関する検討. 断層映像研究会雑誌 31: 66-72, 2004
8. 井出満、他：FDG-PETを中心とした成人病検診. 臨床放射線 49:835-840, 2004
9. 宇野公一：腫瘍PETの有用性と将来性. 日本がん検診診断学会会誌 11:9-15, 2004
10. 陣之内正史：FDG-PET検査はがん検診をかえるか? 臨床放射線 49:855-863, 2004
11. 落合礼次、他：DWIBS法の臨床—FDG-PETとの比較. 日独医報 50:678-690, 2005
12. 小野研、他：FDG-PET 癌検診の有用性と問題点(PETと拡散強調画像との比較を含めて). 映像情報 37:1101-1105, 2005.
13. FDG-PET/MRI 診療ガイドライン 2012 Ver1.0 日本医学放射線学会、日本核医学会、日本磁気共鳴医学会
14. Ratib O, et al: Atlas of PET/MR imaging in oncology. Springer. 7-40, 2013
15. Iagaru A, et al: PET/MRI in oncology. Current clinical applications. Springer. 1-75, 2018
16. FDG-PET 検査における安全確保のガイドライン(2005年). 平成16年度厚生労働省科学研究費補助金(医療技術評価総合研究事業) PET 検査施設における放射線安全の確保に関する研究班編 核医学 42:1-26, 2005
17. 中本裕士:PET/CTの課題 技術的側面および社会的側面から見たPET/CTの課題. インナービジョン. 21: 52-55, 2006.
18. 陣之内正史:PET/CTで分かってきたこと—PET単独、CT単独のピットフォール. RadFan. 4: 20-23, 2006

19. 陣之内正史:PET の展望「癌検診への応用と課題」. Pharma Medica 24:71-75, 2006
20. Delbeke D, et al: Procedure guideline for tumor imaging with 18F-FDG PET/CT 1.0. J Nucl Med. 47:885-895, 2006
21. 陣之内正史: PET がん検診における PET/CT の役割. 日本がん検診・診断学会誌 14:104-108, 2007
22. 南本亮吾、他: FDG-PET がん検診の実態と成績—全国調査に基づく検討—. 核医学 44:105-124, 2007
23. Ono K, et al.: The detection rates and tumor clinical/pathological stages of whole-body FDG-PET cancer screening. Ann Nucl Med 21:65-72, 2007
24. FDG スキャン注 審査報告書 独立行政法人 医薬品医療機器総合機構
25. Kojima S, et.al.: Cancer screening of healthy volunteers using whole-body 18F-FDG-PET scans: The Nishidai clinic study. Eur J Cancer. 43:1842-8, 2007
26. Suzuki A, et al. Inter-observer variations in FDG-PET interpretation for cancer screening. Jpn J Clin Oncol. 37(8):615-22, 2007
27. Kwee TC, et al.: Diffusion-weighted whole-body imaging with background body signal suppression (DWIBS): features and potential applications in oncology. Eur Radiol. 18(9):1937-52 (review), 2008
28. Terauchi T, et al.: Evaluation of whole-body cancer screening using 18F-2-deoxy-2-fluoro-D-glucose positron emission tomography: a preliminary report. Ann Nucl Med. 22:379-85, 2008
29. Nishizawa S, et.al.: Prospective evaluation of whole-body cancer screening with multiple modalities including [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography in a healthy population: a preliminary report. J Clin Oncol. 27:1767-73, 2009
30. 南本 亮吾、他: 集積パターンと併用検査に基づく FDG-PET がん検診の要精査判定方法. 核医学 46:73-93, 2009
31. 南本亮吾、他: FDG-PET がん検診アンケート調査集計結果 (2005-2006 年度). 日本がん検診・診断学会誌 17巻: 223-228, 2010
32. 村野 剛志、他: FDG-PETがん検診における放射線被曝量の実態とリスクベネフィット解析. 核医学 48: 1-13, 2011
33. Murano T, et al.: Radiation exposure and risk-benefit analysis in cancer screening using FDG-PET: results of a Japanese nationwide survey. Ann Nucl Med. 25(9):657-66, 2011

34. Hatazawa J: Cancer screening by FDG-PET: benefit or risk? Ann Nucl Med. 25:667-668, 2011
35. Minamimoto R, et al.: Analysis of various malignant neoplasms detected by FDG-PET cancer screening program: based on a Japanese Nationwide Survey. Ann Nucl Med 25:45-54, 2011
36. Lecouvet FE, et al.: Can whole-body magnetic resonance imaging with diffusion-weighted imaging replace Tc 99m bone scanning and computed tomography for single-step detection of metastases in patients with high-risk prostate cancer? Eur Urol. 62(1):68-75, 2012
37. Minamimoto R, et al.: The current status of an FDG-PET cancer screening program in Japan, based on a 4-year (2006-2009) nationwide survey. Ann Nucl Med. 27(1):46-57, 2013
38. 陣之内正史: PETがん検診の現状と課題. 日本がん検診・診断学会誌 22:132-140, 2014
39. 石原 圭一, 他: 検診におけるPET診断の有用性と限界. 臨床泌尿器科 68:998-1003, 2014
40. 荒木 力 編集: 腹部のMRI 第3版. メディカル・サイエンス・インターナショナル 東京、2014
41. Lia B, et al.: Diagnostic value of whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging for detection of primary and metastatic malignancies: A meta-analysis. Eur J Radiol. 83:338-344, 2014
42. Tong J: Cancer screening of asymptomatic individuals using 18F-FDG PET/CT in China: a retrospective study. Discov Med. 22:181-188, 2016
43. 細野 眞, 他: PET検診の総括から未来へ はじめに. 臨床放射線 62:619-620, 2017
44. 川本 雅美: 12年間約4万件のPET検診症例から 臨床放射線 62:621-628, 2017
45. 田所 匡典: PET/MR、PET/CT、マンモPETを使用した総合検診. 臨床放射線 62:629-636, 2017
46. 西澤 貞彦, 他: FDG-PET検査を含む総合癌検診の現状と展望. 62:645-653, 2017
47. 加治屋より子, 他: PET検診がん発見率と年代や性別、受診回数との関連性—どのような人がFDG-PET検診を受けるとよいか—. 臨床放射線 62:1157-1164, 2017

甲状腺癌

48. Minamimoto R, et al.: Detection of Thyroid Cancer by a FDG-PET Cancer Screening Program: A Nationwide Japanese Survey. ANTICANCER RESEARCH 34: 4439-46, 2014

消化管

49. Himeno S, et al: Evaluation of esophageal cancer by positron emission tomography. Jpn J Clin Oncol 32: 340-346, 2002
50. Yasuda S, et al: Factors influencing physiological FDG uptake in the intestine. Tokai J Exp Clin Med 23: 241-244, 1998
51. Kobori O, et al : Positron emission tomography of esophageal carcinoma using ^{11}C -choline and ^{18}F -fluorodeoxyglucose. Cancer 86 : 1638-1648, 1999
52. Fujii H, et al: Factors influencing nonpathological FDG uptake in various organs. In Positron Emission Tomography in the Millennium, Amsterdam, Elsevier, 2000
53. Yasuda S, et al: ^{18}F -FDG PET detection of colonic adenomas. J Nucl Med 42: 989-992, 2001
54. 留森貴志、他：全身FDG-PET検査の胃集積に関する検討. 断層映像研究会誌 28: 85-90, 2001
55. 宇野公一、他：PETによる大腸癌の診断. 日本臨床 61 : 168-172, 2003
56. Uno K, et al: FDG-PET in the diagnosis of colorectal cancer as a cancer screening approach. JNM 45: 32p, 2004
57. 陣之内正史：FDG-PETマニュアル・検査と読影のコツ. インナービジョン 東京、2004
58. 山田 哲、他：胃癌におけるFDG-PET所見とGLUT-1発現についての検討. 第63回日本医学放射線学会学術集会 演題383
59. 陣之内正史、他：PET 検診にて発見された大腸癌の分析～便潜血検査およびCEA との比較. 日本がん検診・診断学会誌 14 : 150-155, 2007
60. Minamimoto R, et al.: Observer variation study of the assessment and diagnosis of incidental colonic FDG uptake. Ann Nucl Med. 27(5):468-77, 2013
61. Minamimoto R, et al. : Detection of colorectal cancer and adenomas by FDG-PET cancer screening program: results based on a nationwide Japanese survey. Ann Nucl Med. 28(3):212-9, 2014
62. Minamimoto R, et al. : Performance profile of a FDG-PET cancer screening program for detecting gastric cancer: results from a nationwide Japanese survey. Jpn J Radiol. 32:253-259, 2014

肺 癌

63. 藤井博史、他：F-18 FDG全身PET検査による肺癌スクリーニングの有用性. 先端医療 16: 47-50, 1999
64. 藤井博史、他：F-18 FDG 全身 PET 検査で認められた肺門部集積の検討. 臨床放射線 44:

199-206, 1999

65. 藤井博史、他：腫瘍の FDG -PET 肺癌. 画像診断 17: 548-555, 2001
66. Nomori H, et al: Evaluation of F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) PET scanning for pulmonary nodules less than 3cm in diameter, with special reference to the CT images. Lung Cancer 45 : 19-27, 2004
67. Eriko Tukamoto, Shinji Ochi : PET/CT today : System and its impact on cancer diagnosis, Annual of Nuclear Medicine : 20(4): 255-267, 2006
68. 低線量 CT による肺癌検診のあり方に関する合同委員会見解 2003. 肺癌取扱い規約、改訂第 6 版、東京：金原出版：190-202, 2003
69. 胸部検診用 CT 撮影マニュアル—シングルスライスヘリカル CT を対象にして. 胸部 CT 検診研究会技術部会、日本放射線技術学会 学術委員会研究調査班、日本医学物理学会 課題別研究会 編集, 2004
70. 柿沼龍太郎：「東京から肺がんをなくす会」症例にもとづく「判定基準と経過観察ガイドライン（案）」の検証. 胸部 CT 検診 10 : 221-226, 2004
71. Single slice helical CT による肺癌 CT 検診の判定基準と経過観察ガイドライン. 第 1 版, 2005
72. CT 検診精度管理ガイドライン（第一版）. 胸部 CT 検診研究会 精度管理部会 編集, 2004
73. 中島留美、他：肺がんのヘリカル CT 検査. 後藤由夫、奈良昌治編、健診判定基準ガイドライン、初版、東京：文光堂：142-147, 2003
74. 中島留美：日赤熊本健康管理センターにおける胸部 CT 検診の現状. 日本がん検診・診断学会誌 14 : 132-136, 2007
75. 陣之内正史：FDG-PET による肺癌検診. 気管支学 29 : 170-176, 2007
76. 中島留美：胸部 CT 検診. 後藤由夫、奈良昌治 監修、山門 實、阿部眞秀 編、健診判定基準ガイドライン、改訂新版、東京：文光堂：217-223, 2008
77. Minamimoto R, et al. : Detection of lung cancer by FDG-PET cancer screening program: a nationwide Japanese survey. Anticancer Res. 34(1):183-9, 2014

乳癌

78. Uno K, et al : FDG-PET evaluation of fibrocystic mastopathy in patients with breast tumor. Eur J Nucl Med 21 : S197, 1994
79. 宇野公一、他：¹⁸F-FDG PET による乳腺腫瘍の良・悪性の鑑別. 乳癌の臨床 12:168-170, 1997

80. Noh DY, et al : Detection of cancer in augmented breasts by positron emission tomography. Eur J Surg 165 : 847-851, 1999
81. 宇野公一、他： 乳腺腫瘍における FDG PET 検査の有用性と医療経済効果 -アンケート調査の集計結果による検討-. Radioisotopes. 49: 51-57, 2000
82. Hicks RJ, et al: Pattern of uptake and excretion of ¹⁸F-FDG in the lactating breast. JNM 42 : 1238-1242, 2001
83. 今中信弘、他 : F-18 FDG-PET を用いた乳癌の評価. 日独医報 46 : 205-211, 2001
84. Hurwitz R : F-18 FDG positron emission tomographic imaging in a case of ruptured breast implant: inflammation or recurrent tumor? CNM 28 : 755-756, 2003
85. 陣之内正史 : 5 乳癌 クリニカル PET の最前線. 先端医療研究所 (東京) : 88-92, 2004
86. Minamimoto R, et al. : Detection of breast cancer in an FDG-PET cancer screening program: results of a nationwide Japanese survey. Clinical Breast Cancer 15(2):139-46, 2015

肝臓癌

87. Iwata Y, et al: Clinical usefulness of positron emission tomography with fluorine-18-fluorodeoxyglucose in the diagnosis of liver tumors. ANM 14: 121-126, 2000
88. Ho CL, et al: ¹¹C-acetate PET imaging in hepatocellular carcinoma and other liver masses. JNM 44: 213-221, 2003

膵臓癌

89. Delbeke D, et al: Optimal interpretation of FDG PET in the diagnosis, staging and management of pancreatic carcinoma. JNM 40: 1784-1791, 1999
90. Papos M, et al: The possible role of F-18 FDG positron emission tomography in the differential diagnosis of focal pancreatic lesions. CNM 27: 197-201, 2002
91. Higashi T, et al: Diagnosis of pancreatic cancer using fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG PET) -usefulness and limitations in "clinical reality". ANM 17: 261-279, 2003
92. Nakajo M, et al: FDG PET and PET/CT monitoring of autoimmune pancreatitis associated with extrapancreatic autoimmune disease. CNM 32: 282-285, 2007
93. Kato K, et al: Limited efficacy of (18)F-FDG PET/CT for differentiation between metastasis-free pancreatic cancer and mass-forming pancreatitis. CNM 38:417-21,

2013.

前立腺癌

94. Seltzer MA, et al : Comparison of whole body ^{11}C -acetate and FDG PET in patients with prostate cancer. JNM 41 : 142, 2000
95. Kotzerke J, et al : ^{11}C -acetate positron emission tomography (PET) of prostate cancer-first clinical experience. JNM 42 : 121, 2001
96. Minamimoto R, et al. : Detection of prostate cancer by an FDG-PET cancer screening program: results from a Japanese nationwide survey. Asia Oceania J Nucl Med Biol. 2(1):19-23, 2014

卵巣癌・子宮癌

97. Yen TC, et al. : Value of dual-phase 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography in cervical cancer. J Clin Oncol 21(19) : 3651-3658, 2003
98. 田邊博昭 : 15. 卵巣 FDG-PETマニュアル・検査と読影のコツ. インナービジョン (東京) : 203-208, 2004
99. Nishizawa S, et al. : Physiological ^{18}F -FDG uptake in the ovaries and uterus of healthy female volunteers. Eur J Nucl Med Mol Imaging 32:549-546, 2005
100. Nishizawa S, et al. : physiological FDG uptake in ovaries after hysterectomy. Ann Nucl Med 21: 345-348, 2007
101. Nishizawa S, et al. : Incidence and characteristics of leiomyomas with FDG uptake. Ann Nucl Med 22:803-810, 2008
102. Nogami Y, et al. : Application of FDG-PET in cervical cancer and endometrial cancer: utility and future prospects. Anticancer Res. Feb;34:585-92, 2014

悪性リンパ腫

103. Okada J, et al. The use of FDG-PET in the detection and management of malignant lymphoma: correlation of uptake with prognosis. J Nucl Med. 32: 686-691, 1991
104. Cheson BD, et al: Recommendations for Initial Evaluation, Staging, and Response Assessment of Hodgkin and Non-Hodgkin Lymphoma: The Lugano Classification. J Clin Oncol 32: 3059-3067, 2014.

腎癌・膀胱癌

105. Kosuda S, et al: Preliminary assessment of fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with bladder cancer. Eur J Nucl Med 24 : 615-620, 1997

106. Ramdave S, et al : Clinical role of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for detection and management of renal cell carcinoma. J Urol. 166 : 825-830, 2001