

¹¹C-メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像のための標準的プロトコール 公開版 第3版

日本核医学会・PET 核医学委員会

2023/8/28

1. はじめに

本文章では、日本核医学会が提案する ¹¹C-メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像のための標準的な検査プロトコールについて説明する。

尚、本文章ではあくまで標準的なプロトコールを提案することから、研究の目的に応じて本文章で記載されているプロトコールを修正することが妥当である場合は、本文章のプロトコールを修正しても差し支えない。

2. 特徴と目的

¹¹C-メチオニンを静脈より投与した後、PET を用いて体内での放射能分布の画像を撮像することにより、アミノ酸代謝に関する機能画像を得ることができる。また、FDG と異なり正常脳組織への集積は少ないことから、¹¹C-メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像は、MRI、CT、糖代謝を指標とする FDG-PET 検査などの従来の画像診断と比較して、放射線治療後の脳腫瘍における放射線壊死と再発の鑑別、非腫瘍病変と神経膠腫との鑑別、脳腫瘍の浸潤範囲の決定における有用性が期待されている

3. 撮像

3.1. PET カメラ及び撮像の体制

日本核医学会が実施する ¹¹C-メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像に関する認証を受け、合格した PET カメラ及び周辺機器を用いて撮像を実施しなければならない。

3.2. 薬剤

¹¹C-メチオニンは、「日本核医学会院内製造 PET 薬剤基準」[1] に掲載されている薬剤である。

3.3. 撮像前日までの被験者管理

撮像の前日までの被験者に対する管理には、特に留意点は無い。

3.4. 投与前での環境

激しい運動を避けること以外に、投与前における留意点は無い。

3.5. 投与放射エネルギー

¹¹C-メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像では正常組織内に点在する集積部位の検出が目的であることから、PET 検査で得られる画像の品質を確保するためには、一定以上の放射エネルギーの ¹¹C-メチオニンを投与することが必要である。

本プロトコールでは、370 MBq±10%を標準の投与放射エネルギーとする [2, 3, 4, 5] が、個別の研究プロジェクトの事情によっては、投与放射エネルギーを標準の投与放射エネルギーより多くする、あるいは少なくする設定をしてもよい。

被験者への投与放射エネルギーを設定する際は、事前に、被験者の被曝量、PET 検査に関わるスタッフの被曝量などの安全管理、¹¹C-メチオニンを合成するホットラボの能力、及び使用する PET カメラの性能等を考慮する必要がある。

投与放射エネルギーの増減は、PET 収集時のカウント量の増減に繋がり、PET 画像の画質を変化させる。これは PET カメラの性能に依存するため、投与放射エネルギーは、撮像時間 (§3.9) と合わせて検討し、ファントム実験を行って決定することが望ましい (§6)。

3.6. 投与方法での留意点

¹¹C-メチオニンは静注によって投与し、投与後直ちに生理食塩水を使用して投与ラインをフラッシュすることで、残留した ¹¹C-メチオニンも投与に供する必要がある。

また投与量を正確に測定するために、使用したシリンジ、エクステンションチューブ、投与針に残留した放射能を、投与後直ちにドーズキャリブレーションで測定し、投与前後の放射能の測定値と測定時間を用いて投与時の放射能を求めなければならない。

3.7. 待機時間

薬剤投与後 20 分の時点からエミッション撮像を行う。従って被験者のポジショニングに要する時間を考慮し、指定の待機時間の後にエミッション撮像が行えるよう検査手順を検討しなければならない。

またエミッション撮像前に CT 撮像を実施する場合には、CT の撮像に要する時間も考慮しなければならない。

3.8. 被験者のポジショニング

被験者の脳全体が PET カメラの撮像視野に収まるように被験者のポジショニングを行う。

撮像中の体動は画質の劣化を引き起こすことから、被験者の体動は可能な限り抑制しなければならない。従って被験者が静止した状態で撮像が行えるよう、頭や首がリラックスするポジショニングを行う必要がある。

3.9. 撮像時間

一般的には 10 分間の PET 撮像を行うが、PET 画像の画質は PET カメラの性能と撮像時間に依存することから、実際の撮像時間は、日本核医学会が実施する撮像認証の中で実施されるファントム試験に基づいて確認あるいは決定する (§6)。

3.10. 減弱補正用データの収集

本プロトコールでは、PET 専用カメラではエミッション撮像終了後に減弱補正用のトランスミッション撮像を行う。

PET/CT カメラでは通常エミッション撮像の前に位置決め用、及び減弱補正用の CT 撮影を行う。ただし、エミッション撮像中に被験者が動いた可能性があり、再度減弱補正用の CT 撮影を行った方がよいと判断される場合には、必要に応じてエミッション撮像終了後に再度減弱補正用の CT 撮影を行う。

減弱補正用データの収集時間及び補正法の選択については、PET 画像の画質に影響を与えるため、日本核医学会が実施する撮像認証の中で実施されるファントム試験に基づいて確認し、画像再構成 (§3.11) と合わせて考慮して必要があれば変更を行う (§6)。

3.11. 画像再構成

PET 画像は画像再構成条件に左右されることから、日本核医学会が実施する撮像認証の中で実施されるファントム試験で、画質の基準を満たす再構成条件を決定する (§6)。

3.12. 撮像後の被験者管理

撮像後は、被験者の有害事象の有無を医師または医師の指示を受けたものが確認する。

4. 画像の評価

Standardized Uptake Value (SUV) と病変部正常比 (L/N 比) の 2 種類の定量値を臨床評価に使用することができる。いずれを使用するか、或は双方を使用するかは、実施する研究の目的に基づいて選択し、当該プ

ロジェクトのプロトコールに記載する。

尚、L/N 比は PET 画像のみから算出されることから PET カメラの定量性のみが要求されるが、SUV では、その算出に投与量と体重が必要となることから、PET カメラに加えて投与量及び体重計の定量性も必要であり、学会認証を通して SUV の信頼性を保証することが望ましい。

5. 被ばく線量

^{11}C -メチオニンによる全身被曝線量は $5 \mu\text{Sv}/\text{MBq}$ である [6]。

6. 撮像条件の決定指針

^{11}C -メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像の投与放射線量 (§3.5)、撮像時間 (§3.9)、及び画像再構成条件 (§3.11) を決定するときには、日本核医学会が実施する撮像認証の中で実施されるファントム試験を行って、求められる画質が得られるような撮像条件を PET カメラごとに決定する。

ファントム試験の詳細は、ファントム試験手順書を参照するが、以下に概要を述べる。

ファントム試験は、対背景比 3 倍の放射能濃度を封入して PET 撮像を行い、画質評価として、視覚的評価と物理学的評価を行う。

視覚的評価は、直径 7.5 mm のホット球が描出されることを目標とする。また、横断面、矢状断面、及び冠状断面の 3 断面に不均一やアーチファクトがないかを確認する。

物理学的評価は、撮像プロトコールに従った収集時間の PET 撮像において直径 7.5 mm のホット球の %コントラストが 13 %以上の数値が得られることを目標とする。同時に、直径 10 mm のホット球のリカバリー係数を評価し、分解能として、半値幅が 8 mm 以下となることを目標とする。SUV を臨床評価に使用する場合は、画像上における背景領域の SUV 平均値が 1.00 ± 0.05 以内であることも物理学的評価の目標とする。また、撮像視野内の不均一性を評価するため、ファントム内に 48 個設置した小さな関心領域の平均値の標準偏差 (Standard deviation; SD) が 0.0249 以下であることを目標とする。これを満たすことで、各 ROI の平均値が $\pm 5\%$ 以内の変動に収まることが期待できる。

尚、PET カメラによっては、上記の画質が得られない場合もある。その場合は、これに準じる撮像条件で PET 撮像を行う。しかし、得られる PET 画像が上記の画質を満たさないことを承知の上で研究計画を立て、

^{11}C -メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像を行う必要がある。

参考資料

資料 1 PET 撮像施設認証 (II) 調査票

資料 2 PET 撮像施設認証 (I) 及び認証 (II) の受審要項

資料 3 ^{11}C -メチオニンを用いた脳腫瘍 PET 撮像のためのファントム試験手順書

以上

参考文献

- [1] 日本核医学会. 分子イメージング戦略会議・PET 核医学委員会: 日本核医学会院内製造 PET 薬剤基準 第 4.1 版 (2016 年 2 月 9 日版). 日本核医学会. (Online). Available from, <http://www.jsnm.org/guideline/molecule/001> (Accessed February 22, 2016). §3.2
- [2] Tsuyuguchi N, Sunada I, Iwai Y, Yamanaka K, Tanaka K, Takami T, et al: Methionine positron emission tomography of recurrent metastatic brain tumor and radiation necrosis after stereotactic radiosurgery: is a differential diagnosis possible? *J Neurosurg* 2003; 98(5): 1056–1064. §3.5
- [3] Terakawa Y, Tsuyuguchi N, Iwai Y, Yamanaka K, Higashiyama S, Takami T, et al: Diagnostic accuracy of ^{11}C -Methionine PET for differentiation of recurrent brain tumors from radiation necrosis after radiotherapy. *J Nucl Med* 2008; 49(5): 694–699. §3.5
- [4] Nakajima T, Kumabe T, Kanamori M, Saito R, Tashiro M, Watanabe M, et al: Differential diagnosis between radiation necrosis and glioma progression using sequential proton magnetic resonance spectroscopy and methionine positron emission tomography. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2009; 49(9): 394–401. §3.5
- [5] Okamoto S, Shiga T, Hattori N, Kubo N, Takei T, Katoh N, et al: Semiquantitative analysis of C-11 methionine PET may distinguish brain tumor recurrence from radiation necrosis even in small lesions. *Ann Nucl Med* 2011; 25(3): 213–220. §3.5
- [6] Deloar HM, Fujiwara T, Nakamura T, Itoh M, Imai D, Miyake M, et al: Estimation of internal absorbed dose of L-[methyl- ^{11}C]methionine using whole-body positron emission tomography. *Eur J Nucl Med* 1998; 25(6): 629–633. §5