

《技術報告》

頭頸部専用 PET 撮像方法の検討

笹川 泰弘* 門田 敏秀* 保田 定利* 山本 由佳**
 西山 佳宏**

要旨 頭頸部腫瘍における ^{18}F -FDG PET のリンパ節転移の検出能の向上を目的に、ファントムを用い、頭頸部専用の撮像方法による画像(頭頸部専用画像)のための最適収集時間を検討し、通常の全身撮像方法による画像(通常画像)と比較した。アクリル製円形水槽のファントムを使用し、内部に直径 4.7–38.0 mm のホットスポットを配置した。通常画像はトランスミッション 2 分/フレーム、エミッション 3 分/フレームで撮像し、再構成画像の FOV は 65.9 cm とした。頭頸部専用画像はトランスミッション収集時間を 1–20 分に、エミッション収集時間を 1–20 分に変化させて収集を行った。再構成画像の FOV は 25.4 cm とした。ファントムによる検討で、頭頸部専用画像の最適トランスミッション収集時間は 3 分であった。最適エミッション収集時間は 7 分で、認識可能なホットスポットの最小径は通常画像が 14.3 mm であったのに対し頭頸部専用画像では 7.3 mm であった。今後臨床例を蓄積し、頭頸部専用画像の臨床的有用性をさらに検討する。

(核医学 46: 363–368, 2009)

I. はじめに

^{18}F -FDG を用いた PET (positron emission tomography) は、腫瘍の悪性度を反映した糖代謝の亢進を画像化することができる¹⁾。2002 年 4 月より、本邦でも ^{18}F -FDG PET が保険診療として承認され、クリニカル PET の時代が到来した。通常の腫瘍の全身検索の場合、頭頂レベルより大腿近位レベルまでの範囲が撮像される。

頭頸部腫瘍における ^{18}F -FDG PET の役割として、原発腫瘍の検出、リンパ節転移の診断、残存腫瘍、再発腫瘍の検出、治療効果の判定などがあ

げられる。頭頸部癌における ^{18}F -FDG PET のリンパ節転移の検出能は、感度 70–90%、特異度 82–100% で、CT や MRI による診断能よりも高いと報告されているものが多い^{2–4)}。近年 PET 検出器の性能の向上がなされているが、分解能は 6 mm 前後であり小さな病変の検出は難しい。一方、頸部リンパ節転移の 40% 以上が 1 cm 以下の大きさであったとする報告がある⁵⁾。

II. 目 的

頭頸部腫瘍における ^{18}F -FDG PET のリンパ節転移の検出能の向上を目的に、ファントムを用い、頭頸部専用の撮像方法による画像(頭頸部専用画像)のための最適収集時間を検討し、通常の全身撮像方法による画像(通常画像)と比較した。

III. 方 法

^{18}F の生成は HM-18 cyclotron (住友重機械工業)、 ^{18}F -FDG の合成には FDG MicroLabTM (GE 横

* 香川大学医学部附属病院放射線部

** 同 放射線科

受付: 21 年 1 月 6 日

最終稿受付: 21 年 4 月 8 日

別刷請求先: 香川県木田郡三木町池戸 1750-1

(☎ 761-0793)

香川大学医学部附属病院放射線部

笹川 泰弘

河メディカルシステム)を用いた。PET カメラは ECAT EXACT HR + (シーメンス旭メディテック) で、1 フレーム当たりの体軸方向の有効視野は 15.5 cm、63 スライスで 3 次元収集を行った。トランスミッション線源には ^{68}Ge を用いた。

使用したファントムはアクリル製円形水槽 (内径 20.3 cm、高さ 31.8 cm、容量約 10 l) (VICTOREEN 社製) で、内部に外径 20 cm、厚さ 6.3 cm の “Hot” Lesion Resolution Insert (HLRI) を挿入した。各ホットスポットの直径は、4.7 mm、5.9 mm、7.3 mm、9.2 mm、11.4 mm、14.3 mm、17.9 mm、22.4 mm、38 mm で、それぞれ 2 個ずつ、計 18 個のスポットがある (Fig. 1)。

1. 通常画像の撮像条件

通常画像はトランスミッション 2 分/フレーム、エミッション 3 分/フレームで撮像した。再構成画像の FOV は 65.9 cm、画素数 128×128 、1 ピクセルサイズは $5.15 \times 5.15 \times 5.15$ mm である。

2. 頭頸部専用画像の撮像条件

再構成画像の FOV は 25.4 cm、画素数 128×128 、

1 ピクセルサイズは $1.98 \times 1.98 \times 2.43$ mm である。

1) 最適トランスミッション収集時間の検討

ファントムに水を満たし、トランスミッション収集時間を 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20 分と変化させてデータ収集を行った。それぞれのトランスミッション画像に対し、同一スライス位置でファントム円形断面に沿って関心領域を設定し、統計ノイズの指標としての変動係数 (coefficient of variation, CV 値) を求めた。

2) 最適エミッション収集時間の検討

ファントムに ^{18}F -FDG 2.5 Bq/l を混入しよく攪拌した。その中に HLRI を挿入し、各スポットに ^{18}F -FDG が満たされた 18 個のホットスポットを作成した。エミッション収集時間を 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20 分と変化させて連続的に撮像を行った。撮像開始からそれぞれのエミッション撮像の中心時間について減衰補正を行った。

画像の評価方法は、核医学経験年数 5 年以上の放射線技師 3 名と核医学専門医師 3 名が別々に評価し、同じ大きさのホットスポットを 2 個とも明

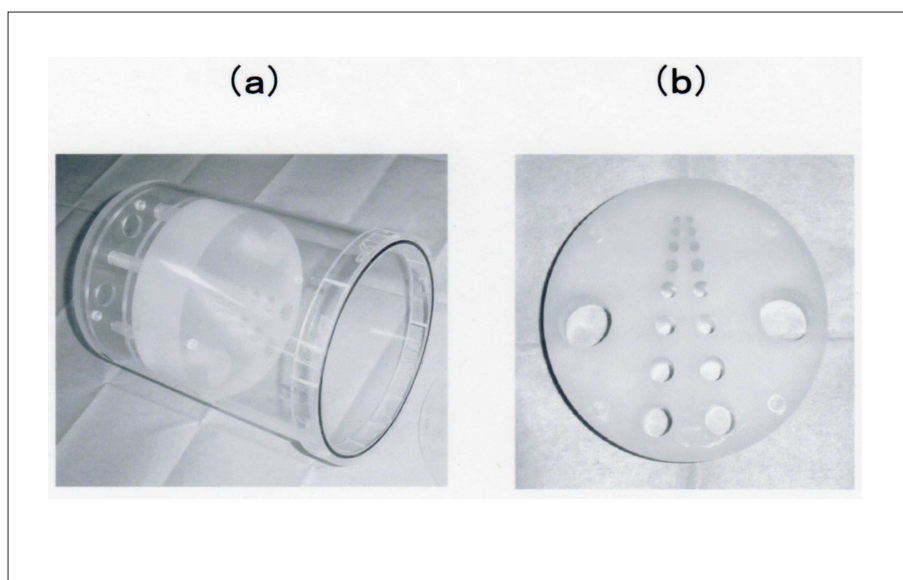


Fig. 1 A 20-cm-diameter and 31.8-cm-long cylindric phantom was used. A phantom containing “Hot” Lesion Resolution Insert (HLRI) which has 18 spheres of 9 diameters was used. The diameters of the spheres were 4.7, 5.9, 7.3, 9.2, 11.4, 14.3, 17.9, 22.4, and 38 mm.

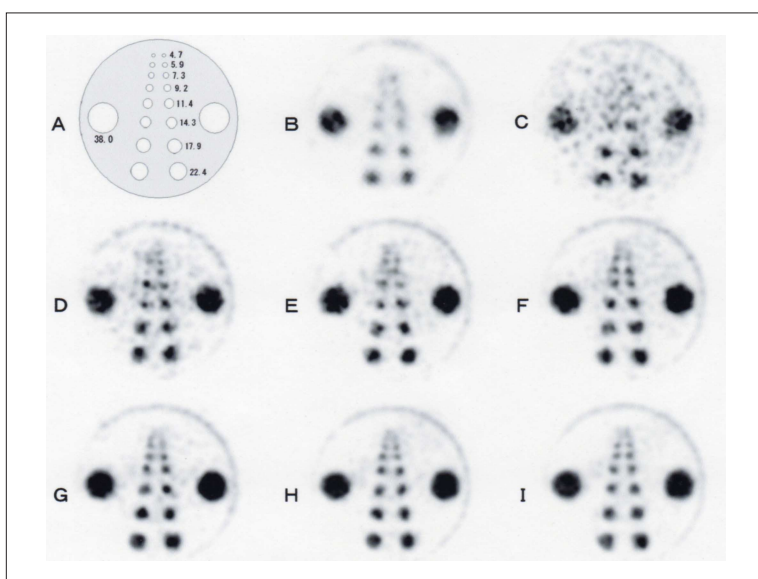


Fig. 2 Images from phantom study. A, Diagrams shows sizes (in millimeters, shown by numbers) and positions of hot spheres. B, Two-min transmission and 3-min emission scan image obtained with standard protocol. C, D, E, F, G, H, I, One-, 3-, 5-, 7-, 10-, 15-, and 20-min emission and 3-min transmission scan images obtained with dedicated protocol.

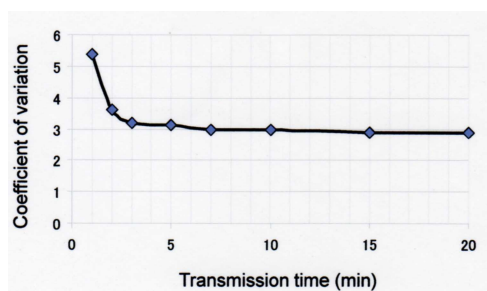


Fig. 3 Graph shows coefficient of variations plotted against acquisition period for transmission.

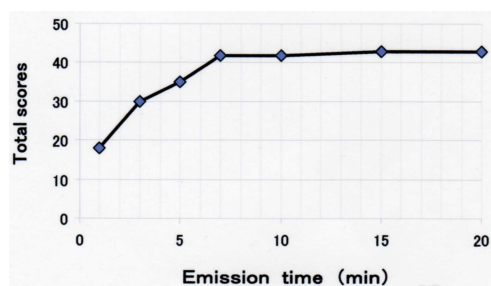


Fig. 4 Graph shows total scores plotted against acquisition period for emission scan image obtained with dedicated protocol.

瞭に認識できた場合を 1 点とし、それぞれのスポットの合計点数を算出した。満点は 9 点 $\times$ 6 名 = 54 点となる。

IV. 結 果

1. 通常画像の撮像条件

通常画像の撮像条件での画像を Fig. 2 の B に示す。認識可能なホットスポットの最小径は 14.3

mm で、評価点数の合計は 25 点であった。

2. 頭頸部専用画像の撮像条件

1) 頭頸部専用画像の最適トランスミッション収集時間の検討

1-20 分でトランスミッション収集時間を変化させた時の画像の CV 値の結果を Fig. 3 に示す。トランスミッション収集時間 3 分以降は CV 値は

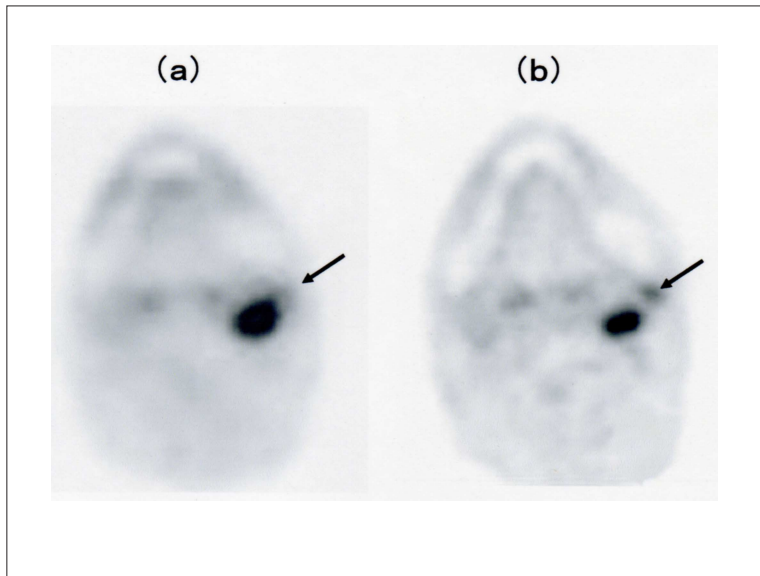


Fig. 5 Images in 85-year-old man with carcinoma of left buccal mucosa with submandibular lymph node metastases. (a) Transverse standard protocol ^{18}F -FDG PET image shows increased uptake in the node (arrow). (b) Transverse dedicated protocol ^{18}F -FDG PET image shows two increased uptake in the nodes (arrow).

ほとんど変化しておらず，頭頸部専用画像の最適トランスミッション収集時間は3分とした．

2) 頭頸部専用画像の最適エミッション収集時間の検討

上記1)の結果よりトランスミッション収集時間を3分とし，エミッション収集時間を1-20分で変化させて撮像した画像をFig. 2のC-Iに示す．認識可能なホットスポットの最小径は収集時間7分以上では7.3 mmであった．合計の評価点数の結果をFig. 4に示す．エミッション収集時間7分の合計点数は42点で以降は有意な上昇はなかった．

3) 臨床例

今回のファントム実験の結果から，頭頸部腫瘍の症例に対し，頭頸部専用画像（トランスミッション3分/フレーム，エミッション7分/フレーム）と通常画像（トランスミッション2分/フレーム，エミッション3分/フレーム）を撮像した．左頬粘膜癌術後顎下部リンパ節転移の症例をFig. 5

に示す．通常画像で左顎下部にリンパ節転移が疑われる ^{18}F -FDGの高集積を認めるが，頭頸部専用画像では，そのすぐ外側にも小さなリンパ節転移が疑われる集積が明瞭に描出されている．

V. 考 察

今回頭頸部腫瘍における ^{18}F -FDG PETのリンパ節転移の検出能の向上を目的に，ファントムを用い頭頸部専用画像のための最適収集時間を検討した．通常画像はトランスミッション2分/フレーム，エミッション3分/フレームで収集しているが，頭頸部専用画像はトランスミッション3分/フレーム，エミッション7分以上/フレームでの収集がよい結果を示した．

臨床測定における患者の拘束時間を考慮すれば7分が最適と考えた．その結果，通常画像での認識可能な最小径14.3 mmに対し，頭頸部専用画像でのそれは7.3 mmで，頭頸部専用画像は通常画像に比べ約2倍の分解能が得られた．

臨床におけるトランスミッションやエミッションの最適収集時間の検討については、それぞれの装置ごとに収集時間を設定する必要がある⁶⁾。PETの収集条件はこの二つの収集データが影響し合うので、双方で誤差の少ないデータが望ましい。トランスミッション収集時間は画質や定量値に影響を及ぼし、トランスミッションデータに誤差が生じた場合は、エミッションデータにその誤差が伝播し最終的な PET 画像に影響を及ぼす⁷⁾。それぞれの装置で設定条件ごとの特性を知るうえでファントムによる評価の必要性は高い⁶⁾。しかし収集条件だけでなく補正アルゴリズムも異なるため、条件の統一化は難しい。さらに各施設、各装置ごとに統一されていても、患者の体型や投与量の違いによっても画質は大きく変化するので、これらを加味した検討も今後必要である。

今回の検討にはいくつかの問題点がある。まず使用したファントムの径は 20.3 cm で、頭頸部領域をターゲットとするには大きすぎる。頭頸部領域のサイズに合わせたファントムでの検討が必要である。次にファントム内のバックグラウンドに放射能がなく、各ホットスポットの放射能濃度は 1 種類の 2.5 Bq/l に規定した。臨床例に即するためには、バックグラウンドにも放射能を入れて検討する必要がある。またホットスポットの放射能濃度も単一ではいけない。腫瘍への集積程度は低いものから高いものまで様々であり、集積程度が低ければ低いほど指摘しにくくなる。頭頸部腫瘍の臨床例の検討から、バックグラウンドとリンパ節転移の放射能濃度比を算出し、それに合った濃度比で、かつホットスポットの放射能濃度を変えてさらに検討する必要がある。得られた画像の評価方法として、今回は視覚的な評価のみであったが、バックグラウンドへの放射能封入により、ホットスポットとバックグラウンドの放射能比を算出して定量的な評価も加える必要がある。また画像は今回の検討のトランスミッション、エミッションの収集時間のみで決定されるものではない。画像再構成法、フィルタ、FOV などにも左右され、今後これらの検討も加える必要がある。

近年は PET 装置ではなく PET/CT 装置の進歩がめざましい。今回の検討は、PET 装置での検討であるため外部線源を用いた吸収補正用の最適なトランスミッション収集時間を検討した。PET/CT 装置の場合は、X 線 CT 装置を用いて吸収補正を簡便に行うことができ、かつ補正後の画質も大幅に改善されると期待されている。Yamamoto らは PET/CT 装置を用いて、頭頸部癌のリンパ節転移検出の有用性を検討し、小さなリンパ節転移検出に頭頸部専用画像は有用であったと報告している⁸⁾。

今後頭頸部腫瘍で通常画像、頭頸部専用画像を撮像して臨床例を蓄積し、頭頸部専用画像の臨床的有用性をさらに検討する必要がある。

VI. ま と め

今回のファントムを用いた検討により、頭頸部専用画像は通常画像に比べ約 2 倍の分解能が得られ、頭頸部腫瘍における ¹⁸F-FDG PET のリンパ節転移の検出能の向上が期待できると考えられた。

文 献

- 1) Rohren EM, Turkington TG, Coleman RE: Clinical applications of PET in oncology. *Radiology* 2004; 231: 305-332.
- 2) Stuckensen T, Kovacs AF, Adams S, Baum RP: Staging of the neck in patients with oral cavity squamous cell carcinomas: a prospective comparison of PET, ultrasound, CT and MRI. *J Craniomaxillofac Surg* 2000; 28: 319-324.
- 3) Hannah A, Scott AM, Tochon-Danguy H, Chan JG, Akhurst T, Berlangieri S, et al: Evaluation of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography with histopathologic correlation in the initial staging of head and neck cancer. *Ann Surg* 2002; 236: 208-217.
- 4) Adams S, Baum RP, Stuckensen T, Bitter K, Hor G: Prospective comparison of ¹⁸F-FDG PET with conventional imaging modalities (CT, MRI, US) in lymph node staging of head and neck cancer. *Eur J Nucl Med* 1998; 25: 1255-1260.
- 5) van den Brekel MW, Stel HV, Castelijns JA, Nauta JJ, van der Waal I, Valk J, et al: Cervical lymph node metastasis: assessment of radiologic criteria. *Radiology* 1990; 177: 379-384.
- 6) 田崎洋一郎: 臨床における最適収集時間の検討。

日放技学誌 2007; 63: 25–28 .

- 7) 佐藤 敬: Transmission 法の違いによる画質への影響. 日放技学誌 2007; 63: 17–20 .

- 8) Yamamoto Y, Wong TZ, Turkington TG, Hawk TC,

Coleman RE: Head and neck cancer: dedicated FDG PET/CT protocol for detection-phantom and initial clinical studies. *Radiology* 2007; 244: 263–272.

Summary

Dedicated PET Protocol for Detection of Head and Neck Lesion

Yasuhiro SASAKAWA, Toshihide MONDEN, Sadatoshi YASUDA,
Yuka YAMAMOTO and Yoshihiro NISHIYAMA

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kagawa University

A phantom study was performed to assess the differences between standard PET and dedicated PET for detection of head and neck lesion. A 20 cm diameter cylindric phantom containing 18 spheres of 9 diameters (4.7–38.0 mm) was used. The standard PET images were acquired for 2 min transmission and 3 min emission, acquisition period at each bed position. The dedicated PET images were acquired for a 1–20 min transmission and 1–20 min emission, acquisition period at each bed position. The reconstructed field of view using the standard and dedicated protocols were

65.9 cm and 25.4 cm, respectively.

The most suitable acquisition period for transmission and emission were 3 min and 7 min, respectively. Although the smallest sphere using standard image was 14.3 mm, the smallest sphere using dedicated image was 7.3 mm. This dedicated ^{18}F -FDG PET protocol is recommended in the evaluation of smaller head and neck lesion.

Key words: ^{18}F -FDG, PET, Dedicated PET, Transmission, Emission.