

体幹部 FDG-PET 画像における正常 SUV 分布モデルを用いた 異常集積の自動評価法

浅井 智也† 鈴木 祈史†† 原 武史† 小林 龍徳† 周 向榮†
伊藤 哲††† 片渕 哲朗†††† 藤田 広志†

†岐阜大学大学院医学系研究科 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

††岐阜大学工学部応用情報学科 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

†††医療法人大雄会放射線科 〒491-8551 愛知県一宮市羽衣 1-6-12

††††岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科 〒501-3892 岐阜県関市平賀字長峰 795-1

E-mail: †{asai, suzuki, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

あらまし FDG-PET 検査のためのコンピュータ支援診断システムの開発のため、本研究では体幹部の異常集積領域を自動検出する。全身 FDG-PET 画像 287 症例(正常症例：243 症例，異常症例：44 症例)を実験に用い、全身 FDG-PET 画像を用いた体幹部の正常モデルおよびスコア画像の作成を行った。スコア画像はモデルに基づいて対象画像の SUV を標準化した値を空間的に保存した画像である。スコア画像と SUV を用いて閾値設定を行う。この閾値は入力画像の SUV とスコアそれぞれの平均と標準偏差を計算し、異常集積領域の一次検出を行う。最後に偽陽性削除を行った結果、TP90.9%，FP12.3 個であった。

キーワード FDG-PET, SUV, コンピュータ支援診断, 正常モデル

Automatic estimation of the malignant tumors using normal SUV model in torso FDG-PET images

Tomoya ASAI† Tokifumi SUZUKI†† Takeshi HARA† Tatsunori KOBAYASHI†

Xiangrong ZHOU† Satoshi ITO††† Tetsuro KATAFUCHI†††† and Hiroshi FUJITA†

†Graduate School of Medicine, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1194 Japan

††Department of Information Science, Faculty of Engineering, Gifu University

1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1193 Japan

†††Department of Radiology, Daiyukai Hospital 1-6-12 Hagoromo, Ichinomiya-shi, Aichi, 491-8551 Japan

††††Faculty of Health Science, Gifu University of Medical Science

795-1 Nagamiya Ichihiragi, Seki-shi, Gifu, 501-3892 Japan

E-mail: †{asai, suzuki, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

Abstract This study evaluates malignant tumors of the torso FDG-PET images for CAD system. We investigate quantitative estimation of malignant tumors 44 cases on torso FDG-PET scans based on SUV distribution of normal model from normal FDG-PET images 243 cases. Score image of input image based on a standardized SUV is a spatial image to save. Both Score and SUV setting a threshold. The threshold is the input image to calculate the average and standard deviation, and detection of abnormal case. This approach resulted from TP90.9%, FP12.3.

Keywords FDG-PET, SUV, CAD, normal model

1. はじめに

我が国の悪性新生物による死亡者数は増加傾向にある。死亡者数減少のためには、がん検診による早期発見と早期治療が必要である。近年、陽電子放出核種

断層撮影(Positron Emission Tomography: PET)を用いたがん検診が注目されている。これまでは、全身を簡便にスクリーニングすることは困難であったが、PET の登場により全身を検査することが可能となっ

た。現在の PET がん検診では、主に 2-deoxy-2-[18F]fluoro-D-glucose(FDG)が用いられる。

糖代謝の高さと、腫瘍の悪性度には関連があることが報告されており[1]、この性質を FDG-PET がん検診では利用している。FDG-PET 検査では、体内の糖代謝を簡便に知るために、Standardized Uptake Value(SUV)という判定量評価値を用いて評価される。つまり、FDG-PET 検査では、FDG が糖代謝の高い組織に集積することを利用し、SUV を用いて糖代謝を評価する。しかし、SUV は体重や腫瘍の糖代謝により変動する不確定要素があることも報告されている[2]。FDG 検診では、SUV が高い領域が異常領域と判断される。生体内には、脳のように生理的に糖代謝の高い臓器や、FDG の排出経路である腎臓、尿管、膀胱では正常であっても、FDG の集積が高くなり、SUV が高くなる。したがって、SUV のみで異常と判断することはできない。また、生理的に FDG の集積が高い臓器に存在する悪性腫瘍の検出は困難であるといわれている[3]。

これまで、FDG-PET 検査におけるコンピュータ支援診断 (Computer Aided Diagnosis : CAD)に関する報告は、新田らによって腫瘍候補領域の自動検出[4]、澤田らによって PET/CT 画像から腫瘍抽出のための判別器の提案がされている[5]。また、臓器ごとの SUV 調査報告もある[6]。

われわれはこれまでに、正常症例 243 症例(男性 : 143 症例, 女性 100 症例)から作成した SUV の分布を 3 次元的に表現する SUV 分布モデル(正常モデル)について提案し、作成した正常モデルを用いて SUV を標準化することの有用性について検討した[7]。河合ら[8]は、体格の補正と体表面の位置合わせを行い、正常モデルの改善を行った。しかし、肝臓領域や膀胱周辺領域では異常集積箇所の検出を行うことができない。また、炎症程度の淡い集積が検出できない症例があった。

したがって本研究では、より位置合わせの精度を向上させるために肝臓と膀胱の大きさの補正を行った正常モデルを使用し、体幹部の SUV と Score それぞれの平均と標準偏差を算出し異常集積箇所の SUV を定量評価することの有用性について検討を行う。

2. 方法

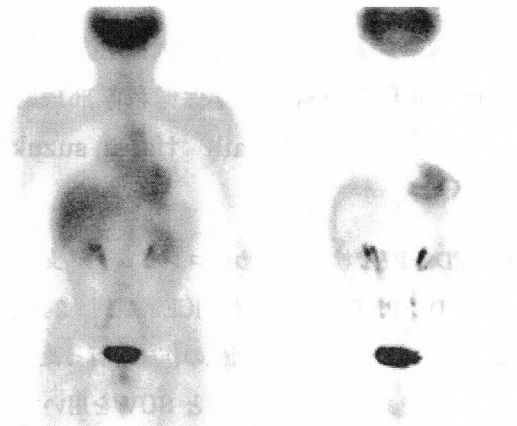
2.1. 使用画像

本研究で使用した画像は、FDG-PET 画像 287 症例(正常 : 243 症例, 異常 : 44 症例)である。ピクセルサイズは 4.3×4.3 [mm]である。FDG 投与量は 140~200[MBq]である。

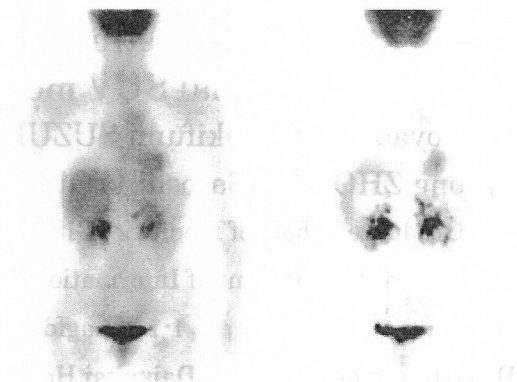
2.2. 正常モデル

本報告で使用した正常モデルは、河合らの手法[8]による体幹部の位置合わせと膀胱の大きさの補正を行い、患者間での位置ずれを補正したモデルである。

体幹部の位置合わせを行った正常症例 243 症例(男性 : 143 症例, 女性 : 100 症例)を用いて正常モデルを男女別に作成した。正常モデルは、体幹部の SUV 平均値画像と SUV の標準偏差画像からなる。使用した男性と女性の正常モデルを図 1 に示す。



SUV の平均値画像 SUV の標準偏差画像
(a)男性の正常モデル



SUV の平均値画像 SUV の標準偏差画像
(b)女性の正常モデル

図 1 男女別の正常モデル画像

2.3. SUV の標準化

異常集積 44 症例について 2.2 と同じ手法で体幹部の位置合わせと臓器の位置合わせを行った。正常モデルを用いて、次式(1)に基づき標準化を行った。以下、標準化した値を Score とする。

$$Z\text{-score} = \frac{(\text{対象画像の SUV} - \text{SUVmean})}{\text{SUVsd}} \dots (1)$$

2.4. Score と SUV による異常領域の決定

2.3 で算出した Score の値と SUV の両方を閾値として異常集積を検出する。SUV が検出を得意とする肝臓などの SUV が高い領域については SUV を主体として異常集積の検出を行い、Score が検出を得意とする肺などの SUV が低い領域においては Score を主体として異常集積の検出を行い、それ以外の領域では SUV が主体のものとして Score が主体のもので検出した異常集積をすべて出力するようにする。

設定領域を図 2 に示す。

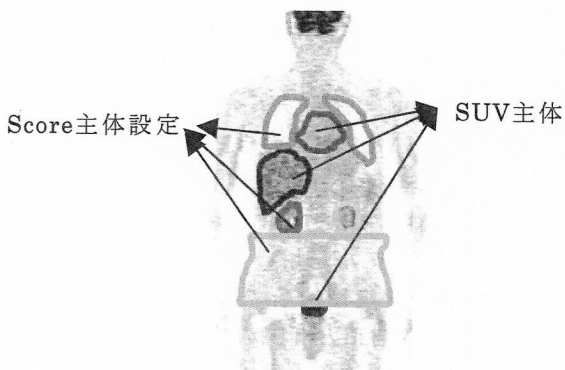


図 2 閾値設定領域

2.4.1. SUV 主体設定

SUV 主体設定、Score 主体設定はともに SUV と Score の閾値を上回るものを異常領域として検出する。SUV 主体設定では、調べたい領域内の SUV、Score の平均と標準偏差を算出する。閾値設定は図 3 で示す。

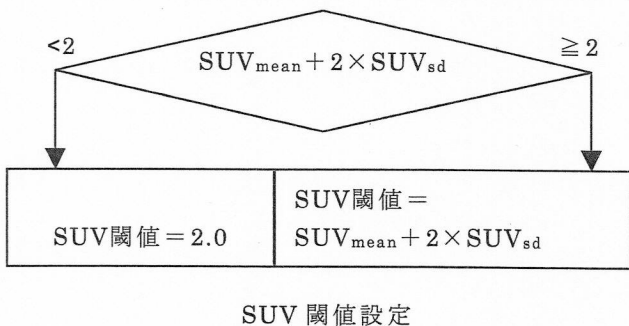


図 3 SUV 主体設定

SUV 閾値設定における 2 という数字は、一般的に異常集積であるとされている SUV が 2 である。したがって SUV の閾値を 2 以上としている。

2.4.2. Score 主体設定

Score 主体設定においても SUV 主体設定で行った処理とほぼ同じ処理を行う。閾値設定は図 4 で示す。Score 閾値設定における 1.96 は、Score が確立統計であることを用いて、正規分布の両側信頼区間 95% である 1.96 を下限としている。

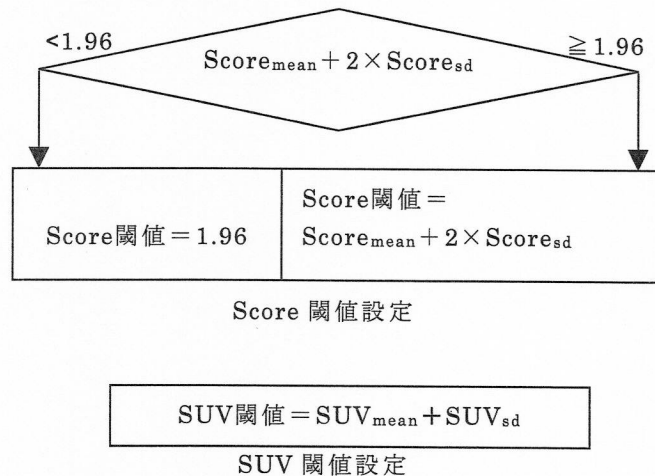


図 4 Score 主体設定

2.5. 偽陽性削除

偽陽性削除のフローチャートを図 5 に示す。

前処理として SUV 主体の閾値と Score 主体の閾値を領域内で行い、両方の閾値を越えているかを判定する。この処理により定量的に異常集積の可能性が高い集積と、炎症の可能性のある弱い集積とにわけることができる。

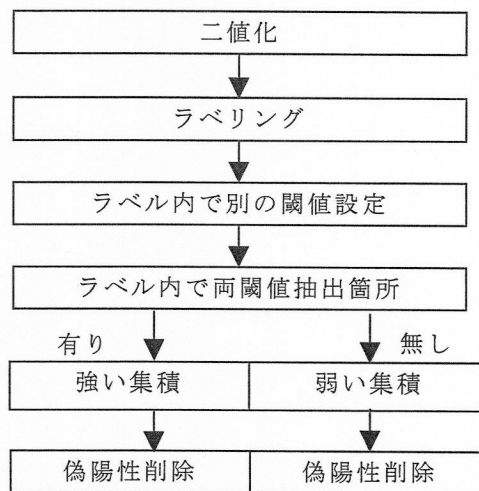


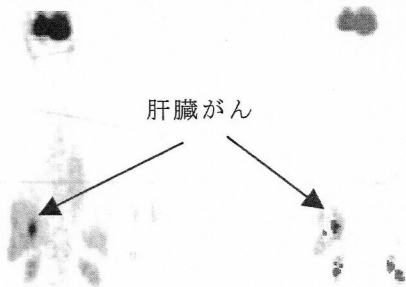
図 5 偽陽性削除

3. 結果と考察

本手法では TP(真陽性率)90.9%, このときの FP(偽陽性)は 12.3 箇所/1 症例であった。検出した異常集積検出結果図 6, 図 7, 図 8 に示す。

図 6 は肝臓がんの症例で SUV は 2.32 ± 0.48 (平均値

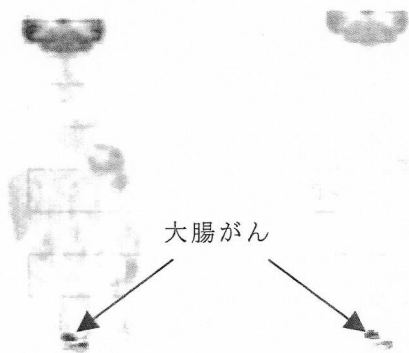
$\pm 2 \times$ 標準偏差), Score は 4.92 ± 2.08 (平均値 $\pm 2 \times$ 標準偏差)であった. 肝臓の位置合わせを行ったことで, 肝臓や他の臓器の位置合わせ精度が向上されている. しかし, 腎臓部分の位置合わせを行っていないために偽陽性として認識している. したがって偽陽性削除のために腎臓の位置合わせが必要である.



(a)FDG-PET 画像 (b)検出結果画像

図 6 肝臓がんへの異常集積

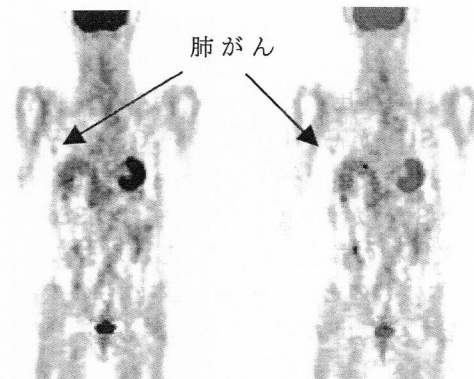
図 7 は大腸がんの症例で, SUV は 5.42 ± 3.82 , Score は 4.91 ± 5.12 であった. この症例は, 膀胱の大きさ補正を行う前は, 膀胱と判断されて検出できなかった [7]. 膀胱の大きさ補正を行ったことで, 膀胱周辺に存在する異常集積を検出できる. しかし, 心臓周辺に偽陽性を認める. これは心臓周辺部の位置合わせを行っていないためである. したがって, 縦隔周辺領域または心臓周辺領域の位置合わせについて検討する必要がある.



(a)FDG-PET 画像 (b)検出結果画像

図 7 大腸がんへの異常集積

図 8 は肺がんの症例で, SUV は 1.04 ± 0.40 , Score は 1.80 ± 2.05 であった. この症例の肺領域における閾値は, SUV1.37, Score3.63 であった. よってこの症例は検出できなかった. したがって, 淡い集積を検出するための閾値設定手法の検討が必要である.



(a)FDG-PET 画像 (b)検出結果画像

図 8 肺がんへの異常集積

4. まとめ

正常モデルを用いた SUV の自動評価について検討を行った. 本手法を行うことで TP(真陽性率)90.9%, このときの FP(偽陽性)は 12.3 箇所/1 症例であった. したがって, 正常モデルを用いて体幹部の SUV を標準化することで異常集積箇所の評価を行うことができた. 膀胱の大きさ補正と肝臓の位置合わせ処理を加えることで, 体幹部の位置合わせ精度が向上した. しかし, 縦隔付近の位置合わせ, 腎臓領域の位置合わせの検討が必要である.

謝辞

本研究の一部は, 日本学術振興科学研究補助金, および厚生労働省がん研究助成金(長谷川班)の補助により行われた.

文 献

- [1] Warburg O, The metabolism of tumors, 1930
- [2] John W, "SUV : Standardized Uptake or Silly Uptake Value," "J Nucl Med, vol. 36, no. 10, pp. 1836-1839, Oct. 1995.
- [3] 西村恒彦, クリニカル PET 一望千里, メジカルビュー社, pp. 84-87, Aug 2004
- [4] 新田修平, "PET/CT 画像からの腫瘍候補領域の自動抽出による支援診断システム," Medical Imaging Technology, vol 24, No3, 181-190, 2006
- [5] 澤田好秀, "全身 FDG-PET 像と CT 像を用いた病変検出支援システムの改良 PET/CT 画像中の腫瘍抽出高精度化のための判別器について," 信学技法 MI 2007-19, pp102-108, 2007
- [6] Y Wang, "Standardized Uptake Value Atlas: Characterization of Physiological 2-Deoxy-2-[18F] fluoro-D- Glucose Uptake in Normal tissues," Mol Imaging Biol, pp102-108, 2007
- [7] 小林龍徳, "体幹部 FGD-PET 画像における正常臓器の SUV 分布に基づく異常集積の自動評価," 信学技法 MI 2007-43, pp45-48, 2007
- [8] 河合一尚, "FDG-PET 画像における SUV の経時的変化の解析," 第 17 回コンピュータ支援画像診断学術大会 合同論文集, 261-262, Nov. 2007