

異なるファントム基準濃度が PET 評価に与える影響

佐々木敏秋、寺崎一典、世良耕一郎

岩手医科大学サイクロトンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

1 背景と目的

PET (Positron Emission Tomography)の性能評価、画質評価を行うためのガイドラインは数種存在する¹⁻⁶⁾。その中の一つである「がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドライン」¹⁾ (撮像法ガイドライン) では、PET 性能評価を行うための項目が数種定められている。撮像法ガイドラインの一項目である第2試験では、NEMA IEC BODY ファントム (BODY ファントム) のホット球とその周囲 BACK GROUND (BG) の濃度比を 4.0 倍と定めている。さらにファントムを作製するための具体的な方法も推奨調整法として述べられている。

しかし厳密に推奨調整法ではホット球と BG の濃度比は 4.0 倍とはならない。一般的に BG と球の濃度比の倍率が高いほど画像にコントラストがつき、球の画像が認識されやすい。そのため厳密な線源調整を行った BG 比 4.0 倍と推奨調整法の濃度比の違いが、PET 評価に影響を与えるか検討することとした。

2 測定方法

2.1 線源調整

推奨調整法の BG 比は、計算上 4.08 倍となる。これは当センターで所有している BODY ファントムに限られる。BODY ファントムにはその大きさが規定されているがファントム製造メーカーにより多少の異が生じるためである。

撮像法ガイドラインの推奨調整法は以下の手順である。

- 1) BODY ファントムに 1/4 の水と必要な RI を入れ攪拌する。
- 2) 1) から球に必要な容量を抜き取り、球に封入する。
- 3) BODY ファントムを水で満たす。

今回用いた厳密な線源調整法 (厳密に BG と球の濃度比を 4.0 倍とする方法) は

- 1) 必要な RI をビーカーに入れ 50ml とする。
- 2) 1) から 2 ml 抜き取る。
- 3) 2) を 100 ml に希釈する。
- 4) 3) の溶液を球に封入、残りは BG へ移す。
- 5) 2) の残りの溶液を BG へ入れ攪拌する。

つまり球の部分の RI を調整した後、BG 溶液を調整する方法である。このような手順とすることで被ばく量は 2 マイクロシーベルト程度に押さえることが出来る。また線源調整時間も 30 分程度で終了する。線源調整時間が少ないことは、RI が少ない時に有効な方法と考えられる。当センターで保有している BODY ファントムは内容量 9300 ml、球の部分はおよそ 50 ml である。撮像法ガイドライン第2試験において定められ

ている BG の濃度は 2.65 KBq/ml、球にはその 4 倍の RI 濃度の溶液を封入することとしている。従って必要な RI は BG に 2.65×9300 で 24.65 MBq、球に $2.65 \times 4 \times 50$ ml で 0.5 MBq となる。BG の 24.65 MBq はドーズキャリブレーションで測定可能だが球への RI 量 0.53 MBq はドーズキャリブレーションでは測定誤差を生じやすいと考えられる。

そこで今回の厳密な調整法は、BG の RI 量 24.65 MBq に対し球は 0.53 MBq であるところの RI の比率およそ 50:1 に注目した。具体的には 50:1 の溶液にするために RI を封入した 50 ml から 2 ml を抜き出し、その抜き出した溶液をさらに 100 ml に希釈することで 50:1 の濃度比を確保した。希釈した 100 ml 溶液は球に封入する。球へ封入しきれない 100 ml 溶液は BODY ファントムの BG へ入れ戻す。ちなみに 50 ml から抜き出した 48 ml も BG へ封入する。球の容量を 100 ml 確保する理由は、球内に水が入っている場合希釈が予測されるため、球内に RI を封入する時に 2-3 回程度 RI 溶液を入れ替える必要がある。その分を考慮している。

2.2 ファントム球と BG の比率

以上の方法による厳密な調整法 4.00 倍と推奨調整法 4.08 倍の区別は、2 ml 抜く時に 2.150 ml とすると 4.08 倍に 2.109 ml 抜くと 4.00 倍となり容易に調整可能である。なお推奨調整法でこれらの微妙な倍率を達成するにはファントムに 1/4 水を入れた後に球の容量分を抜き取ると 4.08 倍、ファントムに 1/4 水を入れた後に 50 ml の水をさらに加え、球の容量分を抜き取ると 4.00 倍となる。両者とも抜き取った後はファントムを水で満たす。

ファントム作製時はドーズキャリブレーションの違い、そしてファントム作製者等いくつかの要因により多少倍率が異なる可能性も出てくる。そこで BG 比 3.0 と 5.0 倍のファンファントムを作成しこれらを含め比較検討することとした。

2.3 使用機器と装置

PET 装置；島津製作所製 SET3000/GCT/M、NEMA IEC BODY ファントム、FDG 25 MBq、電子天秤、マイクロピペット。データ収集は臨床条件収集 3 分と十分条件収集 30 分の 2 種類実施した。

3 結果

評価方法は視覚評価とガイドライン第 2 試験の PET カウントの評価の 2 種類とした。視覚評価は PET ファントム画像の球の認識によるもの、ガイドライン第 2 試験の方法は得られた PET 画像に ROI(Region Of Interest)を設定し 38 mm 球の最大値を 1.0 としその比率で求める方法である。図 1、図 2 は BODY ファントムの PET 画像である。図 1 が 3 分データ収集（臨床条件収集）、図 2 が 30 分データ収集（十分条件収集）である。それぞれ図 1、2 の A が BG 比 4.08 倍、推奨調整法の画像である。B は BG 比 4.00 倍、厳密な線源調整法の画像。C は BG 比 3.00 倍、D は BG 比 5.00 倍の画像である。

臨床条件でのデータ収集時間においては、推奨調整法で 10 mm 球を確認出来たが厳密な線源調整の場合は確認出来ない場合もあった。図 1-A と図 1-B の矢印の先端は 10mm ホット球の位置である。図 1-B ではホット球の位置を確認出来ない。これは濃度差による影響と考えられる。30 分のデータ収集では 10 mm 球は確認出来ている（図 2-A、図 2-B）。

撮像法ガイドラインでは BODY ファントムの PET 画像に球と同じ直径の ROI を設定し各 ROI の最大値を得る。そして一番大きな 37 mm 球の ROI 値を 1.0 とした他の球との比率で評価している。しかし本研究は定量値を PET の特徴と捕らえているためそれぞれの ROI の平均値で比較した。図 3 は推奨調整法と厳密な調整法の比較グラフである。両者にほとんど違いは見られない。図 4 は図 3 に加え BG 比 3.00 倍、5.00 倍を加えたものである。BG 比 5.00 倍では矢印に見られるように球の直径 17、13、10 mm でグラフが上方傾向である。

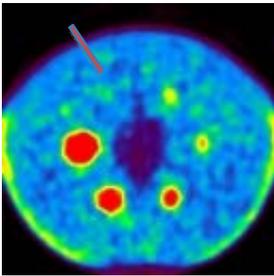


図1-A BG比4.08倍

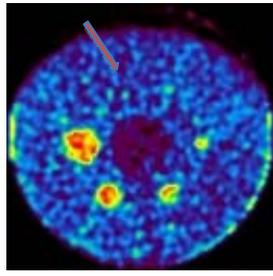


図1-B BG比4.00倍

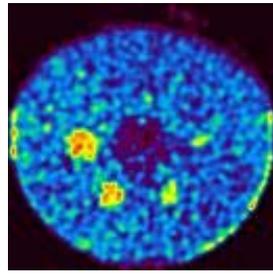


図1-C BG比3.00倍

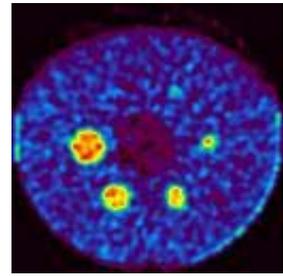


図1-D BG比5.00倍

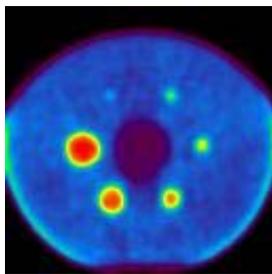


図2-A BG比4.08倍

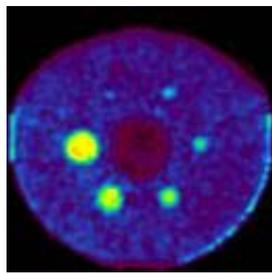


図2-B BG比4.00倍

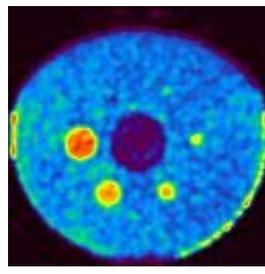


図2-C BG比3.00倍

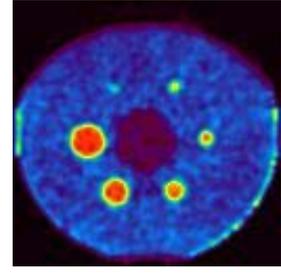


図2-D BG比5.00倍

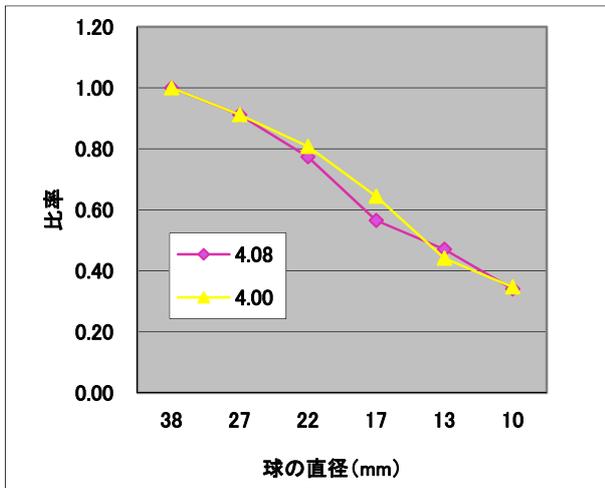


図3 臨床条件の4.00倍と4.08倍のグラフ
両者に違いは見られない。

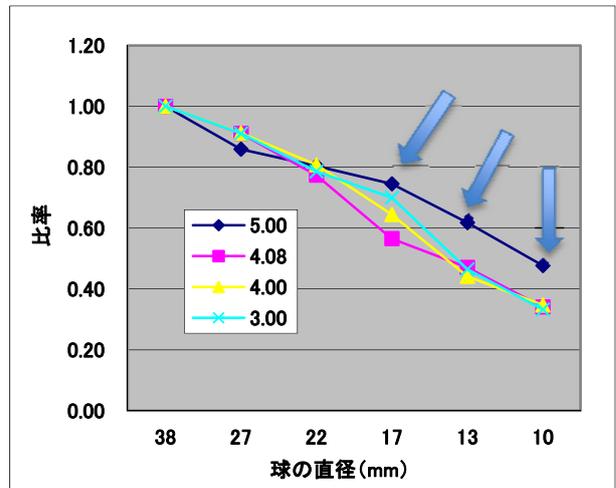


図4 臨床条件の3.00から5.00倍のグラフ
5.00倍では17, 13, 10mm球でグラフが上昇している。

4 考察

推奨調整法のBG比4.08倍と本研究で実施した厳密な調整法のBG比4.00倍(撮像法ガイドラインに規定されている)、それにBG比3.00と5.00倍を加えて測定した。通常の実験でこれ以上の濃度差が生じる可能性は少ないと考えられる範囲である。

これらの実際の濃度比を井戸型カウンターで確認すると推奨調整法で 4.05 から 4.10 倍の範囲であった。一方厳密な調整法では 3.93 から 4.05 倍であった。推奨法調整法の濃度比は 0.12 から 0.05 倍程度過大となっている。

視覚評価では、臨床条件でのデータ収集時間において、推奨調整法 (BG 比 4.08) で 10 mm 球を確認できたが厳密な線源調整法 (BG 比 4.00) の場合は確認されない事例も見られた。30 分のデータ収集時間である十分条件収集では両者とも 10 mm 球が確認された。

ガイドライン第 2 試験では、濃度の変化が 4.08 倍から 3.0 倍程度までは結果に影響を及ぼしていなかったが、5.0 倍では影響が現れていた (図 4)。そのため 10mm 球を描出する目的で濃度を調整する場合はファントム作製濃度に注意が必要となる。37 mm 球の ROI 値を 1.0 とした場合の 10 mm 球の ROI 値は推奨法では 0.40-0.50、厳密な線源調整では 0.36-0.49 の値となった。ここでも推奨調整法が大きな値となっている。しかし、これらの値に有意差はみられなかった。

これは、撮像法ガイドラインの規定濃度と推奨調整法の濃度が異なることにより起きる問題である。ファントム作製時に基準である 4.0 倍を重視するか、もしくは推奨調整法を重視するのにかよって視覚評価に影響を与えることを意味している。本研究の結果から視覚評価において推奨調整法と厳密な調整法とで違いが見られた。撮像法ガイドライン第 2 試験では BG 濃度比の差は 5.0 倍で影響があったが推奨調整法と厳密な調整法との比較では結果に影響しない。また撮像法ガイドラインには第一試験もあり第 1 試験と第 2 試験の連続方法も定めている。推奨調整法において第 1 試験の場合は抜き取る量が少ないために影響があるとは考え難いが、第 1 試験の後第 2 試験を実施する場合は抜き取る量が多いため視覚評価に大きく影響する可能性がある。そのため第 1 試験と第 2 試験は別に行うのが望ましいと考えられる。

5 結論

BG とホット球の濃度差は視認性に影響を与えるが撮像法ガイドライン第 2 試験の部分容積効果におけるファントム評価、PET の性能評価には影響を与えないことが確認された。しかし BG と球との濃度差には線源作製時に十分注意する必要がある。

参考文献

- 1) 日本核医学技術学会：ガイドライン策定ワーキンググループ(WG)メンバー, ”がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドライン”, 核医学技術, Vol. 29, No. 2(2009)
- 2) 日本核医学技術学会学術委員会, ”FDG-PET 検査における撮像技術に関するガイドライン”, 核医学技術, Vol. 27, No. 5, pp. 425-456(2007)
- 3) National Electrical manufactures Association: NEMA standards Publication NU2-2001, ”Performance Measurement of Positron Emission Tomographs. Rosslyn, VA, (2001)
- 4) National Electrical manufactures Association: NEMA standards Publication NU2-1994, ”Performance Measurement of Positron Emission Tomographs. Washington DC, (1994)
- 5) (社)日本画像医療システム工業会：日本画像医療システム工業規格 JESRA X-73 PET 装置の性能評価法, (1993).
- 6) (社)日本画像医療システム工業会：日本画像医療システム工業規格 JESRA X-73*A-2005 PET 装置の性能評価法, (2005).

Effects of regulation difference of phantom RI concentration on PET image evaluation

T. Sasaki, K. Terasaki and K. Sera

Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

Abstract

There are some guidelines for PET performance test in Japan. “Japanese guideline for the oncology FDG-PET/CT data acquisition protocol: synopsis of Version 1.0” with the phantom experiment No. 2 (experiment No.2) is one of them. In the experiment No.2, it is suggested that the ratio of activity of hot sphere of NEMA IEC body phantom to background should be 4.00:1 and a model method is introduced to prepare the phantom for the experiment. However, the 4.00:1 ratio is not attainable when using the phantom in our center to prepare with the recommended method, by which the ratio comes to be 4.08:1. So we have examined whether or not we can distinguish the PET images acquired with the ratios 4.00:1 and 4.08:1, and how the difference affects the evaluation of PET images. On visual, a 10mm hot sphere was more clearly viewed in the phantom with the ratio 4.08:1 than that with the ratio 4.00:1. The sphere was not shown in the image of 4.00:1 phantom by 3-minute data acquisition, but it was recognized in the image by 30-minute data acquisition. We also evaluated the images by comparing PET counts of values of region of interest (ROI). On the basis of ROI value of 37 mm sphere, PET counts of ROI values of 10 mm sphere in the 4.00:1 phantom were 0.36-0.49 and those in the 4.08:1 phantom were 0.40-0.50. While there seemed no significant effects on PET image evaluation, it was suggested that we should be more careful about the difference of activity ratio to background for precise evaluation of PET images.