

序論

F-18で標識したフルオロデオキシグルコース(Fluorodeoxyglucose: FDG)を用いたPET検査は、全身における腫瘍の検出に極めて有用な検査である。日本においてFDGは製薬会社によって商品化され配達が可能となり、サイクロトロンを所有しない施設においてもPET装置を所有していれば、臨床使用が可能となった。商品化されたFDGは1日3回配達されるが、検定時刻(9:30、12:30、15:30)があり、その時刻において185 MBqの放射能を有している。その配達されるFDGは交通事情に依存するが、約60分から90分前に施設に届けられる。サイクロトロンを所有しない地域医療施設は、配達によるFDG(デリバリーFDG)を使用することになる。この場合、例えば、9:30検定のFDGを3バイアル購入し、8:15分に配達されれば、投与時間は8:30、9:00、9:30となり、それぞれ患者に投与される放射能は減衰があるため270 MBq、224 MBq、185 MBqとなる。PET検査においては、体格に応じて投与量を最適化する事は良く知られている。しかし、地域医療施設においてデリバリーFDGを使用する施設は体格により、投与量を変更することは困難である。というのも、体格の大きさによって撮像順を変更するのは、電子カルテによるオープン予約で制御するのは不可能なためである。投与作業にあたるスタッフの被ばくの観点から自動投与装置を使用する為、デリバリーFDGは全量投与が基本である。その結果、太っている患者に不十分な投与量になることもあれば、痩せている患者に過投与量になることもありうる。このような投与状況はPET画像に影響を及ぼし、診断能の低下につながる事が懸念される。しかし、体格と投与量がPET画像に及ぼす影響は明らかではない。

この問題点を解決するために、本研究では、地域医療施設におけるデリバリーFDGを使用したPET施設を対象とし、臨床PET施設の投与量とPETの画質のばらつきを調べ、さらに体格と投与量がPET画像に及ぼす影響を調べた。また、ガイドラインが推奨する画質を満たす撮像時間のルックアップテーブルを導き出し、実際にその撮像時間でガイドラインを満たす画像が得られるかどうかを調べ、PET画像の画質の標準化を図った。

対象及び方法

対象はサイクロトロンを所有しない地域医療施設のデリバリーFDGによるPET/CT検査における2ヵ月間のデータ320例を使用した。その内、血糖値が160 mg/mlを超えたものを除く、301例のデータを使用した。患者の疾患は頭頸部がん78例、リンパ腫76例、肺がん60例、子宮がん25例、膵臓がん15例、卵巣がん14例、大腸がん8例、食道がん7例、乳がん5例、転移性肝がん4例、胃がん3例、肝臓がん2例、原発不明がん2例、前立腺がん1例、悪性黒色腫1例である。

患者には投与前の6時間以上の絶食とし、デリバリーFDGを投与した後、60分後に吸収

補正用の CT 撮像後、続けて PET 撮像を行った。PET/CT 装置は GE 社製 Discovery 600 M を用いた。PET 撮像は両手を挙げた状態で全身を撮像し、2.5 min/bed ポジションで全身を撮影した。

データの解析は、体格の指標である Body Mass Index(BMI)を用いて、患者を 5 つのグループに分けた(グループ 1: 17.9 以下, グループ 2: 18.0~20.9, グループ 3: 21.0~23.9, グループ 4: 24.0~26.9, グループ 5: 27 以上)。PET の画質の評価として日本核医学技術学会のガイドラインに掲載されている、 $NEC_{patient}$ を使用した。

まず、5 つのグループにおける投与量と $NEC_{patient}$ の関係を回帰分析により調べ、また BMI と $NEC_{patient}$ の関係を調べた。その結果から、日本のガイドラインが推奨する $NEC_{patient}$ が 13 Mcounts/m になる必要最小限の 1 ベッド当たりの撮影時間のルックアップテーブルを導き出した。次にその導き出した、1 ベッド当たりの撮影時間が実際の臨床で標準的な画像になるか、27 例(BMI: $22.7 \pm 4.1 \text{ kg/m}^2$ (15.7~31.7), 投与量 $228.9 \pm 50.1 \text{ MBq}$ (155.5~337.9))で実施した。

結果

301 例の患者に対する BMI と投与量との間にごく弱い相関が認められた($r=0.13, p=0.02$)。BMI を 5 つのグループに分けた場合、投与量と $NEC_{patient}$ との関係はそれぞれ、グループ 1 は $r=0.2594$ $p=0.09$ 、グループ 2 は $r=0.3048$ $p<0.005$ 、グループ 3 は $r=0.1835$ $p=0.06$ 、グループ 4 は $r=0.2343$ $p=0.16$ 、グループ 5 は $r=-0.1242$ $p=0.58$ であった。301 例に対する BMI と $NEC_{patient}$ の関係は $y=-0.6425x+33.8$, $r=-0.7937$, $p<0.0001$ となり、強い相関がみられた。この相関図に対する近似式を用いて、日本のガイドラインが推奨する $NEC_{patient}$ が 13 Mcounts/m になる必要最小限の撮影時間の 1 ベッド当たりの撮影時間のルックアップテーブルを作成した。その撮影時間をもとに、27 例の PET 撮影を行った場合、 $NEC_{patient}$ は $18.9 \pm 8.1 \text{ Mcounts/m}$ (12.8~25.7)が $12.8 \pm 0.8 \text{ Mcounts/m}$ となり、画質にばらつきが無くなり画質が均一となった。さらに 1 ベッド当たりの撮影時間が 2.5 min から $103.1 \pm 15 \text{ sec}$ となり、31%短くすることができた。

考察

グループ 1~グループ 3 の痩せた患者は投与量が増えると、僅かに画質が良くなった。しかし、グループ 5 の太った患者になると投与量が増えると画質が下がる傾向となった。日本の臨床におけるデリバリーFDG を使用した PET 検査では投与量を調節することができない現状であるが、そのなかで $NEC_{patient}$ と投与量には相関が弱かったのに対して、 $NEC_{patient}$ と BMI に強い相関がみられた。この結果を元に、BMI に基づいた撮影時間のルックアップテーブルを作成し、 $NEC_{patient}$ が均一にすることができ、痩せた患者では撮影時間も短縮する事ができた。今回は $NEC_{patient}$ が 13 Mcounts/m になるように、必要最小限の撮影時間を算出したが、可能であれば撮影時間を少し長くして、 $NEC_{patient}$ が十分に 13

Mcounts/m 以上になるようにするのが望ましいと考えられる。

結語

NEC_{patient} と BMI には強い相関があることが明らかになった。また投与量が増えても NEC_{patient} は、ほとんど改善されないことも分かった。さらに日本のデリバリー-FDG を使用した PET 検査において、BMI に基づいて必要最小限の撮影時間を導き出し、最短の撮像時間で、日本のがん FDG-PET/CT 撮像法ガイドラインの水準を満たすことのできる条件を明らかにすることができた。

Image quality and variability for routine diagnostic FDG-PET scans in a Japanese community hospital: current status and possibility of improvement

日本の地域医療施設におけるデリバリーFDG-PET/CTのPET画質標準化に関する研究

Keiji Shimizu

清水 敬二

Purpose

In Japan, commercially delivered FDG is manufactured in three batches per day at fixed constant activity and distributed in vials. Consequently, the amount of activity administered to the patient varies depending on the timing of injection. We evaluated a method for adjusting the scan time according to the body mass index (BMI) to obtain equivalent image quality for every patient.

Methods

We examined a total of 301 routine clinical oncology PET scans using commercially delivered FDG. The relation between the injected activity and the noise equivalent count per scan length ($NEC_{patient}$) was evaluated as a marker of image quality; its association with BMI was also examined.

Results

The injected activity and $NEC_{patient}$ exhibited large variations (230.4 ± 55.8 MBq and 19.9 ± 2.9 Mcounts/m). There was a weak correlation between the injected activity and $NEC_{patient}$ ($r \sim 0.3$) for thin patients (BMI < 21 kg/m²), but no correlation for patients with higher BMIs. However, a significant correlation was found between BMI and $NEC_{patient}$ ($p < 0.0001$).

Conclusion

In a community hospital using commercially delivered FDG, it is possible to reduce the variability of the $NEC_{patient}$ and obtain uniform image quality by changing the scan time as a function of patient BMI, even with uncontrollable injected activity.