

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 小動物用 PET 装置における定量性向上に関する研究

氏名 和田 康弘

論文内容の要旨

1. 緒言

Positron Emission Tomography (PET) 装置は、放射性同位元素で標識した薬剤（放射性薬剤）を生体内に投与し、放射性薬剤の生体内での分布を放射能濃度の値で 3 次元配列データとして得て画像化するものである。小動物用 PET では、放射性薬剤分布の変化を経時的に計測して動態解析により組織間の薬物移動速度を表すクリアランス定数等の生理学的パラメータを求める絶対定量に用いられることが多く、放射能濃度を精度良く提供することが要求される。この放射能濃度の正確さを PET の定量性と呼ぶ。定量性を向上させることは絶対定量値の高精度化に結び付くため重要である。

PET 装置では放射性同位元素中の陽電子放出核種からの消滅ガンマ線を同時計測法で計測している。同時計測では、真の同時計数だけでなく、偶発同時計数や散乱同時計数も検出され、これらの計数は定量性劣化の原因になる。また体軸方向視野外からの消滅ガンマ線も多く検出され、これらは偶発同時計数や散乱同時計数となるだけでなく、計数損失を増大させ定量性を劣化させる。体軸方向視野外からのガンマ線を遮蔽することは PET 画像の定量性を向上させることが可能になるものと期待される。

2. 目的

本研究の目的は、実験に用いられる小動物の 1 種であるラットの頭部測定に使用可能な小動物用体幹部シールドを開発することである。この開発により小動物用 PET 装置に対して、視野外からの消滅ガンマ線の影響を減少させ、偶発同時計数と散乱同時計数の減少に加え、計数損失の改善を行い、PET 画像の画質と定量性を大幅に向上させることを目的とする。

3. 方法、装置

本研究では小動物用 PET 装置である microPET P4（シーメンス社製）で使用可能なラット頭部測定用体幹部シールドを開発しその性能評価を行った。microPET P4 は視野径 20 cm、体軸方向視野 7.8 cm の小動物用 PET 装置である。

開発した体幹部シールドは、厚さ 9 mm の鉛製で、特別な治具や PET 装置本体の改造は不要であり、ベッド上に容易に設置可能とした。ファントムを用いた性能評価、およびラット頭部 PET 測定時の性能評価を行った。

1) ファントムを用いた体幹部シールドの性能評価

使用したファントムは頭部と体幹部に分離可能で、個々に放射能溶液を注入できる。このファントムに頭部と体幹部の放射能比が 1:20 になるように調整した ^{18}F FDG の溶液を封入した。頭部ファントムに 12 MBq 以上入った状態から約 17 時間の測定を行い、偶発同時計数、散乱を含む真の同時計数(真+散乱同時計数)の計数値が記録されている ^{18}F の 1/4 半減期毎に 30 秒間の時系列サイノグラムを作成した。画像再構成は Filtered back projection(FBP)法で減衰補正を加えて行った。

測定は頭部ファントムのみ体幹部シールド無、頭部+体幹部ファントムで体幹部シールド有と無の場合の 3 種類について行った。性能評価は真+散乱、偶発同時計数率特性及び雑音等価計数率 (Noise equivalent count rate : NECR)、計数損失補正精度、スライス毎の関心領域 (Region of interest : ROI)値と散乱フラクションで行った。

2) ラット PET 測定時の体幹部シールド効果の性能評価

評価は ^{11}C DASB と ^{18}F FDG を用いたラット頭部スキャンに対して、投与直後から 90 分間の雑音等価計数率特性を体幹部シールド有と無で比較して行った。 ^{11}C DASB では、投与放射能約 24 MBq、 ^{18}F FDG では、約 70 MBq と約 314 MBq の場合について体幹部シールド有と無で比較を行った。この測定は異なる個体のラットを使用して行われ、そのため体重や投与放射能は完全に同じではないが、ほぼ同じ条件で比較を行った。 ^{18}F FDG では投与後 30 分後から 15 分間収集の画像の比較も行った。画像再構成は FBP 法、Ramp フィルター、カットオフはナイキスト周波数で行った。

4. 結果

1) ファントムを用いた体幹部シールドの性能評価

体幹部シールドによって、頭部ファントム内の放射能が 7 MBq においては、偶発同時計数率が約 1/10 に、また頭部ファントム内の放射能が 11.3 MBq においては、真+散乱同時計数率が約 35%上昇している。NECR は頭部ファントム内放射能が 7 MBq の時に体幹部シールドによって約 6 倍程度改善した。計数損失補正誤差は、頭部ファントム内 11.3 MBq においては、-11%であった誤差が体幹部シールドにより-5%程度に減少した。スライス毎の ROI 値は、約 5%の体軸方向の不均一性が体幹部シールドによりこの不均一性が解消されていることが確認された。散乱フラクションは、体幹部シールドにより平均値が約 25%程度から約 10%程度に減少した。

2) ラット PET 測定時の体幹部シールド効果の性能評価

^{11}C DASB では、投与後 2700 sec 以内でシールドによる NECR の増加が観察された。 ^{18}F FDG の場合には、すべてのスキャン時間中に対して NECR の向上が観察された。画像比較により、体幹部シールドを設置することにより統計雑音の少ない高いコントラストの画像が得られた。

5. 考察

本研究では、小動物用 PET 装置である microPET P4 で装置本体の改造を伴わずに容易に使用できる体幹部シールドを開発した。この体幹部シールドを装着することにより NECR の増加、計数損失補正精度の向上、散乱フラクションの減少、及び PET 画像の体軸方向不

均一性の減少の効果が確認され、PET 画像の定量性を向上できることが確認できた。特に脳研究の分野において精細な画像を得るために高い放射能の標識化合物の投与時にこの効果は顕著であった。開発した体幹部シールドは、このような測定における小動物 PET 装置の定量性の向上に極めて有用であることが明らかになった。

6.結語

開発したラット頭部測定用体幹部シールドにより、PET 画像の定量性を飛躍的に向上させることができた。