

平成 27 年度病院医学教育研究助成成果報告書

報告年月日：平成 28 年 4 月 5 日

| | |
|---------------|-------------------------------|
| 研究・研修課題名 | 学会参加＋シンポジウムで核医学認定技師ポイント取得 |
| 研究・研修組織名（所属） | 核医学（放射線部） |
| 研究・研修責任者名（所属） | 山本泰司（放射線部） |
| 共同研究・研修者名（所属） | 中尾健人 原元益夫 矢田伸広 宮井将宏 内部拓（放射線部） |

目的及び方法、成果の内容

① 目 的

日本核医学専門技師認定機構が定める核医学専門技師格は 5 年毎に更新が必要となる。更新試験や講習参加の他、認定更新ポイント 150 ポイント取得が要件となる。本学会参加とシンポジウムで 35 ポイントが取得可能となる。

② 方 法

第 35 回 日本核医学技術学会総会学術大会への参加 シンポジスト
期間：平成 27 年 11 月 5 日（木）～11 月 7 日（土）
会場：ハイアットリージェンシー東京（新宿）
シンポジウム：骨 SPECT の定量化技術

③ 成 果

骨 SPECT 定量のエビデンス構築に向けた技術的課題

【背景】

SPECT/CT 装置の普及により、より精度の高い吸収補正や分解能補正が可能となった。それらに伴い SPECT 画像への信頼性も向上し定量評価 (Bq/mL, Standardized Uptake Value :SUV) が可能な様々な解析ソフトが開発された。例えば、2013 年に Siemens 社からリリースされた Symbia Intevo に搭載された xSPECT Quant、2014 年に GE 社からリリースされた Discovery NM/CT 670 Q.Suite Pro に搭載された Q.Metrix などである。そして、2015 年春には、汎用 SPECT/CT 装置で骨 SPECT 画像の SUV 評価を実現する単体ソフトウェア GI-BONE (AZE VirtualPlace 隼 腫瘍解析パッケージに搭載) がリリースされた。

いずれの定量解析法でも Calibration Factor (C.F.) を測定して、SPECT 画像をカウント単位から放射能単位に変換することで定量値(Bq/mL)を算出するが、その C.F.の収集方法に大きな違いがある。各解析法の比較表を Table. 1 に示す。xSPECT Quant では ^{57}Co 基準線源の SPECT 収集、Q.Metrix では直径 10cm 容器に 3mm 程度のアイソトープを満たしプラナー収集、GI-BONE ではアイソトープのシリンジもしくは円柱ファントムを SPECT 収集し再構成された各画像データから C.F.が算出される。

各解析法から求まる定量値、SUVmax、SUVpeak、SUVmean は画像再構成の手法等で異なる可能性もあり今後のエビデンス構築が課題である。

【目的】

本シンポジウムでは、NEMA-IEC Body Phantom (以下 NEMA-P) を使用し、骨 SPECT 画像における最適画像再構成条件の決定、装置間における画像の違い、更には SUV の変動因子と信頼性について GI-BONE での解析結果から求めた。また、今後の臨床使用を想定し他の定量解析ソフトである Q.Metrix との比較も行った。

【方法】

NEMA-P の作成法と収集

PET 領域での NEMA-P 調整方法については、「がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドラインファントム試験マニュアル」を参考に作成可能であるが SPECT 領域での NEMA-P 収集については確立された作成方法の報告はない。そこで、骨 SPECT の基礎的検討では、より臨床に近い放射能濃度のファントム作成を目的に臨床での骨 SPECT データの放射能濃度について調べた。

^{99m}Tc -HMDP 740MBq を患者に静注 2-3 時間後に骨盤部 SPECT 撮像を行った 22 症例について、骨盤部 SPECT の総カウントを算出、各 SPECT 画像の平均計数率 (総カウント/撮像時間) を求めた。次に、 ^{99m}Tc -HMDP 約 400MBq を NEMA-P に封入し骨盤部 SPECT と同様の臨床条件にて 1 時間毎に 13 回繰り返して収集した。そして、臨床と同等の平均計数率 (kcps)を得る NEMA-P 調整放射能濃度 (kBq/mL)を求めた。

NEMA-P については Hot/BG 比を 4 とし、平均計数率が上記で求めた臨床と同等となる条件で SPECT/CT 撮像を実施した。

画像再構成条件と SUV

処理、収集条件は Table.2 に示す。画像再構成については OSEM 法を用い、subset×iteration; (SI) を 40-150 で可変として画像を作成した。Butterworth フィルタのカットオフ周波数を 0.24-0.96 cycles/cm、Gaussian フィルタの Pixel(1pixel=4.4mm)は 1.5-4.0 pixel の可変とした。評価方法を Fig.1 に示すが、処理解析には PETquact を用いて、PET の性能評価法 (NEMA NU-2 2012) で規定されている物理的画質指標のノイズ ($N_{17\text{mm}}$)、コントラスト ($Q_{H,17\text{mm}}$) を算出。予備実験から 17mm が認識可能である最小径と判断し、17mm 径でのコントラストとノイズの比 $Q_{H,17\text{mm}}/N_{17\text{mm}}$ (以下、QNR) を算出し評価した。

BCF (Becquerel Calibration Factor) と画像再構成条件について

千葉大学での検討結果から、SI、Butterworth フィルタ、Gaussian フィルタの変化で BCF の値がどのように変化するかを報告した。

分解能補正の有無

分解能補正の効果について SI、Gaussian フィルタの変動から QNR で比較した。

装置間の SUV について

異なる 4 機種 of SPECT/CT 装置において QNR 評価から最適画像再構成条件を求め、作成された NEMA-P 画像を QNR にて比較する。

SPECT における SUV 評価

SPECT 領域における SUV を NEMA-P における Hot 球のサイズ毎に求めた。データは 120min 収集を利用した。SUVmax、SUVmean、SUVpeak の各値からリファレンス SUV=4.0 に近い Hot 球の径、さらに分解能補正の有無による各 SUV の違いを求めた。また、PET で用いられている施設認証基準に対し、SPECT SUV がどの程度基準を満たしているか評価した。

臨床データの正常値算出 (Q.Metrix と GI-BONE との比較)

骨 SPECT 収集を行った臨床データから腰椎、腸骨、大腿骨に異常集積がなく変性変化の少ない 20 症例から腰椎、腸骨、大腿骨の SUVmax を求め GI-BONE の SUVmax 比較した。

| | Q.Metrix | xSPECT Quant | GI-BONE |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Calibration | 直径 10cm 線源 3mm 厚の透過 フラナール板 | Co57 基準線源 SPECT 収集 | シリンド 放射能線量 SPECT 収集 |
| SPECT 再構成 | 独自の再構成 AC, SC, PR | OSQAR 再構成 CT データによる 高分解能再構成 | 柱面体処理法 による再構成 |
| 入力情報 | 投与時間 投与量 患者の身長 体重等 | 投与量 体重等 | 投与時間 投与量 患者の身長 体重 撮影時間 |
| 定量値の 計算法 | SUV (体重) SUV (体重調整) SUV (除脂肪体重) | SUV (体重) | SUV (体重) SUV (除脂肪体重) SUV (日本人除脂肪体重) SUV (骨ミネラル量) |

Table.1

| | |
|--|--|
| Scanner | Discovery NM/CT 670 Pro (GE Healthcare) |
| Workstation | Xeleris 3.1 (GE Healthcare) |
| Acquisition Angle | 360 deg. (6 deg. step, 30view/det, 12sec/step) |
| Matrix size, Pixel size | 128 matrix, pixel size 4.42mm |
| Collimator | Low Energy High Resolution (LEHR) |
| Energy Window | Main: 140.5keV +/- 10%, Sub: 120.5keV +/- 5% |
| Reconstruction Methods | 3D-OSEM: iteration=2-15, Subset =10 |
| Smoothing Filter | Butterworth: 0.24-0.96 cycle/cm, order :8 |
| Phantom | NEMA/IEC Body Phantom (Data Spectrum) |
| Isotope | ^{111m} TcO ₂ |
| Software | PETquant (Ver 2.02.03) |
| Attenuation Correction | CT based Attenuation Correction |
| Resolution Recovery (RR) Correction | Evolution method |
| Scatter Correction | Dual Energy Window (DEW) method |
| CT scan | 120kVp 10mAs, 3.7mm slice, SOFT, ASIR |

Material and Methods

Table.2

【結果】

NEMA-P の作成法と収集

Fig.2 より、骨盤部 SPECT 臨床データ 22 症例から平均計数率は 11.2±3.5kcps と求まり、臨床と同じ計数率になる NEMA-P の放射能濃度は 12-23 kBq/ml であることがわかった。後の検討ではこの放射能濃度で調整した NEMA-P データを用いて実験を行っていくこととした。

画像再構成条件と SUV

Fig.3 より、ノイズ除去フィルタの選択について Butterworth フィルタの最適条件は、SI=100、周波数 0.48cycle/cm、Gaussian フィルタでは SI=100、2.5pixel で共に QNR=3.08 であった。

BCF (Becquerel Calibration Factor) と画像再構成条件について

Fig.4 より、Butterworth フィルタではカットオフ値による BCF 変動率は 25.4%と大きく、Gaussian フィルタでは変動率 0.47%と小さい変化であった。また、SI の変化による BCF 変動率 0.098%であった。

分解能補正の有無

Fig.5は Gaussian フィルタ使用の際の分解能補正あり (RR+)、なし (RR-) の QNR を比較を示す。QNR は RR+で iteration10、subset10、Gaussian filter 2.5pixel で最大値 3.08 を示し、RR-で iteration6、subset10、Gaussian filter 3.0pixel で最大値 2.18 であった。

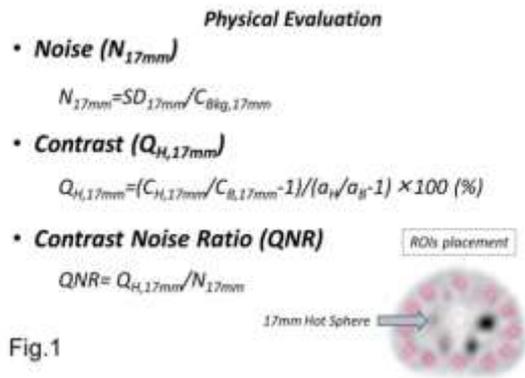


Fig.1

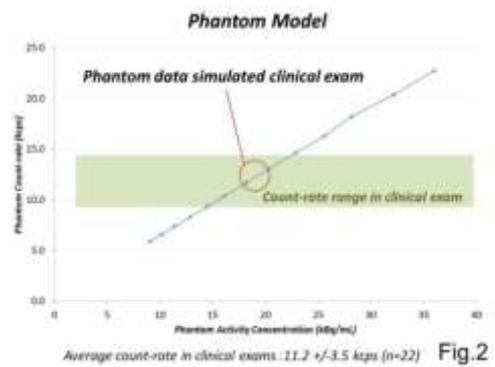


Fig.2

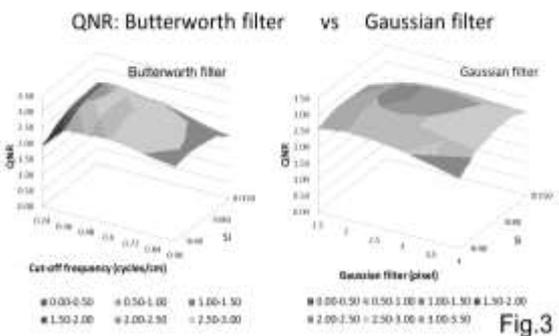


Fig.3

Fig.6 は上記で検討した各処理条件の画像を示す。画像から最適条件で処理することで17mmのHot球がより明瞭に描出されていることがわかる。

装置間のSUVについて

Fig.7 は多施設共同で4機種種の画像最適化の検討を行った結果画像を示す。各々の機種でQNRの値は異なるが17mm Hot球についてはすべての装置で問題なく描出されている。

SPECTにおけるSUV評価

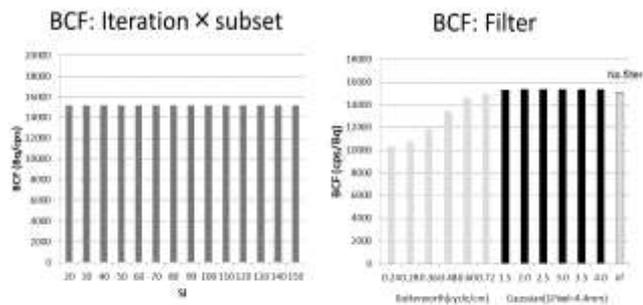
Fig.8はGaussianフィルタを用いた場合のSUVとHot球の大きさの関係を示す。Hot球が小さくなると、SUVが低くなり、RR-ではRR+に比べSUVが低い値となる。SUVmaxとSUVpeakでは28mm径以上で理論値SUV=4に近い値となっている。Fig.8右のグラフはPET施設認証基準の上限値と下限値範囲にSPECTで算出したSUVが収まっているかを示すが、RR-では基準を満たさないがRR+ではより近い値となっている。

臨床データの正常値算出 (Q.Metrix とGI-BONEとの比較)

Fig.9 から腰椎、腸骨、大腿骨のSUVmaxについてGI-BONE ,Q.Metrixで有意差はなかった

【考察】

画像再構成の際、ノイズ除去フィルタに関してはButterworthフィルタよりGaussianフィルタが有用と考える。理由として、画像処理条件の変化によるQNRの変動、BCFの値の変化が小さいことがあげられる。分解能補正については高いQNRが得られること、SUVがリファレンス値に近くなることから有用性は高いと推測する。以上の手法を用い、各施設、装置毎に最適画像再構成条件を求めることで17mm Hot球の信号が5-6min/bedの収集時間で描出されたことは、今後のSPECT SUVを広く利用していく上でエビデンス構築の重要性が認識できたと考える。また、各解析ソフトは同じ定量値算出という目的があり、今回検討した骨領域では差は小さかったが今後は更なる臨床データの蓄積で比較検討する必要がある。



千葉大学医学部附属病院

Fig.4

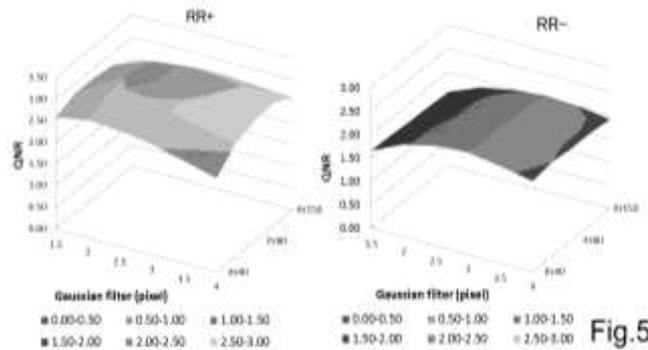


Fig.5

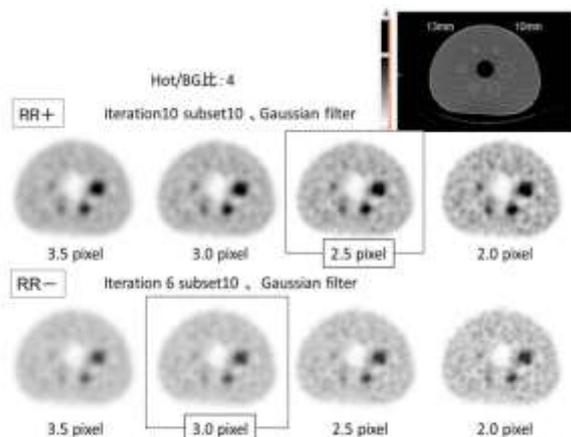
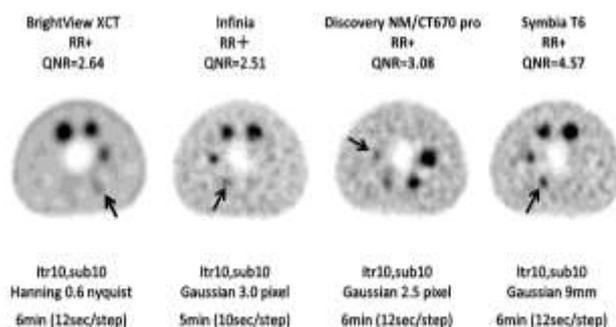


Fig.6



つがる総合病院 診療画像情報部

Fig.7

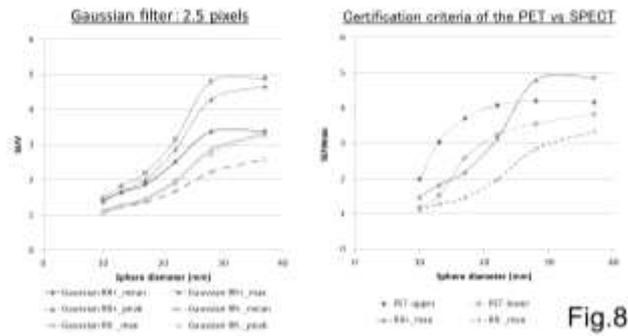


Fig.8

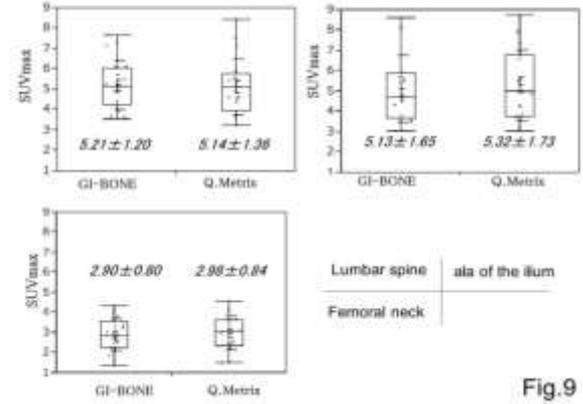


Fig.9

謝辞

今回研究発表したデータは、慶応大学医学部附属病院 中原理紀 先生、千葉大学医学部附属病院 飯森隆志、澤田晃一 技師、高知医療センター 宮川和之、所谷亮太郎 技師、つがる総合病院 岡元智也 技師、島根大学医学部附属病院 核医学検査室技師らと共同研究によりまとめたものでありデータを提供いただいた研究メンバー各位に深く感謝いたします。