

公益社団法人日本放射線技術学会

中国・四国支部 核医学研究会

第 41 回 核医学夢工房

日時：平成 31 年 1 月 26 日（土）

13：30 ～ 16：50

会場：岡山大学病院 臨床第二講義室

症例報告（13:35~14:15）

座長 セントヒル病院 放射線部

玉井 義隆 先生

○「横隔膜交通症疑い患者の腹腔シンチグラフィ」

香川大学医学部附属病院 放射線部

小島 巧也 先生

○「高齢初発てんかん発作後の遷延した朦朧状態にて FDG-PET/CT を施行し、限局性の高集積を認めた症例と FDG-PET/CT が発見の契機となり診断できた心臓腫瘍性病変の 4 症例」

徳島大学病院 診療支援部

坂東 良太 先生

○「リンパ節シンチグラフィにおける放射性医薬品体外曝露の経験」

高知医療センター 画像診断部

久米 利明 先生

○「 $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィが骨転移診断に有用であった症例」

岡山済生会総合病院 画像診断科

高谷 昌泰 先生

初学者からベテランまで基礎から学ぶ教育講演（14:15~15:15）

座長 鳥取大学医学部附属病院 放射線部

崎本 翔太 先生

○「SPECT/CT 検査における CT 画像の役割」

島根大学医学部附属病院 放射線部

矢田 伸広 先生

○「初学者からベテランまで基礎から学ぶ PET-CT」

広島市立安佐市民病院 放射線技術部

古田 明大 先生

半導体を使用した最新核医学装置について
（15:30~15:50）

座長 松江赤十字病院 放射線科部

陰山 真吾 先生

「Digital PET/CT Discovery MI について」

松江赤十字病院 放射線科部

川副 敏晴 先生

特別講演（15:50~16:50）

座長 山口大学医学部附属病院 放射線部

甲谷 理温 先生

「2 年目でも分かる画像再構成への圧縮センシング応用」

杏林大学 保健学部 橋本 雄幸 先生

【症例報告】

横隔膜交通症疑い患者の腹腔シンチグラフィ

香川大学医学部附属病院 小島 巧也

横隔膜交通症を疑われた患者に対する $^{99m}\text{Tc-Sn-colloid}$ 腹腔シンチグラフィを経験したので報告する。患者は 14 才，女性，全身性リンパ管腫症の既往がある。腹水貯留を顕著に認められていたが，胸水の貯留も認めため入院となり，横隔膜交通症を疑われ，腹腔シンチが行われた。既往疾患の全身性リンパ管腫症は国内で 100 人ほどの患者がいる難病指定の稀な疾患である。また横隔膜交通症は腹膜透析患者に発症する報告が多いが，全身性リンパ管腫症患者に発症を疑う症例は少ないと考えられる。

まず、エコーで穿刺位置を決定後、1%キシロカインによる局所麻酔下に右下腹部を18G サーフローで本穿刺し、外筒留置した。白色腹水の流出を確認した後、 $^{99m}\text{Tc-Sn-colloid}$ を腹腔内へ注入し、シリンジにとっておいた腹水で後押しした。注入と同時にDynamicで1時間(5-60分、5分間隔)のプラナー撮像し、その後1.5時間後、2時間後、4時間後にプラナー像を撮像した。また、胸水に $^{99m}\text{Tc-Sn-colloid}$ が拡散していることを確認するために、1.5時間後の撮像の際に、胸腔穿刺し、抽出した胸水でシリンジを満たした後、シリンジのプラナー像を撮像した。

結果として、 $^{99m}\text{Tc-Sn-colloid}$ の胸腔への拡散が1時間後では確認できなかったが、3時間後、5時間後では確認できた。さらに、1.5時間後に撮像した胸水で満たされたシリンジのプラナー像からはシリンジの形状に沿った淡い $^{99m}\text{Tc-Sn-colloid}$ の集積が確認できた。本検査結果から、断定には至らなかったが、横隔膜交通症を強く疑うこととなった。検査後、デンプーシャントが閉塞していることが判明し、横隔膜に外科的処置を行うのではなく、デンプーシャントを交換することとなった。交換後、胸水は認められず、患者は退院され、経過観察となっている。

症例

- 14歳 女兒
- 既往疾患：**リンパ管腫症**
- 腹水貯留を顕著に認めていたが、胸水の貯留も認めたため入院。呼吸苦症状あり、**横隔膜交通症疑い**。

腹部-静脈シャント (デンプーシャント) 胸部XP > 右胸水貯留 上腹部CT > 腹水貯留

腹腔シンチグラフィ

5 min	3 hours	5 hours

右胸部に淡い集積

腹腔シンチグラフィ (シリンジ内胸水)

1.5 hours

RI投与後の胸水に集積

検査後の経過

- デンプーシャント入れ替え後
 - 胸水貯留は認められない
 - 退院・経過観察

入れ替え前 入れ替え後

高齢初発てんかん発作後の遷延した朦朧状態にて FDG-PET/CT を施行し、限局性の高集積を認めた症例と FDG-PET/CT が発見の契機となり診断できた心臓腫瘍性病変の 4 症例

徳島大学病院放射線部 坂東 良太

徳島大学病院放射線診断科 音見 暢一

【高齢初発てんかん発作後の遷延した朦朧状態にて DG-PET/CT を施行し、限局性の高集積を認めた症例】

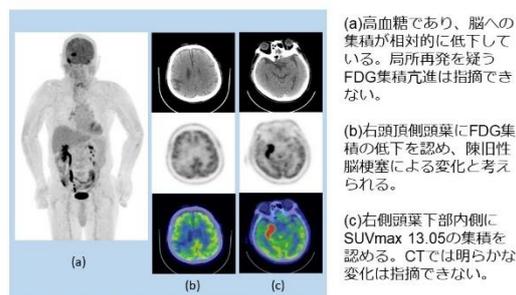
てんかんの局在診断はときに難しく、症状などの臨床所見と脳波の所見が一致しないことがある。MRI や SPECT、FDG-PET/CT などの画像診断は、てんかんの局在診断に有用であることが知られている。FDG-PET/CT の場合、通常は発作間欠期に行われ、てんかん焦点の糖代謝低下を FDG の集積低下部位として検出する。今回我々はてんかん発作後の朦朧状態という稀な時機に FDG-PET/CT を施行し、てんかん焦点と思われる高集積を認めた症例を経験したので報告する。

患者 80歳代 男性

【現病歴】
 2006年10月 嚥下障害が出現
 胸部中部食道癌T2N2M0 stageⅢと診断
 2006年12月 化学療法DFP開始
 2007年2月 食道亜全摘術、胸骨後経路胃管再建術
 2011年6月 胸部下行大動脈周囲リンパ節再発に対し化学放射線療法
 2011年9月 画像上PR
 以降無再発で経過
 今回、2017年1月に定期フォローのためFDG-PET/CT施行。
 家人によると、検査前日に一過性の意識消失、尿失禁、嘔吐、自動症などの症状があり、検査当日も意識の朦朧状態が遷延していたとのこと。

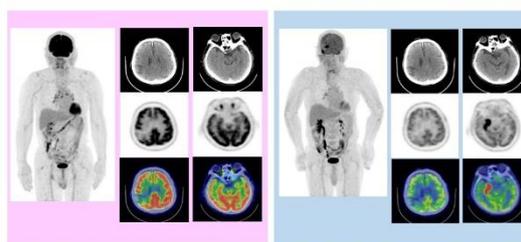
【既往歴】 脳梗塞（2016年3月）
 【内服薬】 リバロキサラン15mg
 【家族歴】 弟：食道癌
 【職業歴】 電気工事関係（65歳まで）

FDG-PET/CT



2017年1月 FDG-PET/CT

FDG-PET/CT



2016年6月 FDG-PET/CT

2017年1月 FDG-PET/CT

FDG-PET/CT の 4 日後の脳波検査では明らかなたんかん性異常波は指摘されなかったが、右側頭葉に徐波が目立った。

脳波所見と病歴より、初発の側頭葉てんかんと診断された。抗けいれん薬(レベチラセタム 1000mg)が開始され、それ以降てんかん発作は認めていない。FDG-PET/CT による局在診断は、脳波でてんかん性異常波を伴わないてんかん発作の診断や、臨床所見と脳波所見が一致しない場合に有効であるといわれている。

高齢初発のてんかんの原因として最も多いものは脳血管障害によるものであり、ほかに脳腫瘍や特発性がある。本症例では頭部MRI では明らかな器質的異常は指摘できなかったが、過去の脳梗塞の既往が関連している可能性や、発作時に一過性の脳虚血が起こっていた可能性も考えられる。高齢者

のてんかんの特徴として自動症を伴う側頭葉てんかんが多く、けいれんを伴わないことや、発作後症状が遷延することがあるという点も本症例と一致する。

てんかん発作後の遷延した朦朧状態という稀なタイミングで FDG-PET/CT を行い、てんかんの焦点と思われる側頭葉下部内側の限局性の高集積を認めた症例を経験した。

【FDG-PET/CTが発見の契機となり診断できた心臓腫瘍性病変の4症例】

心臓の腫瘍性病変は非常に稀な疾患である。近年は心臓超音波検査や胸部 CT などの診断技術の進歩により、生前診断が可能となり、PET/CT の普及により偶発的に指摘される可能性も増えてきた。心臓腫瘍が引き起こしうる血流障害や不整脈、塞栓症などの合併症は致死的となるため、正確な診断と治療選択が重要である。当院で経験した、PET/CT が契機となり診断できた心臓腫瘍性病変の4症例を提示し、画像を中心に考察する。

<症例1> 70歳代 女性

【既往歴】 右乳癌術後

【画像診断までの経緯】

- ・約12年前、右乳癌に対し、右乳房切除術を施行された。
- ・その後約4回ほど皮膚局所再発を認め、追加切除術を施行されていた。
- ・再び術後部位の皮下に、5mm大の小結節が疑われ、再発精査目的にFDG-PET/CTが施行された。

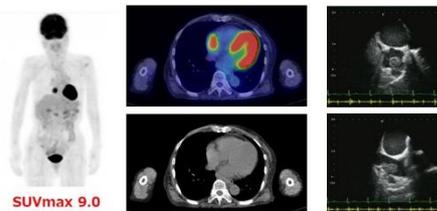
画像所見<症例1>

【FDG-PET/CT】

- ・右房に接して結節状のFDG集積あり。

【超音波検査】

- ・右心耳～右房内に辺縁平滑で内部やや不均一な塊状エコーを認める。
- ・右心房内には、血流うっ滞を示唆するモヤモヤエコーを認めず、血栓は否定的で、心臓粘液腫としても典型的ではなく、乳癌の右房内転移を第一に疑う。



<症例2> 40歳代 女性

【既往歴】 子宮平滑筋肉腫

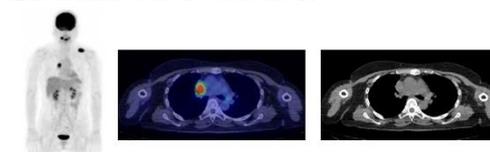
【画像診断までの経緯】

- ・以前から子宮筋腫について、当院産婦人科外来通院中であった。
- ・約3年前に発熱・腹痛・鉄欠乏性貧血を認め、CTにて子宮内悪性腫瘍を疑い、緊急子宮全摘術を施行、子宮平滑筋肉腫と診断された。
- ・その後、肺転移に対しVATS手術、出血性脳転移に対し開頭腫瘍摘出術および放射線治療を施行された。全身の再発精査目的に、FDG/PET-CTが施行された。

画像所見<症例2>

【FDG-PET/CT】

- ・心臓の右心房壁から頭側へ突出するように約25mm大の軟部影を認め、結節状のFDG集積を認める。
- ・左肩に筋肉内転移を示唆するFDG集積を認める。



SUVmax 12.6

【診断および治療経過】

- ・心臓および心筋転移と診断し、約2ヶ月後に生じた縦隔内リンパ節転移とともに、化学放射線療法を施行した。
- ・約2ヶ月後のCTにて、腫瘍内部の低吸収化と腫瘍径の縮小を得た。

<症例3> 50歳代 女性

【既往歴】 皮膚T細胞性悪性リンパ腫

【画像診断までの経緯】

- ・約2年前、両側乳房皮下に結節が出現し、皮膚T細胞性悪性リンパ腫と診断された。背部や臀部にも多数の結節を認め、化学療法を施行し、一度はPRを認めたが、その後は再発と化学療法変更や追加を繰り返していた。
- ・今回、同種末梢血幹細胞移植前の全身精査目的にFDG/PET-CTが施行された。

画像所見<症例3>

【FDG-PET/CT】

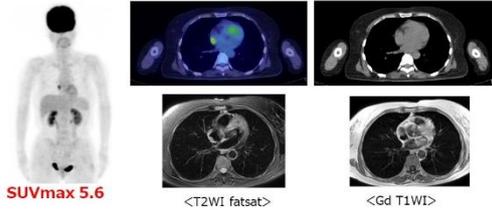
- ・上大静脈下端から右房内に結節状のFDG集積あり

【心臓造影MRI】

- ・右心房外側壁に、T1WIにて筋肉と等信号、T2WIにて高信号の限局性壁肥厚を認め、淡い造影効果を伴っている。cine MRIで心拍動とともに病変の移動が見られた。

【診断および治療経過】

- ・悪性リンパ腫病変と診断し、幹細胞移植ならびに同所放射線療法を施行し、約9ヶ月後のFDG-PET/CTにて、集積低下を得た(SUVmax 3.4)。



<症例4> 80歳代 女性

【現症】 歯肉の腫瘍、右顎下部リンパ節腫脹

【画像診断までの経緯】

- ・半年前より、口腔内右下部の歯肉に腫瘍を自覚していた。
- ・徐々に増大し疼痛を伴うようになったため近医歯科を受診し、右顎下部リンパ節の腫脹も併せて指摘され、精査目的に当院口腔外科紹介となった。
- ・全身精査目的にFDG-PET/CTが施行された。

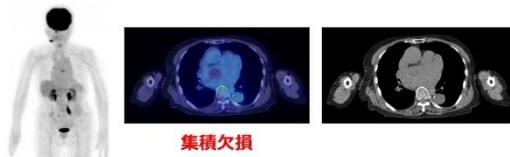
画像所見<症例4>

【FDG-PET/CT】

- ・左房内に辺縁石灰化を伴う約25mm大の低吸収結節を認め、FDG集積は欠損している。右顎下リンパ節、右鼻腔内に、FDG集積を伴う軟部影を認める。
- ・第8胸椎への集積亢進を認めるが、CTにて明らかな異常を指摘出来ない。

【診断および治療経過】

- ・左房内のFDG集積陰性腫瘍は血栓もしくは粘液腫など良性病変を疑い、精査を進めた。患者希望により精査は他院で行われ、左房内血栓と診断された。
- ・後日左房内血栓除去術が行われた。
- ・鼻腔病変については当院耳鼻科で精査され、約5ヶ月後にはいずれも消失し、炎症性のものであったと判断された。歯肉腫瘍についても徐々に縮小した。



4 例中 3 例は、悪性腫瘍の全身精査目的で行われた PET/CT にて、心臓転移の存在が指摘され、治療により転移巣の縮小や FDG 集積低下を得ることが出来た。また 4 例目に関しては、信号欠損という PET/CT の特徴的な所見から、速やかに手術を選択することが可能となった。心臓腫瘍は、全部検例の 0.1% と非常に稀であり、約 70% が良性腫瘍で、悪性腫瘍は 30% ほどとされている。

心臓悪性腫瘍では、転移性のほうが原発性より約 20~500 倍頻度が高いとされ、担癌患者の剖検例においては約 7.1% (2.7-14%) の確率で発見されると報告されている。症状としては、初期は無症状で、次第に呼吸困難、咳嗽、胸痛、心嚢液・胸水貯留などが見られると言われているが、原疾患の症状に隠れて症状から診断することは困難で、心電図や画像診断による役割が非常に大きい。

PET/CT は、全身を一度に評価出来る。今や癌患者に必須の検査ともいえ、小さな心臓転移についても集積の程度から指摘可能であり、その他の画像検査と比較して、初期診断を可能にし得る大変有用な検査と考えられる。通常の PET/CT の撮像方法では心臓の生理的集積があり、しばしば腫瘍性病変との鑑別が問題となるが、今回の症例のようにその他のモダリティ（超音波検査、造影 MRI など）を積極的に併用して、確定診断につなげていくことが重要と考える。

リンパ節シンチグラフィにおける放射性医薬品対外曝露の経験

高知県・高知市病院企業団立高知医療センター 核医学検査科

久米 利明

1、背景

癌の手術の際、リンパ節郭清の必要性を決める判断材料の一つとして、リンパ節シンチグラフィがある。当院では、乳腺外科・形成外科からの依頼が多数を占めるが、その検査部位は四肢から体幹部、頭部に至るまで様々である。また、検査部位によっては、放射性核種の注入困難な症例も見られるが、注入の成否が検査の診断能に大きく関与し

てくる。今回、リンパ節シンチグラフィにおいて、注入時のトラブルにより、放射性医薬品の体外曝露により著しく診断能を低下させた症例を経験したので報告する。

2、乳房における薬剤の注入法

乳房における放射性医薬品の注入法また部位については、大きく分けて乳輪付近の浅い皮下、腫瘍近傍の深い皮下、それらの併用と3つに分けられる。過去の報告^{*1}では浅い皮下への注入は、放射性核種がリンパ流に乗りやすく、広がり易いとされており、腫瘍近傍の深い皮下への注入は、浅い皮下への注入より内胸リンパ節が描出されやすく、腋窩リンパ節に偽陰性が少ないとされている。当院では乳輪付近への浅い皮下へ注入しているが、今回、この注入法により引き起こされたと思われる体外曝露を経験したので報告する。

3、当院における乳房外科のリンパ節シンチグラフィの撮影条件

使用核種：99mTc 標識フチン酸。投与量：約100MBq（約0.3ml）。投与方法：乳輪付近の皮下へ注入。撮像待機時間：Early(20min)・Delay(3h)。撮像シーケンス：Early(Static) Delay(Static+SPECT)

4、症例1（乳房外科、乳房）

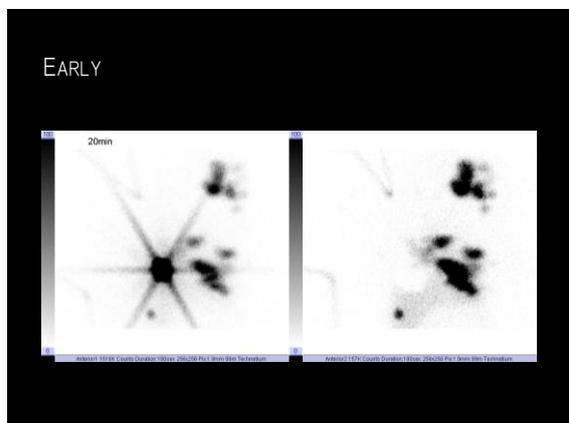


Fig 1

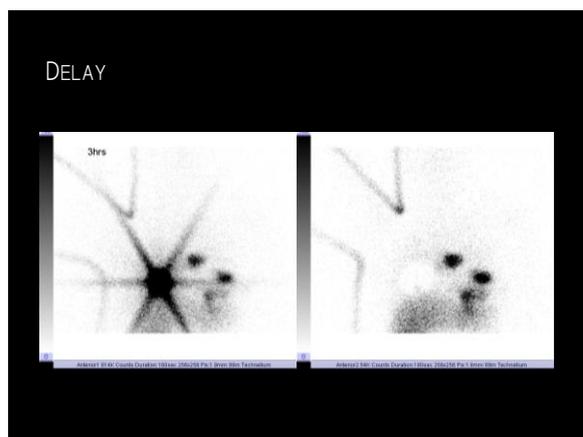


Fig 2

Early 像で広範に高集積が見られる (Fig1)。この時、撮影技師は体表の汚染と標識の不良を考え、検査衣への着替えを指示するも集積の分布変わらず、標識の不良は甲状腺の集積の無さ、肝臓の描出などから否定されるため、この時点で原因が不明であり、単純にリンパ節が描出されたことも考え、検査を終了し、Delay へ移行した。Delay 像では一見高集積は減っている (Fig2)。しかし、これは撮影時に、同様に高集積が多数あったため患者に再度更衣を指示。その際、脱衣を厳重に指示し、この結果に至ったことであった。また、結果としてリンパ節の同定には至らなかった。この症例をふまえて、患者から詳細を問診ののち、検査担当医と検討を行った結果、以下の点が問題点とされた。担当医師は注射時に乳頭より、若干の薬液漏出を認めていた。これは注入が乳管内であったことを示唆する。また注射後の待機時間に患者が胸に触れたり揉んだりしたようであり、これにより、さらに乳頭より薬液が漏出、汚染を拡大させたと考えられる。また、Early 撮影時の更衣指示が完全でなく患者は下着の脱衣を行わず、検査着に着替えていたことが分かった。

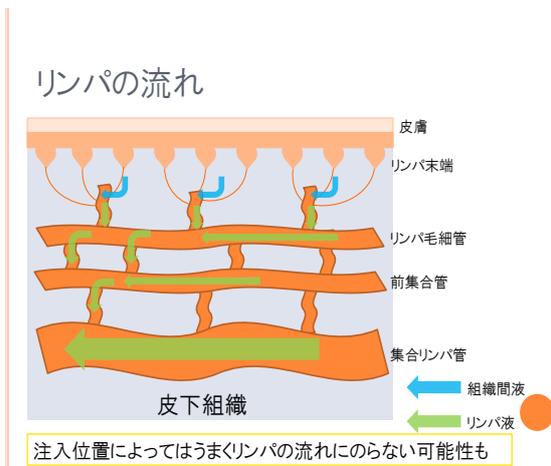


Fig 3

Fig3 に薬液注入の際のリンパの流れを図示するが、皮下に注入された放射性核種は組織間液と混ざりながら皮下のリンパ末端から吸収され、リンパ毛細管を経て深部にある集合リンパ管から順に太いリンパ管に流れていく。この過程で、注入位置が乳管内や血管内であればリンパ管への吸収は起こりにくいと考えられる。実際、当院の検査担当医師の主観とはなるが、注入時に痛みが伴わない、または弱い症例ではリンパ節の同定が困難なケースがしばしば見受けられる。そういった症例では、皮下と比べ、フリースペースの多さから、痛みの少ない脂肪織間や乳管などに薬液が注入されている可能性が高く、そのため、リンパ節の描出不良に繋がっていると考えられるとのことであった。本症例では、薬液注入部位以外からの放射性医薬品の漏出といった点が印象的であった。

5、症例 2 (形成外科、外陰部)

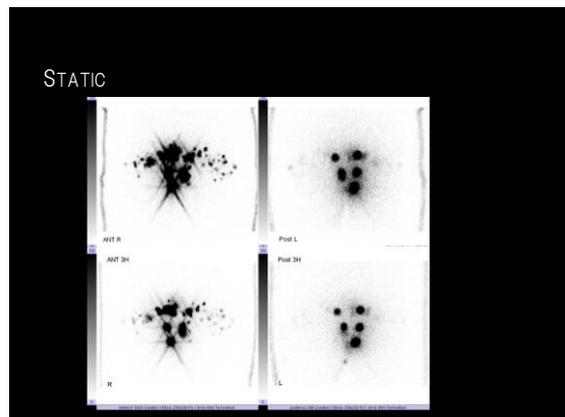


Fig 4

Early 像 Delay 像ともに高集積が多発している。これは、患者の体動と注入デバイスの不良により広範な体外曝露となってしまった症例であった。注入体位は仰向けで股を広げ、両膝を抱えるという保持が困難な態勢であり、かつ注入する部位も鼠径から陰囊、下腹部と痛みも強い部位であった。そのため、注射針の刺入時から体動があり、注入中も体動により注射針の固定が不安定となり、皮下より皮膚面へ注射針が抜き差しされながら注入されることにより徐々に体表が汚染。また注入デバイスも患者体動による物理的負荷と注入する皮下のスペースが十分でない事によって生じる注入圧による負荷が合わさることにより、注射針とシリンジの接続部が外れてしまい、そこからの薬液の噴出によっても体外曝露が引き起こされた (Fig5)。これはシリンジがスリップ式であったため、引き起こされたトラブルであるため、現在はロック式へ変更している (Fig6)。

- 注射針とシリンジの接続部から薬液が噴出



Fig 5

現在の対応

- 注入用のシリンジはロック型へ
⇒接続部の不安定性を解消



Fig 6

6. まとめ

今回は紹介した症例は、どちらも万全の態勢であれば、診断能の低下は最小限に抑えることができている可能性が高いと思われる。リンパ節シンチグラフィは注入部位や体位などにより注入の難易度は変わり、それによる汚染の可能性もその部位特有なものに変わってくる。その為、検査状況も含めて、検査に臨むスタッフが情報を共有するコミュニケーション、検査中に起きるトラブルの予測、実際に汚染が起こった際の対応と、その為の放射線医薬品に対するスタッフの知識など様々な課題を再認識する

症例となった。

7. 参考資料

※1 がん研有明病院HP

$^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィが骨転移除外に有用であった症例

岡山済生会総合病院 高谷 昌泰

$^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィは再生不良性貧血の診断のほか、骨転移や骨髄梗塞の診断、骨髄移植の評価などに用いられている。 $^{111}\text{InCl}_3$ は鉄と類似した挙動を示し、トランスフェリンと結合して骨髄中の赤芽球に取り込まれるため、全身の赤色骨髄が存在する部位が陽性像として描出される。正常例では投与された薬剤のおよそ 30%が骨髄に集積し、肝臓、腎臓、脾臓にも集積を認める¹⁾。今回、 $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィが骨転移除外に有用であった症例を報告する。

【患者背景】

患者は 60 歳代の男性であり、主訴は左の握力低下、上肢の脱力感である。既往歴として突発性肺線維症があり、高度喫煙患者である。頸椎症性脊髄症が疑われたため頸椎 MRI が施行された。

【頸椎 MRI】

Fig.1 に頸椎の MRI 画像を示す。第 4、5 頸椎に T1WI、T2WI で低信号、DWI にて高信号、造影 T1WI にて軽度造影効果を認め、転移性骨腫瘍や骨髄腫が疑われた。

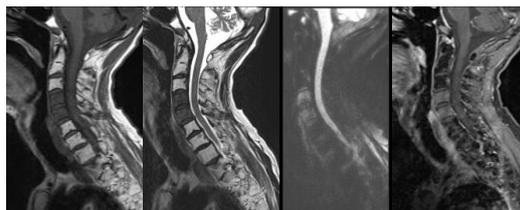


Fig.1 頸椎 MRI 画像

【CT・内視鏡】

頸椎病変および原発巣の全身精査目的に造影 CT が施行された。CT では MRI で指摘された頸椎病変に転移を疑う所見はなかったが、胃噴門部のリンパ節腫脹を指摘された。上部消化管内視鏡により胸部中部食道に食道がん(肉眼型 0-IIc 型)が指摘された。

【PET/CT】

頸椎病変に軽度集積が認められたが、積極的に骨転移を疑う所見ではなかった。上部消化管内視鏡にて指摘された食道病変に集積を認めた (SUVmax : 2.82)。

【その他検査】

各検査に加え、造血系腫瘍のスクリーニングを行ったが、全て検査結果は陰性であった。食道がんのステージング目的のためにも頸椎病変の確定診断が必要であり、骨生検も考慮されたが、リスクが高いため骨生検は断念された。代替案として $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィを施行する運びとなった。

【 $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィ】

Fig.2 にプラナー像および SPECT/CT sagittal 画像を示す。MRI で指摘された頸椎病変に RI の集積を認め、骨髄再転換 (Reconversion) が疑われた。

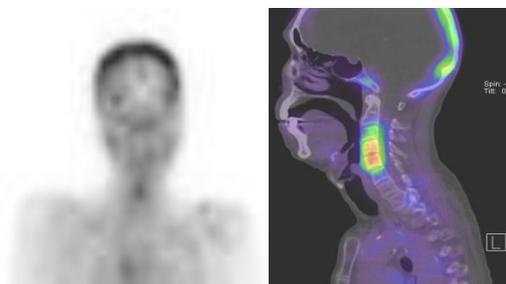


Fig.2 プラナー像と SPECT/CT sagittal 画像

骨髄細胞は、加齢により赤色骨髄が黄色

骨髄へと置換される。ストレス、高度喫煙、慢性貧血などが原因で造血が必要な状態になると、黄色骨髄が赤色骨髄に再転換する Reconversion が起こると報告されている²⁾。先行研究においても $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィに関する同様の報告³⁾があるほか、MRI と PET にて骨転移として診断された病変が $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィによって局在化した骨髄再転換であったという報告⁴⁾がある。

本症例は第 4、5 頸椎に $^{111}\text{InCl}_3$ が限局的に集積した理由は不明であるが、骨髄腫の可能性が極めて低いこと、高度喫煙者であることなどから骨髄再転換であると診断された。原発巣の食道癌は手術により切除され、経過良好にて退院となった。

【まとめ】

CT、MRI、PET/CT で確定診断に至らなかった頸椎病変は、 $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィにより赤色骨髄の分布をとらえることで骨転移と骨髄再転換の鑑別および確定診断につながった。 $^{111}\text{InCl}_3$ 骨髄シンチグラフィは骨転移と骨髄再転換の鑑別に有用である。

【参考文献】

- 1) Agool A, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging (2011); 38: 166-178
- 2) Paterson SC, et al. J Leukl 1: 125
- 3) Tanaka T, et al. Acta Med. Okayama 2016; 70(4): 285-289
- 4) Okuda S, et al. Eur J Nucl Med Technol 2018; 46: 63-64

初学者からベテランまで基礎から学ぶ教育
講演

SPECT/CT 検査における CT 画像の役割

島根大学医学部附属病院 放射線部

矢田伸広

【要旨】

本講演は、SPECT/CT 検査での CTAC および融合画像の臨床的な役割を報告した。CTAC を適用した脳血流画像は、統計学的脳機能画像解析で、Chang 法と比較して、解析精度が 17%向上した。半導体 SPECT 検査において、CTAC を適用した定量値は、誤差が 5%程度を示した。融合画像は、臨床的に腫瘍、非腫瘍の感度と特異度を向上させるために有用である。われわれは、技術的および臨床的に SPECT/CT 画像を正確に把握し、核医学検査の価値を向上させる必要がある。

【はじめに】

本講演は、基礎的な SPECT/CT 検査の技術を習得するために、CTAC の基礎と融合画像の有用性を報告した。これにより、初学者でも精神・時間的な余裕を持ち、今後自身の専門性を向上させる、その取り組みの足がかりとなる事を期待した。

【CT 画像による減弱補正】

減弱補正法は、投与された放射性医薬品と同じ放射性同位元素を用いることで、正しい減弱補正分布を得ることができる。しかし、臨床的に放射線医薬品を外部線源として減弱マップを作成することが困難である。不均一吸収体において、減弱補正法は、CTAC が用いられる。ガンマ線と物質との優位な相互作用は、物質の原子番号で異なる。SPECT でのエネルギー帯において、コンプトン散乱は、軟部および骨組織で優位である。

一方、(実効エネルギーに換算した) CT でのエネルギー帯において、コンプトン散乱は軟部組織で、光電効果は骨組織で優位となる。したがって、 μ マップは、bilinear scaling 法のような原子番号の違いを考慮した換算式を用いて作成している (Yada N. AOJNMB 2016)。 ^{99m}Tc を用いた半導体 SPECT 画像において、定量値[Bq/ml]は CTAC および散乱線補正法を適用することで誤差 5%を示し、従来と比較して定量精度の向上が期待できる。CTAC を適用した脳血流 SPECT 画像は、Chang 法での画像と比較して、統計学的脳機能画像解析の精度が 17%向上する (Yada N. RPT 2017)。CTAC は、ヘッドレストおよび頭蓋骨の影響を考慮して補正するために、Chang 法と比較して補正精度の向上が期待できる。

【融合画像】

^{131}I を用いた SPECT/CT 画像は、腫瘍と非腫瘍との感度と特異度を向上させることが可能で、特に診断精度の向上 (Chen L. JNM 2008), 治療方針の変更 (Schmidt D. JNM 2009), および不必要な処置の回避 (Wang H. Clin Imaging 2009) に役立つ。一方、 ^{99m}Tc -MIBI を用いた副甲状腺シンチ検査にて、診断結果は 2%向上にとどまる (Gayed IW. JNM 2005)。われわれは、各検査に対する融合画像の役割を把握することが必要である。

【おわりに】

CTAC は、不均一吸収体に対する減弱補正を可能とし、特に、半導体 SPECT 画像での定量精度向上が期待される。融合画像は、位置ずれのない画像情報を提供することで、核医学検査の価値を向上出来る。

初学者からベテランまで基礎から学ぶ PET-CT

地方独立行政法人 広島市立病院機構
広島市立安佐市民病院 放射線技術部

古田 明大

発表内容は、PET-CTに関して、疾患に対するFDG-PETに関して、アルツハイマー病に対するPETに関して、最後に私が行ったPET-CTに関する検討に関しての4つとした。発表内容は、当院がデリバリー施設であるため、 ^{18}F -FDGに関することが中心であった。

PET検査は、陽電子放出核種からの2本の γ 線を同時係数することで感度、分解能ともにSPECTより優れている。PET-CT装置は、CT画像を用いた減弱、散乱線補正が可能であり高い定量性を有している。SUVは定量評価として広く用いられており、投与した放射性医薬品が体内に均一分布した状態の濃度を1として関心領域に何倍の集積があるかという指標である。SUV_{max}は最大値で評価を行うため、関心領域設定の影響を受けにくく最も使用される指標であるが、統計ノイズによって過大評価される可能性がある。一方SUV_{mean}は、関心領域の平均値で評価し、SUV_{peak}は最も集積が高い領域における1 cm³球領域の平均値で評価する。平均値による評価は統計ノイズの影響を受けにくいに関心領域の設定に依存するため再現性が低下する。

PSF補正は、視野中心から離れた場所にて発生した消滅放射線の射入による入射点と発光点の位置ずれを補正するために、視野内の各地点における点線源を実測して画像再構成アルゴリズムに組み込む補正である。TOF補正は、対となる消滅放射線の検

出器への到達時間差を利用し、核種の存在位置を絞り込む補正である。PSF、TOF両補正は、最適な更新回数やフィルタ強度、定量値が変化する可能性があるため、補正、非補正の画像が混在しない様にする必要がある。

^{18}F -FDGはグルコースに ^{18}F を標識した薬剤であり糖代謝を反映する。グルコースは細胞内に取り込まれリン酸化後さらに分解されエネルギー源として解糖系を進むが、FDGはリン酸化された後に細胞内に留まるため画像化が可能となる。 ^{18}F -FDGは、高血糖状態やインスリン使用によって集積不良を示すため、絶食や使用禁止が必要である。飲水は、余分な放射性医薬品の排尿を促すため画質向上と被曝低減が期待でき、早めに開始することでより効果が期待できる。

正常組織のFDG集積は、投与後1時間程度まで緩やかに上昇し緩やかに下降していくが、悪性腫瘍のFDG集積は、正常組織より早く上昇し投与後2時間まで緩やかに上昇を続ける。撮像タイミングは投与後1時間(早期相)で行うことが一般的であるが、さらに遅いタイミング(後期相)で撮像することによって正常組織と悪性腫瘍の集積差をより大きく描出することが期待できる。しかし後期相の追加は、ポジショニングの変化、検査時間の延長、CT撮像追加による被曝の増加などのデメリットがある。これらを解決するEarly Delay撮像は、早期相撮像直後に、PET撮像をもう一回追加する手法である。当院は、病変が疑われ追加撮像によって情報が増えそうな場合は後期相を、主に生理的集積が疑われる場合はEarly Delayを追加している。

PET画像の画質は、同一撮像条件において体格が大きくなるにつれ低下する。一定の画質を担保する手法は、投与量の調節と撮像時間の調節の2つがある。FDGの投与量は、体重当たり5 MBq以上に増加させても偶発同時計数の割合が増加するため、高体重の場合は投与量より撮像時間を調節する方が有用であると報告されている。撮像時間はBMIなどの体格を表す指標を用いることが一般的であるが、恥骨下大腿部の真の同時計数から決定する手法も報告されている。また皮下脂肪は内臓脂肪よりFDG集積が低い。同一BMIでも内臓脂肪型の被験者の撮像時は、収集時間を20%程度延長することで皮下脂肪型の被検者と同等のPET画像を得ることが可能と報告されている。

肺癌は病期によって治療アプローチが異なるため、原発巣や転移巣の診断にFDG-PETが非常に有用とされている。ただし、大きさ2 cm以下、密度25%以下のスリガラス陰影に対するFDG-PETによる病期診断の有用性は低いとされている。また、肺は炎症が発生しやすい部位であり、炎症部位に対するFDG集積亢進がしばしばみられるため注意が必要である。肺癌における画像診断はCT画像を基本とすることが多いが、PET-CT撮像時のCTは自由呼吸下、低線量で撮像されることが多いため、当院では息止めCTを撮像してない場合に通常線量の息止めCTを追加している。このとき長時間の仰臥位は肺下方に生理的な水の貯留を引き起こすため、PET撮像前の比較的早いタイミングで息止めCTを撮像することが重要である。

副腎に腫瘍が疑われた場合、CT値とFDG集積強度によっておおよその良悪鑑別が可

能と報告されている。CT値が10以下であればFDGの集積の程度にかかわらず転移陰性と判断し、CT値が10より高く副腎のFDG集積が肝実質の集積と同等から強い場合を転移陽性、肝実質の集積より低い場合を転移陰性とした場合、感度80%、特異度89%であったと報告されている。

骨転移に対するFDG-PETの有用性は、原発巣の種類に依存して変化する。肺癌などによる溶骨型の骨転移は、FDG-PETで高集積となるが骨シンチにおいても異常集積が確認できる場合がある。前立腺癌などによる造骨型の骨転移は、FDG-PETで低集積になる傾向があるため骨シンチが主に行われる。またNaF-PETは溶骨型、造骨型どちらも高集積を示す。

大腸癌は、原発巣の評価のみに関してはFDG-PETが有用とはいえないが、転移巣の検索には有用とされている。大腸癌による大動脈周囲のリンパ節転移に対する感度はCT、PETともに100%であるが特異度はCT 17.6%、PET 100%でありPETの特異度が非常に高かったと報告されている。ただし、原発巣近くのリンパ節転移の検出感度はあまり高くないとも報告されている。

悪性リンパ腫は、進行スピードによってAggressive typeとIndolent typeに分類される。Aggressive typeは比較的早く進行しFDG集積が高く、Indolent typeはゆっくり進行しFDG集積が低い傾向がある。

Aggressive typeとIndolent typeは、SUV 10をカットオフとしておおよそ分類可能と報告されている。Aggressive typeは経過が速く早期の治療が必要であるが、一旦治療に反応すれば完全寛解が望めるものが多い。一方、Indolent typeはゆっくり進行

し一時的に治療に反応するが再発と寛解を繰り返すため、生存率曲線は10年を境に Aggressive typeを下回ると報告されている。

大血管炎は、2018年4月から新たにFDG-PETが保険適応になった疾患であり、高安動脈炎や側頭動脈炎が代表的である。高安動脈炎は上行大動脈や大動脈弓などの大動脈が炎症によって石灰化や粥状硬化症を起こす疾患であり、日本人、特に若年女性に好発する。側頭動脈炎は浅側頭動脈や眼動脈などの血管炎であり、欧米人、特に50歳以上の女性に多い疾患である。大血管炎に対するFDG-PETは、炎症部位の血管走行に沿って強い集積を認める。

アミロイド仮説は、まず神経細胞外に老人斑が溜まり、その後に神経細胞内に神経原繊維変化が起こり、最後に神経細胞死が起こるというアルツハイマー病の進行過程に関する最も支持されている仮説である。このうちアミロイドPETは、アルツハイマー病の初期変性である神経細胞外への β アミロイド蓄積を画像化したものである。アルツハイマー病に対する最初のPET用トレーサーである ^{11}C -PiBは、病理染色に用いる薬剤を基に開発された放射性医薬品であり、後にデリバリーでも使用可能な ^{18}F -Flutemetamolが開発された。ガイドラインで規定された適応は、発症年齢が若い場合、65歳未満の認知症で血管性認知症の可能性を否定できる場合、臨床症状が非定型的な場合とされている。不適切使用は、進行した重症症例、家族歴がある無症候者、物忘れなどの認知症発症前の状態などとされている。

私が行ったPETに関する検討は、撮像中

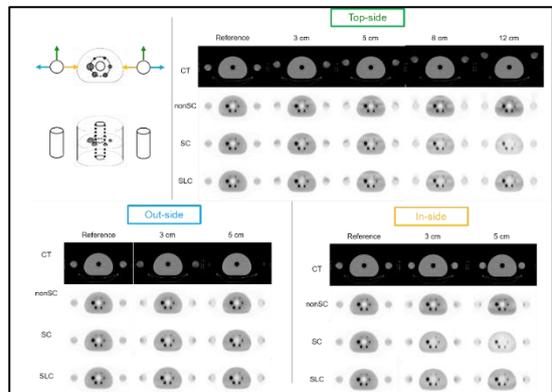
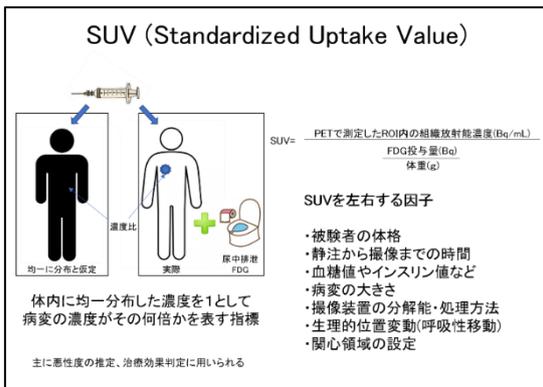
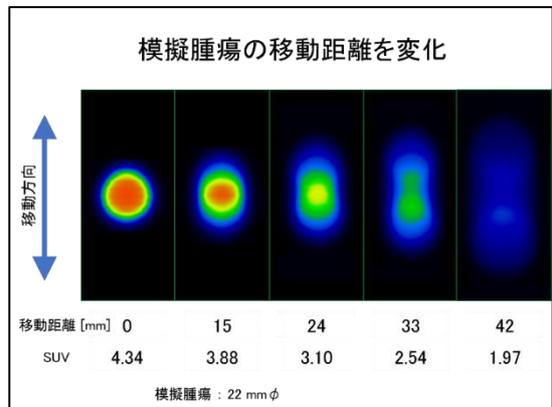
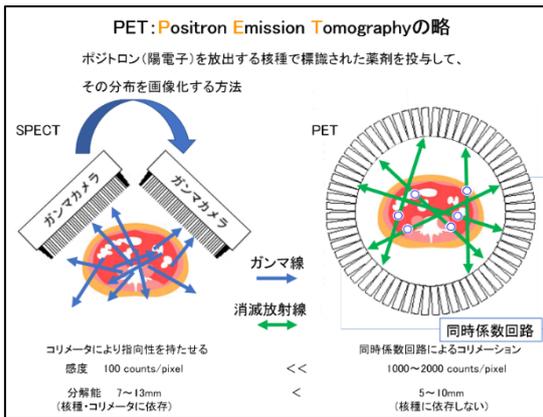
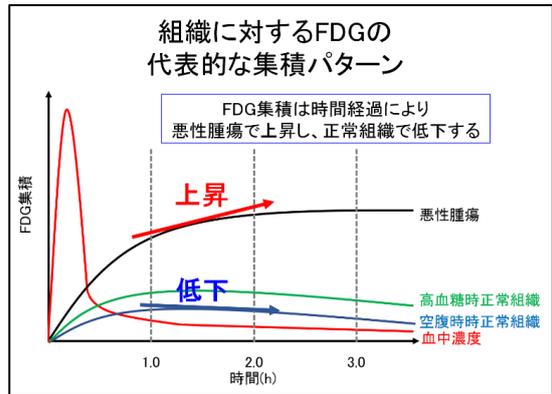
の動きによる影響に関するものである。1つ目の検討の目的は、PET撮像時の呼吸性移動による移動回数および移動距離の変化が模擬腫瘍の集積に与える影響に関して検討することである。模擬腫瘍が頭尾方向に移動を繰り返す機構を自作し、移動距離と移動回数を任意に変化させることで実験を行った。結果は、移動回数を変化させたとき集積低下の影響は小さく(最大8%)、移動距離を変化させたとき移動距離が球サイズより大きくなると集積が大きく(最大55%)低下した。移動距離が模擬腫瘍の径を超えた場合、移動周期の両端に模擬腫瘍が来るとき中心部分の重なりがなくなるため集積が低下したと考えられた。

2つ目の検討の目的は、減弱補正用 μ -mapとPET画像における腕の位置ずれが体幹部の集積に与える影響について検討することである。通常の散乱線補正SCは、PET撮像時とCT撮像時の腕の位置ずれが大きいとき集積欠損が発生する場合がある。scatter limitation correction (SLC)は、過補正にならないように散乱線補正の強度を調節することで集積欠損を低減させる散乱線補正法である。NEMA Bodyファントムの両側に腕を想定して円柱ファントムを設置しPET撮像後、CT撮像時に円柱ファントムを上方向、外方向および内方向に移動させた。このときのSC、SLCにおける画像を比較した場合、上方向および内方向に円柱ファントムを動かしたときに体幹部の集積が低下し、外方向のとき集積低下は見られなかった。集積欠損が発生するときの全同時計数に対する散乱同時計数の割合(SFF)は0.40から0.45の間であり、これを超えるとSCで集積欠損が発生し、SLCで集積欠損が

改善された。以上から、SLCは SFFが0.40から0.45を超えたとき散乱線補正を制限することでアーチファクトを低減させると考える。

FDGを用いたPET検査は保険適応から12年程度経過しており、ある程度成熟している。PET検査は、CTやMRIなどの形態画像に対してPET機能画像としての情報を付加することが可能な有用な検査である。装置や再構成法、各種補正法の進歩により、短時間収集と画質の両方を担保することが可能になってきている。撮像時間や遅延撮像の追加、各種補正など、疾患の特性を理解して最適な処理を行うことが求められる。

FDG-PETの保険適応	
1. てんかん	難治性部分てんかんで外科切除が必要とされる被験者に使用する
2. 心疾患	虚血性心疾患による心不全被験者における心筋組織のバイビリティ診断(他の検査で判断のつかない場合に限り)又は心サルコイドーシスにおける炎症部位の診断が必要とされる被験者に使用する
3. 悪性腫瘍 (早期胃癌を除き悪性リンパ腫を含む)	他の検査、画像診断により病期診断、転移、再発の診断が確定できない被験者に使用する
4. 血管炎	高動脈炎等の大型血管炎において、他の検査で病変の局在又は活動性の判断がつかない被験者に使用する



Discovery MIについて

松江赤十字病院

川副 敏晴

1) Discovery MIの特長

半導体検出器が搭載された Discovery MI GE 社製の PET/CT 装置 (以下 DMI) が 2017 年 11 月に導入された。従来の装置 Biograph Duo (以下 BD) にはなかった新しい画像再構成法の Q. Clear、分解能補正、Time of Flight (以下 TOF) が使用可能となった。半導体光電子増倍装置は、従来の光電子増倍管 (PMT) に比べ約 2 倍の光検出効率があり処理速度が向上した。これまで捨てざるを得なかった消滅放射線を 20%リカバリーしている。時間分解能は 385psec で TOF の効果を発揮する。体軸方向視野は 20 cm であり検査時間の大幅な短縮につながった。DMI のシステム性能はシステム感度 13.5cps/kBq、空間分解能 4.8mm である。他のメーカーと比較してもクリスタルの厚さは 25 mm で最も厚くシステム感度も最も高い。

2) 従来装置との比較、描出能の視覚評価

従来装置 BD と新規装置 DMI を比較した表 1 を示す。

比較	画像処理条件	
	従来装置 (Biograph Duo)	新規装置 (Discovery MI)
マトリクスサイズ	128*128	192*192
ピクセルサイズ	5.3mm	2.6mm
撮像時間	2min	2min
画像再構成法	3D OSEM	Q clear
TOF	なし	あり
PSF補正	なし	あり
後処理フィルタ	ガウシアン 5mm	なし

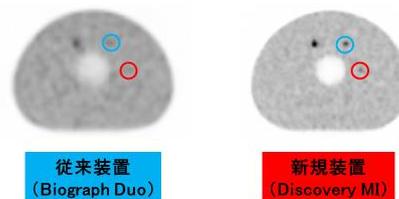
表 1 BD と DMI の処理条件

従来装置 BD のディテクタは LS0 である。新規装置 DMI は後処理フィルタを用いない。がん FDG PET/CT 撮像法ガイドラインに従い、NEMA Body ファントムを用いて 10mm 径以下の小さい集積の描出能を評価するために最小 4mm 径のホット球を購入し、描出能の視覚評価を行った (図 1)。ガイドラインでは視覚的に 10mm 径ホット球の描出が目標になるがこの DMI の装置を使うと臨床条件下で 8mm の大きさまで描出可能となった (図 2)。



図 1 描出能の視覚評価

小さい集積の描出能の違い



臨床条件下で 8mm の大きさまで描出可能

図 2 10 mm 径以下の小さい集積の描出能

全身用 PET よりも小さい検出素子を搭載することで高解像度を実現した乳房専用 PET 装置エルマンモがある。最大 4.8 mm、最小 1.2 mm 径の小動物用デレンゾウファント

ムを用いて画像比較した。エルマンモは1.6 mmのロッドが明瞭に描出できている。Q. Clearの β 値を100としたDMIの画像を示す(図3)。2.4 mmのロッドの描出は微妙なところであるが、2.4 mmから3.2 mmの間の2.7 mm、2.8 mmのロッドの描出は可能だと思われる。空間分解能が優れていることが確認できた。

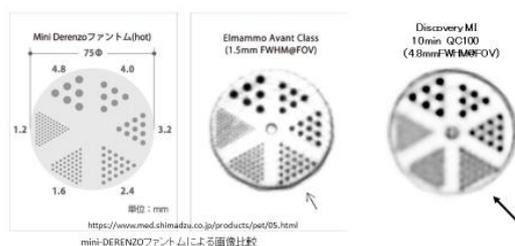


図3 デレンゾウファントムを用いての画像比較

3) Q. Clear β 値による画像の評価

Q. Clearは、GE独自の再構成法で従来の逐次近似画像再構成法とは異なる。ノイズの増幅を抑制しつつ十分収束するまで逐次近似を繰り返すことで信号対ノイズ比SNRを改善し定量精度を向上することを目的とした画像再構成法である。ノイズ抑制をコントロールする係数を β 値というが、当院では650に設定している。Q. Clearを用いることで集積の描出能、コントラストが優れ極めてシャープな画像が得られる。

β 値による画像の変化を見ていく。コントラスト、統計ノイズを調べた。 β 値は、10、50、100、300、650、1000と変化させた。hot部のコントラストは、5mmと10mm球を比較、Hot部のコントラストの理想は0.75、cold部のコントラストの理想は1.0である。結果を以下に示す(図4)。 β 値が大きくなると5mm、10mm球のhot部のコントラストは

低下している。 β 値が大きくなるほどノイズが抑制されて平滑化が進むためと考える。放射能濃度に応じて平滑化を行うが、より集積の少ない5mm球で影響が大きく描出能の低下を招いている。cold部のコントラストはほぼ変化なしであった。cold部は十分に収束しているためと考える。 β 値が大きくなると統計ノイズは低下した。Bodyファントムの画像、実際の臨床画像から視覚的に評価して β 値は600、700前後が妥当と考える。

コントラスト・%CVの違い

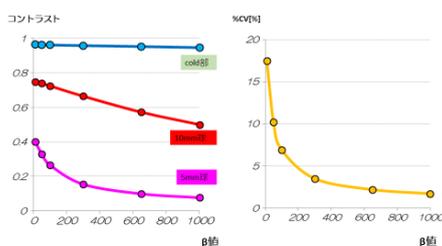
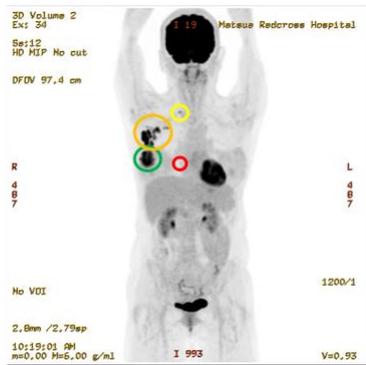


図4 β 値による画像の変化

4) 臨床画像、呼吸同期

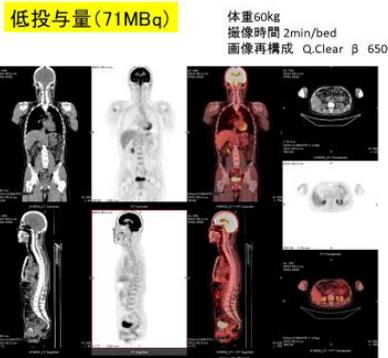
(臨床例①) 右乳腺外側大部分を占める約6.2 cmの強い集積→乳がん病変。右腋下1~3cm 大の集積を伴うリンパ節多数→リンパ節転移。右鎖骨上窩に1個の集積を伴うリンパ節→リンパ節転移疑い。驚くべきことはサイズ5~6 mmの内胸動脈領域にも小さな集積を認めたということである。リンパ節転移疑いであるが、DMIならではの画像と言える。



臨

床例①

(臨床例②) 低投与量の 71MBq の画像 (正常例) である。読影可能な最低限の画像になっている。



臨床例②正常例

呼吸同期は 2 種類あり Q.Static と Q.Freeze がある。

Q.Static は、1) 安定した呼吸の位相のみ収集。2) カウントを収集時間で補う必要がある。

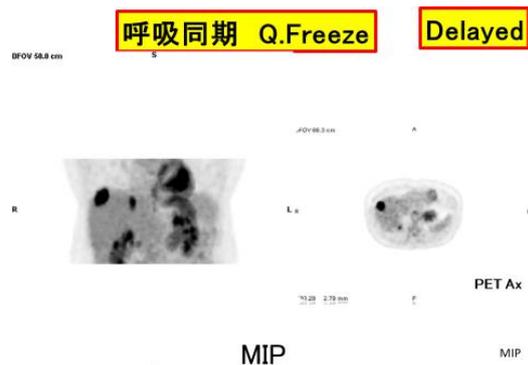
Q.Freeze は、1) 一呼吸間を分割して任意の位相に非線形加算。2) より位置ずれの少ない画像が得られる。3) Cine CT が必要。

(臨床例③) 重複がんの患者。歯科口腔外科依頼の右舌下腺がんの遠隔転移検索目的で PET/CT 検査を行った。右上腹部に注目すると、一見、肺に集積があるように見える。集積は肝臓かもしれない。



臨床例③-1

Delayed 像として、呼吸同期の Q.Freeze を使って上腹部を撮像した。肝臓の集積であった。CineCT を撮る必要があったが、90% の位相部分で位置ずれのない画像が得られた。



臨床例③-2

5) 温度湿度管理

この装置に限らず、医療機器というのは様々な CPU 基板、精密な基盤が使用されている。電子部品は、温度が高くなりすぎると CPU の動作不良を起こしたり湿度が高くなりすぎると精密基板の絶縁部分が壊れたりする。夏場など湿度が高くなる時期に急激な温度変化が発生する。特に気を付けたいのが結露により電子部品の故障が誘発されることである。故障を防ぐために空調、エアコン、除湿器を使って温度、湿度を一定の範囲内に保つ必要がある。当院では検査室に

エアコンを2台設置しているが結露防止センサーが張り巡らされており万が一、結露が発生したとしてもアラームが鳴り知らせてくれることになっている。水冷式で検出器の温度を一定に保っているし、ガントリー内に4つの温度湿度センサーがありモニタリングしてコントロールしている。実際にガントリーに設置していた4つのセンサーからデータを読み取って分析したグラフを以下に示す。赤色が温度で、青色が湿度を示している（図5）。

湿度のグラフで右端の部分で突出した部分が2カ所ある。2度とも湿度が70%近くまで上がっていた。実際のところ装置は2回止まってしまった。今振り返ると、このときは梅雨に入る前ということもあり油断していた。病院の施設課のスタッフ、GEのサービスマンと協議したうえで連携も上手くいき現在はトラブルなく検査できている。温度湿度管理がいかに重要か分かっていただけたことと思う。

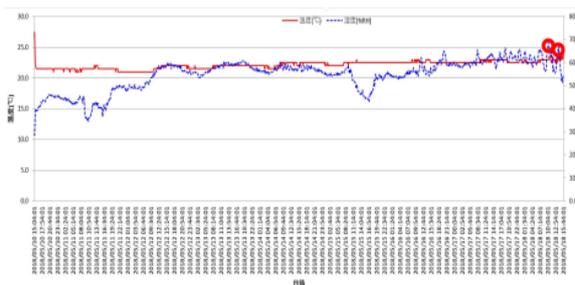


図5 温度湿度センサーからの分析データ