20-085 高分解能再構成法による脳 FDG-PET の臨床画像評価

○長木 昭男、松友 紀和、福永 正明、塩津 昌寛、佐々木 二梅恵、渡辺 治夫
倉敷中央病院 放射線センター

【背景】脳 ^{18}F-FDG PET（脳 FDG- PET）は脳転移の診断に有用であり、脳の糖代謝は高く体幹部と比較すると強い集積を示すため全身の収集データから再構成条件を変更して空間分解能の高い画像を得ることが可能である。しかし、統計雑音を低減するには、投与量と収集時間、平滑化フィルタ処理条件を検討する必要がある。

【目的】脳 FDG-PET の高分解能画像再構成法について収集時間による均一性と平滑化フィルタの有無による空間分解能を臨床画像で評価した。

【方法】対象は検診22例と脳病変が疑われた患者17例とした。PET/CT はシーメンス社の体軸方向視野が218 ㎜の Biograph mCT を使用した。PET の収集は、全身を2min/bed で頭部を2min/bed（検診群）または4min/bed（患者群）で行った。画像再構成は、OSEM に分解能補正（PSF）および time of flight（TOF）を用いた。ピクセルサイズは1.27 ㎜、この再構成条件の Full width at half maximum（FWHM）は2.9 ㎜である。臨床画像は、脳の収集カウント、小脳の均一性（CV = Mean/SD）、さらに Gaussian filter（G）の有無で左右側頭葉の空間分解能を FWHM で評価した。解析ソフトウエアは、富士フイルム RI ファーマ社の DRIP、核医学画像処理カンファレンスの Prominence Processor を使用した。

【結果および考察】脳の収集カウントは、腹部の約1.9倍で収集時間の延長により約2.1倍となった（**図1 左**）。NEC patient は、がん FDG-PET/CT 撮像法ガイドラインと比較すると2min/bed でも非常に高値を示した（**図1 右**）。

小脳の均一性は、患者群が検診群収集より改善したが（**図2 左**）、効果は少なく2min/bed でも十分な収集カウントが得られていると考える。

空間分解能は、Gaussian filter 無で FWHM が約8%改善した（**図2 右**）。**図3**に検診症例の2min/bed で収集した臨床画像を示す。

【結語】脳 FDG-PET は、体軸方向に検出器視野を拡張した PET 装置では十分なカウントが得られ収集時間を延長することなく画像再構成に平滑化フィルタ処理を組込まないことで高分解能な臨床画像が得られる。

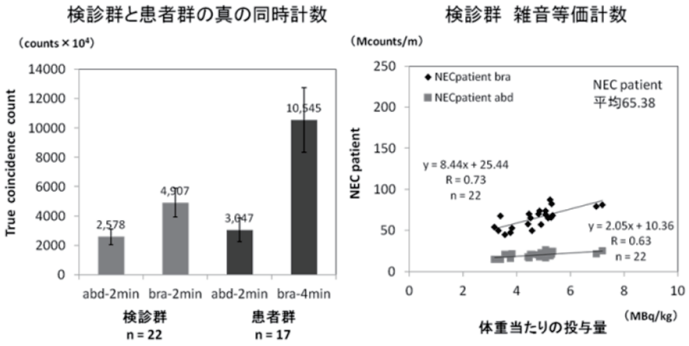

図1　脳の収集カウントと NEC patient

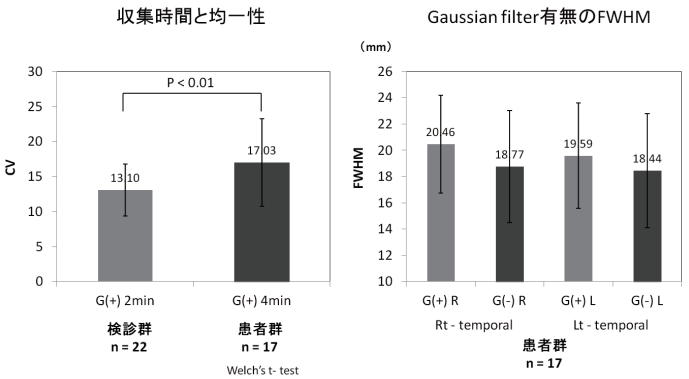

図2　均一性と空間分解能

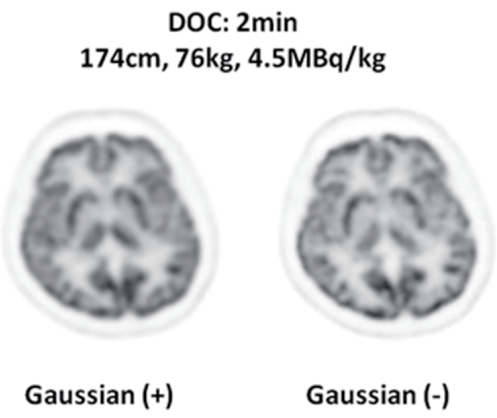

図3　検診症例の臨床画像

20-086 PET 呼吸同期収集方法が定量性および画質に及ぼす影響

○福永 正明、長木 昭男、松友 紀和、板谷 英樹、中河 賢一、塩津 昌寛
倉敷中央病院 放射線センター

【背景】Positron emission tomography（PET）は呼吸移動に伴う位置ずれを起こすため呼吸同期収集の有用性が報告されている。当院に導入された PET 呼吸同期収集法は、呼吸波形と呼吸数（rpm）をモニタリングしながら PET 収集を行い、最大吸気時を基準として一周期を3分割し、呼気相に相当する第2相を選択的に再構成している。再構成の加算範囲は、1分間あたりの呼吸数とその頻度についてのヒストグラムから設定する。

【目的】呼吸数の加算範囲と定量性および画質の関係を評価し、最適な加算範囲について検討を行った。

【方法】PET/CT 装置は SIEMENS 社製 Biograph mCT、呼吸同期装置は ANZAI MEDICAL 社製 AZ-733V を使用した。対象は胸部遅延像を施行した症例の中から比較的安定した呼吸波形で、トリガーの多く得られた5例を抽出した。PET 呼吸同期収集時間は 1bed あたり6分間で行った。収集後に得られたヒストグラムから加算範囲を5段階に設定して画像再構成を行った。この5段階の加算範囲はヒストグラムの標準偏差（Standard deviation；SD）を求め、最多呼吸数 -SD 以上の範囲（パターン1）、最多呼吸数 -2SD（パターン2）、最多呼吸数 -3SD（パターン3）、最多呼吸数の10％以上（パターン4）、全範囲（パターン5）とした。加算範囲の評価は、病変部に関心領域を設定して SUVmax と均一性（Coefficient of variation；％CV）の変化、coronal 像を用いて病変部のプロファイルカーブから得た Full width at half maximum（FWHM）で行った。SUVmax、％CV、FWHM は5症例の平均値を求めて、パターン5を基準とした比で評価した。

【結果】

①SUVmax

加算範囲の違いによる平均値の変化は認められなったが、範囲が狭いほど誤差は大きくなった。加算範囲を最多呼吸数の10％（パターン4）以上にすることで変化は最小となった（図1）。

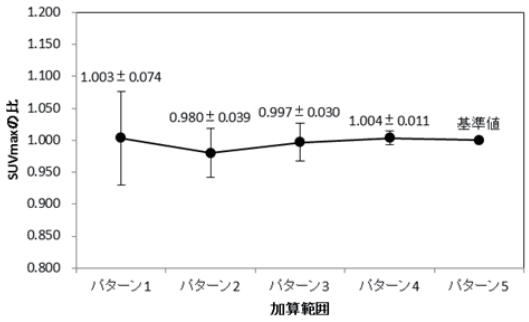

図1　SUVmax の比

② ％CV

加算範囲を広くすると平均値はわずかに低下する傾向を認めた（図2）。

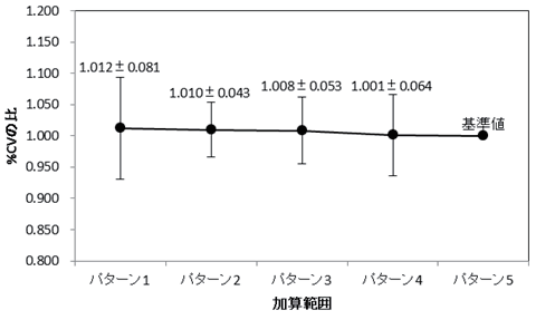

図2　％CV の比

③FWHM

加算範囲を狭くしても大きな変化は認められなかった（図3）。

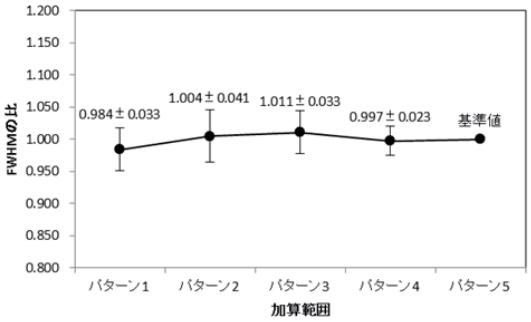

図3　FWHM の比

【考察】

①SUVmax

加算範囲の狭いほど画像再構成に用いるデータは減少するため、変動が大きくなったと考えられる。

② ％CV

病変部が比較的高集積であるため、データ数の影響を受けにくいと考えられるが、加算範囲を広くするほど均一性は僅かに良くなると考えられる。しかし、低集積な病変では加算範囲の影響を受けると考えられる。

③FWHM

呼吸同期は最大吸気をトリガーにして処理が行われるため、適切にトリガーを得られれば、呼気時の病変部位は常に一定となるため、呼吸数の影響を受けにくいと考えられる。

【結語】加算範囲によって SUVmax の変動が大きくなったが、病変部の均一性や形状に変化は認められず、加算範囲を広く設定することで安定した結果が得られることが示された。

20-087 心サルコイドーシス疑い患者に対するヘパリン負荷によるFDG-PET/CT検査の初期経験

○大西 恭平[1)]、石村 隼人[1)]、神野 仁寿[1)]、長岡 三樹矢[1)]、吉本 政弘[1)]、川口 直人[2)]、宮川 正男[2)]、望月 輝一[2)]
1）愛媛大学医学部附属病院 診療支援部 診療放射線技術部門、2）愛媛大学医学部附属病院 放射線科

【背景】心サルコイドーシスは早期のステロイド治療が有用とされているが、早期診断は困難な場合が多く、ステロイド治療における治療開始時期や漸減時期に関して明確な指標が確立されていない。

また、心サルコイドーシスの診断にはFDG-PETが有用との報告があるが、正常心筋にも生理的集積を認め、評価が困難な場合がある。そこで当院では正常心筋への生理的集積を抑制するため、長時間絶食およびヘパリン負荷を併用したFDG-PET/CTを行っている（Fig.1）。

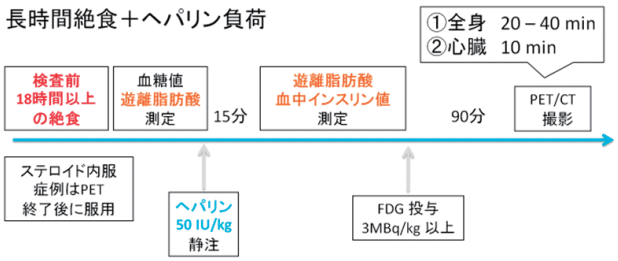

Fig.1　当院における撮像プロトコル

【目的】当院における心サルコイドーシス疑い患者に対する長時間絶食およびヘパリン負荷を併用したPET/CTの有用性を報告する。

【対象】心サルコイドーシスが疑われた48例で、平均年齢58.2 ± 11.3歳、男性21例、女性27例であった。また、経過途中でペースメーカーあるいはICDを装着した症例が17例あった。

【方法】長時間絶食およびヘパリン負荷を併用したPET/CTにおいて、ヘパリン投与前後の血中遊離脂肪酸（FFA）および血中インスリン（IRI）を比較検討した。また、心筋へのFDG集積の有無や集積パターンについても調査した。follow-up症例においては、病変部のSUVmaxとPET/CT後のステロイド投与量の変化を調査した。

【結果】FFAはヘパリン投与後に1900 ± 780mEq/Lと投与前に比して約3倍となった（$p < 0.001$）。また、IRIにおいては全例正常値の範囲以下であった。

検討を行った48例のうち、心サルコイドーシスの診断基準を満たした症例が24例あった。その24例全例においてヘパリン負荷PET/CTでFDGの有意な集積を認めた（感度：100％）。また、偽陽性を4例認めた（特異度：84％）。

follow-up症例において、ステロイド治療後2ヶ月間におけるSUVmaxの変化は、8.2 ± 3.0から5.4 ± 3.4に優位に減少した（$p = 0.0012$）。また平均観察期間17.8ヶ月におけるSUVmaxの変化は、全体的に減少傾向にあるものの、経過途中に再燃を示した症例も多く見られた（Fig.2）。

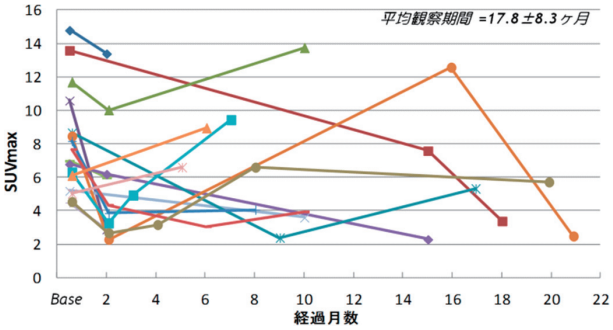

Fig.2　ステロイド治療後の心筋におけるSUVmax変化

【考察】血液データより、ヘパリン投与前後にFFAを測定すること、投与後にIRIを測定することによって、脂肪酸代謝優位であることがより確認でき、心筋への生理的集積が抑制されているかの指標となり得ると考えられる。

また、当院におけるヘパリン負荷PET/CTは、高い感度と特異度を示し、心サルコイドーシスに対して良好な診断能をもっていると考えられる。

follow-up症例におけるSUVmaxの変化より、当院におけるヘパリン負荷PET/CTは、follow-up症例における治療効果判定に有用であり、ステロイド投与量の調整の指標となった。また、MRI検査の施行困難な患者にもfollow-upが可能となり、心サルコイドーシスのfollow-upにおける画像診断のモダリティとしてFDG-PET/CTは非常に有用と思われる。

【結語】長時間絶食およびヘパリン負荷を併用したFDG-PET/CTは、心サルコイドーシスの診断や経過観察に有用であった。

【参考文献】

1）Yazaki Y, et al. Central japan heart study group. prognostic determinants of long term survival in japanese patients with cardiac sarcoidosis treated with prednisone. Am J Cardiol 2001;88:1006 -1010.

20-088 小児 FDG/PET 検査における収集条件について

○澤田 昌孝、赤木 直樹、山形 憲生、原田 亜希子、原 隆史、下司 博之
高知大学医学部附属病院 放射線部

【背景・目的】

近年 PET 検査はがんの診断、治療効果判定等必要不可欠となり、小児領域においても検査が行われつつある。そこで、小児の PET 検査における FOV と収集時間について検討した。

【方法】

小児の体重から円の実行半径を求め、円の面積と等価となるように水槽の断面積を決定した。このとき、10 kg を 1, 2 歳児、20 kg を 6 歳児、30 kg を 9 歳児相当と仮定した。水槽に 3.5kBq/mℓ相当の FDG 溶液を入れ、リストモードで 300 秒間収集し、60 秒、90 秒、120 秒、180 秒、240 秒で再構成を行った。得られたデータから NECdensity, NECpatient と収集時間の関係式求め、各 FOV で NECdensity = 0.2, NECpatient = 13 を満たす収集時間について検討した。

【結果】

ガイドラインの推奨値 NECpatient = 13 を満たすためには Fig.1 に示すように全ての体重で FOV 30 cm のとき 130 秒以上、FOV 40 cm で 105 秒、FOV 50 cm で 80 秒、FOV 70 cm では 60 秒の収集時間が必要となる。

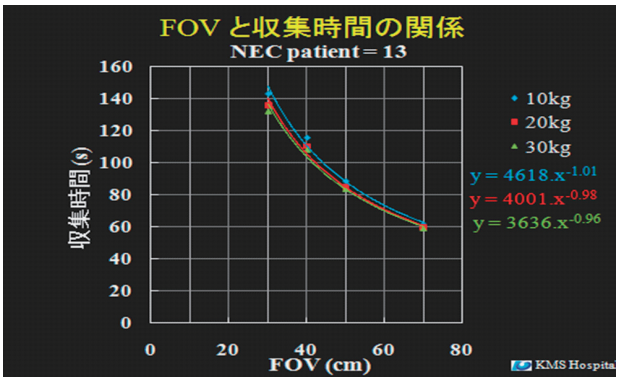

Fig.1

NECdensity = 0.2 を満たすためには Fig.2 に示すように全ての体重で FOV 30 cm で 75 秒、FOV 40 cm は 60 秒、FOV 50 cm では 45 秒の収集時間を必要とし、FOV 70 cm においては 40 秒以下の収集時間で基準を満たしていた。

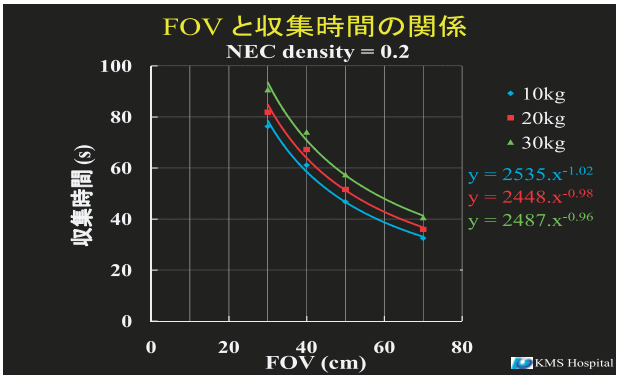

Fig.2

【まとめ】

NECdensity を基準とした方が NECpatient を基準としたときより収集時間が短い傾向にあり、小児では有用であると考えられる。NECdensity, NECpatient ともに FOV を 70 cm から 50 cm にした場合、収集時間を約 1.5 倍延長する必要がある。同様に 70 cm から 40 cm で 1.9 倍、70 cm から 30 cm で 2.3 倍の収集時間延長が必要となる。FOV 40 cm、30 cm では検査時間が倍近く伸びてしまうため、今回検討した FOV では FOV 50 cm の使用が実際の検査では妥当であると考えられる。

20-089 PET 検査での車イス利用患者の介助における被ばく低減

○原 隆史
高知大学医学部附属病院 放射線部

【目的】PET 検査における車椅子移動時の被ばく低減のために補助具を作製し、その効果について検討した。

【使用機器】塩化ビニールパイプ（継手 TS-S30 × 25 φ 25 継手 TS-T30 φ 30、継手 TS-L30 φ 30、VP30 φ 25）、車椅子、電離箱式サーベイメータ ICS-321：Aloka 社

【方法】FDG は全身に分布するが、そのうち脳への集積は約 7% であるとの報告があるため関心部位を頭部とした。頭部 - 測定器間を 30、50、70、100 cm とし、後方、右後方 45° の二方向から測定した（Fig.1）。測定は（6 人投与量約 130 ～ 300MBq）PET 検査終了後、被験者を椅子に座らせた状態で行った。

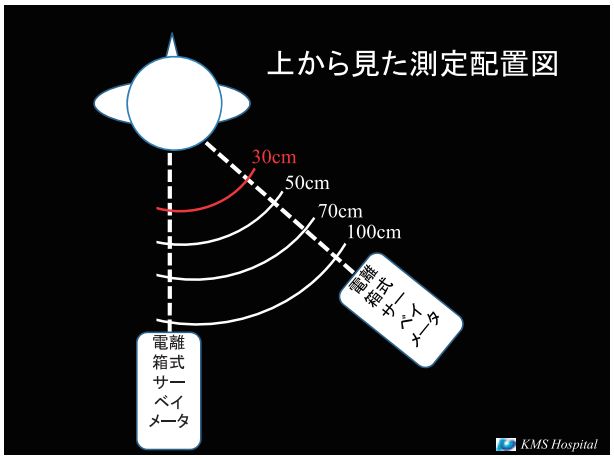

Fig.1 真上から見た測定配置図

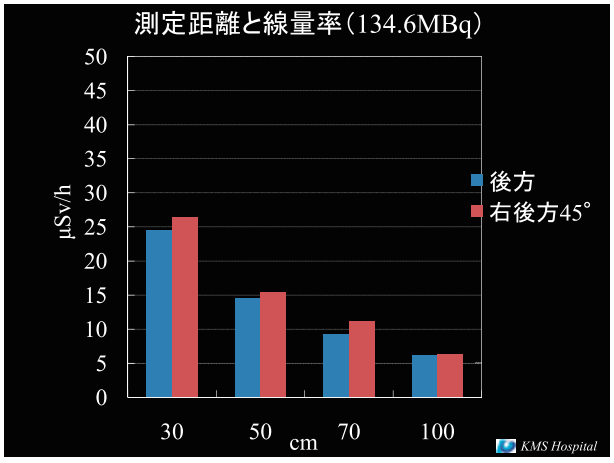

Fig.2 測定距離と線量率

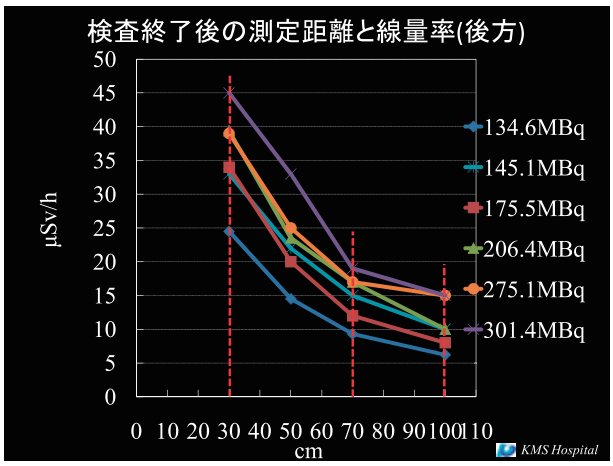

Fig.3 検査終了後の測定距離と線量率

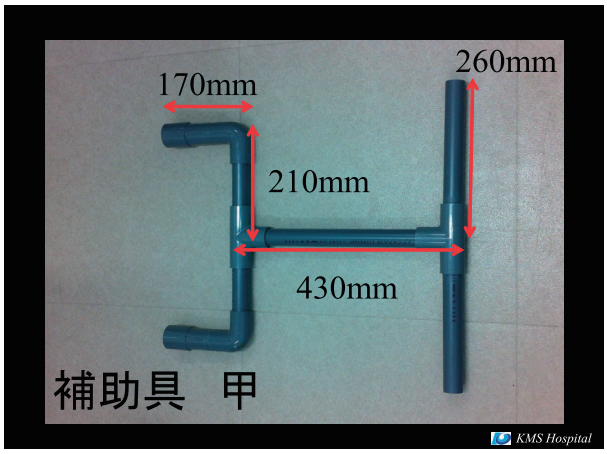

Fig.4 補助具 甲

【結果】

後方、右後方 45° の二方向からの測定に線量率の有意差はなかった（Fig.2）。距離を離すことで線量率は低くなり、30 cm と 70 cm を比較すると線量率は 40% に低減できた（Fig.3）。作製した補助具を Fig.4 に示す。

【まとめ】

補助具を使用し患者と距離を離すことで介助者の被ばくを低減することが出来るが、患者との距離を離すとハンドル操作が困難になることから当院では車椅子利用患者と介助者の距離が 70 cm の補助具を作製し、従来と比べ被ばくを約 40% にした。

20-090 動物用 PET/CT を用いたヒト乳癌細胞骨転移モデルマウスのゾレドロン酸による治療効果評価法の検討

○澤田 峻[1)]、久保 均[2)]、大谷 環樹[3)]、狩野 司[1)]、大塚 秀樹[2)]
1）徳島大学医学部保健学科放射線技術科学専攻、
2）徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部画像情報医学分野、
3）徳島大学大学院保健科学教育部医用情報科学領域

【背景・目的】破骨細胞活動の阻害効果があるビスホスホネート製剤は、骨吸収を防ぐ効果があるため腫瘍の骨転移などの骨の脆弱性を特徴とする疾患の予防と治療に用いられている。ヒト乳癌細胞骨移植モデルマウスを用いると、腫瘍による溶骨性変化を観察することができ、ビスホスホネート製剤の効果を評価することが可能である。そこで、骨移植モデルマウスにおけるビスホスホネート製剤による治療効果を評価するに最適なイメージングバイオマーカーを、X 線 CT 測定、^{18}F-NaF 及び^{18}F-FDG の PET 測定の三手法から探索した。

【使用機器】
SIEMENS 社製　小動物用 PET/CT 装置 Inveon
マウス：日本 SLC BALBcSlcnu/nu female 7匹
腫瘍細胞：MDA-MB231（ヒト乳癌細胞）
ビスホスホネート製剤：ゾメタ（ゾレドロン酸）
ALOKA CURIEMETER ICG-7
麻酔装置：MK-A110
解析ソフトウェア：SIEMENS 社製 IRW

【方法】生食30 $\mu\ell$ に混和した腫瘍細胞（1×10^7 個 / mℓ）を6週齢時に右脛骨に注入移植し、ゾレドロン酸を腫瘍移植21日後に尾静脈単回投与した治療群（3匹）と、処置を行わない非治療群（4匹）に分けた。マウスの体重を測定後イソフルラン麻酔下で10分間程度の CT 撮影を行った後、^{18}F-FDG あるいは^{18}F-NaF を投与し（6-15MBq）、PET 装置で90分間ダイナミック収集を行った。なお、^{18}F-FDG 測定時は12時間以上絶食させた。

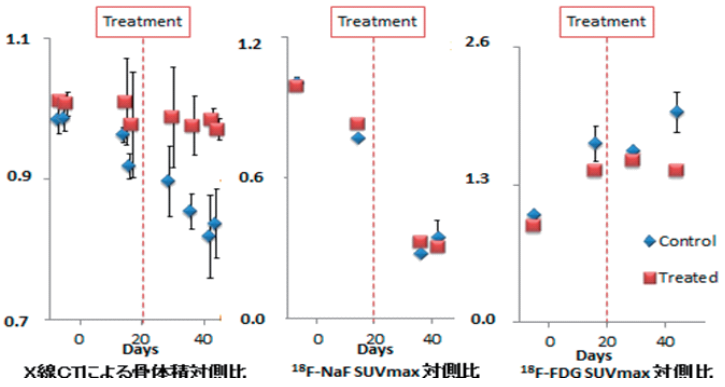

Fig.1　X 線 CT による骨体積対側比及び
^{18}F-NaF, ^{18}F-FDG SUVmax の対側比

CT 像の解析は、骨体積の測定とした。下腿骨に ROI を設け、ヒストグラムを参照し閾値を設定し、患側・健側の対側比（＝患側の下腿骨体積/健側の下腿骨体積）を評価した。^{18}F-NaF 及び^{18}F-FDG 像の解析は、SUVmax を用いた。ROI を^{18}F-FDG は腫瘍部分を含む下腿全域に、^{18}F-NaF は脛骨の溶骨部位中心に設定し、SUVmax を算出するとともに、対側比（＝患側 SUVmax/ 健側 SUVmax）を評価した.

【結果・考察】Fig.1に示す通り、骨体積の対側比評価では治療群において非治療群でみられる体積減少の抑制が確認された。これはゾレドロン酸による破骨細胞活動の抑制が原因であると考えられた。^{18}F-FDG を用いた SUVmax の結果では、非治療群において経時的な増加傾向がみられたが、治療群では SUVmax の増加抑制が確認された。ビスホスホネート製剤が抗腫瘍効果を示す文献1があるが、本結果もこれを支持するものと考えられた。^{18}F-NaF を用いた SUVmax の結果では、腫瘍移植部分において^{18}F-NaF の経時的な減少がみられたが、治療群・非治療群による差はみられなかった。この結果は X 線 CT を用いた骨体積評価の結果と乖離するように思われた。破骨細胞の活動が低下すると、骨芽細胞の活動も低下する。^{18}F-NaF は骨芽細胞の活動が高い部位に集積するため、骨芽細胞の活動低下により^{18}F-NaF の SUVmax は低下すると考えられる。以上より、上記結果は乖離ではなく、治療群における X 線 CT の骨体積比の減少抑制と、^{18}F-NaF の SUVmax 低下は同様のことを示すと考えられた。

【結語】腫瘍組織による溶骨性変化の治療効果判定においては、骨量の変化を評価するには X 線 CT が有用であり、腫瘍細胞の活性度を評価するには^{18}F-FDG が有用であると考えられた。^{18}F-NaF では骨代謝の観察は可能であるが、本研究においては治療効果を評価できる変化を観察することはできなかった。

【参考文献】

1）Mundy GR, Yoneda T, Bisphosphonates as anticancer drugs. Tne New England Journal of Medicine 1998; 339（6）: 398-400.