



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	腫瘍の描出を考える 撮影技術から放射線治療まで 核医学 PETとCTの重ね合わせ
Author(s)	久保, 直樹; Kubo, Naoki
Citation	北海道放射線技術雑誌, 64, 159-163
Issue Date	2004-07
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/658
Type	journal article
File Information	JHRT_64_p159.pdf



シンポジウム

『腫瘍の描出を考える－撮影技術から
放射線治療まで－』

核医学

PETとCTの重ね合わせ

久保直樹

北海道大学医学部保健学科放射線技術
科学専攻

I . はじめに .

P E T と C T の 重 ね 合 わ せ が 世 界 的 に 注 目 さ れ て い る ¹⁻¹⁰⁾ . こ の 方 法 に よ り 腫 瘍 の 治 療 計 画 が 変 更 さ れ る 場 合 も あ る . こ れ は 形 態 と 代 謝 と い う 全 く 違 う 情 報 を , 同 一 の 空 間 で 表 示 し 融 合 で き る こ と に 由 来 す る .

II . P E T に は ど の よ う な 特 徴 が あ る の か .

P E T の 利 点 は S P E C T と 比 較 し て 空 間 分 解 能 , 感 度 お よ び 定 量 性 が 高 い こ と が 挙 げ ら れ る . し か し 本 当 に 特 筆 す べ き こ と は 生 体 構 成 元 素 (あ る い は そ れ ら と 等 価 性 の 高 い 元 素) そ の も の を ト レ ー サ と し て 利 用 で き る 点 に あ る ¹¹⁾ . つ ま り 目 的 と す る 化 合 物 の 化 学 構 造 を 完 全 に 保 持 し , 生 物 学 的 に ま っ た く 同 じ 特 性 を 有 す る 放 射 性 ト レ ー サ が 使 用 で き る こ と で あ る . フ ッ 素 は , 目 的 と す る 化 合 物 の 構 成 元 素 と は 違 う

が，フッ素の原子半径が小さく水素に近いこと，また水酸基と同様に水素結合における電子供与体として働くことから，水素や水酸基との生物活性における等価性が高い¹²⁾．これらのことによりPETでは，他のモダリティでは不可能な腫瘍の発見，転移の有無，腫瘍の増殖に関連する代謝情報を得ることが可能となる．

II - 1 FDGについて

[¹⁸F]FDGは，ブドウ糖の誘導体つまり，ブドウ糖と構造がわずかに異なるものである．文献によると癌細胞が必要とする栄養の代表がこのブドウ糖であり，正常細胞の3～8倍が消費されるとしている(Fig. 1)．癌は急速に増殖するため多くの栄養を必要とするのでブドウ糖代謝が活発であり，そのために癌細胞内にFDGが取り込まれると述べられている¹³⁾．癌細胞で糖

代謝が活発である現象を発見したのはドイツ人生物学者で、ノーベル生理学賞受賞者のワールブルグ（1883～1970年）である¹³⁾。

Ⅱ-2 [¹¹C]メチオニンについて

メチオニンはタンパク質を構成する主要アミノ酸である。腫瘍組織ではタンパク質合成が亢進しているので高率に摂取されると文献には述べられている¹⁴⁾。

Ⅲ. CTにはどのような特徴があるのか。

CTは、断層を得る現モダリティのなかで最も高い空間分解能を誇る。現在では一辺0.5 mmのisotropic imagingも可能となっている。そのため非常に詳細な解剖学的情報を提供できる。また現在は撮影時間が非常に短いものとなっている。

IV. PET と CT の重ね合わせ ソフトウェアレ ジストレーションについて.

従来 P E T と C T の重ね合わせは、別々に検査を行ってコンピュータ上で遂行されていた^{1, 4, 5)}。様々な重ね合わせアルゴリズムが開発されているが、そのひとつに完全自動化されたものもある。

そのアルゴリズムの一例を簡略化して説明する。C T を複数の適切な領域に分割し (Fig. 2), それぞれの領域において P E T のボクセル値の分散が最小になるように P E T 画像を移動させる¹⁵⁾。これは例えば、C T 画像上の灰白質領域に P E T の灰白質と白質が含まれるとばらつきは大きくなるが、P E T の灰白質のみであれば、領域内のばらつきが少ないという仮定による (Fig. 3)。

西岡, 志賀らは、このアルゴリズム

を使用し頭頸部の重ね合わせを行った
(16, 17)。放射線治療計画用のシェルを
患者さんに装着してもらい、CTおよ
びメチオニンPETを別の日に撮像し
た。シェルに放射性物質は付いていな
いためPETには写らない。シェルを
かぶせた画像データをコンピュータ上
でソフトウェアを使用して脳を重ね合
わせた。これはシェルのため、脳と頸
部の関係は動かないという理由による。
このようにして重ね合わせを行い原発
巣とリンパ節転移を評価した。

Fig. 4に示すようにメチオニンが集
まっていたので放射線治療において高
線量が必要ということが判明した。ま
たリンパ節にもメチオニンが集積して
いたので、その部分には40 Gyではな
く66 Gyと計画された。

このように重ね合わせは、核医学側
からみると詳細な解剖学的情報が加味

されると見なせる．一方 C T 側からでは腫瘍の悪性度を表す値が画像として加味されることになる¹⁸⁾．

V . P E T - C T 装置が著しく普及しているのはなぜか .

P E T と C T を別々に撮像した場合，体幹部において問題が発生する．まず腕を挙上するの可否かという点である (F i g . 5) . これにより体幹部の形状は変わってくる．また装置が違ふとベッドの形も違ふ場合がある (F i g . 6) . これによっても体輪郭が変化する．このように腹部などの非剛体には重ね合わせアルゴリズムにも限界がある．そこで F i g . 7 のような P E T と C T のガントリが連結し，同じベッドで撮像できる装置が開発された^{2, 3, 7-10, 19-22)} . 同一条件下での撮像のため，理想的な重ね合わせが可能となる．この装置は

画期的であったので，放医研の村山の総説によると，国際的週刊誌「Time」の2000年12月4日号では，インターネットデジタルカメラおよび小型プレス器と並んで，PET / CT装置が注目すべき年間発明 (innovation of the year) 3件の一つに選ばれていると記載されている²³⁾。

VI. PET-CT装置の問題点について.

PETは数分間で，体軸方向20cm程度の範囲を撮像する。その間，呼吸は普通に行っている。一方CTは体軸方向のスキャン範囲を数秒で撮影する。その間，呼吸は吸気時に止められている。このように，ふたつの検査において横隔膜は，ずれている。そのためPET / CTにおいても，呼吸による横隔膜のずれが問題となっている。そのため呼吸同期PETも研究されている。

という現状である (24-26) .

Ⅶ．診療放射線技師そして放射線技術 科学者として何を行わなければならないのか．

自分に能力や知識が無い者に限って、PETやCTはスイッチさえ押していればよいと学生に言うが、これは明らかに間違いである．PETあるいはCT、どちらか片方においてもプロフェッショナルになるためには、非常に努力することが必要である．しかもその両方となると極めて困難である．PET / CT装置におけるCT装置は最先端のものを使用するのが主流である．そのため施設によっては、CT単独の装置よりも、PET / CT装置のCTが、より高い性能を持つという逆転現象が起きることも予想される．そのため最適なプロトコルや条件の設定が重要となってくる．そして治療のた

めにも最善なものでなければならぬ
(Fig. 8). PETはCTと比べ被検者の
被曝線量が桁一つ小さいが, PET/
CTとなることで, その利点がなくな
るということを指摘するものもある^{22),}
²⁷⁾. そして既に, CT撮影時の管電流
についての検討がなされている^{28), 29)}.
しかし実際の被曝線量および本当に影
響が発生するのか否か, そして利益を
上回るリスクなのかを含め, 本邦から
も的確なデータを世界に発信する必要
がある.

謝 辞

臨床例についてご協力くださいま
した北海道大学医学部 西岡健先生,
志賀哲先生に深謝致します.

文 献

- 1) Slomka PJ: Software approach to merging molecular with anatomic information. J Nucl Med, 45 Suppl 1, 36S-45S, 2004
- 2) Vogel WV, Oyen WJ, Barentsz JO, et al: PET/CT: panacea, redundancy, or something in between? J Nucl Med, 45 Suppl 1, 15S-24S, 2004
- 3) Townsend DW, Carney JP, Yap JT, et al: PET/CT today and tomorrow. J Nucl Med, 45 Suppl 1, 4S-14S, 2004
- 4) Skalski J, Wahl RL, Meyer CR: Comparison of mutual information-based warping accuracy for fusing body CT and PET by 2 methods: CT mapped onto PET emission scan versus CT

- m a p p e d o n t o P E T t r a n s m i s s i o n
s c a n . J N u c l M e d ,
4 3 (9) , 1 1 8 4 - 1 1 8 7 , 2 0 0 2
- 5) S l o m k a P J , D e y D , P r z e t a k C , e t
a l : A u t o m a t e d 3 - d i m e n s i o n a l
r e g i s t r a t i o n o f s t a n d - a l o n e
(1 8) F - F D G w h o l e - b o d y P E T w i t h C T .
J N u c l M e d , 4 4 (7) , 1 1 5 6 - 1 1 6 7 ,
2 0 0 3
- 6) Y e u n g H W , G r e w a l R K , G o n e n M ,
e t a l : P a t t e r n s o f (1 8) F - F D G
u p t a k e i n a d i p o s e t i s s u e a n d
m u s c l e : a p o t e n t i a l s o u r c e o f
f a l s e - p o s i t i v e s f o r P E T . J N u c l
M e d , 4 4 (1 1) , 1 7 8 9 - 1 7 9 6 , 2 0 0 3
- 7) B e y e r T , T o w n s e n d D W , B r u n T ,
e t a l : A c o m b i n e d P E T / C T s c a n n e r
f o r c l i n i c a l o n c o l o g y . J N u c l M e d ,
4 1 (8) , 1 3 6 9 - 1 3 7 9 , 2 0 0 0
- 8) T o w n s e n d D W , B e y e r T : A

- combined PET/CT scanner: the path to true image fusion. Br J Radiol, 75 Spec No, S24-S30, 2002
- 9) Beyer T, Antoch G, Moller S, et al: Acquisition protocol considerations for combined PET/CT imaging. J Nucl Med, 45 Suppl 1, 25S-35S, 2004
- 10) Goerres GW, Burger C, Kamel E, et al: Respiration-induced attenuation artifact at PET/CT: technical considerations. Radiology, 226(3), 906-910, 2003
- 11) 久保直樹：心臓核医学に使用する装置，玉木長良 編，心臓核医学の基礎と臨床改訂版，10-3，メジカルセンス，東京 2003
- 12) 佐治英郎：医用小型サイクロトロン産生ポジトロン放射性薬剤，久田欣一，利波紀久，久保敦司

- 編，最新臨床核医学，44-5，金原出版，東京1999
- 13) 安田聖栄，清王尊仁：癌細胞の糖代謝，正津晃，井出満，安田聖栄，高橋若生 編，PETを中心とした成人病検診，17.日本医事新報社，東京2002
- 14) 岡尚嗣：腫瘍系のPET，大西英雄，松本政典，増田一孝 編，核医学検査技術学，288-90，オーム社，東京2002
- 15) 東芝メディカルシステムズ株式会社：FusionソフトウェアART (Automatic Registration Tool). INNERVISION 19(2), 64. 2004
- 16) Nishioka T, Shiga T, Shirato H, et al: Image fusion between 18FDG-PET and MRI/CT for radiotherapy planning of oropharyngeal and

- nasopharyngeal carcinomas. Int J
Radiat Oncol Biol Phys,
53(4), 1051-1057, 2002
- 17) 志賀哲, 西岡健: 頭頸部画像.
INNERVISION 19(2), 22-25, 2004
- 18) 玉木長良: フュージョン画像に
よる新しい展開. INNERVISION
19(2), 1-2, 2004
- 19) 山田実: PET-C Tの性能評
価. 群馬県核医学研究会会誌
18(1), 21-27, 2003
- 20) 中本裕士: クリニカルPET/
CT. 映像情報 Medical
35(12), 952-958, 2003
- 21) 吉川京燦: PET/CT装置の
技術と使用経験. INNERVISION
19(2), 8-12, 2004
- 22) 中村裕士: 腫瘍全般PET/C
Tの臨床経験. INNERVISION
19(2), 44-47, 2004

- 23) 村山秀雄：核医学イメージング
機器の進歩と定量性．日本放射線
技術学会雑誌 58(8), 1004-1010,
2002
- 24) Boucher L, Rodrigue S, Lecomte
R, et al: Respiratory Gating for
3-Dimensional PET of the Thorax:
Feasibility and Initial Results.
J Nucl Med, 45(2), 214-219, 2004
- 25) Nehmeh SA, Erdi YE, Ling CC,
et al: Effect of respiratory
gating on quantifying PET images
of lung cancer. J Nucl Med,
43(7), 876-881, 2002
- 26) Nehmeh SA, Erdi YE, Ling CC,
et al: Effect of respiratory
gating on reducing lung motion
artifacts in PET imaging of lung
cancer. Med Phys, 29(3), 366-371,
2002

- 27) 高橋宗尊：日本におけるPET
とPET / CTの動向．JIRA
会報 170, 55-57, 2004
- 28) Hany TF, Steinert HC, Goerres
GW, et al: PET diagnostic
accuracy: improvement with
in-line PET-CT system: initial
results. Radiology,
225(2), 575-581, 2002
- 29) Kamel E, Hany TF, Burger C, et
al: CT vs 68Ge attenuation
correction in a combined PET/CT
system: evaluation of the effect
of lowering the CT tube current.
Eur J Nucl Med Mol Imaging,
29(3), 346-350, 2002