

PET/CT 画像の放射線治療への応用

廣川 裕* 赤木由紀夫* 小山 矩* 小野 薫* 北村茂三*

■ はじめに

高精度放射線治療が一般化しつつある現在、放射線腫瘍学にとって画像診断学は切っても切れない関連領域の一つと言える。PET/CT 検査は、CT や MRI による解剖学的画像だけでは得られない腫瘍の活動性など生化学的情報を示す機能的画像として、放射線治療のための有益な情報を付加する画像診断モダリティである。三次元原体照射 (3DCRT) に加え定位放射線治療 (SRT・SBRT) ならびに強度変調放射線治療 (IMRT) が普及するなかで、PET/CT 検査について正確な知識を持ちその特性を理解して PET/CT 画像を放射線治療の臨床に生かすことが、放射線治療医にとって必須な知識あるいは技能の一つになると考えられる¹⁾。

当院は、小型サイクロトロンを設置し PET 用放射性薬剤を製造して、PET 撮影を行っているいわゆるサイクロ PET 施設に分類される。2005 年 7 月に開設して以来、PET/CT 検査を中心とした画像診断センターとして地域のがん診療の一翼を担ってきた。2009 年 10 月に、PET/CT を定位放射線治療や強度変調放射線治療などの高精度放射線治療に有機的に利用することを目指して、最新の高精度放射線治療装置であるノバリス Tx を国内で最初に導入し治療を開始した。

本稿においては、PET/CT を放射線治療とくに高

精度放射線治療にどのように応用するのか、当院における現状を紹介しながら解説する。

① 放射線治療の進化と日本の現状

従来の放射線治療では、病巣を含む照射範囲を X 線シミュレータ装置で二次元的に決定し、前後対向 2 門照射に代表される単純な照射方法が用いられるのが基本であった。多分割コリメータ (MLC) により照射野形状を最適化し、多方向からの照射を組み合わせる三次元原体照射が一般化した現在においても、病巣周辺の正常組織の種類と体積によって耐容線量が規定され、病巣に十分な線量を照射することが困難な状況も多い。

ピンポイント照射という通称で呼ばれる定位放射線照射は、病巣部を選択的に治療する高精度放射線治療の代表的技術であり、病巣を中心とした狭い領域に対して細いビームを多方向から照射することにより、病巣に高い線量を与えながらかつ周辺正常組織の吸収線量を抑えることが可能となる。

定位放射線照射は ⁶⁰Co ガンマ線を用いるガンマナイフ装置による治療法と、X 線を線源としてリニアックを用いる方法の二種類に分類することができる。転移性脳腫瘍に対するガンマナイフ治療の適応についてはいまだに議論は絶えないが、1 回だけの高精度な定位的照射により脳転移に伴う症状の緩和が得ら

* Y. Hirokawa, Y. Akagi, T. Koyama, K. Ono, S. Kitamura 広島平和クリニック
〔索引用語：放射線治療, PET/CT, 治療計画, IMRT, IGRT〕

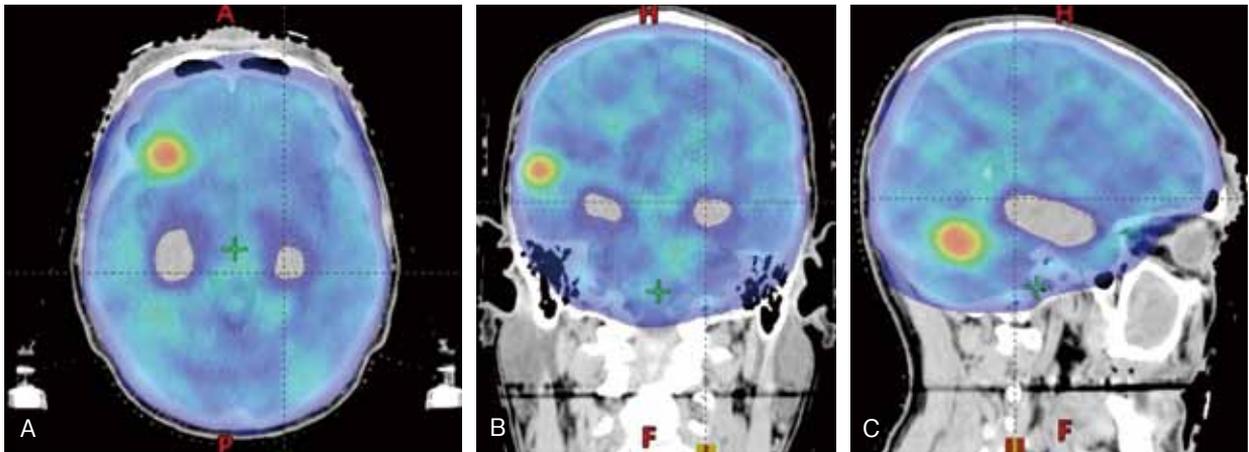
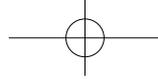


図1 ノバリス Txによる小細胞肺癌多発脳転移に対する全脳照射併用（海馬スベア）の定位放射線治療の線量分布図
A 横断像 B 冠状断像 C 矢状断像 マイクロMLCと回転IMRT（VMAT）の組み合わせで、従来の放射線治療装置では不可能であった精細な治療計画を照射可能である³⁾。

れ、多くの症例の延命に寄与してきたことで各科臨床医からは一定の評価が得られているのが現状であろう。一方のリニアックを用いた定位放射線治療は、ハードウェアならびにソフトウェアを整備している施設でも、患者数の多い多忙な治療現場ではリニアックのマシントimeを確保し難く、治療計画から実施までのプロセスに特別な修練が必要で、簡便とは言い難いためにいまだに多数例を経験する施設はごく一部にすぎず、一般診療として広く普及していないのが実情である。同様に強度変調放射線治療についても、治療を実施するための機能を有する施設でも前立腺癌を除くとまだほとんど臨床経験が積まれていないのが日本の多くの施設の現状であろう。

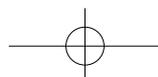
② 高精度放射線治療装置としてのノバリス Tx

ノバリス Tx は、1997年にドイツのブレインラボ社が脳定位放射線治療専用開発した旧タイプのノバリスの後継機として、2007年に米国バリアン社と共同開発したもので、旧タイプのノバリスの弱点を補強すると共に、バリアン社のリニアック最上位機種トリロジーの機能を統合してさらに高機能化した、現時点での世界最高水準の高精度放射線治療装置と言えるシステムである²⁾。

具体的には、リニアック本体駆動系の機械的な

高精度化や世界最小幅（2.5mm）のマイクロMLC（HD120MLC）による精細で鮮鋭なビーム形成、世界最高水準のX線高出力（1000MU/分）と最新の強度変調放射線治療の照射技術（VMAT：volumetric modulated arc therapy, RapidArc）を、ステレオX線撮影（ExacTrac X-ray）ならびにOBI（On Board Imager）を用いたCT撮影機能による位置情報の取得と、6軸ロボット寝台（6D Robotic Couch）による自動位置照合をフィードバックする最先端の画像誘導技術（IGRT）と統合することにより、頭蓋内病変はもとより、頭頸部、脊椎、肺、肝臓、前立腺などの幅広い領域の病変に対して、IGRT併用の定位放射線治療ならびに強度変調放射線治療を短時間にかつ高精度に実施できるのがノバリス Txの特長である。

旧タイプのノバリスが狭い照射範囲しか治療できなかったのに対して、ノバリス Txでは高精細なビーム形成が45cm×22cmの範囲で可能であり、全脳照射併用の定位放射線治療など従来の放射線治療装置では不可能であった新たな照射技術も施行可能である³⁾（図1）。このような高精度な新技術を担保するためにはIGRTによる正確な照準機能が必須であるが、ノバリス Txでは頭頸部領域など治療計画CTデータで作成した2方向DRR像（digital reconstructed radiograph）をExacTrac X-ray



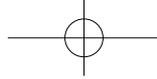


図2 ノバリス Tx に搭載される ExacTrac X-ray の表示画面
治療計画の DRR 像と ExacTrac X-ray 画像を自動照合し、高精度なセットアップを担保する。

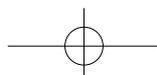
で得られた画像と自動照合してサブミリレベルの高精度なセットアップが完了する (図2)。

③ 放射線治療のための画像診断

放射線治療は局所療法であるので、正確な解剖学的知識と個々の症例において精密な病巣の位置情報を知ることは、放射線治療の計画立案の上で必須の条件となる。従来は照射野を決定するために X 線シミュレータが使われてきたが、近年ではかつての X 線シミュレータ室に新たに放射線治療計画用 CT を設置して、CT 画像に基づいて三次元的な放射線治療を計画し、治療を実施することがごく一般的になっている。すなわち、骨あるいは造影した消化管や膀胱を指標として二次的に標的を決めていた時

代から、軟部組織濃度の立体的な標的の特定に基づいて、ビーム方向の選択などの照射条件を治療計画コンピュータ上で決定する CT シミュレーションの時代に変貌した。これに連れて、標的あるいは治療範囲の捉え方も照射野という二次的な表現から、肉眼的腫瘍体積 (GTV)、臨床的標的体積 (CTV)、計画標的体積 (PTV) という三次元的な用語定義により治療計画を行うことが一般化している。

PET/CT 検査は、CT や MRI による解剖学的画像では得られない腫瘍の活動性などを示す機能的画像として、がん診療の各領域で有益な臨床情報を付加する画像診断モダリティであるが、とくに放射線治療はその具体的な有用性を発揮できる領域である。すなわち PET/CT で肉眼的な病巣の広がりから治療適応を判断し、確定された GTV に基づいて標的



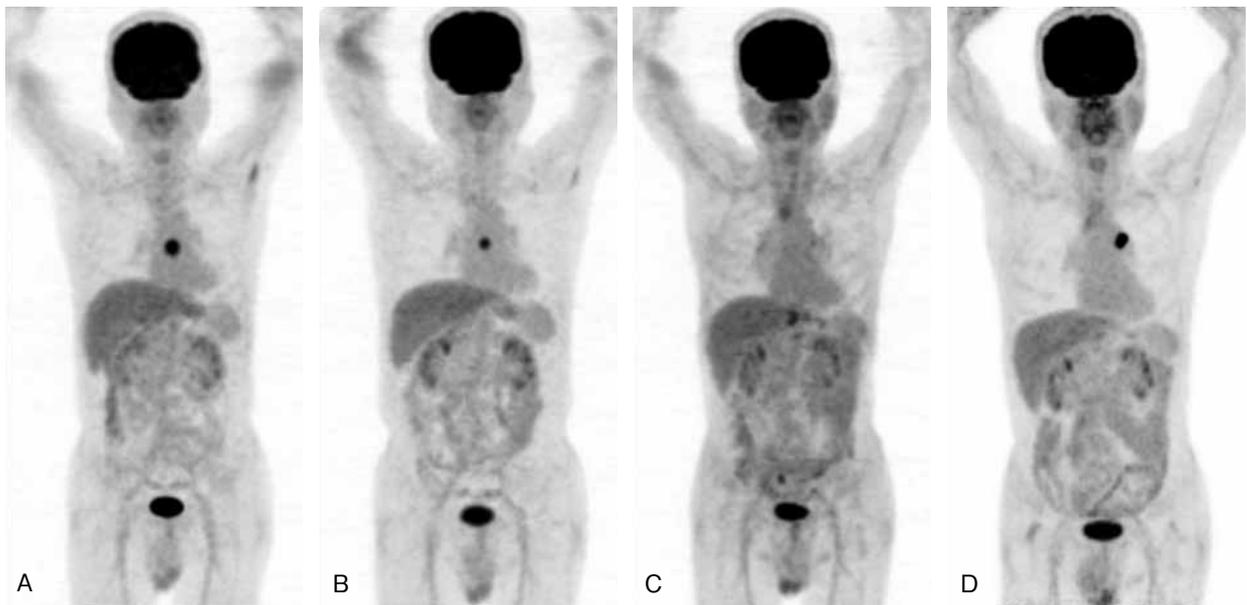
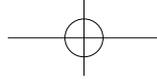


図3 T3胸部食道癌のPET/CT画像（MIP像）
A 治療前 B 術前化学療法後 C 食道切除術5カ月後 D 食道切除術16カ月後

体積の輪郭入力を行うという放射線治療計画における役割に加えて、放射線治療終了後の治療効果判定や転移再発の検索における役割など、PET/CTと放射線治療とは切っても切れない関係が構築されつつある^{4) 5)}。

④ 病期診断・治療方針の決定のためのPET/CT検査

FDGを用いたPET検査の情報は、病期診断とくにリンパ節転移、遠隔転移の検索には、重要な役割を果たす。放射線治療を受ける予定の患者が、あらかじめPET/CT検査をすることにより、ルーチンの病期診断検査では発見できなかった遠隔転移を発見できる症例が少なからず存在することが、肺癌、悪性リンパ腫、大腸癌など多くの腫瘍で報告されている。遠隔転移の発見は、手術療法、放射線療法、化学療法の治療選択肢の決定に重要な影響を及ぼすし、根治目的の治療を緩和目的の治療に変更せざるを得ないことも起こりえる。

また重複癌診断におけるPET/CT検査の役割も忘れてはならない。悪性腫瘍の治療開始時に、他臓

器に偶発的に重複している同時性重複癌を効率的に発見するためにPET/CT検査は有用であり、時には一次癌の治療方針変更につながることも起こりうる。

図3は胸部食道癌（cT3N0M0、腺癌）症例のPETのMIP像による画像経過を示している。本例では術前化学療法後に胸部食道切除術・3領域郭清術が行われた（pT3N2M0）。術後約1年5カ月で対側縦隔に単発性のリンパ節転移をPET/CTで指摘され、救済治療として同部に限局してIMRTによる放射線治療を行った症例である。この症例のように、PET/CT検査は初診時の病期診断や、経過観察における転移再発診断に極めて有効であり、放射線治療の適応を判断する際の有力なモダリティになっている⁶⁾。

⑤ 治療計画におけるPET/CTによる標的体積の決定

PET検査ががん医療にもたらした恩恵は数々あるが、画像診断をベースに治療計画を行う放射線治療にとって特にその有用性が高い。三次元的に標的体積を決定するためには正確な病変の広がり診断が

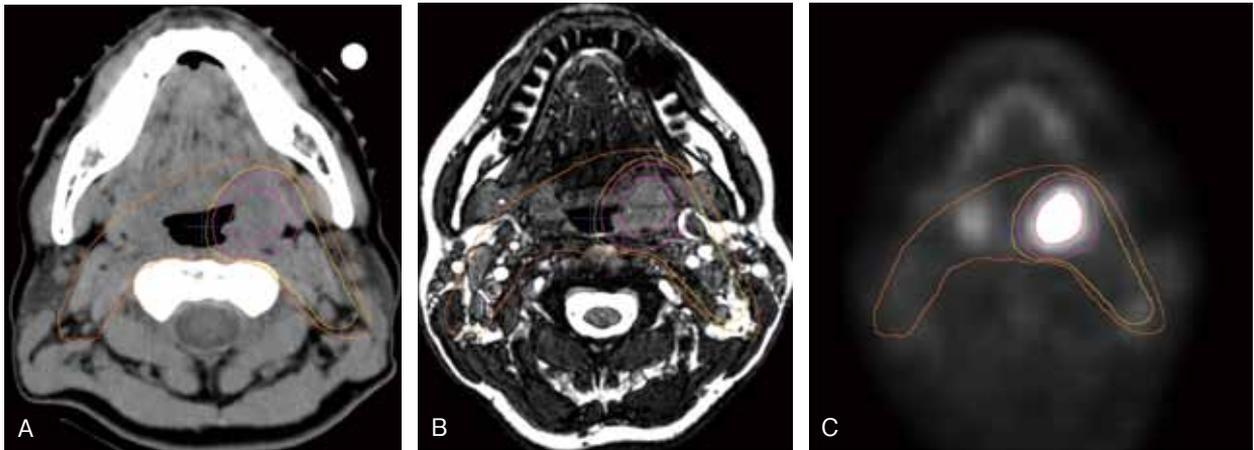
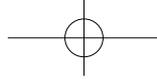


図4 T2中咽頭癌の各種モダリティ画像とGTV・CTV・PTV
A 治療計画用単純CT B MRI FIESTA C PET

必須であるが、CTならびにMRIによる標的体積決定に対して、PET画像の情報が加わるにより、より正確で的確な治療計画が可能となる。無気肺を伴う肺癌例でのPET画像の有用性で知られるように、PET画像で決定したGTVはCT画像だけで決定したGTVに比べて小さく限定的になる場合がある一方で、症例によってはPET画像で決定したGTVがCT画像だけで決定したGTVに比べてむしろ大きくなる場合もある^{1) 7)}。

転移リンパ節の特定におけるPET画像の有用性は、非小細胞肺癌、頭頸部癌、食道癌、悪性リンパ腫などで報告されているが、なおその役割は限定的であると言える。例えば、頭頸部癌でリンパ節転移陰性とPETにより診断されていても、顕微鏡的なリンパ節転移の可能性を否定できるわけではないので、疑わしい領域はCTVには十分に含んで放射線治療を行うという臨床判断が必要となる⁸⁾。

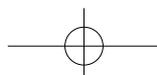
図4は中咽頭癌（左口蓋扁桃，cT2N0M0）症例の各種モダリティ画像と標的体積の輪郭（GTV・CTV・PTV）を示している。治療計画用の単純CTやMRI検査だけでは強度変調放射線治療のための精密なGTVならびにCTVを決定することは困難であるが、PET画像を随時比較することにより原発巣の広がりや転移の判定の精度が高くなる。ただしPETで顕微鏡的リンパ節転移を判定できるわけではないし、肉眼的リンパ節転移といえども大きさによる偽陰性や

非特異的集積による偽陽性が多いので、標的体積の決定はPETの情報に依存しすぎないようにしながら、臨床的な判断で標的体積を決定することになる。

6 呼吸同期PET/CTと放射線治療

PET画像は自由呼吸下で撮像されるために、得られる画像は撮像時間内の動きを反映した累積画像である。したがって病変の大きさは見かけ上大きく描出され、集積（SUV）は平均化されて見かけ上低下する（図5）。PET画像で標的体積を決定する場合は、病巣の動きのアーチファクトを考慮する必要があるが、SUV閾値は低めに設定して病巣位置を推定するなどの実際的な配慮が必要である。

PET/CT装置の呼吸同期システムを用いて、PETとCTを同じ呼吸相でデータ収集して吸収補正を行うことで呼吸性移動を考慮した四次元PET/CT画像が得られれば、縦隔リンパ節転移などの正確な病巣の同定が可能であり、呼吸性移動の影響が大きい部位の標的体積の決定に有用性が高いと考えられる。しかし現実には呼吸同期システムを導入するためのコストの問題や、画像取得のための手順変更と検査所要時間延長の問題があるし、何より呼吸同期PET/CTを撮ることによる診断上のメリットや、放射線治療への直接の恩恵があまり大きくないと考えられるところが、日常臨床として呼吸同期PET/CT検



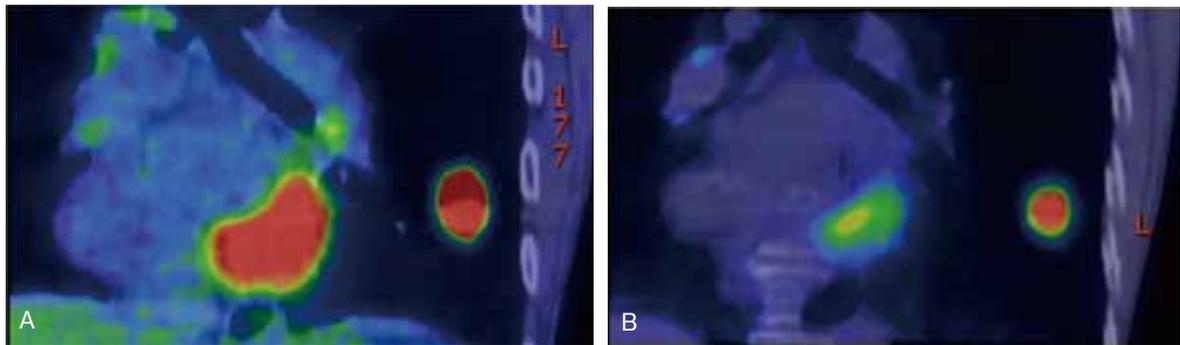
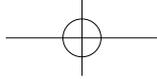


図5 呼吸同期による肺癌 PET/CT 画像 (自験例)
A 通常の撮像 (SUVmax : 13.2) B 呼吸同期の撮像 (SUVmax : 15.5)

査を運用しようとする際のやや高いハードルとなっている¹⁾。

⑦ PET/CT 画像利用におけるレジストレーションの問題⁹⁾

PET 画像を放射線治療に有効かつ正確に利用する際に問題になるのが、PET 画像を放射線治療計画に利用するハードウェアならびにソフトウェアが整っているか否かという点である。治療計画のための参照画像として利用したい PET/CT 画像が院内サーバーにあったとしても、これを有効に利用するためには相応の投資をしなければ日常的な利用は困難である。

当院では、院内に設置された PET/CT 装置の画像を院内サーバーから直接治療計画装置に取り込んで利用できる。検査予約の融通もし易いので、必要な症例では病期診断目的を兼ねて治療計画の一環として PET/CT 検査を行うことも多い。標的体積の輪郭入力と体輪郭や臓器輪郭の入力には、ブレインラボ社の高精度放射線治療専用治療計画装置である iPlan を用いている。iPlan では、その優れた画像融合のアルゴリズムにより短時間に CT 画像と MR 像など異なるモダリティのイメージセットを正確に位置合わせ (レジストレーション) できる。

PET 画像を放射線治療計画に利用する際には、空間分解能の限界や特有のアーチファクトに対する正しい知識が必須であることは言うまでもないが、レジストレーションの際に問題になるのは寝台形状や体位な

らびに固定具装着の有無など撮影条件の違いである。放射線治療の予定がない時に撮影されたモダリティ画像を利用する場合はもちろんのこと、治療計画を前提として撮影された場合でもレジストレーションが簡単でないことも多々ある⁹⁾。

図6は、iPlan における画像レジストレーションの表示画面の一例を示している。本例は図4の中咽頭癌症例であるが、診断用に撮像された PET/CT 像の情報を治療計画用 CT に反映させるために、中咽頭とその近傍に限定して計画用 CT 像に PET/CT の CT 像をレジストレーションすることにより、計画用 CT 像と PET 像を同一画面上で比較できることになる。放射線治療計画用というだけでは PET を保険適用で検査することは難しいと思われるので、本例のように体位ならびに固定具装着の有無など撮影条件の違いなど画像レジストレーションの誤差要因や精度の限界を理解した上で、過去の PET 画像を利用することが現実的で臨臨床的な対応であろう。

⑧ 標的体積の輪郭入力

適切なレジストレーションの作業を終了すると、治療計画コンピュータの画面上で PET 画像も含めたマルチモダリティ画像を同一断層面で、しかも同一拡大率で比較表示できるので、それぞれの特長を生かした標的ならびに関心臓器の特定と輪郭入力が可能である。このようなマルチモダリティの比較画面の利用は、参照したい PET 画像を隣のビューアでみながら治療計画装置の CT 画面上に輪郭入力する場合に

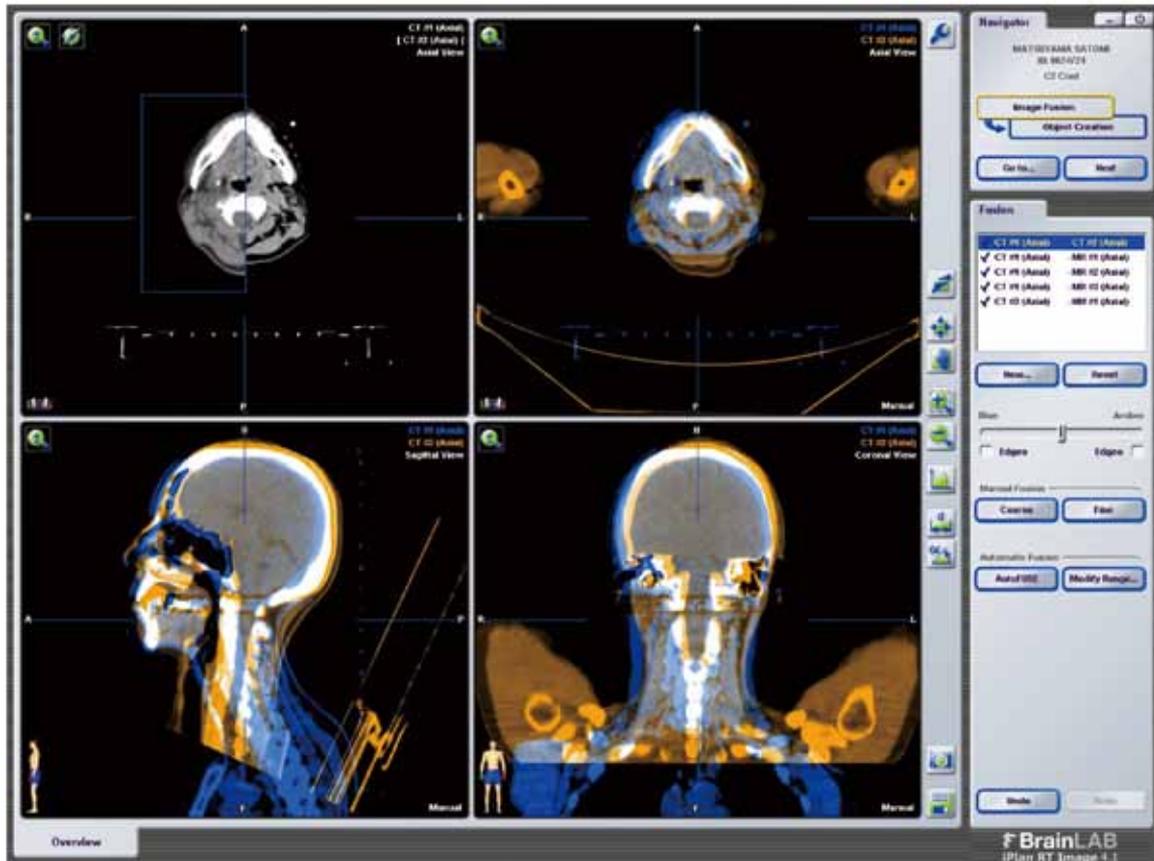
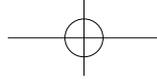


図6 治療計画用 CT と診断用 PET/CT のレジストレーションの表示画面

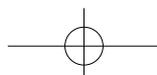
比べて、精度が高まるだけでなく効率も改善されるので、ぜひ整備したい環境である。

標的体積の輪郭入力作業において、放射線治療医の個人差が指摘されているが、PET/CT 画像をルーチンで利用することで、輪郭入力の個人差はかなり小さくできるものと期待される^{1) 10)}。しかし PET 画像からの輪郭入力は、バックグラウンド放射能のばらつきや標的境界のあいまいさなどにより、さほど容易な作業ではない。とくに生理的集積や炎症性集積の問題などで、標的体積の輪郭入力を困難なものにしている。

高集積の範囲を自動的に輪郭入力するために、SUV の閾値で決定する方法などが提案されているが、自動的あるいは半自動的な集積境界の決定には多くの誤差要因が含まれる¹⁰⁾。PET 画像の空間分解能の限界や呼吸性移動に伴うアーチファクトなど、

モダリティの特性を正しく理解して、PET/CT 画像の読影に習熟した画像診断医と協議しながら、放射線治療医が視覚的な評価による輪郭入力をする方法が、現時点で最も信頼性が高いと考えられる。

図7は左乳癌(Ⅱb期)乳房温存療法約6年後にCEA高値のために行ったPET/CT検査により発見された単発性骨転移の症例である。本例においては治療計画CTだけでは骨変化がほとんどないので、PETの高集積領域、MRIの脂肪抑制T1造影領域、MRIの拡散強調像高信号領域のそれぞれの最小公倍数的な領域を、前述の治療計画装置(iPlan)の画像比較画面を用いてCTV輪郭、PTV輪郭を決定した。



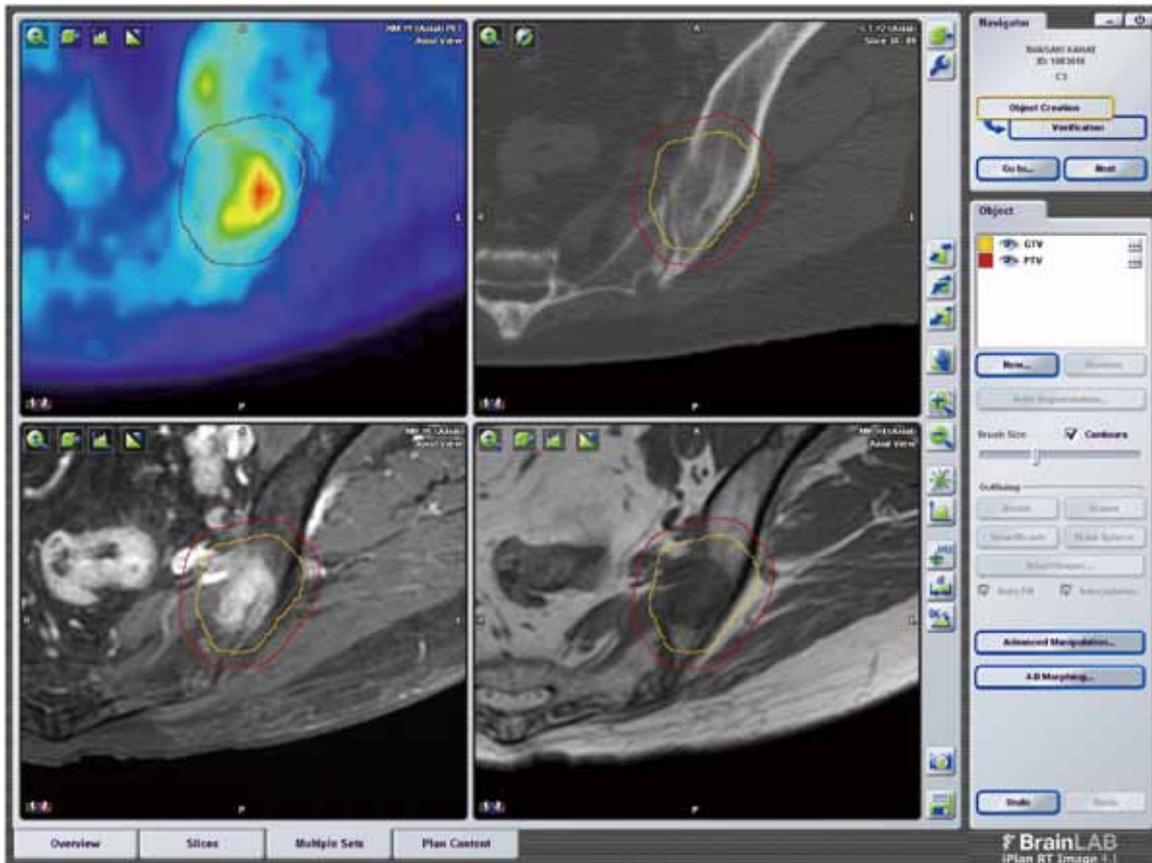


図 7 治療計画用 CT とレジストレーション後の診断画像を同一画面で表示して標的体積を決定

9 PET 画像を用いた生物学的標的体積の設定

FDG-PET 検査において高集積を示す領域は、腫瘍組織の糖代謝が活発であり腫瘍の細胞密度も高いと考えられるので、CT や MRI で得られる解剖学的画像で判明している腫瘍内部の FDG 高集積領域を三次元的に特定して生物学的な情報に基づく標的体積を確定することができる。これが生物学的標的体積という考え方である¹¹⁾。

強度変調放射線治療においては、標的体積内の異なる領域に異なる線量を照射することができるので、FDG 高集積領域で得られた生物学的標的体積に基づいて標的体積の内部に高線量領域を設定して治療することにより、局所制御率を改善しようという治療方法が dose painting という考え方である。予防的

な照射領域と肉眼的病変が明らかで高線量を必要とする領域を、それぞれ処方線量を変えて同時に治療する SBI (simultaneous integrated boost) 法も同様の治療法である。

図 8 は、ノバリス Tx による鼻腔悪性黒色腫に対する強度変調放射線治療の線量分布図を示している。89 歳女性の本症例では、FDG-PET で高集積を示す左鼻腔内の肉眼的腫瘍の領域を PTV1 として 87.5Gy/25 回 /5 週を、CT や MRI で軟部陰影の広がりがある領域を PTV2 として 75Gy/25 回 /5 週を、さらにその外側に 5mm マージンをとった領域を PTV3 として 50Gy/25 回 /5 週を処方し、ノバリス Tx の RapidArc による回転 IMRT で治療を行った。

低酸素細胞は十分な酸素供給を受けている細胞に比べて放射線抵抗性であり、細胞死にはより高線量が必要であることは放射線生物学の古くからの定

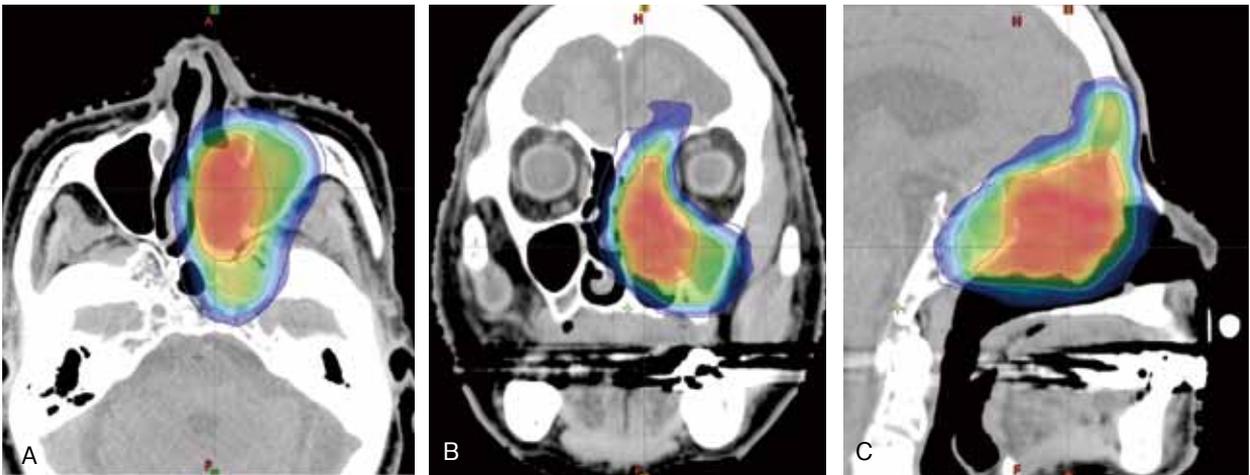
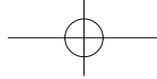


図8 ノバルスTxによる鼻腔悪性黒色腫に対する強度変調放射線治療の線量分布図
 A 横断像 B 冠状断像 C 矢状断像 FDG-PETで高集積を示すPTV1に87.5Gy/25回/5週を、CT検査で軟部陰影の存在するPTV2に75Gy/25回/5週、5mmマージンのPTV3に50Gy/25回/5週をそれぞれ設定して計画し治療した。

説である。臨床的にも低酸素の腫瘍がより放射線抵抗性であり高線量の放射線治療が必要であることが、肺癌、頭頸部癌、子宮頸癌などの固形腫瘍で知られている。放射線抵抗性の原因となっている腫瘍内の低酸素・血管新生・細胞増殖などの分布を画像化できれば、それに応じた生物学的標的体積を設定して標的体積内の線量加重を変化させることが理論的には可能となる。

放射線治療装置の高精度化や画像誘導による高精度な照準技術により、腫瘍の内部にある低酸素領域・血管新生領域・細胞増殖領域など放射線抵抗性の領域をPET画像により特定して生物学的標的体積が設定できれば、それぞれの領域に一致した線量分布をdose-paintすることが可能になりつつある¹²⁾。

10 FDG 以外の PET 薬剤と放射線治療

FDGを診断薬として用いるFDG-PET検査は、糖代謝のイメージングとして多くの腫瘍で有用な診療情報をもたらしている。一方、糖代謝のイメージングでは十分な情報が得られない領域、とくに中枢神経系と頭頸部領域では、¹¹C-メチオニンなどのアミノ酸薬剤の有用性が知られており、わが国においても保険適用が認められていないが多くの臨床例が経験されつ

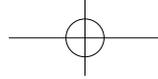
つある。とくに神経膠腫の術前診断や術後再発診断の他、放射線治療後病変の脳壊死と再燃との鑑別などに有用性が高いことが知られている。当院でも¹¹C-メチオニン-PET検査を2010年4月から運用を開始し、放射線治療の適応決定と標的体積決定に役立っている。

FDGや¹¹C-メチオニン以外の放射線治療に関連するPET薬剤として、前述の放射線抵抗性の原因となっている腫瘍内の低酸素・血管新生・細胞増殖などの分布を画像化する目的で、核酸代謝イメージング薬剤である¹⁸F-FLTや低酸素イメージング薬剤である¹⁸F-MISOなどの新薬剤の臨床応用が期待されている¹³⁾。これらを用いた機能的画像が得られることにより腫瘍の病態や治療による変化の情報が増え、放射線治療における生物学的標的体積の決定や標的体積内の線量加重を変化させた強度変調放射線治療の治療計画など、新たな放射線治療技術の導入やそれに伴う治療成績の向上に繋がる可能性が期待されており、当院でも積極的に取り組んでいきたいと考えている。

■ おわりに

放射線治療技術の進歩により、精密な線量分布を体内に正確に照準する高精度な放射線治療が可能





になってきている。定位放射線治療や強度変調放射線治療といった高精度放射線治療においては、より厳密で正確な GTV・CTV・PTV の輪郭決定が必須であるが、機能的画像である PET 画像は CT や MRI による解剖学的画像では得られない情報を提供するの、放射線治療での利用頻度はますます高くなるであろう。

とくに高精度放射線治療においては、PET も含めた複数のモダリティ画像を単にオフラインで参照するだけでなく、治療計画用 CT 画像と正確な画像レジストレーションを行って、それぞれのモダリティが有する情報を相補的に輪郭入力過程で利用することが必要である。今後は、モダリティごとの体位の相違を補正して画像を利用するなど、より正確なレジストレーションのための技術開発とその普及が求められている。放射線治療医としても、これまで以上に画像診断学や核医学ならびに画像処理技術について学んで、各モダリティ画像が有する空間分解能の限界など画像の特徴やレジストレーションの課題について知識と理解を深めることは極めて重要になるであろう。

文献.....

- 1) MacManus M et al : Use of PET and PET/CT for radiation therapy planning : IAEA expert report 2006-2007. *Radiother Oncol* 91 : 85-94, 2009
- 2) <http://www.novalis-radiosurgery.com/>
- 3) Weber DC et al : Simultaneous in-field boost for patients with 1 to 4 brain metastases treated with volumetric modulated arc therapy : a prospective study on quality-of-life. *Radiat Oncol* 6 : 79-88, 2011
- 4) Wahl RL et al : From RECIST to PERCIST : evolving considerations for PET response criteria in solid tumors. *J Nucl Med* 50 : 122S-150S, 2009
- 5) Weber W : Assessing tumor response to therapy. *J Nucl Med* 50 : 1S-10S, 2009
- 6) Chao KS : Functional imaging for early prediction of response to chemoradiotherapy : 3'-deoxy-3'-¹⁸F-fluorothymidine positron emission tomography - a clinical application model of esophageal cancer. *Semin Oncol* 33 : S59-63, 2006

- 7) Ciernik IF et al : Radiation treatment planning with an integrated positron emission and computer tomography (PET/CT) : a feasibility study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 57 : 853-863, 2003
- 8) Schinagl DAX et al : Can FDG-PET assist in radiotherapy target volume definition of metastatic lymph nodes in head-and-neck cancer? *Radiother Oncol* 91 : 95-100, 2009
- 9) Fox T et al : Image registration and fusion technique, (in) Paulino AC, Teh BS ed : PET-CT in radiotherapy treatment planning. Saunders, Philadelphia, 2008
- 10) Mah K et al : Biological target volume, (in) Paulino AC, Teh BS ed : PET-CT in radiotherapy treatment planning. Saunders, Philadelphia, 2008
- 11) Ling CC et al : Towards multidimensional radiotherapy (MD-CRT) : biological imaging and biological conformality. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 47 : 551-560, 2000
- 12) Søvik Å et al : Strategies for biologic image-guided dose escalation : a review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 73 : 650-658, 2009
- 13) Apisarnthanarax S et al : Current imaging paradigms in radiation oncology. *Radiat Res* 163 : 1-25, 2005

Summary

PET/CT image for radiation therapy

As radiation therapy is a local treatment, knowledge of anatomy is very important to define target volume and critical organs. CT is the most common imaging modality to inform the tumor location and its extension and CT-based three-dimensional treatment planning is the gold standard of modern radiation therapy. PET/CT is helpful in diagnosis, staging, and follow-up of many malignancies, which provides metabolic and anatomical information, and increasingly being used in radiation oncology practice. In treatment planning process, it is very useful to determine "the real target" and PET/CT-based planning would be essential especially in the era of IMRT.

Yutaka Hirokawa et al
Hiroshima Heiwa Clinic