

PET画像の 高精度放射線治療への応用

医療法人社団葵会広島平和クリニック

廣川 裕、小野 薫、赤木由紀夫

PET画像の高精度放射線治療への応用

医療法人社団葵会広島平和クリニック
廣川 裕、小野 薫、赤木由紀夫

要旨

高精度放射線治療の治療計画において、PET画像を応用することによりGTV・CTVの的確な把握が容易になり、適切かつスピーディーな計画立案が可能となる。ただしPET検査の特性や限界を知り、他のモダリティも複合的に応用して標的体積を決定すべきである。

はじめに

PET検査とくにPET/CT検査は、がん診療の各領域で重要な役割を果たしつつあるが、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画像を参照してGTVを決定し、それに基づいてPTV入力を行うという治療計画段階における応用に加えて、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検査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。

当院は、2005年7月に広島県内初のPET/CT装置を導入してがんドック先端医療健診センターを開設したが、2009年10月には高精度がん放射線治療センターを増設して、国内で最初に最新の高精度放射線治療装置ノバリスTxを導入し治療を開始した。

ノバリスTxを用いた高精度放射線治療を開始して1年余りが経過したが、本稿においては当院におけるPET画像の高精度放射線治療への応用の現状と展望を紹介する。

ノバリスTxについて

ノバリスTxは2007年9月に欧米で発売された最新の高精度放射線治療装置であり、現在までに世界で100台余りがトップレベルの医療センターに導入されている。旧型のノバリスは、リニアックを用いる脳定位放射線治療専用装置として1997年にドイツレイブラボ社が開発し、日本国内にも10施設で導入されている。新型のノバリスTxは、旧型のノ

バリスの弱点を補強すると共に、米国バリアン社のリニアック最上位機種であるトリロジーの機能を統合して、さらに高機能化した世界最高峰の高精度放射線治療システムである(図1)。

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)のマイクロ絞り(MLC)による精細で鮮鋭なビーム形成、世界最高水準の高出力と最新のIMRT(強度変調放射線治療)の技術(RapidArcなど)を、ステレオX線撮影(ExacTrac X-ray)ならびにOBI(Onc 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IMRTを高精度に実施できる放射線治療装置である。

正確な病期診断のためのPET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



図1 最新の高精度放射線治療装置ノバリスTx
精細で鮮鋭なビーム形成、最高水準の高出力などの高機能と最先端の画像誘導技術(IGRT)により、定位放射線治療とIMRTを簡便かつ高精度に実施できる。

治療を受ける予定の患者が、あらかじめPET検査を受けることにより、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ことが少なからずあると、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、化学療法の治療方法の決定に重要な影響を及ぼすし、根治目的の治療が緩和目的の治療に変更せざるを得ないこともある。また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検査は有用であり、時には一次癌の治療方針の変更にも繋がることも起こりうる。

PET画像による標的体積の決定

三次元的に放射線治療の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必須であるが、従来のCT画像だけによる標的体積決定に比して、PET画像の情報を加えることにより、GTV・CTVの的確な把握が容易になり、適切

かつスピーディーな治療計画が可能となると報告されている。

集積の半定量的指標であるSUVの閾値を決めて標的体積の輪郭決定を行う試みも多く報告されているが、呼吸性移動や炎症との鑑別の問題あるいはPET画像の空間分解能の限界や部分容積効果の問題など、PET検査の特性や限界を知り、MR等の他のモダリティも複合的に利用して標的体積を決定するのが、現時点での適切な応用方法であろう。

PET画像などマルチモダリティを用いた標的体積の決定

当院においては、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(RT Image)を用いている。iPlanは他の放射線治療計画装置に比べて、自動画像融合(auto-image fusion)や自動輪郭入力(auto-segmentation)に優れたシステムである。

高精度放射線治療、とくにIMRTにおいては、通常の放射線治療計画と同様の

腫瘍範囲の特定とその輪郭入力に加えて、周囲の健常組織の輪郭入力とその線量制約が重要で必須のプロセスになる。したがって、IMRTでは数多くの健常組織を定義してその輪郭入力を正確かつ迅速に行うことが必要である。

iPlanのRT Imageソフトウェアでは、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MRI画像など異なるモダリティのイメージセットを正確に画像融合することが可能であり、PET画像も含めたマルチモダリティのそれぞれの長を生かした標的の特定と輪郭入力が可能である(図2)。

加えて、組織や臓器の輪郭入力という膨大な作業をアシストする標準解剖図データを用いる自動輪郭入力の機能は、IMRTの治療計画におけるルーチン作業を短縮してくれるRT Imageの優れた点である。

PET画像を応用した高精度放射線治療の今後の展望

当院では、PET/CT検査による分子イメージングとノバルリスTxによる高精度放射線治療を2枚看板として、専門性の高い放射線診療に特化し、地域のがん診療に従事する先生方と緊密かつフレキシブルに連携しながら地域がん診療の一翼を担いたいと考えている。

ノバルリスTxの導入を機に、新たに呼吸同期システム(4D-PETの実現)、¹¹C/¹⁸F多目的標識化合物合成システムなども導入した。すでに¹¹C-メチオニンPETによる脳腫瘍など頭蓋内病変の診断と放射線治療への応用は開始しているし、核酸代謝イメージング薬剤である¹⁸F-FLTによる腫瘍と炎症の鑑別や、低酸素イメージング薬剤の¹⁸F-MISOによる低酸素領域の描出など、新しいPET検査薬による腫瘍イメージングについても臨床研究を開始して、高精度放射線治療に役立てたいと考えている。

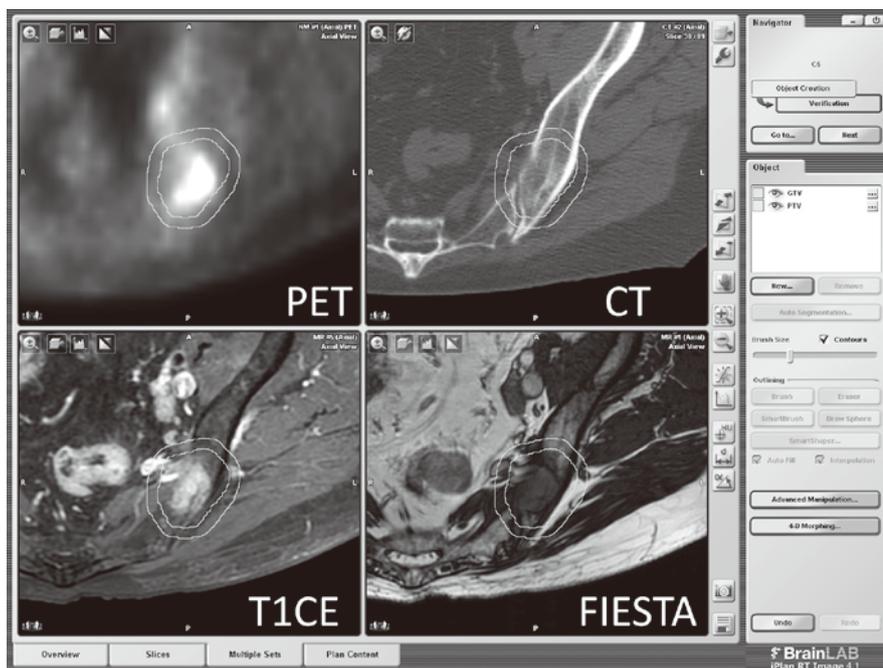


図2 PET画像などマルチモダリティを用いた標的体積の決定
左乳癌温存療法後約6年で、腫瘍マーカー高値のために行ったPET/CT検査により発見された、単発性骨転移のGTVとPTVの輪郭決定の1例(iPlan RT image)。