

膵癌に対する強度変調放射線治療（IMRT）

中村聡明、西山謹司

要旨： 進行膵癌に対する術前放射線治療の仮想プランを強度変調放射線治療（IMRT）を用いて作成した。従来からの方法と比較して周囲正常組織、特に右腎臓への線量を有意に減少させることができた。将来的には従来の放射線治療で用いられてきた照射線量（約 50Gy）よりも高い照射線量を用いて安全に腫瘍に治療することが可能となり、治療成績の向上が期待される。

キーワード： 術前放射線治療、IGRT、呼吸性移動

はじめに

膵癌は、男女ともがんによる死亡数の第5位に位置し、年々増加の傾向を示している。また極めて悪性度が高く、周囲（血管、胆管、神経）への浸潤やリンパ節転移を伴うことが多いことから、難治性癌のひとつとして知られている。放射線治療はこのような局所進行膵癌に対する治療戦略のひとつとして、手術や抗がん剤治療と組み合わせて使用され、血管まで浸潤した進行癌でも 50%近い 5 年生存率が得られるようになってきた¹⁾。

また放射線治療の分野では IGRT（Image-guided radiation therapy: 画像誘導放射線治療）や IMRT（Intensity modulated radiation therapy: 強度変調放射線治療）といった技術の進歩によって、腫瘍の位置をより正確にとらえ腫瘍により集中して照射することが可能となり、特に前立腺癌では臨床応用が進んでいる。

膵癌へ放射線治療を行うに当たり考慮すべき問題点は、1. 膵臓が 1-2cm 程度の主に呼吸による移動を行うこと、2. 消化管・腎臓・肝臓といった放射線のダメージを受けやすいリスク臓器（OAR: Organ at risk）に囲まれていることである。そこで本研究では IGRT や IMRT の技術を膵癌に応用し、膵癌への高精度放射線治療を行うことを目的とした。

すなわち IGRT の技術を用い膵臓の呼吸性移動を評価し、適切な計画標的容積（PTV: Planning Target Volume）を定め、つぎに IMRT の技術を用いて PTV へ線量を集中させ、OAR への線量をより減少させる技術を確立することである。

対象と方法

対象は本院で術前化学放射線治療を行った T3 膵癌の患者 21 名である。まず膵臓の呼吸性移動を評価するため、経口および経静脈造影剤を投与した自然呼吸 CT および自然吸気 CT を撮影した。そして治療計画装置にて呼吸・吸気それぞれの肉眼的腫瘍体積（GTV: Gross Tumor Volume）を作成し、GTV 中心の移動量を SI（頭尾）、PA（背腹）、LR（左右）方向で求め

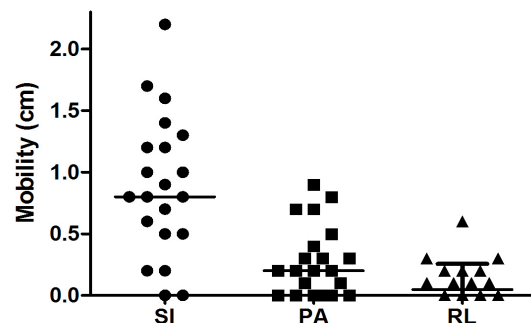
た。

次に T3 膵癌の患者 5 名における呼吸・吸気それぞれでの CT 画像情報を使用して模擬治療計画を作成した。模擬治療計画では術前放射線治療の照射野に準じて、腫瘍（Gross Tumor Volume, GTV）と予防領域（Clinical Tumor Volume, CTV）それぞれの呼吸性移動を加味した照射領域（Planning Tumor Volume, PTV）を設定した。この PTV に対して、通常の 3 次元原体照射（3D Conformal Radiation Therapy, 3DCRT）と IMRT での放射線治療計画をコンピューター上で作成し、2つのプランにおいて OAR である腎臓・肝臓・胃への照射線量を統計的に比較検討した。照射はいずれも固定多門の 5 門照射とし、3DCRT プランにて最適化されたガントリー角度を IMRT プランでも使用した。PTV への処方線量は 50 Gy（Mean dose）とし、照射線量の評価として腎臓・肝臓に対しては全体積中、20Gy 以上が照射される体積の割合（V20）、胃に対しては平均照射線量（Dmean）を用いた。

結果

1. 膵臓の呼吸性移動

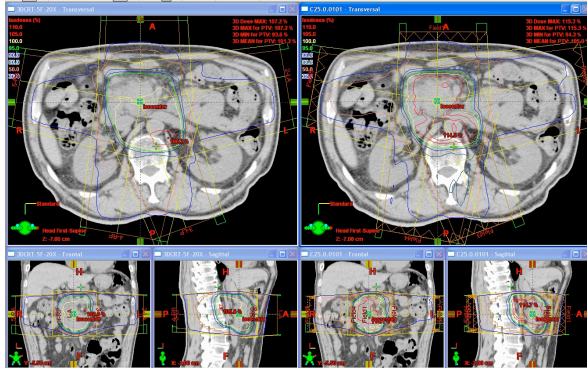
患者 21 名における GTV 中心の呼吸性移動量の中央値は、SI : 0.8 cm (0.0-2.2 cm)、PA : 0.2 cm (0.0-0.9 cm)、LR : 0.0 cm (0.0-0.6 cm)であった（図1）。



〈図1：膵臓の呼吸性移動〉

2. 膵臓癌の IMRT 治療計画

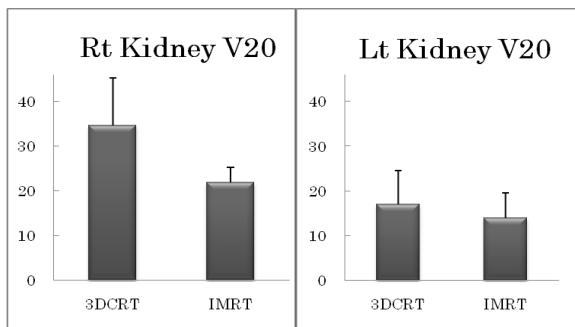
上記で求めた呼吸性移動量を加味した PTV に対して IMRT の仮想プランを作成し、従来法である 3DCRT との比較を行った (図 2)。



〈図 2 : 3DCRT (左) と IMRT (右) 治療計画の比較〉

図 3 に左右腎臓が 20Gy 以上照射される体積割合 (V20) の比較を示す。3DCRT での V20 平均値は右腎臓、左腎臓でそれぞれ 35%、17% で、GTV がより近い右腎臓において高い傾向を示した。IMRT を治療計画に用いることで、V20 平均値は右腎臓、左腎臓でそれぞれ 22%、14% となり、有意に右腎臓の V20 を減らすことができた ($P < 0.05$)。左腎臓も有意差はないものの IMRT でより低い傾向を認めた。

同様の検討を肝臓・胃に対しても行った。肝臓の V20 は 3DCRT : 13%、IMRT : 13% で差が見られなかった。胃の平均照射線量は 3DCRT : 14Gy、IMRT : 11Gy で有意差はないものの IMRT でより低い傾向を認めた。



〈図 3 : 右左腎臓が 20Gy 以上照射される体積割合の比較〉

考 察

膵臓は難治癌の代表であり、膵臓登録報告による 5 年生存率は 11.6%、切除症例に限定してもたかだか 15% 程度である。当院では治療成績を向上すべく手術に術前化学放射線治療および術後化学療法を組み合わせた集学治療を行い良好な成績をあげてきた¹⁾。

膵臓に対する術前放射線治療では周囲リンパ節に対する予防照射を行うため、照射体積が大きくなりがちであり、周囲正常組織への照射線量が問題となってくる。

近年、膵臓への照射線量増大を目的とした IMRT の試みが報告されているが²⁻⁵⁾、ほとんどが切除不能局所進行膵臓に対するものであり、術前放射線治療を目的とした本研究での照射範囲・照射体積とは異なる。本研究では 3DCRT と比較して、特に照射線量の高い右腎臓において著しい線量減少を行うことが可能であることを示した。また肝臓・胃においても同等、もしくは照射量の軽減を行うことができた。

この結果より、将来的には従来の放射線治療で用いられてきた照射線量 (約 50Gy) よりも高い照射線量を安全に腫瘍に照射することが可能となり、さらなる治療成績の向上が期待される。

本研究の成果の発表

本研究の成果は、次の雑誌・学会に公表した。

- (1) 中村聡明：放射線治療の実際 膵臓. 外科治療 99: 390-394, 2008.
- (2) 中村聡明、鈴木 修、西山謹司：T3・T4 膵臓の呼吸性移動 第 19 回日本高精度放射線外部照射研究会 2009 年 1 月 名古屋
- (3) 中村聡明、鈴木 修、西山謹司：膵臓の治療成績 第 67 回日本医学放射線学会 2008 年 4 月 横浜
- (4) 中村聡明、鈴木 修、西山謹司：肝胆膵癌の放射線治療計画における造影剤の影響 第 17 回日本高精度放射線外部照射研究会 2008 年 3 月 東京
- (5) Nakamura S, Tanaka E, Shimamoto S, Suzuki O, Morimoto M, Nishiyama K. Concurrent chemoradiotherapy with full-dose Gemcitabine for unresectable pancreatic cancer. The 49th Annual Meeting of American Society of Therapeutic Radiology and Oncology (ASTRO), Oct. 28-Nov. 1, 2007, Los Angeles, USA

文 献

- 1) Ohigashi H, Ishikawa O, Eguchi H, et al. Ann Surg, in press
- 2) van der Geld YG, van Triest B, Verbakel WF, et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 72:1215-1220, 2008.
- 3) Hong TS, Craft DL, Carlsson F, Bortfeld TR. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 72:1208-1214, 2008.
- 4) Brown MW, Ning H, Arora B, et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 65:274-283, 2006.
- 5) Ben-Josef E, Shields AF, Vaishampayan U, et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 59:454-459, 2004.