TITLE:

Dynamic tumor-tracking radiotherapy with real-time monitoring for liver tumors using a gimbal mounted linac.(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Iizuka, Yusuke

CITATION:

Iizuka, Yusuke. Dynamic tumor-tracking radiotherapy with real-time monitoring for liver tumors using a gimbal mounted linac.. 京都大学, 2016, 博士(医学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19562>

RIGHT:

京都大学	博士（医学）	氏 名	飯塚 裕 介
論文題目	Dynamic tumor-tracking radiotherapy with real-time monitoring for liver tumors using a gimbal mounted linac (肝腫瘍に対するリアルタイムモニタリング下動体追尾照射法の適応)		
(論文内容の要旨)			
<p>肝腫瘍に対する体幹部定位放射線治療(SBRT)は高い局所制御率を示し、手術や高周波焼灼法(RFA)の適応とならない患者においては重要な治療オプションとなりつつある。肝臓は呼吸により移動するため、腫瘍の移動する軌跡をすべて含める従来の照射法(ITV 法)では、正常肝組織や周囲の臓器に対する線量も高くなり、有害事象の発生が懸念される。腫瘍への線量を維持したまま正常組織への線量を低減させることを目的に、時間因子を考慮した四次元放射線治療が臨床導入されつつある。一般に四次元放射線治療は息止め照射法、呼吸同期照射法、動体追尾照射法などに分類される。息止め照射法では息止めによる患者負担があり、呼吸同期照射法では治療時間の延長の問題がある。動体追尾照射法はこれらの問題を克服できると考えられるが、より高度な呼吸移動予測が求められる。</p> <p>京都大学大学院医学研究科放射線腫瘍学・画像応用治療学は高精度放射線治療装置 Vero4DRT を三菱重工業株式会社と共同開発した。Vero4DRT は呼吸性移動を伴う腫瘍の位置をリアルタイムに把握し、ジンバルに搭載された X 線ヘッドにより動体追尾照射が可能である。2011 年 9 月には肝臓より先行して肺腫瘍に対する動体追尾 SBRT が開始された。本研究は動体追尾 SBRT を肝腫瘍に臨床適応することを目的とした。肝腫瘍において、動体追尾法の従来法と比較した線量分布の優位性、呼吸性移動の予測精度、腫瘍とマーカー間の位置変動、初期臨床成績について評価を行い、以下の成果を得たものである。</p> <p>照射を行う前に、腫瘍位置を X 線透視画像で認識するための金属マーカーを腫瘍近傍に留置した。その後、動体追尾法および ITV 法の治療計画を立案し、両者の線量分布を比較して動体追尾法の優位性を確認した。毎回の照射直前に体内マーカーから推定される腫瘍の動きと患者の腹壁上に設置した赤外線マーカーの動きの相関付けを行い、赤外線マーカーの動きに合わせて X 線ヘッドを制御し動体追尾照射を行った。照射中は透視画像を用いて金属マーカーの位置を観察し、計画通りの照射ができているかを目視で確認した。</p> <p>本研究では 12 例が登録され、治療計画を行った 10 例で問題なく治療を完遂できた。線量分布の比較では、動体追尾法を用いることで腫瘍への線量を損なうことなく、計画標的体積を平均 35%、正常肝の平均線量を 16%低減することができた。</p> <p>予測精度解析は治療終了後に行われた。X 線透視画像から算出した腫瘍位置と治療機の照射記録から算出した腫瘍予測位置間の誤差を算定した。誤差の 95 パーセンタイル値は左右、頭尾、腹背方向にそれぞれ 1.1 mm、2.3 mm、1.7 mm であり、臨床的に問題ない精度であった。</p> <p>腫瘍とマーカー間の位置変動は治療計画時に撮像した 4DCT を用いて評価した。呼吸位相間の誤差の平均値±標準偏差は左右、頭尾、腹背方向にそれぞれ</p>			

<p>0.1±0.1 mm、-0.1±0.2 mm、-0.2±0.5 mm であった。</p> <p>臨床成績は観察期間中央値 11 ヶ月で局所制御率 90%であり、これは他の治療装置を用いた肝腫瘍に対する動体追尾 SBRT の成績に遜色ないものであった。Gr 3 以上の有害事象は一過性の胆道系酵素上昇のみで、安全性にも問題はなかった。</p> <p>以上の成果は、動体追尾法は安全かつ有効に肝腫瘍に応用できることを強く示唆するものであり、動体追尾法を用いることにより肝切除後の肝体積の小さい症例や危険臓器の近接例などへの SBRT の臨床適応拡大が期待される。</p>			
<p>（論文審査の結果の要旨）</p> <p>肝臓などの呼吸性移動の大きな臓器に動体追尾照射法を適応することで、従来の照射法と比較して腫瘍周囲の正常組織の線量を低減でき、有害事象の危険性を減少することが期待されている。一方で、動体追尾照射を行うには高度な呼吸性移動の予測が求められ、動体追尾照射に伴う特有の誤差の評価が必要となる。</p> <p>本研究の目的は動体追尾照射法を行うために必要な、体内に留置した金属マーカーと腫瘍間の相対位置変動、時間因子を考慮した四次元線量分布、動体追尾の予測精度を評価し、肝腫瘍におけるリアルタイムモニタリング下動体追尾照射を実現することである。</p> <p>治療計画においては金属マーカーと腫瘍間の相対位置変動を考慮した照射ターゲットを作成した。四次元線量分布の評価では従来の照射法と比較して腫瘍の線量を損なうことなく正常肝臓や腸管の線量を低減できることを示した。追尾予測精度の評価では動体追尾照射が高精度に施行できることを示した。以上の結果をもとに動体追尾照射を肝腫瘍に適用することができた。</p>			
<p>以上の研究は肝腫瘍に対するリアルタイムモニタリング下動体追尾照射法の実施手法の確立に貢献し、肝腫瘍に対する放射線治療の適応拡大に寄与するところが多い。</p> <p>したがって、本論文は博士（医学）の学位論文として価値あるものと認める。</p> <p>なお、本学位授与申請者は、平成 28 年 1 月 5 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。</p>			
<p>要旨公開可能日： 年 月 日 以降</p>			