



Title	呼吸同期放射線治療の高精度化に関する研究
Author(s)	大谷, 侑輝
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/58186">https://hdl.handle.net/11094/58186</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【7】

氏 名	大 谷 侑 輝
博士の専攻分野の名称	博 士 (保健学)
学 位 記 番 号	第 2 4 4 5 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 23 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 医学系研究科保健学専攻
学 位 論 文 名	呼吸同期放射線治療の高精度化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 手 島 昭 樹 (副査) 教 授 村 瀬 研 也 教 授 高 島 庄 太 夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

#### 〔 目 的 〕

呼吸同期放射線治療の安全性・精度を向上させるため、2つの研究を行った。1つは、呼吸同期放射線治療の適応患者判定システムの開発である。現在のReal-time Positioning Management System (RPM: Varian Medical Systems) を用いた呼吸同期照射では腹壁移動量のみを指標とし、特定の呼吸位相のみに照射を行っている。しかし、腹壁移動量と腫瘍の動きとの相関には個人差があり、正確に照射を行えていない可能性がある。一方で、肺換気流量と内部臓器の動きの相関は高く、安定しているという報告がある。そこで、肺換気流量と腹壁移動量の相関関係を基にした呼吸同期治療適応性判断を行うシステム構築を目標とし、肺換気流量と腹壁移動量の同時データ収集法を確立、評価した。

もう1つは、呼吸モニタリングシステムを組み合わせて使用した場合の呼吸同期放射線治療の精度に与える影響評価である。呼吸モニタリングシステムは、患者の呼吸位相を把握するために使用する。通常はfour-dimensional computed tomography (4DCT) や4D positron emission tomography/CT (4DPET/CT)、linear accelerator (linac) などの各装置で同一の呼吸モニタリングシステムを使用するが、装置の製造業者によって取り付け可能な呼吸モニタリングシステムが異なるため、組み合わせて使用する場合がある。呼吸モニタリングシステムの信号は、4DCTや4DPET/CTでは各呼吸位相画像の再構成の基準となり、linacでは照射タイミングを判定する基準となる。そのため、呼吸モニタリングシステム間の信号の普遍性が保証されなければ、不適切な照射体積や照射タイミングを設定する可能性がある。そこで、呼吸モニタリングシステムの呼吸信号と、tag (4DCTが各位相画像を再構成する際に、基準とする信号) 出力のタイミング、信号

の違いが4DCTの各呼吸位相画像に与える影響を評価した。

## 〔 方 法 〕

### 1. 呼吸同期放射線治療の適応患者判定システム

肺換気流量計（VMM-400,Interface Associates）とRPMシステムを用いて、肺換気流量と腹壁移動量を同時に測定するシステムを構築した。システムの検証を健常者10名（性別：男性9人、女性1人）により実施した。測定は1回あたり120秒の連続計測とし、各健常者で1～3回計測した。同時計測した肺換気流量と腹壁移動量の経時変化から、両者の相関係数、位相のズレ、呼吸パターン（振幅・周期）、interfractionalな変化などを求めた。また、20%、30%、40%、50%のduty cycleで、各位相を中心としたphase based gatingを行った場合の肺換気流量の取りうる幅をヒストグラムよりscoringして濃淡図を作成した。

### 2. 呼吸同期放射線治療における呼吸モニタリングシステム組み合わせ使用が照射精度に与える影響

埼玉医科大学国際医療センターで体幹部呼吸同期定位放射線治療を受けた10人の患者（性別：男性7人、女性3人）からデータを取得した。呼吸モニタリングシステムには、RPMシステムとAZ-733Vシステム（Anzai MEDICAL）を使用し、それらの装置を患者腹部に設置して同時に信号を取得しながら、4DCT撮影を行った。取得した信号から、呼吸信号の相関性、tagが出力されるタイミングの違いをそれぞれの患者で評価した。さらに、各呼吸モニタリングシステムの信号を用いて2種類の4DCTを再構成し、各呼吸位相画像における腫瘍体積と腫瘍重心位置の比較を行った。

## 〔 結 果 〕

### 1. 呼吸同期放射線治療の適応患者判定システム

同じ腹壁信号でも肺換気流量の取る値は異なり、吸気終末期に向かうほど相関が低くなる傾向があることが確認された。相関係数は個人によって差が生じ0.781・0.991の範囲であった。位相のズレは最高で0.5秒あり、腹壁移動が肺換気より先に生じる場合と腹壁移動が後に生じる両方が観察された。また、interfractionalな評価において位相のズレ幅が安定している例と不規則に変化する例があった。個人によって最適なgatingの中心位相や効率的なduty cycleが異なることが確認された。

### 2. 呼吸同期放射線治療における呼吸モニタリングシステム組み合わせ使用が照射精度に与える影響

RPMシステムとAZ-733Vシステムの呼吸信号の相関係数は0.940・0.994と高い相関を示し、呼吸信号の振幅のピークはととも良く一致した。一方で、tagのタイミングは複数の患者でズレが生じた。tagのタイミングのズレは、呼吸モニタリングシステム間の位相のズレを引き起こし、位相差は中央値±標準偏差が全患者で $-4.3 \pm 7.1\%$  から  $3.5 \pm 2.2\%$ の範囲となった。4DCTの各呼吸位相画像における腫瘍体積と腫瘍重心位置は、複数の患者で呼吸モニタリングシステムによって変化した。腫瘍体積は最大で47%変化し、形状も大きく変化した。

## 〔 総 括 〕

肺換気流量と腹壁移動量の相関解析の結果から、呼吸同期放射線治療の適格性判定の必要性、個人によってmarginやgating範囲の設定を調整することで効率的な照射が可能になることを示した。呼吸同期放射線

治療は、呼吸に合わせた間欠照射をすることで腫瘍に局限した照射野を設定しているため、照射のタイミングにズレが生じた場合は腫瘍に予定線量が照射されない。呼吸の状態によっては呼吸同期放射線治療に適さない場合があるため、呼吸同期放射線治療を実施する前に、このようなシステムで患者の呼吸解析をすることにより、照射の精度が改善し、治療成績の向上に繋がると考える。

また、呼吸同期放射線治療の安全性を担保するためには、同一の呼吸モニタリングシステムを4DCTと4D PET/CT、linacで使用することが好ましいと結論付ける。呼吸モニタリングシステムによって、呼吸位相の定義が異なるため、4DCTとlinacで異なる呼吸モニタリングシステムを使用した場合、治療計画で予定したgating範囲に照射されない可能性がある。

## 論文審査の結果の要旨

この論文は、呼吸同期放射線治療の精度と安全性向上に役立つもので、臨床に直結するデータが提示されている。呼吸同期放射線治療の適応患者判定システムは、gatingの中心位相と範囲を設定する際の参考資料の1つとして有用である。このようなシステムで患者の呼吸解析をすることにより、照射の精度が改善し、治療成績の向上に繋がることを期待する。

また、呼吸モニタリングシステムの組み合わせでは、世界で初めて呼吸モニタリングシステムによって呼吸位相の定義が異なることを明らかにした。さらには、呼吸モニタリングシステム間の呼吸位相を一致させる解決法も提示している。

以上のことにより、本論文は博士（保健学）の学位授与に値するものと考えられる。