

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K19765

研究課題名(和文) 体幹部定位放射線治療における視認下能動的呼吸停止システム基盤の開発研究

研究課題名(英文) Construction of platform for the active breathing control system in stereotactic body radiotherapy with Head Mounted Display.

研究代表者

石川 陽二郎 (Ishikawa, yojiro)

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：40732813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本邦における高齢化とそれに伴うがん罹患患者の上昇が続いている。しかし、検診の普及に伴い早期がんの割合も増加している。がん罹患する高齢者の割合の増加にともない、合併症を持つ患者が多くなっている。がん治療においては、より非侵襲的な治療、特に根治を望める放射線治療が注目されている。肺がんは呼吸による腫瘍の位置移動が治療に影響する世病気の一つである。呼吸による位置移動が大きければ大きいほど治療範囲が大きくなってしまふ。そこで、眼前モニターを使用し、患者本人による肉眼的腫瘍の確認の下、能動的に呼吸停止を行う新たなトレーニングシステムを構築した。

研究成果の概要(英文)：In Japan, elderly patients with lung cancer are increasing. It is important that the treatment for such elderly patients is low invasiveness. The treatment for lung cancer in radiotherapy is affected by the breathing movement of the patient. If the patients can see the image of their own cancer using a Head Mounted Display and control the position of it, they can be treated the narrow range of radiation therapy. Therefore we constructed the platform for the active breathing control system in stereotactic body radiotherapy with Head Mounted Display. In addition, we made training system for lung cancer patients to control the position of their cancer using a Head Mounted Display.

研究分野：放射線治療

キーワード：呼吸移動 非小細胞癌 放射線治療 眼前モニター

1. 研究開始当初の背景

本邦では、高齢化が進行しており、がん罹患患者においても高齢な患者が増加している。しかし、がん検診の普及や各種診断検査機器の精度向上に伴って、がんが比較的早期に発見される割合が増加している。また、がん罹患する高齢者の割合の増加にともない、心疾患や肺疾患などの合併症を持つ患者が多くなっている。

高齢患者に対するがん治療においては、手術などと比較して侵襲が少ない治療が必要となり、特に根治を望めるような早期がんにおいては放射線治療が注目されている。

原発性肺癌や肝細胞癌に対する体幹部定位放射線治療は極めて有効性が高く、これまでの報告でも高い局所制御率が得られている。当施設での原発性肺癌に対する体幹部定位放射線治療の治療成績は、直径3cm以下のもの(T1N0M0)であれば3年で98%の局所制御率であり、良好な結果であった[Shirata & Jingu, et al. Radiat Oncol. 2012]。

しかし、治療による有害事象については、ある一定の割合で放射線肺臓炎や放射線肝障害あるいは肋骨骨折が発生している。当施設の経験では約6%にgrade3以上の重篤な放射線肺臓炎が発生しており、より有害事象の発生を減じる治療法を検討することが必要である。

原発性肺癌においては腫瘍の呼吸性の移動距離や腫瘍径により照射野が大きくなるということが知られている。照射野が大きくなると、放射線を照射される肺体積が大きくなり、放射線肺臓炎を起こす確率が高くなってしまいう傾向にある。

治療を行う前に腫瘍径を変更することは困難であるが、腫瘍の移動の制御を行うことにより、照射範囲を縮小させることは理論上可能である。

現在、本邦のさまざまな施設でも呼吸同期照射と称していくつかの方法が開発・製品化されている。しかし、その多くは患者の呼吸に伴って動く腹壁の移動を呼吸性移動であると定義して間接的に呼吸性移動をとらえているに過ぎず、本当の意味での腫瘍性移動を確認している技術とはいえない。

さらに腫瘍迎撃照射も研究が盛んにおこなわれているが、治療時間の大幅な増加につながり、線量率の低下による腫瘍制御率の低下の恐れも出てくるため注意を要する。

そこで当施設では、患者本人に自身の腫瘍の呼吸による移動状況を肉眼的に確認しながら、能動的に呼吸をコントロールし、腫瘍の移動距離を可能な限り少なくする方法を思いつくに至った。この方法により腫瘍に対する線量を損なうことなく、腫瘍周辺の正常組織への線量を低減させる技術となりうる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、原発性肺癌患者本人によって、自身の腫瘍を肉眼的に確認の下、患者自身が能動的に呼吸停止を行うことができる新たな画像誘導法の基礎的な検討を行うものとする。

3. 研究の方法

(1) これまでの呼吸停止法や呼吸同期法は腹壁の移動を認識する方法であった。本研究ではこれまでの方法とは異なり、患者自身が装着を行った眼前モニターに治療装置で撮影したkV X-rayによるシネ画像を直接表示し、患者が自身の腫瘍の位置を眼前モニター上で把握を可能とするシステムを構築する。

(2) 眼前モニターに表示するシネ画像の腫瘍部分に対して、ROI (Region of Interest) を表示させるシステムを構築する。

4. 研究成果

(1) 腫瘍を表示するシネ画像は通常の放射線治療の現場においては、治療室外の操作室モニターで視認される。本研究ではiWearビデオヘッドフォンを用いることで、患者が自身の腫瘍が撮影されたシネ透視画像を見ることができるシステムを構築した(図1)。

このシステムでは、ワイヤレスによって接続コードなしで透視画像をリアルタイムに表示できるように構築することができた。問題点としてはワイヤレスモニタ画面の解像度、表示画面エリアの面積があげられる。表示される画像が視認しがたい場合、医療画像の視認に不慣れな患者や視力低下のある患者などに応用するためには、専用のトレーニングを行う必要も考えられる。

治療装置のコンソール

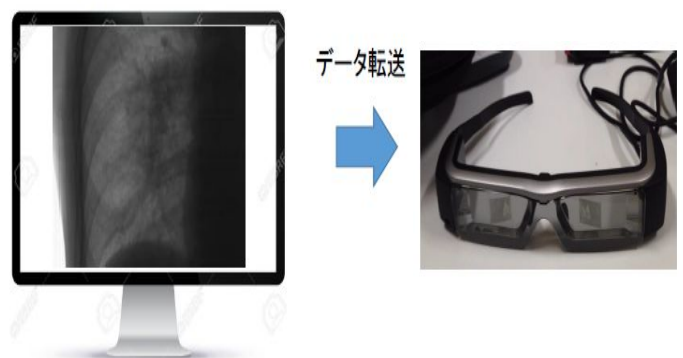


図1 能動的呼吸停止システム

(2) 患者眼前モニター上に投影されるシネ透視画像は医療用の画像となる。医療画像を見慣れていない患者においては画像上の腫瘍のみの表示では腫瘍を能動的に停止することは難しい。そのため、シネ画像上の腫瘍の移動範囲を患者が認識しやすくするために ROI を設定できるシステムを構築した。システムの構築には、深層学習を用いて計算を行った。その深層学習の設定を表 1 に示す。

表 1 使用した深層学習の設定

Layers	Parameter
Input Layer	48 × 48 × 3
Convolution Layer	3 × 3 × 32, Padding 2, Stride 1
Convolution Layer	5 × 5 × 32, Padding 2, Stride 1
Convolution Layer	5 × 5 × 32, Padding 2, Stride 1
Fully Connected Layer	64
Fully Connected Layer	2
Softmax Layer	None
Classification Layer	Cross Entropy

また、図 2 に実際に深層学習を用いて計算した結果示された ROI (赤) を示す。図 2 は左肺のシネ画像で、左上葉の原発性肺癌患者のものである。(シネ画像であるため画像上に示されている腫瘍は透過性が低下し、周囲より陰影が濃い部分となる。)

患者眼前モニター上に腫瘍の位置に正確な ROI が設定されていることがわかる。ただ、腫瘍と周囲組織との関係により適切な ROI の設定が困難であった。特に、肋骨に近い場合や肋骨と重なっている場合に適切に ROI が設定できない場合があった。この点については、今後の画像処理方法の改善や撮影の精度を高める工夫が必要であると考えられる。また、画像上腫瘍が判別困難な場合においては ROI の作成は困難であった。実際の診療現場においては「照射用マーカー」として金を形成した微小の金属を経皮的に腫瘍近傍に留置などを応用するなどの工夫が必要である。

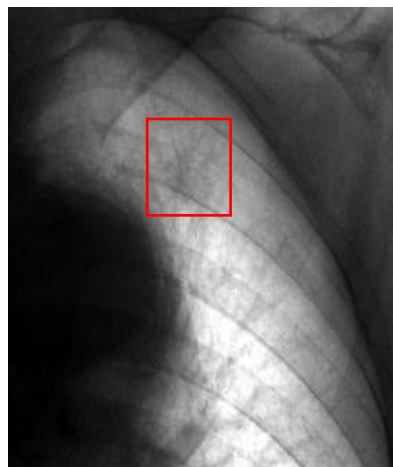


図 2 深層学習によって腫瘍位置に ROI を設定した一例

(3) 眼前モニター上を ROI 内にうまく停止させるためのトレーニングシステムを構築した。実際の治療寝台に模擬患者を臥床させ眼前モニター上の画像を確認している 1 例を紹介する(図 3)。健康被験者については被ばくの問題から実際の透視画像を使用したトレーニングを行うことは出来なかった。

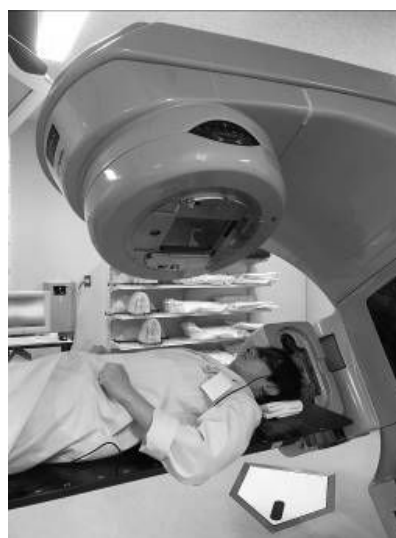


図 3 呼吸トレーニング

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

Y Nakajima, N Kadoya, Y Ishikawa et al, Comparison of visual biofeedback system with a guiding waveform and abdomen-chest motion self-control system for respiratory motion management. J Radiat Res. 2016 Jul;57(4):387-92. doi: 10.1093/jrr/rrv106, 査読あり

Y Ishikawa, et al, Dosemetric Parameters Predictive of Rib Fractures after Proton Beam Therapy for Early-Stage Lung Cancer. Tohoku J Exp Med. 2016 Apr;238(4):339-45. doi: 10.1620/tjem.238.339, 査読あり

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

石川 陽二郎 (ISHIKAWA, Yojiro)

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：40732813

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

神宮啓一 (JINGU, Keiichi)

角谷倫之 (KADOYA, Noriyuki)