九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Treatment Planning Comparison for Carbon Ion Radiotherapy, Proton Therapy and Intensity-modulated Radiotherapy for Spinal Sarcoma

松本, 圭司

https://hdl.handle.net/2324/1785359

出版情報：九州大学, 2016, 博士（医学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（2）

氏　　名：松本　圭司

論 文 名：Treatment Planning Comparison for Carbon Ion Radiotherapy, Proton Therapy and Intensity-modulated Radiotherapy for Spinal Sarcoma

（脊椎肉腫に対する炭素線治療、陽子線治療、強度変調放射線治療の線量分布比較）

区　　分：甲

論　文　内　容　の　要　旨

●背景

切除不能脊椎肉腫に対しては放射線治療が行われるが、腫瘍制御のためには脊髄耐容線量を超える大線量を腫瘍に照射する必要がある点が問題となる。耐容線量の低い脊髄を避けながら腫瘍に高線量を照射するための照射法として、強度変調放射線治療（IMRT）、陽子線治療、炭素線治療が行われている。この中で炭素線治療による脊椎肉腫に対する第 I/II 相および第 II 相臨床試験の結果、局所制御率 79%という良好な成績が報告されている。この報告では局所再発 8 例中 5 例が照射野辺縁再発であり、すべて腫瘍が脊髄と接している症例でその境界部分に再発していた。このことから脊椎肉腫に対する放射線治療は、近接する腫瘍−脊髄の境界部分をどれだけ正確に照射できるかが局所制御率に強く影響することが示唆された。IMRT、陽子線治療による脊椎肉腫に対する根治照射の治療成績の報告はなく、3 者の間で臨床成績の優劣はいまだ明らかになっていない。

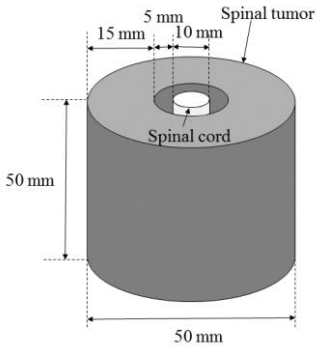
●目的

炭素線治療、陽子線治療、強度変調放射線治療（IMRT）のうち、どの治療法が脊椎肉腫に対して最も良好な線量分布を作成できるかを明らかにすることを目的とする。

●対象および方法

本研究では 3 種の治療法の物理的特性を一般化して比較するために、まず脊椎肉腫を模した円柱状仮想ファントムを作成し、これに対する 3 通りの治療計画を作成、比較した。次にその治療法間の物理的特性の違いが実際の治療計画に及ぼす影響を評価するため、脊椎肉腫 6 症例について同様に 3 通りの治療計画を作成、比較した。

<u>仮想ファントム作成と実症例の選択</u>：治療計画装置上で右図のように直径 50mm の円柱状仮想ファントムを作成した。中心には脊柱管、脊髄を示す構造を作成し、腫瘍−脊髄間の距離は 5mm とした。次に実際の脊椎肉腫症例として 6 例の腰椎腫瘍を選択した。腫瘍体積中央値 85.6mL で、全症例で腫瘍は脊髄と接していた。様々な症例に対する評価を可能にするため、腫瘍が脊柱管周囲を 1/2 周、3/4 周、全周性に取り囲んだ症例を各 2 例ずつ選択した。



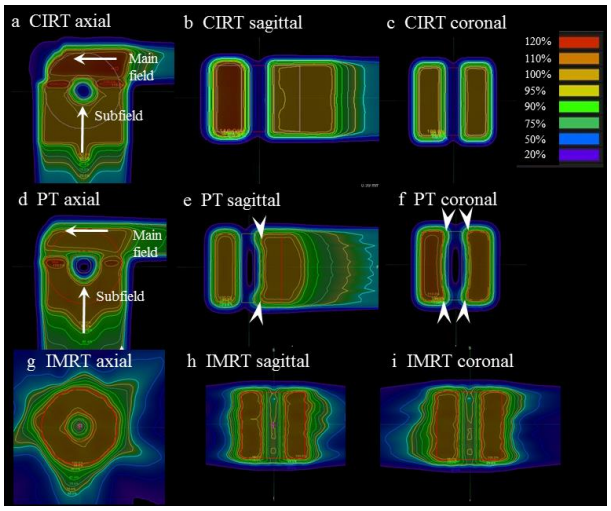
仮想ファントムの概要

<u>治療計画</u>：炭素線治療、陽子線治療はパッチ照射法という照射法を用いた。これはターゲットを 2 つに分割してそれぞれの部分を脊髄を避

けることが可能な別々の方向からのビームで照射してつなぎ合わせる照射法で、留置線治療固有の照射法である。また IMRT は volumetric modulated arc therapy (VMAT) 1 回転照射での治療計画を行った。線量処方は各治療法間で同等の生物学的効果となるよう、炭素線治療は 64 GyE/16 回、陽子線治療と IMRT は 77.4 Gy(E)/43 回とした。脊髄線量制約も同等の生物学的効果となるように、脊髄表面/中心線量を炭素線治療 48/41 GyE（16 分割）、陽子線治療、IMRT は 63/54 Gy(E)（43 分割）に設定し、治療計画は脊髄線量が線量制約内になることを最優先して作成した。相対的生物学的効果は炭素線、陽子線、IMRT それぞれ 3.0、1.1、1.0 とした。

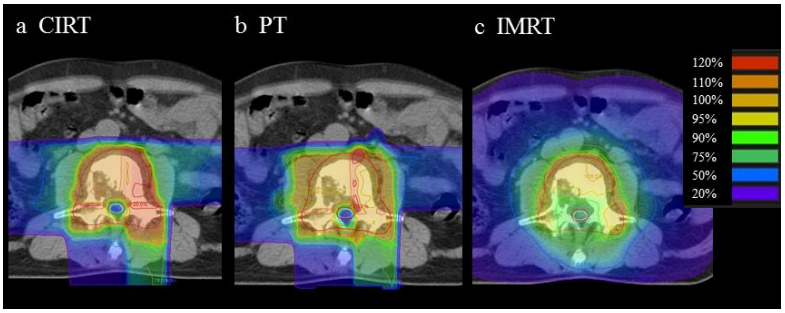
●結果

仮想ファントムでの評価 : 炭素線治療はターゲットに対するカバー率、脊髄線量低減とも良好だったが、陽子線治療はパッチ照射のビームつなぎ目部分の線量が不均一になりやすく、ターゲットのカバーが不良だった。IMRT はターゲットカバー率は良好だったが、脊髄中心部の線量が線量制約内ではあるものの 3 者の中で最も高かった。



仮想ファントムの線量分布

6 症例での評価 : ターゲットカバー率は炭素線治療、陽子線治療、IMRT の順に良好だった。中でも IMRT は腫瘍が脊髄周囲を取り囲むにつれてカバー率の低下が顕著だった。陽子線治療は腫瘍が脊髄周囲を多く取り囲んだ症例ほどビームつなぎ目部分の線量不均一性が強くなる傾向を示した。脊髄線量はいずれの治療法も線量制約内だったが、ファントムでの評価同様に IMRT では最も脊髄中心線量が高かった。



実症例の線量分布の 1 例

●結論

脊椎肉腫に対する放射線治療においては炭素線治療が最も良好な線量分布を示した。炭素線治療が生物学的にも他の照射法より優れている点や実際に良好な治療成績の報告があることからも、脊椎肉腫に対する放射線治療は炭素線治療が最も適していると考えられる。