

氏 名	みぞ 溝 脇 脇 尚 志
学位(専攻分野)	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	医 博 第 1843 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	医 学 研 究 科 内 科 系 専 攻
学位論文題目	Development of an MR simulator : experimental verification of geometric distortion and clinical application. (MR シミュレータ開発に向けた画像の歪みの検証と臨床での有用 性の確認に関する研究)

論文調査委員	(主 査) 教 授 小 西 淳 二	教 授 高 橋 正 治	教 授 平 岡 眞 寛
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

近年、治療すべき病巣（ターゲット）に選択的に放射線を照射し、その周囲正常組織への線量を可及的に減らす高精度放射線治療計画の重要性が広く認識されるようになった。そのため、従来から使用されてきた X 線シミュレータに加え、腫瘍と正常組織との位置を X 線 CT 上で正確に把握して治療計画を行い、線量分布計算と患者皮膚面への投光がオンラインで施行できる CT シミュレータが開発され、臨床の現場に急速に普及しつつある。

しかし、これらの治療計画で用いられる単純 X 線像や CT 画像は、脳・脊髓腫瘍や骨盤腫瘍、骨・軟部組織腫瘍等においては、腫瘍描出能が MR 画像に劣る場合が多い。また CT は撮影が水平断面像には限定されるのに対し、MR では矢状断面像や前額断面像が利用でき、体軸方向の腫瘍進展範囲の把握が容易という利点がある。従って、MR 画像上で治療計画可能な MR シミュレータの開発が強く望まれているが、未だ実現されていない。その主な理由は MR 画像の歪みと治療体位での撮影の困難さである。永久磁石型 MR 装置は、広いガントリー開口径と平板状の撮影台を持ち患者を放射線治療体位で撮影できる利点があるため、放射線治療計画への使用に好適であると考えられるが、現在まで永久磁石型 MR 装置の歪みの検証や治療計画への使用に関する報告は見られない。

したがって、本研究では MR シミュレータの開発のための基礎的研究として、0.2 テスラの静磁場強度を持つ永久磁石型装置の画像の歪みを詳細に検討するとともに、皮膚マーカーを用いた MR 補助下 X 線シミュレーションを行いその有用性を検証した。

2 種類のアクリル製格子状ファントムを作成し、画像の歪みを検証した。各ファントムの T1 強調および T2 強調画像を水平断、冠状断および矢状断面で撮影し、各画像上での格子交差部の位置のずれをモニター上で測定することにより定量化し、ずれの大きさと静磁場中心からの距離との関係を詳細に検討した。また、骨腫瘍患者14例を対象に、X 線シミュレーションに引き続いて MR 用皮膚マーカーを置いて MR

画像を撮影した。皮膚マーカーは、X線シミュレーションで決定された照射野の皮膚マーク上に固定し、撮影は完全な治療体位で行った。その後、MR画像上でX線シミュレーションで決定された照射野と腫瘍浸潤範囲との位置関係を検討し、照射野を修正・確定した。

ファントム実験の結果、永久磁石型MR装置の画像の歪みが、静磁場中心から半径12 cmの範囲であれば2 mm以内であることが示され、放射線治療計画への応用が可能であることが明らかになった。臨床応用では、骨腫瘍14症例の全例でMR画像が放射線治療計画において極めて有用であることが明らかとなった。また、このうち7例ではMR検査にてより適切な照射野が決定でき特に有用であった。この場合、X線シミュレーションで決定された照射野は、小さすぎる場合がほとんどであった。さらに、狭いガントリ内径のため多くの場合治療体位がとれない超伝導型MR装置と比べ、完全な治療体位で撮影できる永久磁石型MR装置が、放射線治療計画への使用に適していることも明らかにされた。

MR水平断面像のみならず冠状断、矢状断画像を放射線治療計画へ応用した臨床報告は数件に限られ、本研究のようなMR用皮膚マーカーを使用して、治療体位で撮影し治療計画に使用した報告は見られない。本研究の結果、可動式の治療計画用レーザープロジェクターの設置により、MR画像情報から照射野の決定は容易であると考えられ、永久磁石型MR装置を使用した実用的なMRシミュレータ開発の可能性が強く示された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、放射線治療計画用永久磁石型MRIシミュレータの開発を目的に行われた。本装置は、平板な撮影台をもち、超伝導型装置では困難な治療体位下の撮像が可能である。

まず、最大の問題点であるMR画像の歪みを、格子状ファントムを作成して詳細に検証した。この結果、静磁場中心から半径12 cm以内では、位置のずれは2 mm以下であることが明らかになった。次に骨腫瘍患者14例を対象に、考察したMR用皮膚マーカーを用いて、MR補助下X線シミュレーションを施行した。その結果、全例でMR画像は治療計画に有用であり、7例では最適な照射野への修正が可能であった。

本研究の結果、永久磁石型MR装置の画像の歪みが詳細に判明し、治療計画に使用する際の重要なデータが得られた。また、骨腫瘍の放射線治療計画ではMR画像が極めて有用であるとともに、永久磁石型装置が治療計画に適していることも明らかになった。永久磁石型MR装置の画像の歪みを検証・定量化した報告や、MR用皮膚マーカーを使用したMR補助下X線シミュレーションに関する報告は他に見られない。

以上の研究はMRシミュレータの開発に貢献し、高精度放射線治療の発展に寄与するところが多い。

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。

なお、本学位授与申請者は、平成9年2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。