

論文内容要旨

論文題目

骨盤部腫瘍に対する根治照射においてスペーサー留置術を考慮すべき
腫瘍-消化管距離 -重粒子線と X 線の比較-

責任講座：放射線医学講座 放射線腫瘍学分野
氏名： 山田 真義

【内容要旨】(1,200 字以内)

【背景】放射線治療では、腫瘍と正常臓器の解剖学的な位置関係により、腫瘍に投与する線量を制限しなければならないことがある。固形がんの場合、一般的に腫瘍の制御に必要な線量は消化管の耐容線量よりも高いため、消化管に近接する腫瘍では腫瘍全体に根治線量を投与することが困難である。消化管に近接する腫瘍への対策として、スペーサー留置術や、強度変調放射線治療・粒子線治療の使用が挙げられる。しかし、スペーサー留置術の適応をどのように判断するか、また放射線の種類によりスペーサー留置術の適応判断がどのように変わるかということは未解明である。本研究では、消化管に近接する骨盤部腫瘍に対する根治照射（重粒子線および X 線）において、スペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離を定量化することを目的とした。

【方法】本研究では理論的検討として、様々な厚さの仮想スペーサー留置を想定し、重粒子線および X 線を用いたシミュレーションの放射線治療計画を作成する。消化管の耐容線量内で根治照射を可能とする仮想スペーサーの厚さを検討することで、スペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離を定量化する。対象として、消化管に近接する骨盤部腫瘍を有する 55 症例を登録した。仮想スペーサーは、GTV (gross tumor volume; 肉眼的腫瘍体積)を三次元的に拡張した構造物から GTV を差し引いた体積と定義し、評価する消化管は、本来の消化管から仮想スペーサーを差し引いた体積と定義した。放射線治療計画は、70Gy / 35 分割を処方線量とし、PTV (planning target volume; 計画的標的体積、GTV に 7 mm の等方性マージンを付与した体積) に対して D95 (95%の体積に処方線量以上の線量が投与される) 処方を行い、線量分布を正規化した。線量制約 (PTV の D2% (2%の体積に照射される最大線量、最大線量の近似値) < 77 Gy) を満たした上で、消化管の線量を可能な限り低減するように作成された。消化管の D2 cc (2 cc の体積に照射される最大線量) < 50Gy を満たすために必要な仮想スペーサーの厚さの最小値を「MTS (minimum thickness of spacers; スペーサーの最小厚)」と定義した。目的変数に MTS を、説明変数に PTV と OV14・PTV (OV14; 消化管と厚さ 14mm の仮想スペーサーが重複する体積)を用いて回帰分析を行った。

【結果】重粒子線および X 線では、MTS の最大値はそれぞれ 9 mm と 13 mm であった。単回帰分析では、重粒子線および X 線のいずれにおいても、PTV と OV14-PTV は MTS に正の相関を示した ($p < 0.05$)。重回帰分析で求められた回帰式は、重粒子線では $MTS = 7.463 + 0.022 \times (OV14 - PTV) + \varepsilon$ (ε はモデルに付随する誤差)、X 線では $MTS = 8.957 + 0.068 \times (OV14 - PTV) - 0.003 \times (PTV) + \varepsilon$ であり、多重 R^2 値は、重粒子線および X 線で、それぞれ 0.571 と 0.347 であった。

【結論】本研究では、重粒子線および X 線で、スペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離はそれぞれ 9 mm および 13 mm 未満の場合であることを初めて明らかにした。

令和4年 1月 12日

山形大学大学院医学系研究科長 殿

学位論文審査結果報告書

申請者氏名：山田 真義

論文題目：骨盤部腫瘍に対する根治照射においてスペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離-重粒子線とX線の比較-

審査委員：主審査委員 永瀬 智



副審査委員 元井 冬彦



副審査委員 岩井 岳夫



審査終了日：令和4年 1月 7日

【 論文審査結果要旨 】

がん治療における放射線治療は、外科的手術や化学療法と並んで重要な治療法である。放射線治療は、正常組織の機能を温存しつつ治療を行うが、隣接臓器の損傷を回避するため腫瘍に投与する線量を制限しなければならないことがある。消化管に近接する腫瘍への対策として、スペーサー留置術の有効性が示されているが、スペーサー留置術の適応をどのようにして判断するか、また、放射線の種類によりスペーサー留置術の適応がどのように変わるかに関しては、解明されていない。

本研究は、消化管に近接する骨盤部腫瘍に対する根治照射において、スペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離を定量化することを目的として、骨盤内腫瘍 55 例を対象に重粒子線およびX線を用いたシミュレーション放射線治療計画を作成した。消化管のD2cc(2 ccの体積に照射される最大線量)<50Gyを満たすために必要な仮想スペーサーの厚さの最小値をMTS(minimum thickness of space; スペーサーの最小厚)と定義し、重粒子線及びX線でのMTSを算出した。

重粒子線およびX線では、MTSの最大値は、それぞれ9mm、13mmであった。また、MTSは、重粒子線およびX線治療計画において、単回帰分析では計画的標的体積(PTV)とPTVに接する消化管の体積の指標であるOV14-PTVと正の相関があり、重回帰分析では、重粒子線においてはOV14-PTVが、X線においてはPTVとOV14-PTVの2つがMTSに関連するパラメーターであることを示した。このことから、標的体積に接している消化管の体積がMTSに最も影響を与えていることを明らかにした。

審査委員会においては、腫瘍の局在位置とMTSとの関連を示すデータを記載すること、OV14-PTVの臨床的意義の説明を含め、放射線治療専門医以外にも理解しやすい表現に修正が必要であること、スペーサー留置術を検討する上での実臨床に即したフローチャートを示すこと、などの意見があった。論文の一部修正が必要ではあるが、研究内容は重粒子線治療において、スペーサー留置術を考慮すべき腫瘍-消化管距離を定量化した初めての報告であり、実臨床に応用可能な有益な知見を得ている。審査委員会では、本研究内容は学位に値するものであると判定した。