

京都大学	博士 (人間健康科学)	氏名	鶴田 裕輔
論文題目	Establishment of the quality assurance method based on patient positioning errors for stereotactic volumetric modulated arc therapy for intracranial lesions (頭蓋内病変に対する定位的強度変調回転放射線治療における患者位置誤差に基づく品質管理法の確立)		
(論文内容の要旨)			
<p>定位放射線治療は、小病変に対して線量を集中的に照射する技術であり、頭蓋内病変に対する治療選択肢の一つとして知られている。本照射技術を臨床適用するには、高い固定精度が要求されている。放射線治療では、画像上で決定した病変に対して、固定精度の不確かさを補償することを目的としたマージンを設定し、病変への線量を担保している。固定精度は、患者固定具や位置照合装置の性能に依存し、マージンサイズを左右する重要な因子であるため、治療システムを含めた包括的な評価が必要である。一方、固定精度が高かったとしても、照射中に突発的な位置変動が発生することがあるため位置誤差をゼロにすることは不可能である。そのため、放射線治療計画通りに線量分布を投与できているかどうかは明らかではない。</p> <p>本研究は、頭蓋内病変に対して定位放射線治療を施行した患者の位置誤差に基づく品質管理法を確立し、下記に示した成果を得たものである。</p> <p>(1) 頭蓋内病変に対する定位放射線治療における固定精度の評価</p> <p>京都大学医学部附属病院 (以下、当院)にて頭蓋内病変に対して定位放射線治療を施行した 143 症例を対象とした。実際の照射を想定し、患者を熱可塑性プラスチック製マスクにより 15 分間固定した。治療室設置型位置照合装置および 6 軸補正が可能なロボット寝台を用いて、頭部の動き (Intrafractional motion: IFM) を評価した。また、マスクで固定した状態で頭を動かすように指示した直後の動き (IFMm) も評価した。並進成分の IFM は 1 名を除き 1 mm 以内であった。また、IFMm も全方向で 1 mm 以内であった。本検討により、当院における頭蓋内病変に対する定位放射線治療での固定精度は十分に高いことを明らかにした。</p> <p>(2) 多発転移性脳腫瘍に対する単一アイソセンター強度変調回転放射線治療における腫瘍位置変位量と積算線量分布の相関性評価</p> <p>近年、多発転移性脳腫瘍に対して単一アイソセンター強度変調回転放射線治療が実現されており、固定精度を高く維持したまま短時間で照射できるようになった。しかしながら、本照射技術では、従来よりも照射領域が広範囲に及ぶため、照射中に観察される残余誤差が線量分布の質を劣化させる恐れがある。そこで本検討では、当院にて多発転移性脳腫瘍に対して定位放射線治療を施行した 72 症例 (計 417 個の脳腫瘍) を対象とし、並進成分と回転成分の残余誤差を考慮した腫瘍位置変位量 (ΔD) および腫瘍中心位置-アイソセンター間距離 (d) との関係性を解析した。照射中に取得した位置照合用 X 線画像から残余誤差を求め、延べ 7,270 個の ΔD を得た。 ΔD が 1 mm 以内であった割合は 97.0% であった。また、 ΔD と d の間に相関はみられなかった ($r = 0.11$)。続いて、 72</p>			

症例のうち ΔD が 1 mm より大きかった 5 症例 (計 53 個の脳腫瘍) を選択し、自作で開発したプログラムを使用して、残余誤差を反映した CT 画像を生成した。各 CT 画像上で線量分布を計算し、それらの合算を積算線量分布として、残余誤差を考慮していない計画線量分布と比較した。その結果、各腫瘍の 99.5% および 0.5% 体積に投与される線量 (D99.5% および D0.5%) の差は D99.5% で $-0.4 \pm 2.5\%$ ($p = 0.47$)、D0.5% で $-1.0 \pm 0.8\%$ ($p = 0.16$) であった。また、D99.5%、D0.5% の差と ΔD との間に相関は見られなかった (D99.5%: $r = -0.01$, D0.5%: $r = 0.03$)。本検討により、残余誤差を考慮した積算線量分布は、計画線量分布と同等の質であることを証明した。

以上の研究は、頭蓋内病変に対する定位放射線治療における患者位置誤差を解析することで高精度に照射できていることを示したものである。今後、本研究成果と臨床成績を複合的に解析し、放射線治療計画へフィードバックすることで更なる高精度化に寄与できることが期待される。

(論文審査の結果の要旨)

定位放射線治療は小病変に対して線量を集中的に照射する技術であり、頭蓋内病変に対する治療選択肢の一つである。本照射技術は高い固定精度が要求されているが、患者固定下における残余誤差ならびにそれに起因する線量分布の変化は不明である。そこで本研究では、頭蓋内病変に対して定位放射線治療を施行した患者の位置誤差に基づく品質管理法を開発した。以下に、各研究項目の要旨をまとめる。

1. 頭蓋内病変に対する定位放射線治療における固定精度の評価
頭蓋内病変に対して定位放射線治療を施行した 143 名を熱可塑性プラスチック製マスクで 15 分間固定し、固定精度を評価した。本検討より、実際の照射を想定した時間内における固定精度は十分に高いことを明らかにした。
 2. 多発転移性脳腫瘍に対する単一アイソセンター強度変調回転放射線治療における腫瘍位置変位量と積算線量分布の相関性評価
残余誤差を反映した CT 画像を用いて積算線量分布を算出し、残余誤差を考慮していない計画線量分布と比較した。その結果、腫瘍に対する最小線量や最大線量の差は臨床的に許容内であり、腫瘍位置変位量や腫瘍中心位置-アイソセンター間距離とも相関は見られなかった。
- 以上の研究は、頭蓋内病変に対する定位放射線治療が高精度に照射できていることを示したものである。今後、本研究成果と臨床成績を複合的に解析することで定位放射線治療の更なる高精度化に寄与できることが期待される。

したがって、本論文は博士 (人間健康科学) 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、令和 4 年 10 月 4 日実施の論文審査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。

要旨公開可能日： 年 月 日以降