

学 位 論 文 要 旨

報告番号	帝京大 第 号	氏名	熊谷 仁
題名： 有効密度法による放射線治療計画装置と検証用測定器間の誤差改善			
背景			
<p>IMRT(Intensity Modulated Radiotherapy)やSBRT(Stereotactic Body Radiotherapy)と呼ばれる高精度放射線治療技術は、ここ数年の間に急速に普及している。これらは、腫瘍に高線量をより投与し、周辺正常組織の線量を低減させるといった、従来の照射技術とは一線を画すものである。特に、IMRT の線量分布は放射線治療装置のコリメータや、ビームの線量率が複雑に変化をすることで実現される。</p> <p>一般的に、高精度放射線治療を患者に施行する前に、放射線治療装置から照射される線量分布や絶対線量が、治療計画による計算結果と整合がとれているか「検証」する過程が必要になる。線量分布の検証には、3次元測定器とよばれる測定器が近年使用されるようになった。3次元測定器は立案した治療計画の線量分布を3次元測定器用のバーチャルファントムにて再計算し、計画線量分布と実測線量分布を比較することで、治療計画の正当性を示すものである。</p> <p>3次元測定器としてよく使用されている Delta4 は、近年の研究で治療計画線量との間に+2%ほどの無視しがたい系統誤差が生じることが明らかになった。日本放射線腫瘍学会の IMRT 物理技術ガイドラインでは、線量誤差の許容レベルが±3%以内とされている。つまりこの系統誤差を放置すると、この許容レベルを容易に超えてしまう可能性がある。そのため、3次元測定器と治療計画線量との間に生じる系統誤差の原因究明が急務となっている。</p>			
目的			
<p>本研究の目的は、IMRT の線量検証において、治療計画装置Pinnacle³による計算結果とDelta⁴間に生じた系統誤差の原因を究明し、それらの系統誤差を軽減するための新しい手法を提案することである。</p>			
方法			
<p>Delta⁴はPinnacle³に外形を模したバーチャルファントムで計測を行うので、治療計画線量分布を計算する際には計算機の中のファントムの電子密度が、物理ファントムの電子密度と同じ必要がある。ところがPinnacle³で導き出される線減弱係数は実際よりも9%程度大きくなり、Pinnacle³の線量計算カーネルで表現されるファントムは、実際にファントムに光子が照射されたときに発生する相互作用を正確に再現できていない可能性がある。</p> <p>この可能性を検討するために、モンテカルロシミュレーションにて、Pinnacle³のカーネルで表現する線減弱係数(Kernel_PMMA：水の質量減弱係数 × PMMA の物理密度)と、実際の PMMA の線減弱係数(True_PMMA：PMMA の質量減弱係数 × PMMA の物理密度)を有する2種類の物質のPDD(Percentage Depth Dose)を計算し、それぞれの深さにおける相対誤差を得た。</p>			
備考 掲載予定の場合は、掲載証明書を添付のこと。			

現在のワークフローではPinnacle³で Delta4 ファントムに与えられる吸収線量を評価しているので、Pinnacle³でファントムの密度に指定する正しい値を見つけるために、有効密度法を考案した。有効密度法は、水と PMMA の線減弱係数が一致するような見かけの密度を計算し、それをPinnacle³に指定する方法である。

有効密度法の有効性を検証するために、Delta⁴の PMMA ファントムによる絶対線量測定と、Pinnacle³における計算線量値の比較を行った。SCD(Source Camber Distance)を 100cm とした PMMA ファントムに対し、ファントム表面から測定点までの深さを 3cm, 5cm, 10cm, 15cm となる点に Semiflex 型電離箱を挿入して絶対線量検証を行った。この地点における線量を、Pinnacle³における計算線量と比較した。

結果

モンテカルロシミュレーションより、深部領域の実際の線量付与（測定値）を模擬した値（True_PMMA）は Pinnacle の計算を模擬した値（Kernel_PMMA）の PDD はと比較して 2%以上高くなるという結果が得られた。これは、Pinnacle³のカーネルでの計算値よりも、常に実際の PMMA の線量が少しだけ多く（2%程度）付与されることを意味している。この事実は、そのまま+2%の系統誤差の原因であると考えられる。

有効密度法により決定した物理密度は、4MV で 1.155[g・cm³]、10MV で 1.151[g・cm³]であった。この値を用いた PMMA ファントムの絶対線量測定結果は、4MV および 10MV でともに±1%以内に収まった。PMMA の物理密度を直に指定した場合は 4MV および 10MV では最大で-3%を超える線量誤差が生じたことから、有効密度法は線量誤差に著しい改善をもたらしたと言える。

結論

本研究は、Pinnacle3 と Delta4 の間に生じた無視できない系統誤差の原因を、モンテカルロシミュレーションによる結果と物理的な解釈によって究明した。そしてこの誤差を解決するために、有効密度法という新しい密度決定方法を示し、絶対線量測定からその妥当性を示した。

備考 掲載予定の場合は、掲載証明書を添付のこと。