

論文の内容の要旨

論文題目 ガンマナイフ治療における頭蓋外被ばくに関する研究

氏名 今 大輔

強度変調放射線治療 (IMRT) や画像誘導放射線治療 (IGRT) を始めとする高精度治療の発展が著しい. これら新しい治療技術を用いて標的に対する線量を高め, 周囲の正常組織への被ばく線量を減少させる事で治療成績の向上が期待されている. しかし, これらの治療技術は従来のもとは比べ複雑化しており, 治療照射野内の線量分布を向上させた結果, 照射野外の被ばく線量を従来よりも増加させてしまうことも指摘されている. これらの照射野外被ばくは, 照射野内に比べて低線量であるが, 近年, 低線量被ばくによる晩期有害事象, 特に放射線治療後の二次性発がんや心臓毒性についてリスクの上昇が指摘され, 治療後の長期追跡によって線量-反応関係の解明を含む研究必要性が叫ばれている. このような状況の元, 測定やモンテカルロシミュレーションを用いて解析が進み, 米国医学物理学会 (AAPM) より照射野外被ばくに関する広範なガイドラインが公表されるに至っている. この中でガンマナイフに関しての記述は, 他の治療機器との定性的な線量の比較にとどまっており, この分野の更なる研究が必要である. 特に, ガンマナイフにおける頭蓋外領域の被ばく状況を検討したシミュ

レーションは今まで行われておらず、頭蓋外被ばくに寄与する放射線の起源等、特性を解明には至っていない。本研究では、将来の頭蓋外被ばく線量計算モデル構築のため、この領域のモンテカルロシミュレーションを世界で初めて行った。

シミュレーションの為に装置モデルを、ベンダーから秘密保持契約の元で提供された情報に基づいて作成した。実測値との比較を通じた妥当性確認の結果、シミュレーションモデルの妥当性が確認出来、以降の被ばく状況の検討は詳細モデルを用いて行った。

頭蓋外被ばく状況のシミュレーションを通して、被ばく線量に寄与する粒子の起源、エネルギー、経路が明らかになった。ガンマナイフ装置の構造上の理由により、漏洩線の量が多くなる部分が存在する事が示唆された。また、頭部、頸部等焦点に近い位置においては、直接線成分からの体内散乱も一定の割合で寄与しているが、それよりも遠位の位置においては、直接線成分の体内散乱からの影響はほぼなくなり、装置遮蔽体からの漏洩が支配的な要因であった。このような寄与割合の変化に関連し、焦点からの距離に応じて被ばくに寄与している粒子の平均エネルギーは変化していた。

本研究の結果により、ガンマナイフによる治療時の頭蓋外被ばくの計算モデルを改善するための手がかりが得られた。また、被ばくを与える放射線の特性を考慮して、若年者や妊婦の治療が検討される際の、防護手法の改善についての助けともなろう。本研究をとおして、装置の構造・素材に関する情報さえあれば、モンテカルロシミュレー

シオンによって被ばく線量を後から再計算できる可能性が示唆された。近年、ガンマナイフ治療後の長期成績が示され始めている。モンテカルロシミュレーションにより、患者ごとの臓器吸収線量が判明すれば、放射線治療後の晩期有害事象における線量-反応関係の解明にガンマナイフ治療後の観察データが資するところは大い。今後、さらにシミュレーションによるこの領域のデータを整備し、実患者の臓器吸収線量を計算可能なアプリケーションとして、臨床で役立つシステム開発を行う予定である。