



Cアーム型ライナック定位的放射線治療装置の基礎的研究

丸田, 力

(Degree)

博士 (医学)

(Date of Degree)

1998-02-04

(Date of Publication)

2014-01-31

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2199

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3141244>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002199>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	丸 田 力 <small>まる た つとむ</small>	(京都府)
博士の専攻分野の名称	博士(医学)	
学位記番号	博ろ第1615号	
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当	
学位授与の日付	平成10年2月4日	
学位論文題目	C アーム型ライナック定位的放射線治療装置の基礎的研究	

審査委員 主査 教授 河野 通雄
教授 玉木 紀彦 教授 横山 光宏

論文内容の要旨

【はじめに】

定位的放射線照射 (stereotactic irradiation 以下, STI) は非常に小さな領域に高線量を集中させる事により, 副作用の軽減と治療効果の増大を狙う治療法である。

Leksellらによって始められたガンマナイフを用いたSTIは治療法として完成した感があるが, 直線加速器 (以下, ライナック) を用いたSTIは進歩の途上にある。ライナックを用いたSTIは通常multiple non-coplanar converging arcs法 (以下, MCA法) によりなされるが, ガントリー, 治療台両者の回転を組み合わせる必要があり, 手技的にも煩雑で位置精度悪化の一因となっている。1996年神戸大学医学部脳神経外科学教室と三菱電機により共同開発されたCアーム型定位的放射線治療装置 (以下, Cアーム型ライナック) はガントリーの2軸回転による円錐運動にて, 歳差集光照射法 (Precessional Convergent Radiotherapy以下, PCR法) によるSTIが可能である。しかしCアーム型ライナックによるPCR法はMCA法と全く異なった方法であり, 治療パラメーターの最適化など検討すべき問題も多い。そこでCアーム型ライナックを用いたPCR法の線量分布について3次元治療計画装置 (以下, 3D-RTP) を用いた計算値と実験による測定値を比較し, アーク数の最適化について基礎的検討を加えた。更にこれらの結果とMCA法を比較検討した。

【方 法】

A, 3D-RTPによる線量計算値と実測値の比較

実測値の求め方として, まず直径19.8cmのMix DP製球形ファントム中央断面にX線フィルム (XV-2) をはさみLeksell固定具に固定した。アプリーケーター径10, 20, 30mmの各々につき, X線エネルギー6MV, Cアーム角10, 30, 60度の3アーク (360度回転) にてPCR法を行い, フィルム法にて線量プロフィールを求めた。フィルム法における濃度測定時のデータ処理はマイクロデンシトメーターにより行った。一方計算値は三菱電機社製RPS700Uにて算出した。計算アルゴリズムはRatio TPR法を用い, 左右方向, 前後方向および頭尾側方向で各々評価した。

B, PCR法におけるアーク数と線量分布の比較

同様の方法にてPCR法における良好な線量プロフィールを得る為に必要なアーク数を3D-RTPによる計算および実測から求めた。アプリーケーター径は20mm, X線エネルギーは6MVとし, アーク数は2から5アークまでをCアーク角10度から60度までほぼ均等になる様に配置した。線量プロフィールのみでは評価不十分な為, dose-volume histogram (以下, DVH) を用いて3次元線量分布を定量的に評価した。

C, PCR法とMCA法の線量分布の比較

Bと同様の条件下でPCR法MCA法を比較した。PCR法は3アークおよび5アーク法を比較の対象として用いた。MCA法はPCR法と同じCアーム型ライナック, アプリーケーター, エネルギーを用いた。治療台を15, 45, 75, -15, -45, -75度に動かし, それぞれにガントリを140度振る6アーク法にて施行した。

【結果】

A, 3D-RTPによる線量計算値と実測値の比較

直径20mmのアプリーケーターを用いた場合, すべての方向で線量プロフィールの計算値と実測値は良好に一致していた。また他のアプリーケーター(直径10, 30mm)でもほぼ同様の一致を認めた。これらの線量の降下は良好でSTIを行うに適するものであった。

B, PCR法におけるアーク数と線量分布の比較

線量プロフィール上, アーク数を増やす事により低線量域にて若干の線量分布の改善を認めるが, 臨床上問題となる20%以上の線量域では3アーク以上で殆ど差が無かった。DVHでは2アーク以上で差が出なかった。

C, PCR法とMCA法の線量分布の比較

MCA法においてもRTP計算値と実測値は良好に一致した。MCA6アーク法とPCR3アーク, 5アーク法では線量プロフィール上低線量域以外, 差が出なかった。DVHにおける検討でも両者に殆ど有意な差を認めなかった。

【考察】

ライナックを用いたSTIにはMCA法, dynamic rotation法, PCR法があるが, いずれも3次元的な運動照射法である。従来のPCR法は患者を座位のまま固定しその姿勢のまま回転椅子等にて回転させる必要があった為, 非常に煩雑な手技を必要とし, 状態の悪い患者には施行不可能であった。Cアーム型ライナックを用いたPCR法は患者を臥位のまま治療台とともに全く動かさず照射可能な為, 従来のPCR法の欠点を解決可能である。更にMCA法と比較しても治療台を全く動かす必要の無い事より, 位置精度の改善, 手技の簡略化およびこれに伴う治療時間の短縮が期待される。

STI施行にあたり, 実際の臨床では3D-RTPの使用は必須であると言える。今回の検討において3D-RTPによる計算値は実測値よりわずかにピークの幅が広いが概ね良好な一致を見せ, 臨床上容認できると考えられた。

PCR法におけるアーク数は線量分布のみから見ると多い方が良いのは当然で, 線量が分散される事により病巣周囲正常組織の被曝量が軽減する。しかし治療計画立案時の煩雑さや治療時間の面からはアーク数は少ない方が有利である。DVHから見ると2アーク以上でアーク数を増やして改善するのは臨床上あまり意味を持たない低線量域のみであり, いたずらにアーク数を増やす必要は無いもの

と考えた。ただ2アークのみでは線源方向にかなりの高線量域が延びてしまう事、皮膚線量も無視できない事より臨床応用は1アイソセンターあたり3アークないし4アークが適当と考えられた。

PCR法とMCA法は適切なアーク数さえ選択すれば、線量分布の面からは大差はないものと考えられた。施設により異なるが一般にMCA法は4アークから11アークまでが用いられているので我々は6アークを採用した。ただし、対向ビームは線量分布を悪化させることより一般にMCA法は1アークあたりガントリーを140度ほどしか回転できないがPCR法ではその心配がない為、360度回転可能である。従って同じ総回転角を得るにはMCA法はPCR法と比較し、アーク数を増やす必要があり不利である。臨床応用にあっても、Cアーム型ライナックでのPCR法では最初に患者をセットアップすると後は一切治療室に入る必要がないが、MCA法では1アーク毎に治療室に入り、治療台を回転させる必要がある。これは治療時間の延長、マンパワーの浪費だけでなく、位置精度の悪化にもつながるMCA法の重大な欠点である。

実際の臨床において標的が完全な球体であることはまずあり得ず、不整形の高線量域をつくる必要がある。また近隣に放射線高感受性の注意臓器がある時はその方向に高線量域が延びない様にすることも重要である。実際の照射にあたっては以上の基礎的検討結果を踏まえて症例に応じたアプリーケーター径やCアーム角の選択、アーク毎の線量比の調節、ガントリー回転角の制限、複数のアイソセンターの設定などのパラメーターの最適化が重要と考えられた。

論文審査の結果の要旨

Cアーム型定位的放射線治療装置（Cアーム型ライナック）を用いた歳差集光照射法（precessional convergent radiotherapy, PCR法）の線量分布について3次元治療計画装置（3D-RTP）を用いた計算値と実験による測定値を比較し、アーク数の最適化について基礎的検討を加えた。更にこれらの結果と現在最も普及している定位的放射線照射法であるmultiple non-coplanar converging arcs法（MCA法）を比較検討した。3D-RTPによる線量計算値と実測値の比較では、測定したすべての方向、アプリーケーターで線量プロフィールは良好に一致していた。これらの線量の降下は良好で定位的放射線照射に適するものであった。PCR法におけるアーク数と線量分布の比較ではアーク数を増やす事により低線量域にて若干の線量分布の改善を認めるが、临床上問題となる30%以上の線量域では3アーク以上で殆ど差が無かった。dose-volume histogram（DVH）では2アーク以上で差が出なかった。MCA 6アーク法とPCR 3アーク、5アーク法の比較では線量プロフィール、DVHとも両者に明らかな差は無かった。従来のPCR法は患者を座位のまま固定しその姿勢のまま回転椅子等にて回転させる必要があった為、非常に煩雑な手技を必要とし、状態の悪い患者には施行不可能であった。Cアーム型ライナックを用いたPCR法は患者を臥位のまま治療台とともに全く動かさず照射可能な為、従来のPCR法の欠点を解決することが可能である。更にMCA法と比較しても治療台を全く動かす必要の無い事より、位置精度の改善、手技の簡略化およびこれに伴う治療時間の短縮が可能である。本法は自由度が高く、実際の照射では更に種々のパラメーターの最適化が必要だが、優れた定位的放射線照射法と考えられた。

以上、本研究は直線加速器による定位的放射線照射法を線量分布の観点より研究したものであるが、従来ほとんど検討されていなかった歳差集光照射法について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、本研究者は、博士（医学）の学位を得る資格があると認める。