

多発性脳転移に対する回転型強度変調定位放射線照射

Volumetric-modulated arc stereotactic irradiation (VMAT-STI)

(文責 京都大学医学部附属病院 放射線治療科 宇藤 恵・小倉 健吾・溝脇 尚志)

要旨

近年の放射線治療領域における2つの技術革新である、画像誘導放射線治療(Image-guided radiation therapy: IGRT)および回転型強度変調放射線治療(Volumetric-modulated arc therapy: VMAT)の実用化により、非侵襲的に多数の脳転移を一度にまとめて定位放射線照射(Stereotactic irradiation: STI)できる VMAT-STI が臨床適用可能となりました。VMAT-STI の実用化によって、多発脳転移に対する定位放射線照射を非侵襲的にガンマナイフより短時間で施行可能となり、患者負担が大幅に軽減されます。また、分割照射である定位放射線治療もピン固定と同様の高精度で施行可能です。

背景

癌患者の約 10-30%は脳転移をきたすとされており、画像上明らかな転移巣が 1 か所のみであったとしてもその他の脳実質に微小転移が存在している可能性が高く、従来から全脳照射が広く用いられ、現在も標準治療の一つとして確立しています。一方、転移巣に限局させて多方向から集中的にその病変のみに照射を行う定位放射線照射 stereotactic irradiation (STI) があります。全脳照射による晩期障害(認知機能障害、高次機能障害など)を懸念し、全脳照射を行わずに、それぞれの病変に対して STI 単独治療を行い、その後注意深く経過観察する治療方針もあります。これまでこの治療方針は脳転移の個数が少ない場合に選択されることが一般的とされ、特に 4-5 個以上の多発脳転移の症例に関しては全脳照射をすべきか、全脳照射を行わずに STI 単独治療のみとすべきか議論の別れるところでした。

しかしながら、日本で施行された多施設前向き観察研究(JLKG0901)の結果、1-10 個の脳転移を持つ患者を対象に STI 単独治療を行った 1194 症例を、転移個数が 1 個、2-4 個、5-10 個群に分けて解析した結果、転移個数が 1 個の群では生存期間中央値が 13.9 か月と他の群と比較して有意に長かったのですが、2-4 個と 5-10 個の群間では生存期間中央値に有意差が認められませんでした。このような背景を踏まえ、NCCN ガイドライン 2015 年第 1 版では 4 個以上の多発脳転移患者に関しても、全身状態が良好でかつ頭蓋内の総腫瘍体積が少なければ、STI 単独治療も全脳照射と共に選択肢の一つとして記載されるようになりました。

リニアックおよびガンマナイフによる従来の定位放射線照射の現状と問題点

これまで、直線加速器(リニアック)を用いた STI では 1 つの転移巣の治療に比較的長時間を要することと、リニアックは一般照射にも用いられることから、4 個以上の脳転移に対する治療は実臨床上現実的ではありませんでした。一方、頭部 STI 専用機であるガンマナイフは、STI 専用

機であることと単純な構造の特徴を生かして 10 病変程度であれば、それなりの加療時間を要するものの実臨床治療することができます。したがって、現在までの 4-5 個以上の脳転移に対する STI は、リニアックではなくほとんどガンマナイフで行われてきました。一方、ガンマナイフでは患者さんの頭蓋骨に局所麻酔下で定位照射用フレームを 4 か所ピン固定する必要があるため、患者さんの苦痛が生じることが問題となっていました。また、ガンマナイフの場合、ピン固定を行う必要があるため基本的には 1 回大線量の定位手術的照射 (SRS) での加療しかできません。さらに、腫瘍径が 2 cm を超える大きな腫瘍に対する SRS では、脳壊死のリスクが急増するために処方線量を低く抑える必要があるため、腫瘍制御率は満足のいくものではありませんでした。最新のガンマナイフでは、非侵襲的マスク固定が使用可能ですが、後述のリニアックによる IGRT のようにピン固定並みの治療精度を確保できず、脳転移に対する STI への使用には不安が残ります。

VMAT-STI について

近年の照射技術の発展に伴い VMAT-STI が開発され、非侵襲的マスク固定で侵襲的なピン固定と同等の位置固定精度を保ったまま、短時間のうちに同時に複数の転移巣を治療することが可能となりました。VMAT とは照射したい病巣となるべく照射を避けたい正常組織とのメリハリをより高精度につけられる強度変調放射線治療 (intensity-modulated radiation therapy: IMRT) の技術の一種で、回転しながら IMRT を行う照射方法です。VMAT 照射技術で STI を行うため VMAT-STI と呼ばれます。

リニアックによる VMAT-STI の利点は大きく分けて以下の 3 つがあげられます。

1 つ目は前述のとおり、複数の病変を一度にまとめて加療する際に従来と比べ大幅に短い時間で治療を行うことができる点です。

2 つ目はピン固定を行う必要がないという点です。定位照射装置のひとつであるガンマナイフは 1 度に多数の転移を短時間で照射することが可能ですが、一般的にピン固定が必要となるため侵襲的な治療となります。一方、VMAT-STI では固定精度の高いフレームレスマスクと 6 軸寝台カウチによる高精度な位置補正機能、および、患者位置のリアルタイムモニタリング機能により、ピン固定をしなくてもガンマナイフと同等の照射精度が確保できます。ピン固定と異なりマスクは着脱可能であるため、日を分けた分割照射も安全に行うことができます。特に大きな腫瘍や脳幹・運動野などの機能部位にある病変の場合、より高い治療効果と有害事象のリスク軽減のため分割照射が望ましいとされており、VMAT-STI はこのようなハイリスク病変に対して高い精度を保ったまま分割照射を行うことができます。また、ガンマナイフなどでの SRS では十分な線量を投与できなかった大きな腫瘍に対しても、分割照射で対応可能です。

3 つ目は VMAT 技術によって、不整形もしくは大きな腫瘍に対して、病巣の形状に応じた線量投与が可能となり、また周辺の正常組織への線量を抑えることができる点です。従来のリニアックによる定位放射線照射と比較して、腫瘍への線量集中度が大幅に改善され、ガンマナイフに匹敵する線量分布が得られるようになりました。

当院での取り組み

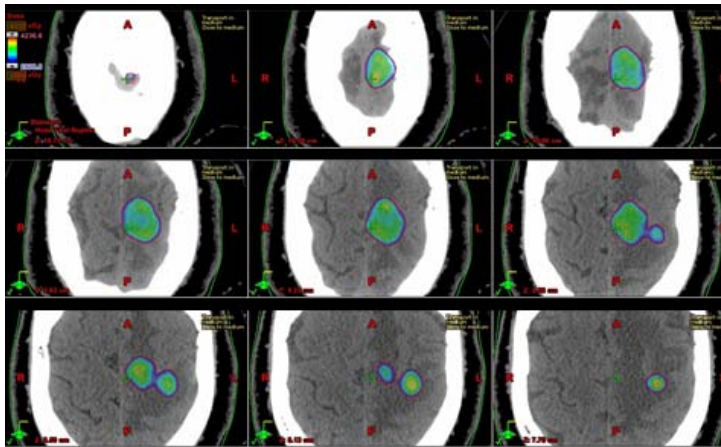
当院では 2006 年に IGRT 装置ノバルリスを導入し、フレームレスマスクを用いて非侵襲的に定位放射線照射を行ってまいりましたが、2015 年 8 月に VMAT-STI に対応した最新の IGRT 装置である TrueBeam STx を導入いたしました。照射野を成型するマルチリーフコリメータも 3 mm 幅から 2.5 mm 幅となり、より高精細な治療が可能となりました。2015 年 10 月より TrueBeam STx を用いて多発脳転移に対する VMAT-STI を開始し、院内はもとより、院外からの紹介患者さんへも対応できる体制を整えております。

図 1. ピン固定とフレームレスマスク固定



ガンマナイフでは定位フレームのピン固定を行う必要がありますが、VMAT-STI ではピン固定を行う必要がなく、着脱可能なフレームレスマスクと6軸寝台カウチによる位置補正を行うことにより同等の照射精度を実現できます。

図 2. VMAT-STI による治療計画の 1 例



処方線量以上照射されている領域を表示しています。VMAT-STI を用いることにより、多発性の不整形な腫瘍に対しても病変の形状にあわせた線量分布が一度の照射で実現されています。すべての多発性転移病変にたして、高線量が集中投与されています。