

Title	Establishment of machine and patient-specific quality assurance methods for advanced volumetric modulated arc therapy(Abstract_要旨)
Author(s)	Hirashima, Hideaki
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2019-03-25
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k21619
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士 (医学)	氏名	平島英明
論文題目	Establishment of machine and patient-specific quality assurance methods for advanced volumetric modulated arc therapy (先進的強度変調回転照射における機械及び患者個別品質管理法の確立)		
(論文内容の要旨)			
<p>強度変調回転放射線治療(Volumetric-modulated arc therapy: VMAT)は、がん病巣に沿って高線量を投与できると同時に、隣接する正常臓器の線量低減が可能な照射技法である。従来型放射線治療装置で VMAT を実行する場合、がん病巣を中心に放射線照射部を同一平面上で回転しながら照射することが一般的である。しかし、がん病巣と正常臓器が同一平面上に存在する場合は、VMAT であっても正常臓器の線量低減に限界がある。この問題点を克服する方法として、VMAT を非同一平面から照射する方法が有効であるが、患者寝台の移動が必要であり治療時間の延長や位置精度の低下の観点から、臨床現場ではあまり利用されていない。</p> <p>京都大学医学部附属病院放射線治療科は、産学連携にて放射線治療装置 Vero4DRT を開発した。Vero4DRT は従来型放射線治療装置と異なり、放射線照射部が輪状構造体(O-ring gantry)に搭載されており、Gantry 回転と O-ring 旋回の 2 つの独立した回転が可能である。当科はこの独立動作に着目し、患者寝台の移動を要しない波状軌跡による非同一平面回転照射法(Dynamic WaveArc: DWA)を開発した。DWA は Gantry と O-ring を同時に回転させながら、多分割絞り(Multi-leaf Collimator: MLC)の連続動作と X 線出力の変化による強度変調ビームの投与が可能であり、前立腺癌や頭蓋底腫瘍に対し臨床使用されている。</p> <p>様々な駆動系が同時に独立動作する DWA を安全に提供するためには、機械及び患者個別の品質管理を実施する必要がある。しかし、従来の品質管理法は DWA に対応していない。本論文では、安全に臨床使用するための機械及び患者個別の品質管理法を開発し、DWA の照射精度を明らかにした。</p> <p>下記に各研究開発項目の要旨をまとめる。</p> <p>1. DWA における機械動作の品質管理法の開発</p> <p>治療装置に搭載されている電子ポータル画像装置(Electronic portal imaging device: EPID)と照射中の機械の実績値を記録した情報(ログファイル)を用いて、DWA における機械精度を包括的に検証する品質管理法を開発した。Gantry, O-ring, MLC の駆動速度が異なる条件で DWA を実行し、EPID を用いて MLC 位置及び治療装置のビーム出力の単位である Monitor-Unit(MU)値を解析した。その結果、静止時と比して MLC 位置誤差は 0.2 mm 以内、MU 値誤差は 0.8%以内と高い精度であることを明らかにした。また、ログファイル解析により MLC, Gantry, 及び O-ring における位置誤差の二乗平均平方根は 0.10 mm, 0.12°, 0.07°と高い精度であることを明らかにした。</p> <p>2. DWA における患者個別の品質管理法の開発</p> <p>治療計画上の線量分布は機械動作誤差を考慮していないため、計画された線量分布と実臨床で照射された線量分布には乖離が生じる可能性がある。そこで、DWA にも対応可能な照射実績に基づく患者体内線量分布計算評価システムを開発した。これにより、治療計画時に考慮できなかった照射中の機械動作誤差による線量投与の不確かさを加味した患者体内の線量分布を評価す</p>			

ることが可能となった。前立腺癌 10 例、頭蓋底腫瘍 10 例の合計 20 例の DWA 治療計画に対して開発手法を用い線量分布の一致度を検証した。計画線量分布と比して、照射実績に基づいた線量分布の一致率は平均で 99.6%であり、DWA 照射中の機械誤差による投与線量の変動は、臨床的に影響を及ぼさない程度の線量誤差であることを明らかにした。

以上の研究では、DWA の機械及び患者個別の品質管理法を世界で初めて開発し、高い照射精度を明らかにするとともに、DWA を安全に日常臨床へ供することに大きく寄与した。日常臨床では、これらの成果に基づいた DWA の品質管理を実行している。開発した品質管理手法は DWA だけでなく、VMAT 全般にも応用可能であり、放射線治療全般の精度向上にも貢献できると期待される。

(論文審査の結果の要旨)

本研究では、新規に開発された非同一平面回転照射法 (Dynamic WaveArc: DWA) を安全に臨床使用するための機械及び患者個別の品質管理法を開発し、DWA の照射精度を明らかにした。

(1) DWA における機械動作の品質管理法の開発

治療装置に搭載されている電子ポータル画像装置 (Electronic portal imaging device: EPID) と照射中の機械の実績値を記録した情報 (ログファイル) を用いて、DWA における機械精度を包括的に検証する品質管理法を確立した。本法によって DWA 照射中の機械精度と照射精度は高く、臨床使用する上で十分な機械精度を有することを明らかにした。

(2) DWA における患者個別の品質管理法の開発

治療計画上の線量分布を評価するにあたり、患者体内での線量誤差を特定することが重要である。DWA に対応可能な照射実績に基づく患者体内線量分布計算評価システムを開発した。開発手法を用い線量分布の一致度を検証し、計画線量分布と比して、照射実績に基づいた線量分布の一致率は平均で 99.6%であり、高い一致精度を示した。DWA 照射中の機械誤差による投与線量の変動は、臨床的に影響を及ぼさない程度の線量誤差であることを明らかにした。

以上の研究は、DWA の機械及び患者個別の品質管理法を世界で初めて開発・確立することにより、DWA の臨床使用に大きく貢献するとともに、放射線腫瘍学の発展に大きく寄与した。

したがって、本論文は博士 (医学) 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、平成 30 年 11 月 2 日実施の論文内容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。