

厚生労働科学研究委託費（革新的がん医療実用化研究事業）

委託業務成果報告（業務項目）

ウェッジ利用時の軸外線量比の独立計算の精度

清水 裕之 北里大学メディカルセンター 放射線部 診療放射線技師

【研究要旨】

AAPM TG114 では、IMRT プランを除く外部放射線治療(SRS,SBRT を含む)における独立検証計算に対する許容レベルを提示している。しかしながら、ウェッジを利用した際の照射野中心軸外に線量評価点(処方点)を設定した治療計画に対する独立検証計算の許容レベル設定はなされていない。そこで、ウェッジを利用した際のプランにおいて、ウェッジ軸外線量比を考慮することによる独立計算の精度について多施設試験を行い検討した。独立検証システムでは、Wedge 使用プランにて軸外線量比を考慮することで、検証計算結果の線量差および Confidence limit の改善が得られた。また、AAPM TG114 に提示されていない中心軸外線量評価点プランにおける許容レベルの設定として、本研究より Wedge 使用プランにおいても Wedge 軸外線量比を考慮することで他のプランと同様に 5%の許容レベルが利用できるといえる。

【研究協力者および所属施設】

研究者名 1	板野 正信	所属施設 1	稲城市立病院
研究者名 2	山崎 健史	所属施設 1	稲城市立病院
研究者名 3	高橋 良	所属施設 2	がん研有明病院
研究者名 4	上間 達也	所属施設 2	がん研有明病院
研究者名 5	山下 幹子	所属施設 3	神戸市立医療センター中央市民病院
研究者名 6	橘 英伸	所属施設 4	国立がん研究センター東病院
研究者名 7	馬場 大海	所属施設 4	国立がん研究センター東病院
研究者名 8	石橋 悟	所属施設 5	佐世保市立総合病院
研究者名 9	樋口 義洋	所属施設 5	佐世保市立総合病院
研究者名 10	山本 鋭二郎	所属施設 6	大手前病院
研究者名 11	菅原 康晴	所属施設 7	国立国際医療研究センター
研究者名 12	佐藤 礼	所属施設 8	板橋中央総合病院
研究者名 13	西山 史郎	所属施設 9	久喜総合病院
研究者名 14	河合 大輔	所属施設 10	神奈川県立がんセンター
研究者名 15	宮岡 聡	所属施設 11	上都賀総合病院

【背景】

・放射線治療を安全・適正に実施するにあたり、治療計画装置から算出された MU 値の妥当性を評価するために、治療計画装置とは別系統のシステムによって独立検証計算を行うことが推奨されている。

・AAPM TG114 では、IMRT プランを除く外部放射線治療(SRS,SBRT を含む) に対しては、独立検証計算に対する許容レベルが提示されている。しかし、ウェッジを利用した際の線量評価点が中心軸外に設定されている場合では独立検証計算の許容レベル設定はされていない。

【目的】

・ウェッジを利用した、中心軸外線量評価点プランにおける独立検証計算の許容レベルの検討を行った。

・ウェッジ軸外線量比を考慮することによる許容レベルの改善度の把握を行った。

【方法】

軸外線量比を考慮した検証計算が可能な独立検証プログラムを統一的に使用し、多施設にお

ける比較試験を行う。使用した独立検証プログラムへの登録データは、TMR、OAR、Sc、Sp、Wedge

factor 等がある。また、Wedge 軸外線量比を考慮するため Physical Wedge(以下 PW)、ELEKTA 社

製 Universal Wedge(以下 UW)に関しては Wedge 軸外線量比を測定・入力、また Moving jaw を利

用した VARIAN 社製 Enhanced Dynamic

Wedge(以下 EDW)は Gibbons らの式¹⁾を利用、SIEMENS 社

製 Virtual Wedge(以下 VW)は Siemens ユーザーマニュアルに示されている式²⁾を利用した。

1. バーチャルファントム試験

治療計画装置において水等価のバーチャルファントムを作成し、プランには Physical Wedge を用いた。線量評価点は、深さ 10cm の中心軸、および Wedge 角度(傾斜)方向に $\pm 3\text{cm} \cdot \pm 5\text{cm}$ の軸外位置に配置した。使用 Wedge 角度は、15,30,45,60 度を使用した。

治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との比較において、独立検証計算上 Wedge 軸外線量比

を考慮した場合と考慮しない場合との計算結果の比較を行った。ここで、Wedge 軸外線量比を考

慮しない場合とは、独立検証プログラムに登録されている中心軸での Wedge factor のみを利用している。

2. 同一 CT データを用いた多施設試験

上顎洞(45度 Wedge 使用、線量評価点を中心軸外に配置)、喉頭(15度 Wedge 使用)、乳房(15度 Wedge 使用)の3部位において、同一 CT データを用い同一プランを作成し、12施設(リニアックと治療計画装置の組み合わせは全26組)で検証を実施した。まず、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差の比較を行った。また、同プランを水等価ファントムプランに移し込み電離箱を用いた実測を行い、その実測値に対する治療計画装置算出結果と独立検証計算結果の線量差をそれぞれ比較した。

3. 臨床プランにおける線量差比較

同 12 施設において、Physical Wedge/23Fields、non-Physical Wedge/67Fields (EDW、VW、UW)を使用した臨床プラン(90Fields)を抽出した。これらは主に、頭頸部・乳房病変に対する臨床プランであり、すべてのプランにおいて線量評価点は中心軸外に設定されている。これらを、Physical Wedge プラン、non-Physical Wedge プランに分け、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差を比較した。

4 . Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較

4 施設を対象とし、Wedge4 様式(PW/62Fields、EDW/22Fields、VW/20Fields、UW/14Fields)における中心軸外線量評価点プランに対し、独立検証計算上 Wedge 軸外線量比を考慮した場合と考慮しない場合での、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差の比較を行った。軸外移動距離はプランにより様々であり、Wedge 角度(傾斜)方向への移動は最大で 2cm 程度であった。ここで、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合とは、独立検証プログラムに登録されている中心軸での Wedge factor のみを利用している。

【結果】

1 . バーチャルファントム試験

独立検証計算上 Wedge 軸外線量比を考慮した場合、治療計画装置算出結果と独立検証計算結果は良い一致を示した。しかし、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合では Wedge 角度が大きくなるほど、軸外移動距離が増すほど、両者間の線量差は大きくなった。また、これらの結果にエネルギーによる依存は見られなかった。(図 1)

2 . 同一 CT データを用いた多施設試験

結果は、各 Field 毎の線量差多施設平均値 $\pm 2SD$ とした。治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差は乳房プランの約 2.3%が最も大きく、 $2SD$ で表した Confidence limit はいずれの Field も 5%以内であった。また、実測値を基準とした時の治療計画装置および独立検証計算との線量差は、いずれも $\pm 0.5\%$ 以内に収まった。(図 2)

3 . 臨床プランにおける線量差比較

結果は Physical Wedge プラン、non-Physical Wedge プランに分け、それぞれの全 Field における線量差多施設平均値 $\pm 2SD$ とした。いずれも治療計画装置算出結果と独立検証計算結果の線量差は 2%程度、 $2SD$ で表した Confidence limit は 5%以内であった。(図 3)

4 . Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較

結果は、4 施設それぞれの Wedge 様式プランにおいて、Wedge 軸外線量比を独立計算上考慮した場合(ON)と考慮しない場合(OFF)でのそれぞれ治療計画装置算出結果と独立検証計算結果との線量差であり、各 Wedge 様式的全 Field 平均値 $\pm 2SD$ とした。(OFF)-(ON)は、その差を絶対値として扱いその平均値 $\pm 2SD$ とし、Wedge4 様式において 約 1 ~ 3%となった。(図 4)

【考察】

バーチャルファントム試験からわかるように、線量評価点が Wedge 角度(傾斜)方向に移動して配置されている Wedge 使用プランにおいては、Wedge 軸外線量比を考慮しない場合プランによっては大きな線量差(治療計画装置算出結果と独立検証計算結果)が生じ、考慮することによりその線量差は改善されることが確認できた。また、臨床プランより得ら

れた Confidence limit から、独立検証計算における Wedge 使用軸外線量評価点プランの許容レベルを 5%程度に設定出来るのではないかと考える。ここで、結果 2 の乳房プランおよび結果 3 における約 2%の系統誤差は、Field 内の組織欠損および不均質補正の影響によると考える。

【結論】

治療計画装置により算出された MU 値の検証を行うにあたり、治療計画装置とは別システムのシステムを利用することが推奨されている。そこで本研究でも独立した検証システムを利用し、Wedge 使用プランにて軸外線量比を考慮することで、検証計算結果の線量差および Confidence limit の改善が得られた。また、AAPM TG114 に提示されていない中心軸外線量評価点プランにおける許容レベルの設定として、本研究より Wedge 使用プランにおいても Wedge 軸外線量比を考慮することで他のプランと同様に 5%の許容レベルが利用できると思われる。

【参考文献】

- 1) J.P.Gibbons.“Calculation of enhanced dynamic wedge factors for symmetric and asymmetric photon fields,”Med.Phys.25,1411-1418,1998.
- 2) Digital linear accelerator Physics Primer 2013 Siemence AG

【研究発表】

清水裕之、板野正信、山崎健史、高橋良、上間達也、山下幹子、橘英伸、馬場大海、石橋悟、樋口義洋、山本鋭二郎、菅原康晴、佐藤礼、西山史郎、河合大輔、宮岡聡
“ウェッジ利用時の軸外線量比の独立計算の精度”、第 109 回日本医学物理学会学術大会

(横浜市)、2015年4月

【知的財産権の出願・登録状況】

(予定を含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

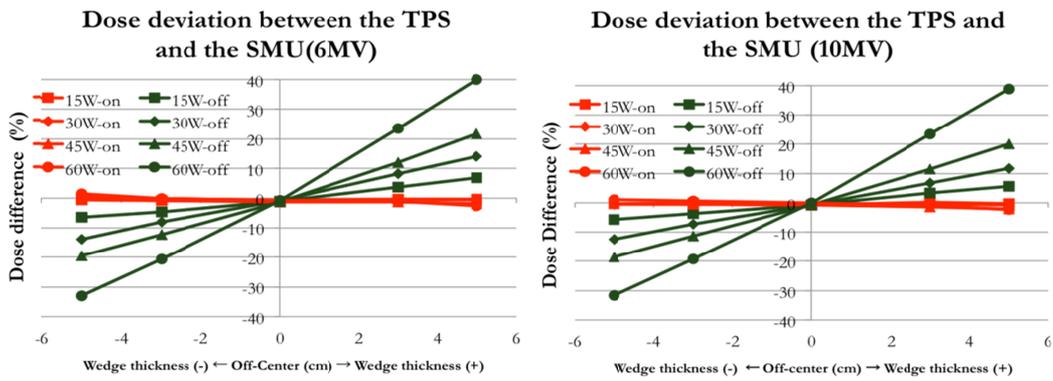


図1 . バーチャルファントム試験

[%]	Sinus (off axis)		Larynx		Breast	
	field1	field2	field1	field2	field1	field2
TPS vs. SMU	1.8 ± 1.9	1.8 ± 2.0	0.9 ± 2.2	1.1 ± 2.1	2.2 ± 2.5	2.3 ± 2.1
TPS vs. Meas.	0.1 ± 2.1	0.1 ± 1.9	(-)0.1 ± 1.5	(-)0.1 ± 1.7	(-)0.2 ± 1.9	(-)0.4 ± 1.8
SMU vs. Meas.	0.1 ± 2.6	0.1 ± 2.6	(-)0.2 ± 1.9	0.1 ± 2.7	0.1 ± 2.1	(-)0.0 ± 2.0

図2 . 同一 CT データを用いた多施設試験

[%]	Physical wedge	Non-physical wedge
TPS vs. SMU	2.3 ± 4.2	2.0 ± 4.3
Number of the fields	23	67

図3 . 臨床プランにおける線量差比較

[%]	PW	EDW	VW	UW
ON	1.8 ± 2.7	2.2 ± 3.1	3.8 ± 2.8	3.1 ± 5.4
OFF	2.0 ± 4.3	1.7 ± 7.6	2.3 ± 7.3	2.3 ± 7.9
(OFF)-(ON)	1.2 ± 1.6	2.5 ± 4.1	2.8 ± 2.8	2.6 ± 1.9
Number of the fields	62	22	20	14

図4 . Wedge4 様式を用いた臨床プランにおける Wedge 軸外線量比有無における比較