

令和4年8月8日

2022年度 新潟放射線治療技術懇話会 基礎講習会 Q&A

基礎講習会ワーキンググループ

1. 高エネルギー光子線の吸収線量評価

Q 1.1

FFF ビームの線量計測も FF ビーム同様に 2 点電圧法を使用してもよいのでしょうか

A 1.1

FFF の高線量率であっても、Jaffe plot が直線関係であれば、イオン再結合補正係数の取得に通常の 2 点電圧法が適応できると思います。

【参考文献】

McEwen M, DeWerd L, Ibbott G, et al.: Addendum to the AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon beams. Med. Phys. 41: 041501-1-014501-20, 2014

Katayose T, et al.: Flattening Filter Free ビームにおける水吸収線量計測に関する提案. Jpn. J. Med. Phys. Vol. 36 No. 2: 79-84, 2016

Q 1.2

モニタ線量計の感度調整をする、しないの最終判断（権限）は特定のスタッフが行ないますか？具体的にどのようなスタッフ（保有資格等）が行ないますか？

A 1.2

WG メンバーが所属する 2 施設の回答を記載します。

- 当院での明確な決まりはありませんが、医学物理士 1 名と診療放射線技師 1 名が測定を一緒に行うよう心がけております。出力測定結果をこれまでの測定結果の推移、毎朝実施する daily QA 機器による測定結果を参考に調整を行っています。また出力調整が明らかに間違っていないか翌朝、daily QA にて医学物理士が中心となり判断・確認をしています。
- 1 人では絶対にやらないようにしています。ベテラン（有資格者とそうでない方がいます）とローテーターでペアとなり照射を回しているのです、基本的にそのペアで測定も行います。現状 0.5% を超えた場合に調整を行なっていますが、0.5% を超えていた場合に

毎朝の出力測定結果を考慮し、確からしい値であれば2人の判断で調整しますし、毎朝と挙動が異なる場合や1%以上ズレるなど、考えられない変動の場合はセットアップの確認、別のベテランスタッフに確認などを行います。

2. 放射線治療におけるデータ解析

Q 2.1

温度や気圧も測定データが得られるので、タイプ A とするのは不適切ですか？

A 2.1

測定して不確かさを得るものは、対象の集団が正規分布していることが前提となります。温度や気圧の変化の測定値は、どうしても偏りがでるもので、正規分布とは言えないと思います。ただし、標本数3個くらいの測定値を複数セット用意して、その平均値をそれぞれ求めることで、その平均値は正規分布すると仮定できます。なので、平均値のセットを複数準備していただいて、その平均値の標準偏差を求めていただければタイプ A で評価していただくことも可能かと思います。（中心極限定理により、母集団がどのような分布でも平均値の分布は正規分布する。）しかしながら、タイプ A で評価するよりは、タイプ B として評価するほうが、メリットが大きいと思われます。

Q 2.2

品質管理にて得られた測定値の評価を行う際には、測定体系が有する不確かさを品質管理結果の許容値に反映することが望ましいと思います。例えば出力線量(DMU)の管理を行う際に、今回評価された不確かさは許容値に反映されておりますでしょうか。

A 2.2

新潟県立新発田病院の回答ですが、当院では、出力線量の月毎の変動をガイドラインを参考に2%で管理しております。この2%とはセットアップ誤差などいろいろな誤差を含んだ値だと思えます。表現は異なりますが、不確かさを含んだものと認識しております。今回のスライドでは、不確かさを1.1%としましたが、この1.1%も含まれていると考えております。もし、反映させたものを許容値として使用する場合は、施設ごとの出力測定の不確かさを算出し、ガイドラインの2%から差し引いた分を許容値にする等、施設ごとの判断で設定してもよいかと思えます。その上で、校正時の測定結果±繰り返し測定の不確かさ（校正毎の繰り返し計測の不確かさ）がその許容値に入っているかどうかを確認していくのがよいかと考えます。ただ、施設の不確かさが例えば1.5%だったとして、月毎の許容値を0.5%とするのは厳しすぎるかと思えます。（不確かさは大きめに見積もるものであるため）経験則ではありますが、測定結果（平均値）の相違が2%の時、正規分布における、平均値±2σ

の範囲外の値である確率より、単純に出力が2%変動しているように思います。(当院では、モニタ線量計での絶対線量評価のほかに、2D検出器での出力変動をチェックしているため) こちらの回答についての資料「校正への反映」を別途アップロード致します。

また、WG内で議論を行い、以下の考え方もあると思いますので共有いたします。

純粹にDMU管理をしたいということであれば、リニアックの出力変動や測定系にかかる不確かさ(例： k_Q)は排除して、純粹に測定時の変動要因のみ抽出して合成標準不確かさを評価するという案もあります。リファレンス線量計を校正して、初めてモニタ線量計の校正を行う場合には、上記のように不確かさを全て含めて考える必要がありますが、2回目以降で出力の不変性を管理すると考えれば、 $TPR_{20,10}$ や k_{pol} 、 k_s などを毎回測定しないのであれば、このあたりの係数は定数として考えることができます。この方法であれば、電位計や電離箱の長期安定性以外は測定しなくても標準不確かさは算出できますし、全ての項目を測定せずとも各ガイドラインから数値を引用すれば合成標準不確かさは算出できます。たとえば、合成標準不確かさが0.6%であれば、ある日の測定において0.6%を超える場合、測定の不確かさだけでは他の不確かさすなわちリニアックの出力変動を疑うことができることになります。以上から普段は以下のように考えることも可能と思います。

- ・ 普段の測定で変動する要因の標準不確かさ(%)を算出して、それらを合成した標準不確かさが0.5%であった場合
- ・ 許容レベルは前述の合成標準不確かさ相当の $\pm 0.5\%$
→このレベルは約68%信頼水準の幅に相当($\pm 0.5\%$ の変動は偶然で起こりうる)
- ・ 介入レベルは2倍の合成標準不確かさ相当の $\pm 1\%$
→このレベルは約96%信頼水準の幅に相当($\pm 1.0\%$ を超える変動は偶然では起こりにくい)

あくまで考え方の一例ですので、実際の許容レベルや介入レベルはご施設の責任で設定していただきますようお願い致します。

Q 2.3

実際に患者プランの検証やモニタ校正時にも不確かさを算出していますか？(その予定はありますか？)

A 2.3

モニタ校正における不確かさは、今回の算出が初めてになります。患者プランの検証につ

いては算出してはおりません。不確かさについて、タイプ A の測定の繰り返し成分については、測定毎に算出できます。不確かさは標準偏差で表されているので、繰り返し計測による不確かさ(平均値の標準偏差)込みの測定結果が、許容値である基準値からの変動 2%を超えていなければ許容としております。タイプ B の成分については、一度算出してしまえば、その後使用可能です。患者プランの検証結果の不確かさについても同様に、患者毎に求めることは可能です。

3. ビームデータの取得

Q 3.1

実測データと基準データの比較は行いましたか。差異はあるのでしょうか。

A 3.1

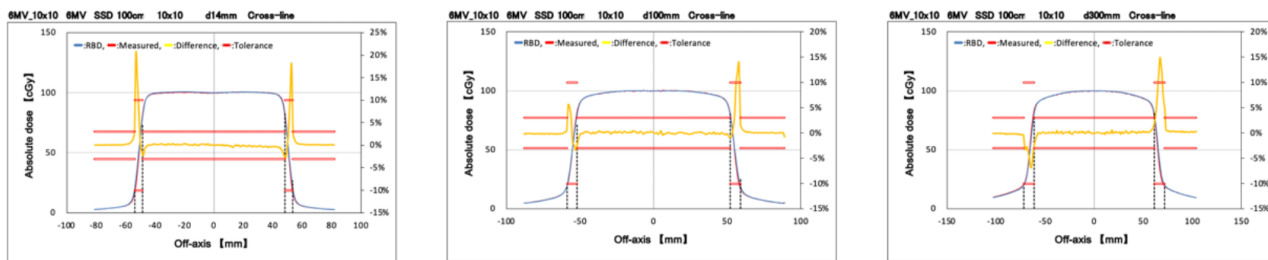
新潟大学病院の回答です。

Open のスキャンデータを数えると PDD で照射野の数が 8 本、OCR で 8 本の照射野について 5 深度あるので 40 本、対角線で 5 本なので合計 53 本あります。それがエネルギーの数分あり、wedge のデータも同様に必要なので数百のデータがあります。それを全て比較するのは現実的ではないので、10x10 と 30x30 の 10cm 深など基本的な照射野のみ絞って ESTRO booklet7 に基づいて比較を行いました。

RBD は CC13 で取得したプロファイルに対してスムージング処理が施されています。当院は Semiflex 3D でプロファイルを取得しましたので単純に比較しても、半影部分は合わないことが予想されます。

ご参考までに 10x10、30x30 照射野において 4, 6, 10 MV まとめて評価すると、中心を正規化した場合、半影領域は概ね 5%以内 (ESTRO booklet では 10%許容)、平坦化領域と照射野外領域 (グローバル評価) では概ね 0.5%以内で一致していました。

登録データを RBD にするのであれば実測データとの一致が望ましいですが、実測データを登録するのであれば必ずしも RBD と一致している必要はありません。それよりも平坦度や対称性などが問題ないか確認することが大切です。当院は測定体系におかしい部分がないかどうか確認する目的で RBD と比較を行い、概ねの一致を確認してから実際に登録するためのデータ取得を行いました。



上図は 6MV 10x10cm の最大深、10 cm 深、30 cm 深の RBD との比較結果です。

Q 3.2

RBD を使用するしないに関わらず小照射野のデータどのように取得し臨床に用いているのかが知りたい。RBD では 3x3 以下の小照射野に関するデータは提供されていなかったと記憶している。CC13 では測定が難しい領域となるので、半導体や CC01 など各施設の所有する線量計に併せて測定しているのかと思う。その際に発生する線量計による差異をどのように考えればよいか。また、定期 QA、Patient QA などに用いる線量計との整合性はどのように考えているか各施設の考えが知りたい。

A 3.2

新潟大学病院の回答ですが、当院は小照射野は microDiamond、それ以外は Semiflex 3D で測定しました。スキャンデータは 4 cm 以下、OPF は 6 cm 以下を microDiamond としており、いずれもオーバーラップして測定して繋いでいる照射野サイズでの一致を確認しています。測定している段階では線量計を切り替えた部分で挙動が変わっていないか、同じ条件を測定した場合に差がどの程度あるかを把握する程度かと思えます。最終的にコミッショニング時に絶対線量や分布があっているか確認できれば良いと思えます。コミッショニングでは絶対線量は水中で小照射野は microDiamond、それ以外は Farmer で測定を行い、Jaw で作成された照射野は概ね 1%以内、MLC で作成された照射野は 3 cm 以下で 3%程度差があるサイズも確認できました。実測、モデリング、コミッショニングでの実測それぞれで不確かさが存在し、完全に一致することは不可能なので、どの条件でどのように測定した場合にどの程度差が出るかというところを理解することが大切と思えます。

Annual QA は測定する項目を事前に決定して、ベースラインとして基本的な照射野で Semiflex 3D を縦置きで測定してあります。

Patient QA については実際に使用するファントムで Pinpoint 3D chamber を使用するつもりでスケーリングから検討して基準照射野で一致するようにし、複数の VMAT プランでそれなりに合うことを確認しています。

基準はやはり水なので、計画装置から出てくる分布、線量が水中であっていることを確認

し、QA でファントムを使用するならそのファントムでは合うか確認、合わないなら何が原因なのか考察して、排除できるものなら排除、できないものならそれを含めて許容値の設定や条件の検討を行えば良いと考えます。

以上