

陽子線治療ワブラー法における新たな呼吸同期システムの臨床導入に向けた基礎的検証

前島 偉

新潟医療福祉大学 診療放射線学科

【背景・目的】 呼吸同期照射を用いた体幹部臓器に対する陽子線治療が多くの施設で行われているが、呼吸同期装置には照射の精度に影響する様々な因子があることが知られている。近年、患者自身の呼吸制御がより簡便に可能な新たな呼吸同期装置 (AbchesET) が開発された。

本研究では、従来の呼吸同期装置 (ANZAI) を比較対象とし、新しい呼吸同期装置 (AbchesET) を用いた陽子線ワブラー法の呼吸同期照射の有用性に関して種々の検証を行った。

【方法】 呼吸同期照射時の陽子線ビーム特性および遅延時間の検証を ANZAI と AbchesET のそれぞれに関して行った。ビーム特性の検証に関しては動体ファントムと2次元検出器を用いて、同期無し (Nongate) に対する同期あり (Gate 幅: 最大呼気を 0% としたときの 12%, 25%) の検証を、図 1 より矩形照射野の各ビーム特性 (平坦度 (Flatness)、対称性 (Symmetry)、半影 (ペナンブラ (Penumbra)、照射野サイズ (field size)、線量 (Dose)) に関して各パラメータを評価した。またガンマ解析による線量分布の評価も行った。動体ファントムの呼吸波形は Sin 波を基準とし、3 種類の呼吸速度 (5, 12, 20BPM (Breath per Minute)、2 種類の振幅 ($\pm 1\text{cm}$ 、 $\pm 2\text{cm}$) に関して評価した。また、呼吸同期装置の Gating 信号から陽子線ビームが発生、遮断するまでの遅延時間を独自の計測システムにて測定した。

【結果・考察】 Flatness、Symmetry に関しては、すべての条件において $\pm 2\%$ 以内、field size、Dose に関しては $\pm 3\%$ 以内の変動であり臨床問題ないことが確認された。一方で Penumbra に関しては、BPM が大きくなるに従い大きくなる傾向があり、特に振幅が $\pm 2\text{cm}$ においては、AbchesET、ANZAI とともに臨床使用する上で考慮が必要となった。線量分布の評価に関しては Gate 幅が大きくなるほど、また BPM が大きくなるほど γ パス率が低下する傾向となり、特に振幅が $\pm 2\text{cm}$ に関しては顕著なパス率の低下を示した。遅延時間の測定に関して、AbchesET の遅延時間はビーム ON、OFF でそれぞれ、 36.7 ± 27.2 msec、 46.8 ± 28.7 msec、ANZAI の遅延時間はビーム ON、OFF でそれぞれ、 48.6 ± 24.8 msec、 57.2 ± 25.2 msec であった。ビーム ON、OFF とも、遅延時間は AbchesET のほうが少ない傾向となり、臨床使用することは問題ないと考えられる。

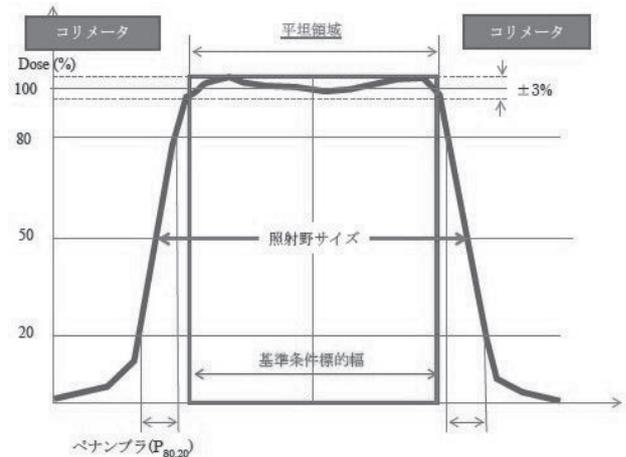


図 1 吸収線量分布における各評価パラメータの定義

OCR 測定の中心軸線量を 100%線量とし、50%線量間の距離を照射野サイズと定義した。ペナンブラ (Penumbra) は 80%線量—20%線量間の距離として定義した。平坦領域は OCR 測定より、 $\pm 3\%$ 以内の線量変動を示す領域とし、平坦領域内の最大線量、最小線量から平坦度 (Flatness)、対称性 (Symmetry) を算出した。

【結論】 AbchesET を用いた陽子線ワブラー法の呼吸同期照射は一部の使用制限はあるものの、臨床で十分に使用できることが確認された。また AbchesET の使用により、小型モニターの指針の回転角の表示を直接見ることで、患者自身による呼吸制御が簡便且つ正確に再現できるため、より精度の高い陽子線ワブラー法の呼吸同期照射が可能になると考えられる。

【文献】

- 1) Onishi H: A simple respiratory indicator for irradiation during voluntary breath holding: a one touch device without electronic materials. Radiology 2010 Jun;255(3):917-23
- 2) ONISHI Hiroshi: Guidelines for respiratory motion management in radiation Therapy J Radiat Res: 54:3:561-568
- 3) 粒子線物理技術 QA ガイドライン (粒子線 QA 2015)