

1. 陽子線治療の実際と今後の展望

荻野 浩幸 名古屋市立西部医療センター名古屋陽子線治療センター陽子線治療科

線量集中性に優れた陽子線治療は、これまで国内では先進医療の枠組みの中で主に行われてきたが、2016年4月から小児悪性腫瘍に対する保険適用が認められ、保険診療としての陽子線治療がスタートした。

照射技術においては、これまで主流であったブロードビーム法に加え、スキャニング法とその応用形である intensity-modulated proton therapy (IMPT) が実用段階に入り、さらなる線量集中性の高い治療が可能となってきている。

陽子線治療の概要

水素原子の原子核である陽子を加速して得られる陽子線は、加速エネルギーに応じた深さにエネルギーピーク（以下、ブラッグピーク）をつくり、その深さで放射線を止めることができ、停止した深さより深部にはまったく照射されず、腫瘍

の深さに合わせてブラッグピークを形成することで優れた線量集中性を得ることが可能となる。大きな病変の場合、X線では透過性が高いために正常組織への線量制約を超過してしまい照射自体が困難となることがあるが、そのような場合でも腫瘍部分で停止する陽子線を用いれば、正常組織への照射線量を減じることができ、照射が可能となることも少なくない。

また、陽子線は少ない門数で線量集中が高い計画を行うことが可能であるため、強度変調放射線治療や定位放射線治療などと比較して正常組織の低線量照射域の範囲を減らすことができる。特に、X線治療ではターゲット近傍につくり出すことが難しいまったく照射されない領域を、比較的広範囲につくり出す治療計画が可能であるため、肝硬変のような放射線感受性が高い病態であっても安全に照射を行うことが期待される（図1）。

正常組織に対してこれまでほとんど影響がないと考えられていた低線量照射において、乳がんのX線治療例の検討では1Gyの照射線量の増加で7.4%の冠動脈疾患の増加が生じることが報告され¹⁾、さまざまな治療法の進歩に伴い長期生存が期待できる現代においては、低線量部分の長期的な影響を認識する重要性が増しており、比較的広いまったく照射されない領域を形成可能な陽子線治療に対する期待は高まるものと思われる。

陽子線治療が特に有望な疾患

1. 小児腫瘍

小児腫瘍への放射線治療は骨の成長や二次発がんなどに留意した治療が必要となるが、X線と比較し正常組織への照射線量と照射範囲を減らすことができる陽子線治療はその目的にかなった照射法と考えられ、2016年4月から本邦においても保険収載された。わが国において保険適用となる小児腫瘍とは「20歳未満に発症した限局性固形悪性腫瘍」と定義されており、照射技術のみならず化学療法や手術、放射線治療や画像診断など専門領域の異なる医師によるカンサーボードを行うことに対する診療報酬も今回認められた。

これらは、これまで国内で行われた小児腫瘍に対して陽子線治療が施行された全343例のデータが分析され、その結

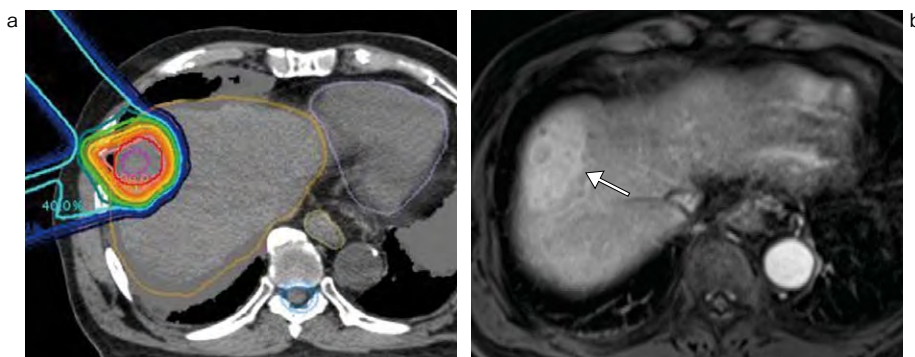


図1 肝細胞がんラジオ波焼灼術後再発に対する照射
横隔膜下病変に対する線量分布図 (a) では腫瘍部のみ照射となっているが、1か月後の造影MR画像 (b) でも照射部位に一致して照射されていたことが明瞭である (⇔)。