

陽子線治療の現状と課題

株式会社ビードットメディカル | 代表取締役社長 古川卓司

B dot Medical Inc. is a startup company that originated at the National Institute of Radiological Sciences (NIRS), and we are developing an “ultra-compact proton therapy system”. We aim to promote the spread of proton therapy through this system, using the know-how and experience we have developed through our research and development of particle therapy systems. This article describes the current status and challenges of proton therapy and outlines the development progress of the system and its prospects.

株式会社ビードットメディカルは、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所（以下、放医研）発スタートアップであり、がん治療の常識を覆す超小型陽子線がん治療装置を開発している。放医研において粒子線治療の装置開発から臨床運用まで携わってきた経験や知識を強みに、同装置を通じて陽子線治療の普及促進を目指している。本稿では陽子線治療の現状や課題、同装置の概要及び開発進捗、そして今後の展望について述べる。

子線は腫瘍に到達した直後に停止するため、腫瘍より後方にある正常組織には線量を与えない。そのため、陽子線治療は正常組織にはより少ない線量を、照射したい腫瘍部分にはより多い線量を与えることが可能であり、副作用を低く抑えることのできる治療法である。

陽子線治療の現状

陽子線治療はほぼ全ての疾患で使われており、現在国内では8つの疾患が陽子線治療の公的保険適用となっている。2016年に小児がん、2018年に前立腺がんなど3疾患が公的保険適用となり、今年2022年に肝細胞がんや脾がんなど新たに4つの疾患が追加となった（図2）。

陽子線治療とは

陽子線治療は放射線治療の一種で、水素の原子核（陽子）を最大で光の約60%まで加速して腫瘍に照射するがん治療法である。現在の放射線治療で一般的に用いられるX線は、体表面付近で与える放射線量（以下、線量）が最も大きく、その後深さとともに減少する性質をもつため、腫瘍の前後にある正常組織にも線量が当たることになる。一方で陽子線は、ある深さにおいて線量が最大になる物理特性（プラグピーク）があり、エネルギーなどを調整することでこのピークを腫瘍に合わせることができる（図1）。陽

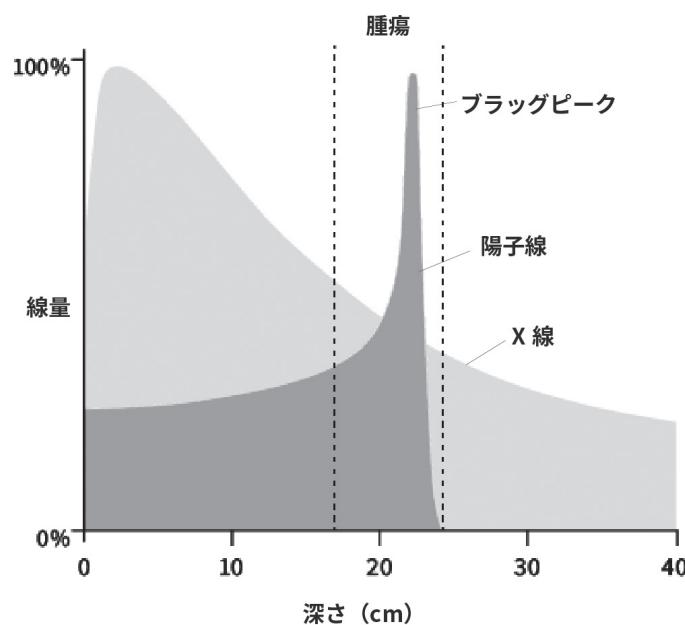


図1 X線治療と陽子線治療との線量分布の違い(プラグピーク)

公的保険の適用外疾患においても先進医療での治療が可能であり、近年徐々に患者数は増えている。しかしながら、放射線治療全体の中でたった1%の患者しか陽子線治療を受けていない。X線治療施設が全国で約800施設あるのに対し、陽子線治療施設は19施設と圧倒的に数が少なく、陽子線治療を受ける患者数も少ない。日本国内で年間100万人ががんになる時代に、陽子線治療患者数は年間約3,000人しかおらず、ごく一部の人にもしか陽子線治療が届いていないというのが現状である。

陽子線治療が抱える課題

副作用が少なく、体に優しい治療法といわれる陽子線治療が、日本でも世界でも普及していない原因はどこにあるのか。それは、3階建ビルとほぼ同じ高さにもなる巨大な陽子線治療装置にある。この装置を建屋に収納するため、陽子線治療室を1室作るのに広大なスペースが必要とされてきた。そして、装置の大きさに比例

して建屋建設にもコストがかかり、陽子線治療の導入は50～100億円規模のプロジェクトになるとされている。病院にとって高い導入ハードルこそが、陽子線治療の普及を妨げている。

陽子線治療を取り巻く環境

上で述べた現状や課題について、実際に医療の現場に立つ医師の声を集めべく、当社は全国800以上ある放射線治療施設に向けて独自のアンケートを実施し、陽子線治療に対する認識を調査した。その結果約300施設もの放射線治療医から回答があり、陽子線治療の優れた特性は多くの医師が理解しているものの、コストやスペースの問題から自身の病院への導入は難しいとの声が多く挙がった。一方で、小型で低価格な装置であれば導入を検討したいという回答が半数近くにものぼり、陽子線治療普及の鍵は装置の小型・低価格化であることもわかった。

また内閣府による「経済財政運営と改革の基本方針2021」において、陽子線治療を含む粒子線治療について言及されたことは記憶に新しい。本文では「(前略)

公的保険

先進医療

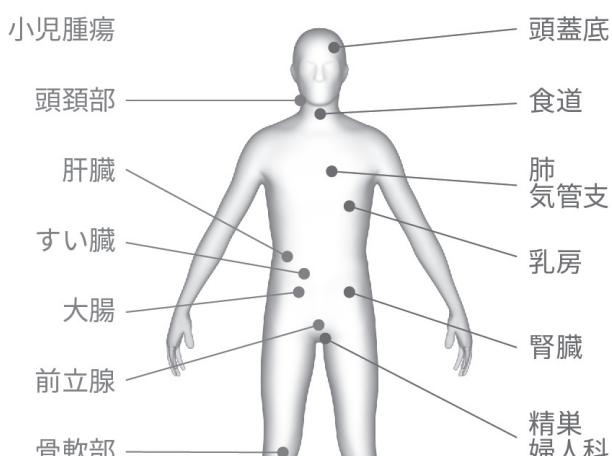


図2 陽子線治療の保険適用部位

従来のX線治療装置

従来の陽子線照射装置

ビードットメディカル
陽子線照射装置

図3 各装置のサイズ比較