

1. BNCTががん治療に与えるインパクト

廣瀬 勝己 / 佐藤まり子 南東北BNCT研究センター

ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) は、腫瘍に集積したホウ素を基に、中性子との核変換反応で生じる粒子線で腫瘍細胞を傷害する治療法であり、特に再発や遺残病変に有用である。この治療は現在、切除不能な頭頸部癌のみで保険適用となっているが、将来的には多くのがん種への適応拡大が期待されている。BNCTの線量は複数の要因に依存し、計算の不確かさや線量誤差が問題となる。現在、BNCTは再発頭頸部癌においては生存率向上をもたらす画期的な治療方法として注目されているが、治療適応やリスクについては患者ごとの慎重な評価が必要である。今後、他がん種へ適応を拡大する上で、BNCTの効果が最大限に引き出せるよう、それぞれのがん種において治療戦略上の役割を確立することが最も重要である。

BNCTの特長と適応疾患

BNCTでは、ホウ素薬剤の腫瘍選択性によって腫瘍にホウ素を集積させ、ホウ素と中性子の核変換反応によって生じる短飛程の α 線とLi反跳核により腫瘍細胞を傷害する(図1)。これらの粒子の線エネルギー付与(LET)は平均 $163\text{ keV}/\mu\text{m}$ および $168\text{ keV}/\mu\text{m}$ であり、一般的な炭素イオンの3倍程度に相当し、1イベントに対する生物学的効果比が大きい高LET治療に該当する。放射線治療を受けた部位でも治療が可能であり、再発や遺残病変に対して有用な治療であると言える。また、機能性や整容性の温存が必要となるような部位に

生じた腫瘍へも有用である。現在は、切除不能な局所進行または局所再発頭頸部癌に対してのみ保険適用となっているが、さらに多くのがん種への適応拡大が期待されており、さまざまな臨床試験が実施されている。

現在、薬事承認を受けているBNCT装置は、ベリリウムをターゲットとして採用する「NeuCure」(住友重機械工業社製)のみであるが(図2)、ほかにも新たな装置が続々と開発され、薬事承認取得のための臨床試験が計画されている(表1)。

BNCTにおける線量計算と不確かさについて

BNCTの線量は、ホウ素中性子捕捉

反応に依存するホウ素線量、熱外中性子と窒素の反応による窒素線量、高速中性子と水素原子の反応による水素線量、そして装置や組織中で生じる γ 線線量の総和によって構成される。そのうちの大部分を占めるホウ素線量が治療の成否を決定づけるが、ホウ素線量はその部位に到達する熱中性子フラックス、ホウ素濃度、そして、捕捉反応への生物学的応答性を意味する生物学的効果比を乗じることによって計算される。これにより、隣接する腫瘍細胞と正常細胞との間では線量が大きく異なってくる。例えば、 30 Gy-Eq が照射される腫瘍に隣接した神経組織では、その線量は $1/10$ 程度となる。また、粘膜では腫瘍の $1/3$ 程度となる。これらの線量は、X線照射1回の等価線量で表された線量の

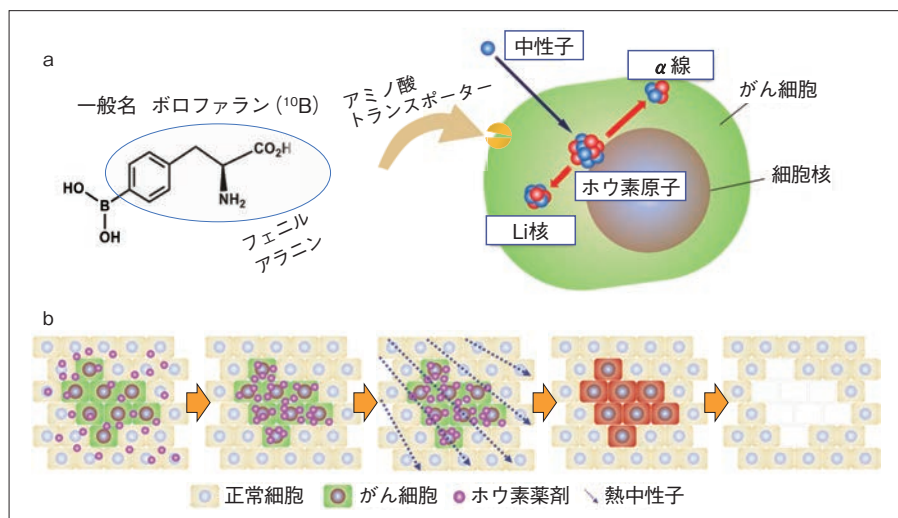


図1 BNCTの原理
a: 腫瘍細胞へのホウ素薬剤の取り込みとホウ素中性子捕捉反応
b: 組織内での腫瘍選択的な殺細胞効果