

2. Dosimetryによる核医学治療の安全化

右近 直之 福島県立医科大学先端臨床研究センター

現在、国内外において、放射性同位元素 (radio isotopes : RI) を用いた放射線内用療法 (RI内用療法もしくは核医学治療) が活発に行われている。これまで、本邦で核医学治療と言えば、¹³¹Iを用いた甲状腺がんに対する治療、もしくは甲状腺機能亢進症に対する治療が主であった。しかし、近年、初めての α 線放出核種である²²³Raが保険収載され、去勢抵抗性前立腺がん骨転移に対して使用可能となった。また、2021年には新しい β 線放出核種である¹⁷⁷Luを用いたルテチウム-177標識ソマトスタチンアナログ (Lu-177-DOTATATE 注射液) や悪性褐色細胞腫に対する治療薬である¹³¹I-MIBGが保険収載され、本邦における核医学治療は大きく様変わりしている。さらに、¹⁷⁷Luや²²⁵Ac-PSMA-617による前立腺がんの治療薬が今後追加されることが期待されている。国内では、 α 線放出核種の一つである²¹¹Atを用いた²¹¹At-NaAtや²¹¹At-MABG、²¹¹At-PSMA-5による治験が行われている。使用される放射線も、従来の β 線だけではなく、 α 線やオージェ電子などが利用されている。 α 線は β 線より線エネルギー付与が格段に大きいという物理的特性や生物学的效果が優れるため、上記の²²⁵Ac-PSMA-617リガンドによる去勢抵抗性前立腺がんの治療は、強力な治療効果が実証されている¹⁾。本邦では、核医学治療によるがん治療の推進を目標に掲げ、「がん研究10か年戦略」中間評価において、核医学治療の研究を推進することが明記

され、核医学治療の動きが加速している。今後、核医学治療の薬剤は疾患ごとに多岐にわたり、千差万別となってくることが予想される。

一方で、核医学治療に利用される放射線は飛程が短いことから、組織の不均一性や反応性の違いによって治療効果や副作用が大きく異なる可能性があるため、正確な投与量計算に基づく治療が望ましい。しかし、実際の核医学治療では、患者体重に応じて一律の放射能が投与されているため、十分な治療効果が得られないケースが報告されている²⁾。腫瘍に対する吸収線量の差が治療効果を左右する原因であることが報告され、患者ごとの組織吸収線量に基づく治療最適化が課題となっている³⁾。したがって、核医学治療を安全に行うためには、RIからの腫瘍組織および正常組織への吸収線量を求める線量評価 (dosimetry) を行い、適正な投与量のコントロールを行うことで、安全かつ効果的に治療を行うことができると考えられる。

核医学診療における安全管理を目的としたdosimetryは古くから実施されており、米国核医学会の委員会の一つであるMIRD委員会 (Medical Internal Radiation Dose Committee) から報告されているMIRD法 (後述) が現在も考え方のベースとなっている。

本稿では、核医学治療を安全に行うためのdosimetryについて解説する。

Dosimetryの手法および変動因子について

核医学画像をベースとしたdosimetryは、吸収線量算出まで多くの変動要因が存在し、その誤差が伝播することによって測定値に大きな影響を及ぼす。dosimetryのワークフローは大まかに以下の4つのステップ (図1) に分けられ、これらのステップでは、用いる方法によって同一患者においても吸収線量の変動につながるため、注意すべきである。

1. 定量画像と画像空間分解能

¹⁷⁷Lu核医学治療における臓器や腫瘍のdosimetryに関して、核医学治療用のRIは、主にSPECT/CT撮像による定量画像を取得することが可能であり、高い関心を集めている。そのため、SPECT装置による画像の画質や定量性の確保は非常に重要な要因となる。一方で、¹⁷⁷Lu-PSMA-617は、PET核種のコンパニオン診断薬である⁶⁸Ga-PSMA-11により腫瘍への集積や転移巣が高精度に検出でき、腫瘍への集積に応じて治療予後の推定なども可能であることが示唆されている^{4), 5)}。

2. Contouring (輪郭抽出精度)

dosimetryを行う場合、腫瘍体積やリスク臓器の輪郭を設定するcontouringを行う必要がある。ここで得られた組織の輪郭を基に、腫瘍や正常組織の吸収線量を計算する。核医学検査にお