Ⅱ Beyond Precision：高精度放射線治療のさらなる展開

10. アップライト（立位・座位）放射線治療の現状と展望

野村　友祐　量子科学技術研究開発機構量子医科学研究所物理工学部

現在行われている放射線治療のほとんどは臥位（仰臥位，側臥位，伏臥位など）で行われており，治療計画を立てるために使用されるCT装置をはじめ，ほとんどの医用画像撮影装置も臥位で撮影している。このような臥位で行われる医療は，長い間世界標準として広く普及してきたが，近年，臥位での放射線治療に代わり，立位や座位で行われるアップライト放射線治療（upright radiotherapy）が改めて注目されている。現代のアップライト放射線治療は，臥位放射線治療では困難な課題を克服できると期待されている。本稿では，アップライト放射線治療が再注目されている背景と最新研究を紹介し，今後の課題や展望を解説する。

アップライト放射線治療の歴史

現代のアップライト放射線治療について説明する前に，その歴史について紹介する。立位や座位で行われる放射線治療は近年注目されているため，新しい概念のように思われやすいが，実はアップライト放射線治療は古くから行われてきた[1]。1950年代に開発された世界で最初期の放射線治療装置は，臥位用の寝台に加えて治療用の椅子があり，疾患ごとに体位を選択していた[2)〜4)]。その後，1970年代にCT装置がHounsfield[5]によって開発されて以降，CT画像を用いた三次元治療計画法が確立され，現在では世界標準法となっている。この時，CT装置の多くが臥位で撮影するものであったことが，アップライト放射線治療が普及しなかった大きな要因の一つであると考えられる[1]。また，鎌田ら[6]は，座位で炭素線治療を行うため縦型CT装置を開発し，1997年に臨床使用を開始したが，座位での患者固定と位置合わせが困難であるなどの課題があった。

アップライト放射線治療が再注目される背景

このような過去から，頭部や眼など，一部の治療を除いてアップライト放射線治療はあまり使用されてこなかったが，2020年ごろから改めてアップライト放射線治療が注目されている。その背景に，以下3点が影響していると考えられる。

1. 患者固定法および位置決め技術の進歩

CT装置が普及していなかった放射線治療黎明期には，患者を安定して固定する手法が十分確立されておらず，三次元的に正確に位置決めすることが困難であった。しかし，現在は真空バッグやシェルなど，さまざまな固定具が開発され，患者固定技術は飛躍的に向上した。また，患者固定精度が高い椅子の研究開発も行われている。さらに，コーンビームCTや電子ポータルイメージング装置（EPID）のような放射線治療装置に付属した画像撮影装置が開発され，これらの画像を用いて三次元的な患者位置合わせができるようになった。これらによって，立位や座位でも再現性の高い治療ができると期待されている。

2. 高度な画像解析法を用いた治療計画

2000年代初頭に実用化された4D-CT撮影技術[7), 8)]によって，呼吸性移動を考慮した治療計画を作成できるようになった。さらに，非剛体画像位置合わせ法（deformable image registration）[9)]によって，呼吸性移動や日々の解剖学的変化を定量的に評価できるようになった。また，近年は人工知能（AI）が発展したことで，自動輪郭作成や線量分布計算など，治療計画の多くの項目を高精度に行うことができる。これらの画像解析技術の高度化によって，異なる体位の治療計画を比較できる基盤が構築され，アップライト放射線治療の実現可能性を向上させた。

3. 立位CT装置やアップライト粒子線治療装置の開発

現在のCT装置や放射線治療は臥位で行うものが主流だが，新たに立位や座位で撮影できるCT装置[10), 11)]や放射線治療装置[12)〜15)]が開発されている。特にアップライト粒子線治療装置は海外の施設に導入されており，それらの有効性を検証する臨床試験も行われている（図1）。

これらの技術革新と新たな開発によって，アップライト放射線治療を評価する基盤が整えられたと考えられる。

〈0913-8919/26/￥300/論文/JCOPY〉