

画像診断の進歩

3Dプリンターによる先天性心疾患手術シミュレーションへの応用



白石 公

国立循環器病研究センター教育推進部長／小児循環器部

Key words

- 3Dプリンティング
- 精密心臓レプリカ
- 光造形法
- 手術シミュレーション

はじめに

先天性心疾患は出生100人に1人の割合で発症し、毎年国内で1万人を超える新生児が先天性心疾患に罹患している。致死的となり得る先天性の臓器異常としては最も頻度の高い疾患群である。このなかには、自然に縮小し閉鎖する小さな欠損孔も含まれるが、先天性心疾患の手術件数は年間9,000例を上回っている¹⁾。先天性心疾患の心臓外科手術の特徴は、対象とする患者の心臓が極めて小さいことと、その立体構築がきわめて複雑であり個人差が大きいこと、以上の2点に集約される。したがって、患者の外科手術の成否は、小児科医が心臓大血管の複雑な立体構造を正確に診断し、その情報を的確に心臓外科医に伝達することにかかっている。

多列検出器型CT(multi detector

row CT；MDCT)やMRによる3次元画像診断が発達し、さまざまな医療分野で広く応用されるようになった。特にマルチスライスCT(multi-slice CT；MSCT)は、撮影時間の短縮とそれに伴う被曝量の軽減により、先天性心疾患の診療にも広く活用されるようになってきた。しかしながら、これらの3次元画像診断は、先天性心疾患の診断と手術情報の提供に十分かという点、決してそうではない。平面モニターに映し出される立体画像は、心臓の表面や内部構造に影をつけただけの見かけ上の3次元画像(volume rendering像)に過ぎない。実際の手術では、外科医は心臓を手で触れて構造を確認し、限られた狭い視野から心内の修復を行うため、3次元の視覚情報とともに、外科医の触覚にも訴える情報手段が不可欠である。

近年、工業分野において3Dプリンターの応用技術が普及し、さまざまな製品の試作過程に利用されるようになってきた。医療の分野でも応用されるようになり、先天性心疾患の領域でも教育的なツールとしてさまざまな取り組みがなされている²⁾³⁾。また整形外科などの手術で

は、画像等手術支援加算として診療報酬も認められるようになった。しかしながら、3Dプリンティングによる手術支援が比較的容易な整形外科領域や口腔外科領域とは異なり、対象となる心臓が小さく複雑な構造をもつ小児の先天性心疾患の診療領域では、臨床応用が可能な精密かつ軟質の心臓レプリカを作製するため、画像処理、材質、3Dプリンティングのすべてにおいて、一定の高度な技術レベルが要求される。

このような背景のもと、われわれは2001年の着想当初から患者のMSCTから得られる3次元画像情報を基に、レーザー光を利用した精密3Dプリンターである光造形法を用いて「精密心臓レプリカ」の開発を継続して行ってきた⁴⁾⁵⁾。2009年からは京都の試作品製作会社との共同開発で、光造形法と新しく開発された真空注型法と組み合わせて、心臓の内部構造を詳細に再現した「超軟質精密心臓レプリカ」を世界に先駆けて作製した^{6)~8)}。現在ではこの技術をさらに発展させ、臓器レプリカに特化した新たな3Dプリンターの開発にも着手するとともに、薬事や保険収載の可能性についても努力を払っ