

II 利活用の方が広がる3Dプリンタの実際

1. トレーニングのための臓器モデルの活用

森川 利昭 東京慈恵会医科大学外科学講座呼吸器、乳腺・内分泌分野

背景

3Dプリンタは薄い二次元画像を積み重ねることで、あらゆる立体画像データを正確に造形することができる。データに応じた個別の造形を行うことから少量多品種の造形に適しており、工業用目的で試作品の造形などに用いられてきた。

人体は一人ひとり形状が異なることから、CTなどの医用画像データを用いれば、各個体と同じ形状のモデルを造形できる。

現在の3Dプリンタは複数の樹脂を同時に使用できることから、臓器の実質、血管などを作りこむことができる。実質部分を透明の樹脂で造形すれば、臓器内の血管分布などを全方位から観察できる¹⁾。材料は通常石灰や樹脂など硬い材質であり、近年、軟らかい樹脂も使用されるようになってきた。生体の中でも比較的硬い骨組織はこれまでの樹脂で近似した質感を得ることができることから、整形外科分野などでは手術の支援などさまざまに用いられている。

一方、生体の軟部組織は70%以上の水分を含みきわめて軟らかい上に、部位により脂肪分や空気を含有するなど多彩であり、現時点でこれらを3Dプリンタのみを用いて再現することは不可能である。手術トレーニングを目的としたこのような臓器モデルを作製するには、工業的技法を活用する必要がある。

手術トレーニング

近年、内視鏡下手術が普及したことで、トレーニングのシステムが整備されてきた。内視鏡下手術では、手術操作のすべてを内視鏡を用いたモニタ画像下に行うため、全員が術者の視野を共有することができる。また、画像を記録し、繰り返し再生することが可能である。外科医が外科手術を行うためには段階を踏んだトレーニングが必要であると同様、内視鏡下手術のトレーニングは以下の段階を踏む。

(1) トレーニングボックスでの練習

トレーニングボックスには小型カメラが取り付けられており、箱に開けた穴から手術器具を入れ、モニタ画像下に縫合や結紮などの基本手技を学ぶ。

(2) 動物でのトレーニング

ブタなどの生きた動物に全身麻酔を施し、実際の手術器具を用いた手術を施行し手術手技を学ぶ。

しかし、これらのモデルはヒトの解剖を正確に反映していない。ヒトの解剖を正確に再現するモデルにはキャダバーモデルがあるが、使用のためのハードルは高い。

並行して実際の手術に参加し、助手として手術操作を学ぶ。現状では、手術トレーニングには実際の手術に頼る部分が多い。

臓器モデルの開発

われわれは、動物やキャダバーに代わ

るモデルとして、実際のヒトの解剖を再現した臓器モデルを開発してきた。

内視鏡下手術では、体腔と臓器が一体になったモデルが必要である。筆者らは専門領域である胸腔鏡下手術を念頭に、胸腔と胸腔内臓器の一体モデルの開発を試みた。われわれは初めに、実際のヒトのCT画像データから3Dプリンタを用いて、胸腔部分と臓器部分を別々に造形した。これらを型にして工業的技法を応用してそれぞれの部分を作製し、胸腔臓器一体モデル*を作製した(図1)。

*株式会社ファソテック社製「BIOTEXTURE手術トレーニングシステム胸腔鏡」：2015年度グッドデザイン賞受賞・15G070717

工業的技法について

手術トレーニング目的には、ヒトの個体間の相違を再現することより同一のモデルを多数作製することが求められるので、工業的技法による造形が優れている。

胸郭部分は肋骨や脊椎などの硬い骨性胸郭と、軟らかい筋肉や皮膚などからなる。3Dプリンタによる造形を型にそれぞれ作製し、一体化した。手術器具を挿入する胸壁部分は肋骨を露出させ、必要に応じて表面を軟らかいシリコン板で覆って使用される。

臓器モデルの材料に用いられるポリビニルアルコール(洗濯糊の成分)は、軟らかくて水分を含む(ウェットモデル)。そのため、実質臓器とそっくりの触覚を得られる上、電気メスなどのエネルギーデバイスが使用でき安全性も高い。肺は