

## II 利活用の方が広がる3Dプリンタの実際

# 2. 実物大骨格モデルによる手術支援

高尾 正樹 / 菅野 伸彦 大阪大学大学院医学系研究科運動器医工学治療学

整形外科診療において、1990年代からCTやMR画像などの三次元画像を用いた手術計画やシミュレーションの臨床応用が試みられるようになり<sup>1), 2)</sup>、コンピュータ技術の進歩に伴い一般病院でも容易に行えるようになった。また、同時にナビゲーション機器も開発され、脊椎手術、人工関節手術、骨切り術、骨折手術などに応用され、手術精度の向上と合併症の低減が図られてきた<sup>1)</sup>。

2000年代に入ると3Dプリンタ技術の臨床応用が進み、実物大骨格モデルによる手術計画や手術シミュレーションが試みられるようになった。実物大骨格モデルは立体視に加え触覚も加わり、実際に骨格を整形する操作を行い、さらにインプラントを設置・固定し、より実際の手術に近い仮想手術を術前に行うことができる。また、変形矯正や関節応力低減を目的とした骨切り術の正確性を高めるためのカスタムメイド骨切り用ガイドなど<sup>3)~5)</sup>、個々の症例の治療目的に特化した術具を任意に作製できるため、個別の理想的な治療

が行いやすいのが利点である。さらに、実物大骨格モデルはその直観性を生かし、患者説明や手術教育にも応用されている。

本稿では、実際の整形外科手術での応用例を中心に、その応用方法と利点、欠点、現在の臨床応用状況、今後の課題と展望について解説する。

### 臨床応用例

実物大骨格モデルは、単純X線やCT断面の二次元画像で立体構造の把握が難しい、複雑に変形した骨折の整復固定や、骨折後変形の矯正手術、骨欠損の大きな人工関節再置換術において応用されている。

複雑な骨折の実物大骨格モデルを用いた転位状態の把握、整復シミュレーションは、手術アプローチの決定や整復操作の効率化において大変有用である。なかでも骨盤骨折は、骨折形状が複雑な上、体幹深部に存在し、内臓臓器や神経血管が隣接しており、それらの組織

を剥離展開することが難しいため、限られた視野で骨折状態を把握するには実物大モデルが便利である<sup>6)</sup>。CT画像データからのvolume rendering (以下、VR) 画像だけでも骨格の立体構造の把握には大変有用であるが(図1)、実際の実物大骨格モデルを手にとって360°観察すると、立体構造の把握がより高まる(図2)。滅菌可能な素材を用いてモデルを作製し、術野の近傍で参照できると、軟部組織で覆われた骨格変形をより正確に把握しやすくなる(図3)。骨折治療においては転位した骨片の正確な整復が最も重要であり、実物大骨格モデルの応用は効率良い整復のために大変有用である(図3)。

骨欠損の著しい人工関節の再置換術において実物大骨格モデルは、骨欠損の状態をよりよく把握し、インプラントの種類や固定方法の検討において非常に有用である(図4~6)。CT画像から三次元モデルを画像抽出する際にインプラントの金属散乱線によるノイズの影響を受けるため、正しい骨輪郭を把握するのに注意を要する。また、骨組織の自動画像輪郭抽出も難しく、マニュアル編集に時間を要することが運用上の課題である。

上肢や下肢の骨折後変形治療症例における遺残変形の三次元把握やその矯正シミュレーションにおいても、実物大骨格モデルは有用である<sup>7)</sup>。矯正骨切りのカスタムメイドガイド(患者適合型変形矯正ガイド)を作製し、三次元的な矯正を確実に安全に行う方法の有用性は多く報告されている<sup>3)~5)</sup>。患者適合型

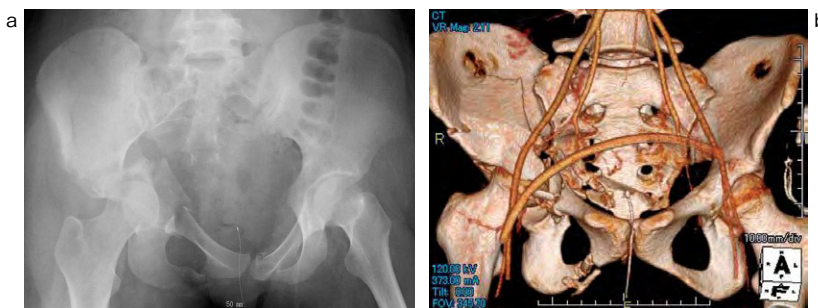


図1 右寛骨臼骨折の単純X線画像とCTのVR画像  
右股関節の中心性脱臼を伴う寛骨臼両柱骨折で、寛骨臼関節面の整復が難しい症例である。