

3D プリンタ AF0 の設計に向けたコルゲーションの分析 —コルゲーション設定位置における 3DP-AFO と PP-AFO の比較—

須田裕紀¹⁾、前田雄¹⁾、郷貴博¹⁾、東江由起夫¹⁾

1) 新潟医療福祉大学 義肢装具自立支援学科

【背景・目的】近年、義肢装具製作においても 3D プリンター(以下、3DP)の応用が注目され、すでに一部の義肢装具企業では、これらの機器を用いた 3D CAD-3D Printing システムによる義肢装具の製作が行われている。本学でも 3D スキャナ・3D プリンタを活用した義肢装具製作支援システムの開発に取り組んでいる。その一環として脳血管障害片麻痺者のシューホーンブレース(以下、SHB 型 AFO と称す)を製作するシステム開発ならびに実用に向けた安全性の確保や強度試験、様々なデザインの実験を実施している。これまでに、ポリプロピレン製シートから製作した SHB 型 AFO(以下、PP-AFO と称す)と 3D プリンタで PP 粉末を用いた粉末焼結積層方式で造形製作した SHB 型 AFO(以下、3DP-AFO と称す)を比較し、3DP-AFO では PP-AFO に比べ強度が低いことが分かった。強度を上げるには、足関節部分の厚みや構造を変えることは可能である。臨床において PP-AFO の強度を高める工夫としてコルゲーションの設定がある。我々は、3D プリンティング AFO のコルゲーション形状の違いによる特性の分析として、CEA 解析(Computer Aided Engineering: コンピューター支援設計)を用いたシミュレーションにおいて、異なるコルゲーションの設定における強度特性の分析を行った。結果、コルゲーションの形状と設定位置において、I 型 4 本>I 型 2 本(内側)>J 型 2 本>I 型 2 本(外側)>本無しの順で強度特性が高くなることが分かった。そこで本研究では、先行研究の結果をうけて、3DP-AFO の臨床における実用を目的として、3D-CAD 上でコルゲーションを施して、3DP で造形したコルゲーション入り 3DP-AFO の強度特性と足関節の底背屈モーメントへの効果を明らかにしたので報告する。

【方法】本研究におけるコルゲーションの設定は、先行研究の結果を基に、下腿支持部後面に装具 2/3 上縁から踵の頂点にかけて I 型に挿入する形状とした。それぞれ①コルゲーション無し、②I 型 2 本(外側)、③I 型 2 本(内側)の 3 条件とした(図 1)。対象は、健常成人女性の短下肢を基に製作した。従来の採型を行って陽性モデルを作成し、3D スキャナにて 3D データ化した。3D CAD ソフトを用いて、CAD データにトリミングラインやコルゲーションを施した。コルゲーションの形状は、一般的な陽性モデルに紐などにおいて成型する中空の状態を、3D-CAD データで再現した。コルゲーションを施した 3D-CAD モデルの表面から均一に装具の厚み 4 mm を持たせて AFO のシェル形状のデータを作成した。そのデータを基に、PP 粉末を使用した粉末焼結積層方式にて 3DP-AFO を造形した。計測は PP-AFO を試験機に固定し、装具下腿部を背屈 8° から底屈 8° へ単振運動させ、このときの底背屈方向 1° 毎の負荷トルクを記録した。これを各 PP-AFO につき 5 試

行の計測を実施し、その平均値より装具剛性をモーメント[Nm]で算出した。なお、本研究はヒトを対象としておらず、関連する利益相反はない。

【結果】コルゲーションの設定位置による足関節底背屈モーメントの結果を図 2 に示す。縦軸はモーメント[Nm]を示し横軸は角度[deg]を示す。全体的な傾向としてはコルゲーション内 2 本においてモーメント値が最も高く、次に外 2 本、無しの順となった。これらは過去の AFO における機械的特性を分析した先行研究とも類似した値であった。結果からも全体の傾向としてコルゲーション無し<外 2 本<内 2 本の順で AFO の底背屈モーメントが向上している。さらに、背屈方向よりも底屈方向でモーメントが高いことを示した。背屈領域では、コルゲーション無し(6.75[Nm])に対して外 2 本(7.65[Nm])では値が約 12%の上昇、外 2 本(7.65[Nm])と内 2 本(8.15[Nm])では、7%の上昇を示した。底屈領域では、コルゲーション無し(9.3[Nm])に対して外 2 本(9.55[Nm])では横ばい、外 2 本(9.55[Nm])と内 2 本(11.1[Nm])では、14%の上昇を示した。



図 1. コルゲーションの設定条件

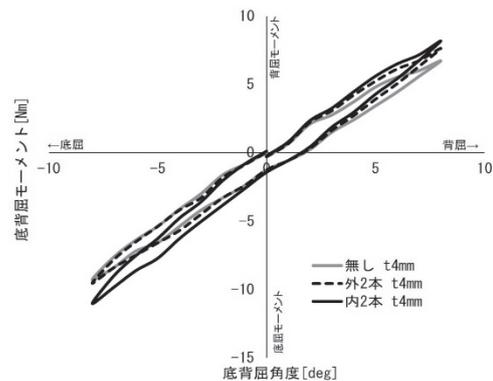


図 2. 3DP-AFO の設定と底背屈モーメント

【結論】本研究では、3DP で造形したコルゲーション入り 3DP-AFO の強度特性と足関節の底背屈モーメントへの効果を検証した。結果としてコルゲーションの挿入位置が中央部では底背屈モーメントが向上すること、外 2 本では背屈モーメントが向上することが明らかになった。今後は、PP-AFO との比較や他形状での比較を行い、装具のデザインによる特性を明らかにして、3DP 製造の AFO の臨床的な実用性に寄与していきたいと考えている。