

課題番号 : F-20-NU-0040
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 教育・評価のための眼科手術用リアル患者シミュレータの開発
Program Title (English) : Development of an eye surgery simulator for the education and evaluation of the surgery skills
利用者名(日本語) : 新井史人
Username (English) : F. Arai
所属名(日本語) : 東京大学工学系研究科機械工学専攻
Affiliation (English) : Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
キーワード/Keyword : 表面処理, 接合, 微小流路, 医工連携, 眼科手術

1. 概要(Summary)

近年, 世界での失明の原因として緑内障が大きな割合を占めている. その進行を緩和するための手術のひとつとして, 低侵襲緑内障手術(Minimally Invasive Glaucoma Surgery: MIGS)が注目を集めている. この手術では 100 μm オーダーの微小な眼内組織である線維柱帯や, 200 μm 程度の微小流路であるシュレム管をターゲットにするため, 医師が十分な練習をして, 定量的な手技の評価を可能とする環境が求められている.

本研究では, 眼科手術シミュレータ「Bionic-EyE®」に搭載可能な, 眼球内構造と眼内圧力の変動を再現した, 構造と機能の両者を有するシミュレータの開発を試みた.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

マルチマテリアル 3D プリンタ(RICOH 社製 ProJet 5500X)

【実験方法】

本シミュレータは, ポリジメチルシロキサン(PDMS)による前眼部モデルと, 3D プリンタ造形による硬質 ABS 樹脂からなる治具部分の 2 種から構成される.

前眼部モデルは, 角膜パーツと線維柱帯膜からなる. 角膜パーツは PDMS をアクリル型に注型することで作製され, 内面にシュレム管に相当する微小流路構造を有する. 線維柱帯膜は厚み 100 μm 程度の膜であり, PDMS を角膜内面形状と同様の形状を持つアクリル治具上にスピコートすることで得られる. これらにプラズマ表面処理を適用することで接合を行い, 前眼部モデルとする.

治具部分には前眼部モデルがセットされ, 前眼部モデルの微小流路を, パイプやチューブを接続することで外部へ拡張する. また, 前眼部モデルを Bionic-EyE に搭

載可能なモジュール構造とするためにも, 規格を統一して量産される必要がある. これらの理由から, 3D プリンタによって製造を行い, これにより目的の部品を得た.

前眼部モデルと治具をアセンブリすることでモジュール構造とし, Bionic-EyE に搭載した状態で実際の MIGS と同様の手術操作を行った. その手順を次に示す. まず, ポンプを出力 5 $\mu\text{L}/\text{min}$ で稼働させ, その際の眼内圧力の定常値を計測し記録する. その後角膜から術具を挿入し, 模擬線維柱帯を切開していく. 切開後, 角膜の切創を接着し再度ポンプを稼働させ, 眼内圧力の定常値を計測し記録する.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

手術前の眼内圧力は約 2.8 kPa であり, 手術後の眼内圧力は約 1.4 kPa への下降が見られた. この値は緑内障眼球の眼内圧力の目安であるとされる 21 mmHg = 2.78 kPa および正常眼球の眼内圧力の平均値である 10 mmHg = 1.33 kPa に近く, 本モジュールは MIGS 前後での眼内圧力の状態を再現できているといえる.

4. その他・特記事項(Others)

なし.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020

「Bionic-EyE: 眼内循環・圧力調整機構による緑内障手術シミュレーション」新納ら, 2020

(2) 第 21 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門「Bionic-EyE: ヒト眼球の構造・機能を模擬した緑内障手術シミュレーション」新納ら, 2020

6. 関連特許(Patent)

なし.