

# 基於光固化 3D 列印的絲素蛋白微針成型及其透皮給藥性能研究

Silk fibroin microneedle molding and transdermal drug delivery based on photocuring 3D printing

童方正，張駿，張克勤

Fang-Zheng Tong, Jun Zhang, Ke-Qin Zhang

蘇州大學紡織與服裝工程學院

童方正：20215215040@stu.suda.edu.cn

## 摘要

本實驗利用 Sil-MA 材料作為生物墨水的主要成分，結合 DLP 光固化 3D 列印技術，來探討基於光固化 3D 列印的絲素蛋白微針成型及相關性能研究。為明確 DLP 光固化 3D 列印絲素蛋白微針成型效果及性能的影響因素，本實驗從材料墨水本身的製備方法創新、列印參數、微針設計、後處理等多方面進行了優化，再將微針進行刺入實驗、壓縮力學等一系列測試，得到應用於釋藥或物理刺激皮膚再生的絲素蛋白微針。

**關鍵字:**絲素蛋白、光固化、微針

## 內容精要：

目前給藥方式主要為口服、注射和透皮給藥，透皮給通過皮膚層為局部和系統性疾病提供和輸送藥物。其繞過消化系統，最大限度減少了口服給藥導致的酶和肝臟對藥物的易降解問題，並防止了皮下注射帶來的侵入性痛苦。然而，存在角質層（SC）強大的皮膚屏障阻礙透皮給藥發展。MN 皮下注射和透皮貼劑相結合的一種新型的給藥方式，刺穿 SC 層，在皮膚上創建微通道，而不接觸神經和血管。常用的批量製備微針的方法是成形製造的模具法，存在製備時間長、樣式單一不可控等問題，新型的增材製造方法即 3D 列印技術應運而生，其中 DLP 光固化列印可按需定制微針，製備速度快，但列印精度特別是針尖解析度即刺入強度不及模具法微針。而且 SF 具有良好的生物相容性、可列印性，調節  $\beta$ -片材含量、交聯度等可以改變二級結構。

本實驗首先研究列印成型的機理以及關鍵光固化流變動力學，揭示提升絲素蛋白微針列印精度的關鍵條件，探索微針成型的尺寸極限。其次通過成型微針的各種理化性能表徵和體外釋藥速率，闡明絲素蛋白微針載藥釋藥的關鍵影響因素。特別是強度和精度，這也是 DLP 列印 SF 基 MN 解決的主要問題之一。目前的研究難點主要在於研發集生物相容性，高載藥性和高精度成型性於一體的光固化列印墨水，以用於個性化高效藥物遞送的微針製造。

