

生体吸収性マイクロニードルの穿刺力解析

Insertion Force Analysis of Bioabsorbable Microneedles

東大工¹, ナノ医療イノベーションセンター²

○神田 循大¹, 竹原 宏明^{1,2}, 一木 隆範^{1,2}

Sch. Eng., Univ. Tokyo.¹, iCONM.²

○Yukihiro Kanda¹, Hiroaki Takehara^{1,2}, Takanori Ichiki^{1,2}

E-mail: kanda@bionano.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】高分子材料の精密成形加工技術は、医療デバイス開発を支える基盤技術として非常に重要である。生体吸収性ポリマーは、体内で用いられる医療デバイスの材料として有用であり、デバイス小型化に向けた精密加工技術の開発が進められている[1,2]。特に生体吸収性ポリマーを用いたマイクロニードルは、安全性の観点から、低侵襲な経皮薬剤送達技術として注目されている。しかし、高分子材料は金属等の他の材料に比べて強度が低く、皮膚への刺入に課題がある。そのため、高分子材料を用いたマイクロニードルの刺入機能評価には力学的解析が不可欠である。そこで本研究では、マイクロニードルの製法として広く用いられるマイクロモールドニング法[2]による生体吸収性ポリマーを用いたマイクロニードルの精密成形、及びブタの皮膚を用いたマイクロニードルの刺入試験による、穿刺力の力学的解析手法について検討した。

【実験方法・結果】マイクロニードルの穿刺力解析に向けて、マイクロニードルの精密成形プロセス及び刺入試験機を構築した。以下に成形プロセス及び試験機の概要、刺入試験方法について述べる。マイクロモールドニング法を用いて、生体吸収性マイクロニードルを作製した。離型性に優れる poly(dimethylsiloxane) (PDMS) を用いてモールドを作製し、生体吸収性ポリマーである poly(L-lactide) (PLLA, 融点 180–185°C) をマイクロニードル状(直径: 500 μm、高さ: 2 mm)に精密成形加工した[3]。マイクロモールドニング法は設計自由度・制御性や形状の再現性、量産性に優れており、様々な形状に適用可能な作製手法である。また、マイクロニードルの穿刺力解析に向けた刺入試験機を構築した。装置の概要図を Fig. 1 に示す。本装置はステージに固定したブタの皮膚に対して、ステッピングモーターを用いて PLLA 製マイクロニードルを垂直に刺入し、ロードセル及びマルチメーターによりマイクロニードルにかかる

荷重を測定可能である。ニードルにかかる荷重が急激に下がる点が穿刺点となり、穿刺点での荷重が穿刺力となる。穿刺力は皮膚のき裂靱性と先端の有効面積に比例することが知られている。穿刺力の解析式を以下に示す[4]。

$$\int_{x=0}^{x=x_i} F \, dx = G_p A \Leftrightarrow F_i = \tau G_p A + \theta$$

($F(x) = \theta e^{\tau x}$ と仮定して積分、 F_i : 穿刺力、 G_p : き裂靱性、 A : 有効面積、 θ, τ : 定数)

今後は、本装置を用いた刺入試験により、マイクロニードルの形状が穿刺力に与える影響の評価を行う。

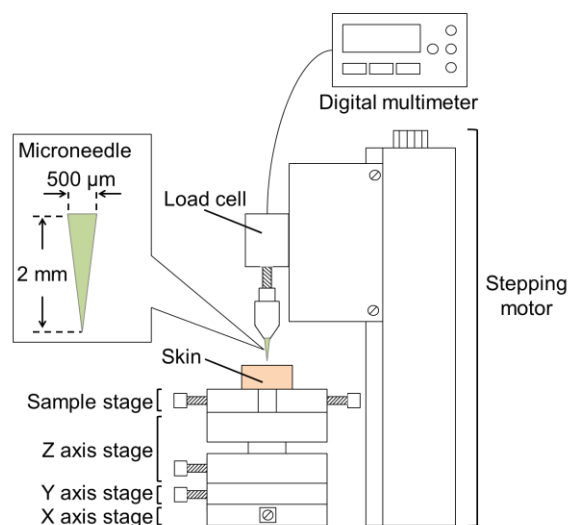


Figure 1 Schematic of the insertion test apparatus using bioabsorbable microneedle and a pig skin.

【参考文献】

- [1] M. Hecke, *et al.*, J. Micromech. Microeng., **14**, R1–R14, 2004
- [2] M. Wang, *et al.*, Lab on a Chip, **17**, 1373–1387, 2017.
- [3] Y. Kanda, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **58**, SDDK05, 2019.
- [4] S. P. Davis, *et al.*, J. Biomech., **37**(8), 1155–1163, 2004.