

冷凍チャックを用いた無痛採血針の開発

Development of painless blood sampling needle with a freezing chuck system

○ 香川亮太 高木寛之 佐藤政哉 角田陽 多羅尾進 齊藤浩一 (東京高専専攻科)

Ryota KAGAWA, Hiroyuki TAKAGI, Masaya SATO, Akira KAKUTA, Susumu TARAO, Hirokazu SAITO
Advanced Course of Tokyo National College of Technology

Abstract: Generally, a thin needle is break easily. Mosquito may reduce puncture force by sliding a pair of saw needle alternately. In this study, mosquito's needle is focused to achieve painless blood sampling. To mimic the mosquito's needle, multiple parts of styrene resin cylinder divided in a longer direction would be ground and shaped. The multiple needle parts would be frozen for accurate fabrication. In this report, a freezing chuck system with stirling refrigerator is described.

Key words: Mosquito's proboscis, Painless thin needle, Freezing chuck system

1. はじめに

採血には痛みや恐怖を伴うが、これらを軽減することで採血が身近になり、病気の早期発見等に繋がると考えられる。痛みの軽減には、微細な採血針が有効であるが、微細な針は座屈しやすく危険である。一方、蚊は微細な針を折ることなく無痛で穿刺し、吸血することができる。これは微細歯のついた一対の針を振動させることで組織穿刺に必要な力を低下させ、針の座屈を防いでいるためと言われている¹⁾。そこで本研究では蚊の吸血機構を模擬した分割形状の採血針を開発するための予備段階として、針の加工方法の開発を行うことを目的とする。

2. 蚊の針について

蚊の口針は顎や唇が変化した7本の針で構成され、全長1~2mm、直径約100 μ m程度である。吸血した血液が通るのは上唇と呼ばれるU字断面の針で、その両側に一対の小顎を有する。小顎は先端に微細な棘を持つ²⁾。蚊は針先を皮膚に接し、小顎を交互に振動させながら組織を穿刺する。このとき、小顎で組織を固定し、この間に上唇をクサビのように差し込み吸血していると言われている¹⁾。

3. 蚊の針を模した無痛採血針

は複数の針を巧みに使い分けることで微細な針でも折ることなく穿刺可能であることから、蚊の穿刺機構を模擬した微細な針を作成することで無痛採血が実現できると考えられる。本研究では蚊の針の特に穿刺において重要な働きをしている小顎の機構を持たせた針を製作する加工方法の開発に取り組んでいる。製作する採血針は1本の針を長手方向に分割し、先端部に棘を持たせ小顎の形状に近い形状の分割針とした。Fig. 1に製作する分割採血針の概観を示す。分割針のモデルは従来の採血針を二分割した形状、先端部を円錐状に尖塔化したものを二分割した形状とした。針の先端部には小顎と同じような棘を有する。

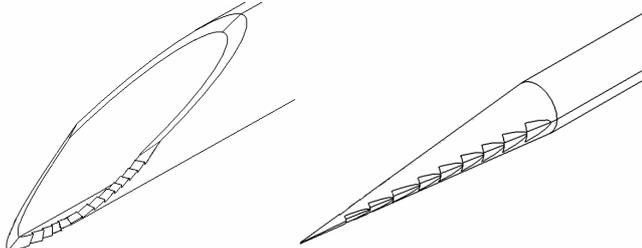


Fig. 1 Example of separated needles (maxilla needle)

このような複数の微細な部品で構成される分割針を作製する際、それぞれの部品を加工した後に組立てる方法では工程が複雑になる上に精度的な課題が大きい。そこで予め部材を円柱状の形態に組上げた状態で先端部へ加工を施す必要がある。先ずはその固定方法として複数の部材を溶媒と共に凍結させて固定する冷凍チャックの試作を行った。

4. 冷凍チャックシステム

4.1 冷凍チャックシステムの構成

分割針加工用冷凍チャックシステムの構成図を Fig. 2 に示す。本システムは、部材を凍結固定する冷凍チャック部、チャックの冷却に用いるスターリング冷凍機、冷却温度の調節を行う温度コントローラ、冷凍機の放熱を行うファン、冷凍機へ送る電流を制御するドライバから構成されている。冷凍チャックの冷却温度は0 $^{\circ}$ C~-120 $^{\circ}$ Cに設定可能である。

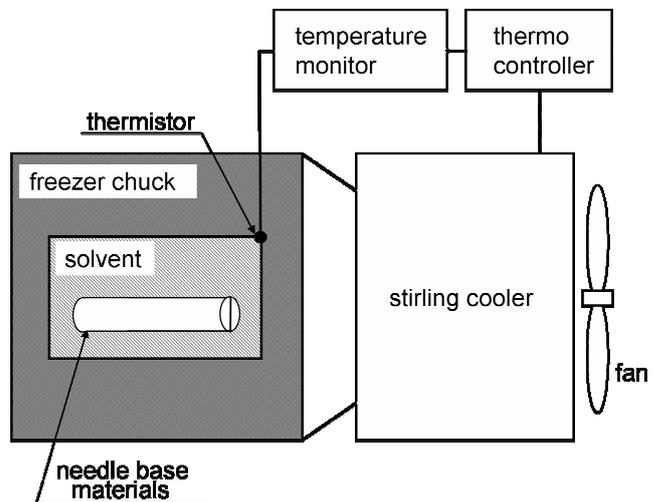


Fig. 2 Schematic of a freezing chuck system

4.2 冷凍チャックの構成

冷凍チャックの概観を Fig. 3 に示す。本体はアルミ製で、その周囲を熱伝導率 0.03W/mk のポリエチレン製スポンジシートで断熱した。冷凍チャックは大小3つの部品(A~C)からなり、組み合わせることで内部に円柱状の空間形成する。この空間に溶媒を満たし、針部材を凍結固定する。凍結固定後はチャックの二つの小さい部品(B,C)を取り外し、円柱状に凍結固定された部材を露出させる。そして露出させた部材の先端部分を溶媒ごと加工する。

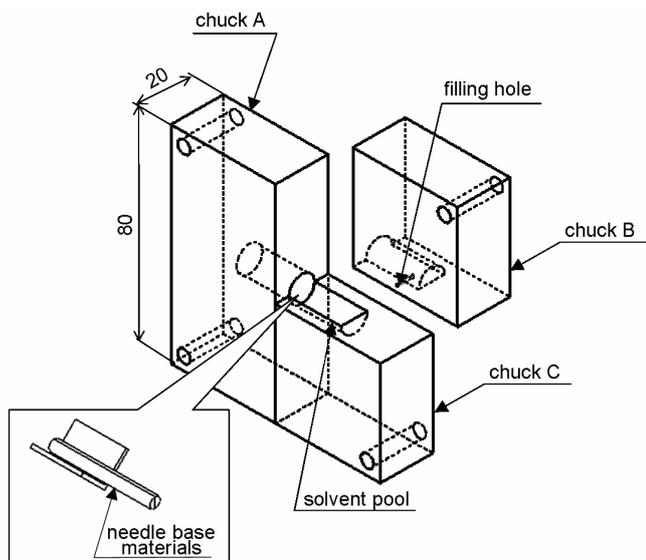


Fig. 3 Schematic of a freezing chuck

4.3 凍結固定実験

冷凍チャックで実際に部材の凍結固定が可能かを確認するために以下の方法で冷凍チャックを用い溶媒を凍結させた。今回は針部材としてスチロール樹脂の半円柱を円柱状に仮組みしたものを使用し、溶媒と共に凍結固定した。

4.3.1 実験方法

- ① 冷凍チャックをスターリング冷凍機の冷却部に取り付け、断熱材で覆った。
- ② 溶媒槽に針部材を配し、チャックを組み付けた。
- ③ チャックの注水穴から溶媒(蒸留水)を注入した。
- ④ 温度コントローラの設定温度を -100°C に設定し、凍結固定させた。(室温： 28.5°C)
- ⑤ 凍結固定後チャック B,C を分離し、凍結した溶媒を露出させた。

4.3.2 実験結果及び考察

本凍結固定実験の様子を Fig. 4 に示す。冷却部が設定温度に到達するまでに要した時間は実験開始から 30 分であった。その後温度が安定したところで冷凍チャックを分離させた。しかしこの際、凍結溶媒を破断させてしまい円柱状の溶媒を露出させることができなかった(Fig. 5)。これは凍結溶媒とチャックとが強固に密着していたため分離する際に接触面が剥離しなかったためチャック A との境界部分から破断してしまったと考えられる。このことは分離したチャック B, C に凍結溶媒が残されていたことからわかる。そこで再度実験を行い、冷凍機からチャック全体を取り外し、チャック B, C の部分を流水で常温に戻しながら分離したところ、凍結溶媒を破断させることなく取り出すことができた。Fig. 6 に露出させた凍結溶媒を示す。凍結溶媒内部に針部材が固定されているのが確認できた。実験結果より冷凍チャックを用いて複数の針部材を凍結固定し、凍結溶媒ごと露出させることができることがわかった。しかし、凍結溶媒とチャック本体が強固に固着してしまうため取り外す際に溶媒を破断させる恐れがあるため、チャックを凍結溶媒から分離する方法の検討が必要になってくる。具体案としてはチャックの境界面を内包したヒータ等で熱してチャックと溶媒の接触面を一時的に融解する方法が考えられる。



Fig. 4 Appearance of freezing experiment

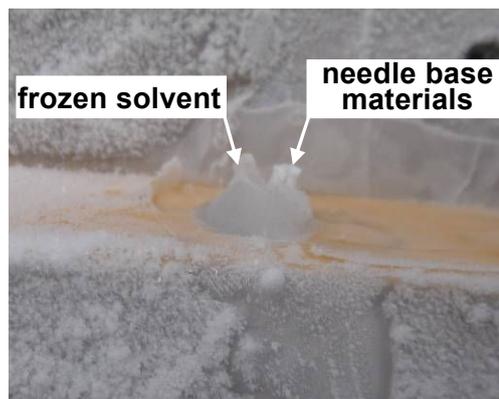


Fig. 5 Broken frozen solvent

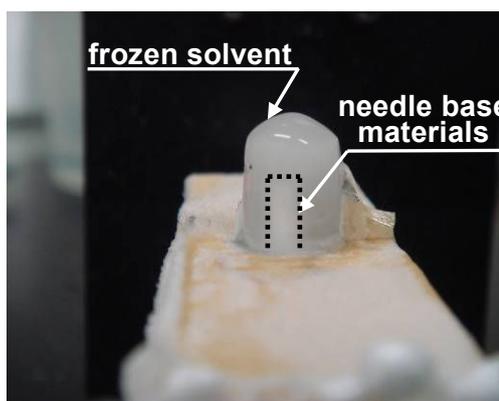


Fig. 6 Exposed frozen solvent

5. まとめ

無痛採血の実現には微細な針が不可欠である。しかし、微細な針は座屈しやすいため、本研究では蚊の針を模した分割採血針を提案し、加工方法の開発を行ってきた。その方法として冷凍チャックを試作し、部品を予め組み上げた状態で加工することで形状精度を確保することとした。凍結固定実験の結果より、試作した冷凍チャックを用いて部材を凍結固定できることが確認された。しかし、凍結溶媒の露出させる際の破断を防ぐため、チャックの分離方法の検討が必要であった。今後は冷凍チャックの形状の決定及び製作、加工工具の製作を行っていく。その後分割採血針を製作し、皮膚モデルへの穿刺実験において穿刺力の大きさから最適な針の形状等の検討を行う予定である。

参考文献

- (1) 齊藤浩一, Medical Technology 30-7, 2002, 752-755.
- (2) J. C. Jones, Sci. Am, 238, 1978, 112-120.