

自動採血のための近赤外線を利用した静脈探査方法に関する研究

Study of Vein Exploration using Near-Infrared for Automatic Blood Sampling

○ 高木寛之, 香川亮太, 佐藤政哉 (東京高専専攻科)

野川雅道, 田中志信, 山越憲一 (金沢大学)

齊藤浩一 (東京高専)

Hiroyuki TAKAGI, Ryota KAGAWA, Masaya SATOH, Advanced Course of Tokyo National College of Technology
 Masamichi NOGAWA, Shinobu TANAKA, Kenichi YAMAKOSHI, Kanazawa University
 Hirokazu SAITO, Tokyo National College of Technology

Abstract: In the clinical settings, blood sampling from a vein is frequently performed for blood test, but malpractices such as internal bleeding are reported. Therefore, an assistive technology for safety blood sampling is desired. Successive blood sampling depends on accuracy of needle localization to a vein. In this study, to achieve safety blood sampling, a vein exploration method using near infrared (NIR) light was developed and evaluated. Radiating a NIR light to forearm of volunteers and taking images applying the optical characteristics of hemoglobin, deep subcutaneous veins in antecubital fossa could be explored. Additionally, we evaluated optical characteristics of materials of biological-optic model for confirming accuracy of exploration. Similar characteristics of light transmission to living body were obtained from mixture of two kind of silicone. In conclusion, material of biological-optic model for confirming accuracy of vein exploration using NIR mimicked optical characteristics of living body was selected.

Key Words: Automatic Blood Sampling, Vein Exploration, Near-Infrared, Hemoglobin, Biological-Optic Model

1. はじめに

現在臨床の現場では、血液検査のために静脈からの採血が頻回に行われているが、採血者には視認や触診による静脈の位置確認のための高度な技術が要求され、経験の浅い採血者のミスによる内出血や神経損傷等の事故が報告されている。そのためこのような事故の防止のために機械による安全な採血支援技術の開発が望まれている。採血の成否は穿刺部位を決定するための静脈位置確認の精度に大きく依存する。そこで本研究では静脈の探査方法として、近赤外線(NIR)を利用し、一般的に採血に用いる肘窩静脈の可視化を行うことで、この方法の有効性の確認を行ってきた¹⁾。今回は本静脈探査方法の位置精度の確認のために使用する生体モデルの材料の光学特性を検討したので報告する。

2. 静脈の探査原理

生体内に含まれる水分は波長が700~900nmの範囲のNIRに対して低い吸光特性を示す。また静脈血には還元ヘモグロビンが多く含まれ、酸化ヘモグロビンを多く含む動脈血とは異なる吸光特性を有する。さらに、他の生体組織はNIRを透過や散乱させるため、NIRを組織内に照射すると内部で散乱し、深部まで浸透する²⁾。このため静脈探査部位にNIRを照射して赤外線カメラで撮影すれば動脈とは異なる特有の吸光特性により静脈像を撮影することが可能となる。この特性を利用して検出された手掌等の静脈パターンは現在防犯等を目的とした生体認証に用いられているが、肘窩静脈のような比較的深部の静脈の検出は行われていない。そのため静脈を確認しやすくするためにNIRの照射方法や上腕の駆血圧力等の条件の最適化を行ったところ最適化する前と比較して鮮明に静脈像を得ることができた。Fig.1(a)に可視光カメラで撮影した肘窩の画像、(b)に条件を最適化して赤外線カメラで撮影したときの肘窩の画像を示す。可視光カメラでは確認できなかった静脈を赤外線カメラでは確認することができ、NIRにより静脈の探査が可能であることが示唆された¹⁾。

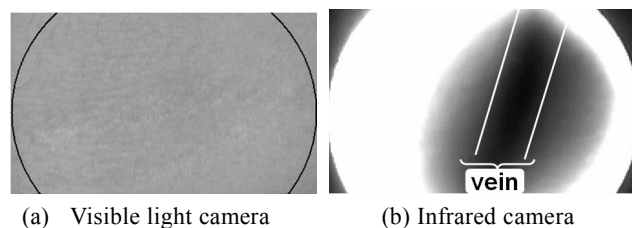


Fig.1 Example of transcutaneous images of antecubital fossa.

3. 生体モデルの概要と組成の検討

静脈の位置確認精度の評価のため、生体モデルを作成し、撮影した画像と実際の位置を比較した。使用する生体モデルはFig.2に示すような肘窩静脈と周辺組織からなる簡素な構造のものとした。

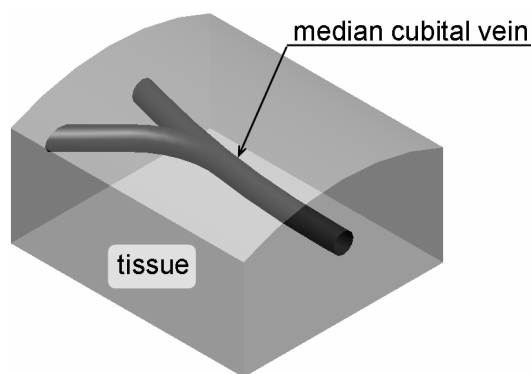


Fig. 2 Image of an optical model of median cubital vein and tissue.

4. 実験方法

4.1 実験装置

実験装置の構成をFig.3に示す。NIRの光源には波長が830nmのLEDを使用し、小孔から試料となる試験片や生体にNIRを照射して照度計による透過光の照度の測定及び試料のNIR散乱像の撮影を行った。このときあらかじめ光源

の照度を測定した。得られた照度と散乱像に対して後述する解析を行い材料の光学特性の検討を行った。対象としてヒトの肘部位(20~21歳の健常な被験者), モデル材料として透明シリコン (KE-1606, 信越化学) に白色シリコン(KE-14, 信越化学)を 20~31%混合したものを使用し, 試料の厚さは 7 mmとした。また散乱像の撮影には赤外線 CCD カメラ(25万画素)を使用した。

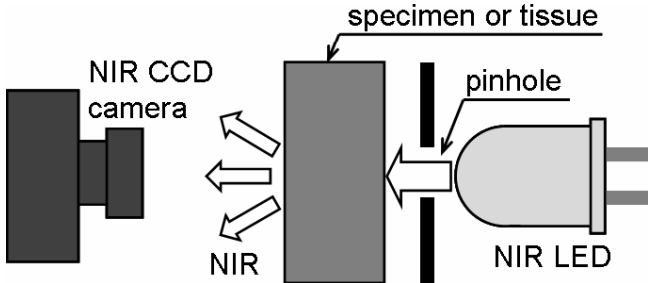


Fig. 3 An experimental setup for evaluating optical characteristics of material of a biological model

4.2 画像の解析, 比較方法

まず Fig. 4 に示すように画像の最大輝度部分を通る線上の輝度を解析した。次に光源照度に対する透過光照度の割合を相対照度と定義し, 照度計により測定された照度に対する相対照度と解析により得られた最大輝度が対応するように輝度値を相対照度に変換した。変換により得られた相対照度の波形は平滑化し最小値がゼロとなるようにオフセットした。最終的に得られた山形の波形の最大相対照度, 最大照度の半分の値となる幅を半値幅として単位をmmに換算したものを求め, 最大相対照度を NIR の吸収, 半値幅を散乱の指標として生体に近い特性を持つ材料を選定した。

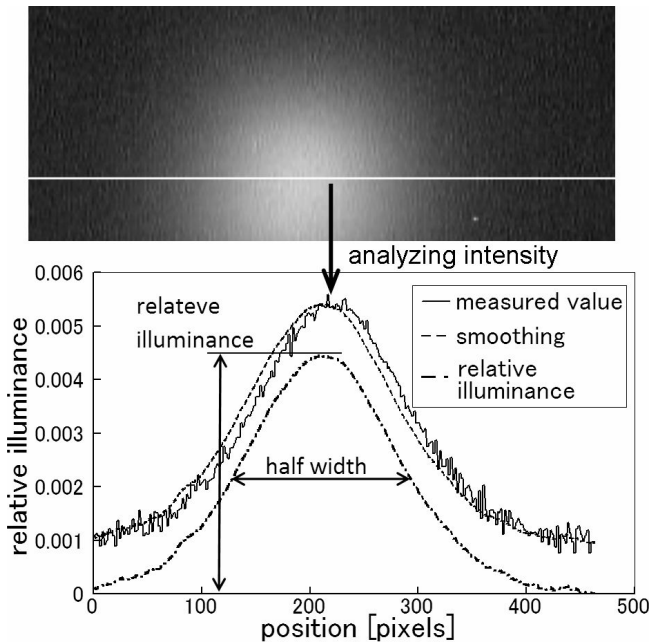


Fig. 4 Image analysis procedure.

5. 実験結果及び考察

Fig. 5 に白色シリコン濃度に対する最大相対照度の関係を示す。白色シリコンの濃度が増加するに従い相対照度が低下し, 27~31%では比較的生体に近い値となった。Fig. 6 に白色シリコン濃度に対する半値幅の関係を示す。半値幅については濃度に関係なく 11~13 mmのほぼ一定の値を取っており, その値は 16 mm程度の生体のものと比較し

て小さいものとなった。このことから白色シリコンには NIR を吸収する作用はあるものの散乱させる作用はないと考えられる。以上より生体モデルの材料を選定する際, NIR の吸収のみを考慮する場合は透明シリコンに白色シリコンを 30%程度混合すれば同等の特性を持つ材料を作成できるが, 散乱の特性も考慮する場合は 2種類のシリコンの混合では再現することが困難であるといえる。この場合シリコンに NIR の散乱体となりうる微粒子を添加して生体の散乱特性を再現するなどの方法が考えられる。

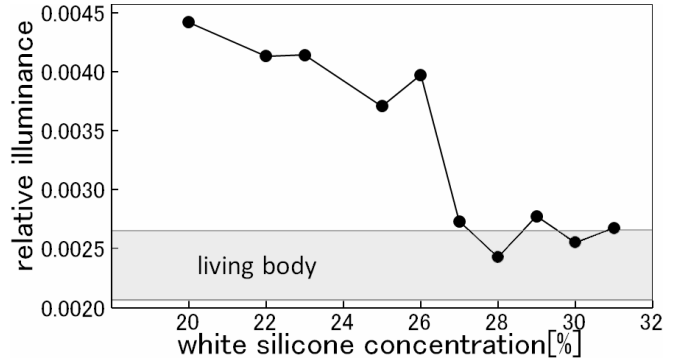


Fig. 5 Relationship between the white silicone concentration and the relative illuminance.

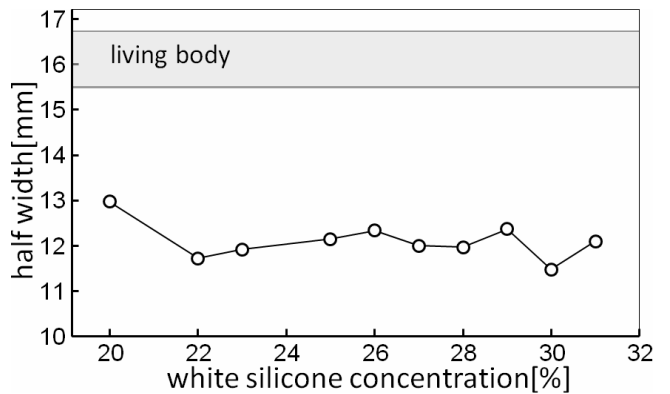


Fig. 6 Relationship between the white silicone concentration and the half width.

6. まとめ

本研究では自動採血を目的として近赤外線を利用した肘窩の静脈探査を行い, この方法の有効性が示唆された。また探査精度確認用の生体モデルの静脈周辺モデルの材料の検討を行い, 透明シリコンに白色シリコンを 30%混合することで生体の近赤外線吸収特性を再現することが可能であることが確認された。今後はシリコンに散乱体として顔料を添加することで生体の散乱特性の再現を行う。

謝辞

本研究の一部は財団法人 新生資源協会研究助成, 及び科学研究費補助金 基盤研究(B)22360110 による。

参考文献

- (1) 高木他, 近赤外線を用いた自動採血のための静脈探査に関する研究, 第20回ライフサポート学会フロンティア講演会論文集, pp.87, 2011.
- (2) 小澤他, 近赤外分光画像計測法による血中ヘモグロビン濃度の無侵襲測定, 生体医工学, vol.43, no.1, pp. 93-102, 2005.