

## GS1204 静脈血圧の近赤外光血管可視化による非侵襲計測

Non-aggression instrumentation by near infrared light blood vessel visualization of venous blood pressure

正 酒井 直隆 (宇都宮大) 正 嶋脇 聡 (宇都宮大)

○学 工藤 友亮 (宇都宮大)

Naotaka Sakai, Utsunomiya University

Satoshi Shimawaki, Utsunomiya University

Yusuke Kudo, Utsunomiya University

## 1. 緒論

医療分野において非侵襲的に体内情報を得ることは不可欠である。近年、近赤外光と呼ばれる波長 700~1200[nm]の光が生体に対する高い透過性と、血中のヘモグロビンに対する吸光度の高さから血管を透過画像として取得することが可能であることが注目されている<sup>(1)</sup>。

また近年、心疾患や脳血管疾患などの重大疾病の要因とされる生活習慣病などの予防に対して関心が高まっている。この予防は、家庭内で日常的に実施されなければならない。そのためには、各個人が手軽に扱えて、かつ非侵襲な計測機器が必要である。

手軽で非侵襲な計測を目指すために上腕をカフにて圧迫したのち、近赤外光を用いた血管可視化画像より収縮期血圧および静脈血圧の新計測方法を考えることを本研究の目的とした<sup>(2)(3)</sup>。

## 2. 実験装置

実験装置の概要図を Fig.1 に示す。実験装置は圧迫装置と撮影装置から構成される。圧迫装置は主に、カフを膨張させるための空気用ポンプ、圧力を制御する電磁弁、圧力測定のための圧力センサ、圧力を減圧させるためのニードルバルブから構成される。撮影装置は、波長 880[nm]の近赤外 LED ライトと CCD カメラから構成される。撮影装置は室内光の入射を防ぐため黒い緩衝材で覆っており、中に CCD カメラが設置されている。

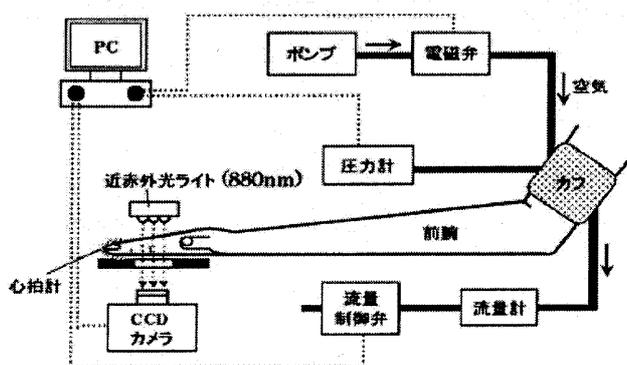


Fig.1 A figure of experimental device profile

透過画像の取得は、手の甲側から近赤外光を照射し、装置内にある CCD カメラで撮影する。撮影部位は、右手中指 PIP 関節とし、この部位を撮影台に設けられたスリット(30[mm]×10[mm])の上部に置くように指示する。

## 3. 実験方法

実験は、透過画像を撮影しながら上腕圧迫力を 150mmHg から徐々に減圧していく。実験時間は、圧迫前を 30 秒、圧迫時間を 30 秒、減圧時間を 120 秒の合計 180 秒で行った。撮影された透過画像は画像全体の平均グレースケール値を算出し、グレースケール値の変化から収縮期血圧と静脈血圧を計測した。

## 4. 結果

実験で得られたグラフ例を Fig.2 に示す。実験は 9 人の被験者に行った。まず 150mmHg で上腕を圧迫することで動脈と静脈がともに閉塞された状態を作り、そこから減圧していくと、やがて上腕圧迫力と収縮期血圧が等しくなったとき動脈閉塞が解除されグレースケール値が急減する。この減少点を収縮期血圧と推定する。やがて末梢部がうっ血することでグレースケール値は一定な状態となり、さらに減圧していくと静脈血圧と等しくなったとき、静脈閉塞が解除されグレースケール値は回復していく。この増加点を静脈血圧と推定する。

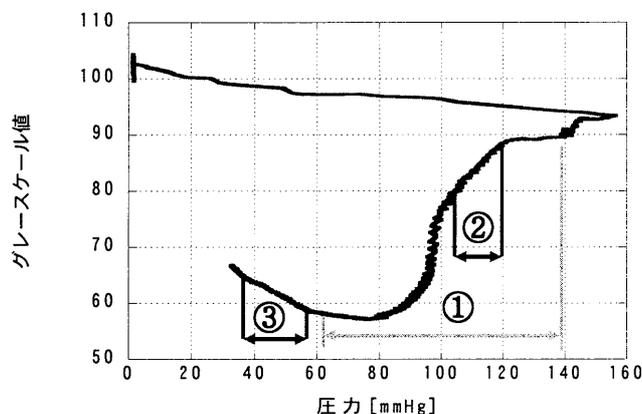


Fig.2 A graph example provided by analysis of a penetration image

#### 4.1 収縮期血圧と静脈血圧の推定方法

Fig.2 に示すようにグラフを 3 つの区間に分け各区間に回帰曲線を当て回帰曲線の交点から収縮期血圧と静脈血圧を推定する。

①の区間は、シグモイド関数で近似する。シグモイド近似したグラフ例を Fig.3 に示す。シグモイド関数は、 $y = (m1 + m2) / [1 + \exp \{ -(x - m3) / m4 \}] + m5$  で表され、グレースケール値が一定の部分で漸近線の値としてわかり、②と③の回帰曲線との交点を求めることができる。

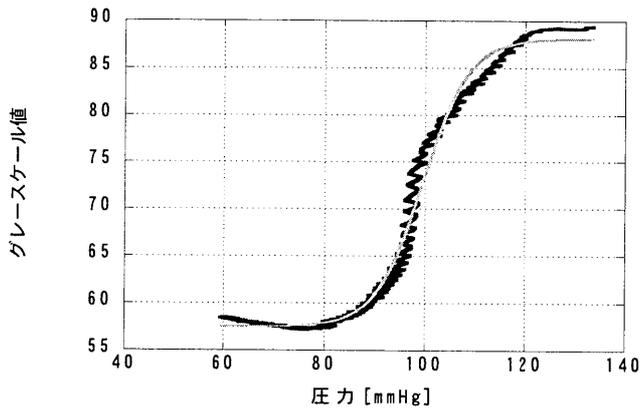


Fig.3 An approximation by a sigmoid function

#### 4.2 収縮期血圧と静脈血圧の推定結果

収縮期血圧と静脈血圧の推定結果を Table.1 に示す。収縮期血圧は、実験前に血圧計でも計測を行い、両者を比較した。

	血圧計収縮期血圧 [mmHg]	推定収縮期血圧 [mmHg]	収縮期血圧誤差 (絶対値) [mmHg]	推定静脈血圧 [mmHg]
被験者1	94	89.76	4.24	56.09
被験者2	93	118.46	25.46	68.70
被験者3	114	115.43	1.43	80.37
被験者4	108	114.48	6.48	79.03
被験者5	119	119.69	0.69	65.91
被験者6	120	117.83	2.17	69.26
被験者7	106	124.58	18.58	81.03
被験者8	124	108.47	15.53	55.44
被験者9	109	122.85	13.85	81.73
平均	109.67	114.62	4.95	70.84

Table.1 Estimate of systolic blood pressure and venous blood pressure

#### 5.考察

収縮期血圧と静脈血圧の推定方法は、3つの区間に分けてそれぞれの区間に回帰曲線を当てそれらの交点から算出するというものだった。しかしながら、3つの区間の設定は、目視で行っているため区間の取り方によっては収縮期血圧

と静脈血圧の値に誤差が出てしまうことがあった。条件に当てはめ区間を設定できればよかったが被験者によってグレースケール値にかなりばらつきがあるので難しかった。また、被験者によっては、グレースケール値が一定になる部分がうまくあらわらず、シグモイド関数での近似がうまくいかないことなどもあった。いかなる条件にも当てはまるような収縮期血圧と静脈血圧の推定方法を考える必要があると考える。

また、収縮期血圧と静脈血圧の2つの血圧から血流によって生じる、高血圧を引き起こす要因と考えられる末梢血管抵抗の推定ができると考える。一般的に、末梢血管抵抗=平均血圧 / 心拍出量と言われている<sup>(4)</sup>。ここで、平均血圧=(収縮期血圧+拡張期血圧×2) / 3であり、経験的に求められている。しかし、血液は動脈から指先の毛細血管を通り静脈へと流れていくので、血管を一本の管と考えた場合、収縮期血圧と静脈血圧の圧力差を用いたほうがより正確な末梢血管抵抗値が推定できるのではないかと考える。よって、末梢血管抵抗=(収縮期血圧-静脈血圧) / 心拍出量と定義すべきと考えられ、静脈血圧の非計測が可能になれば末梢血管抵抗値も推定できる。応用として侵襲血流を変化させるようなさまざまな負荷<sup>(5)</sup>を与えた場合の末梢血管抵抗の変化の計測も可能と考える。

#### 6. 結論

本研究では、上腕圧迫によって指尖部にうっ血を生じさせ、右手中指 PIP 関節を近赤外光で可視化し、得られた透過画像を解析することでグレースケール値の変化から収縮期血圧と静脈血圧を推定することができるという結論を得た。

#### 参考文献

- (1) 阿部孝正, 酒井直隆, 嶋脇聡: 近赤外光による前腕皮静脈の可視化. 日本機械学会, No.06-65, p352-353, (2007)
- (2) OHN R. HALLIWILL, CHRISTOPHER T. MINSON, AND MICHAEL J. JOYNER: Measurement of limb venous compliance in humans: technical considerations and physiological findings. Journal of Applied Physiology, 87(4): 1555-1563, (1999)
- (3) 本間幸子, 伊藤昭治, 古藤高良, 池上晴夫: 指尖加速度脈波と血圧および細動脈弾性率との関係に関する研究. 体力科学, 41, (1992)
- (4) 長島長節, 竹宮隆, 樋口雄三, 宜保美恵子, 岡井治: 毛細血管の血流に関する新しい理論. 杏林医科誌, 5巻4号, 173-182, (1974)
- (5) 立崎斉, 山下政司: 様々な刺激に対する血液循環応答の基礎的研究. 信学技報, MBE2005-11, p1-4