

原 著

微弱近赤外光を用いた鍼治療による血液量変化の検証

河野孝幸*1 行元 愛*1 河田正興*2 仲本 博*3 太田 茂*4

要 約

鍼治療は古来から行われている治療方法であり、東洋医学ではこりや痛みを緩和させる作用があるとされているが、その効果を確認するのは難しい。しかし、体内を透過し易い近赤外光の特性を利用すれば、毛細血管の血液量変化を非侵襲的に観察することができると考えられる。本研究の目的は鍼によって刺激した経穴（ツボ）周辺部位の血液量変化を微弱近赤外光を用いて安全かつ簡便に把握することである。

ベッド上の座位の6名の被験者に対し、NIRSのセンサを足三里という経穴の下方約4cmの位置にはりつけ、経穴に対し鍼刺激を加え、刺激箇所近傍の血液量変化を計測した。また、経穴に鍼を正しく打つと、施術部の皮膚温が上昇するという経験則を確認するため、サーモグラフィを使用して、施術部の皮膚温の変化を観察した。

微弱近赤外光を用いた計測結果は施術前と比べて0.4Vの出力電圧低下、つまり血液量増大が見られた。このような傾向は6名、計12個すべてに認められた（ $p<0.05$ ）。

また、サーモグラフィを用いた計測結果は経穴に正しく鍼を打った左腕については施術前に比べて0.3℃の温度上昇、右足の三里のツボでは施術前に比べて0.6℃の温度上昇傾向が認められた。

これらのことから経穴を鍼によって刺激した部位の血液量変化を微弱近赤外光を用いて安全かつ簡便に把握することができた。

1. はじめに

我が国では江戸時代後期から西洋医学に転換を図ったが、東洋医学への関心は高く、今では病院や診療所等、鍼治療を取り入れている医療機関も多い。現在では欧米でも、特に米国では alternative medicine として実際に採用されている。東洋医学の一部である鍼治療の根本は人間が本来持っている治癒能力を引き出し高めるものである。鍼の最も多いと考えられる適応である不定愁訴にも似た肩こり、腰痛といった症状に対し、鍼は患部の血行を促進させて症状を緩和させる作用があるとされている¹⁾。

我々は微弱近赤外光による体内の血液量変化の計測に取り組んで来ている。近赤外光とは可視光より波長が長く、暖房器具などによく用いられている遠赤外光より波長が短い領域の電磁波で生体内を透過する。NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) と総称される近赤外光を用いる計測法の応用例では、近年、大脳表面の活動状況を可視化する機器が注目を

集めている²⁻⁵⁾。また、耳たぶや指先を挟む形で使用する心拍計がある。NIRSの頭部以外でも利用できる可能性を確かめるため、鍼刺激における血液量変化を確認しようと試みた。

経穴に鍼を正しく打つと、施術部の皮膚温が上昇することは専門家の間では良く知られている。皮膚温が上昇する原因は、誘導作用による血液量の増大と考えられる。この経験則の正しさを、鍼を打ったときの血液量の変化をNIRSによって、また、皮膚温の変化をサーモグラフィを用いて検証する。

本研究の目的は、鍼灸の専門用語でいう経穴（ツボ）を鍼によって刺激した部位の血液量変化の様相を、微弱近赤外光を用いて安全かつ簡便に把握することである。

2. 背景

2.1. 鍼について

鍼は石器時代の古代中国において発明されたと伝えられている。砭石（へんせき）とよばれる当時の

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 医療情報学専攻 *2 川崎医療福祉大学 医療福祉学部 医療福祉学科

*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床工学科 *4 川崎医療福祉大学 医療福祉マネジメント学部 医療情報学科

(連絡先) 河野孝幸 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: w8107001@std.kawasaki-m.ac.jp

鍼は主に皮膚を破って膿などを出すのに使われた。これが後に動物の骨を用いて作られた骨針、竹でできた竹針、陶器の破片で出来た陶針などに変化していった。

現在主流となっている金属の鍼は西暦紀元前500年頃から使われ始めたといわれているが、現在は金、銀、鉄、ステンレス等が使われている。特にステンレスは最近需要が飛躍的に増加している。安価で、刺入しやすく折れにくいのが特徴である⁶⁾。

最近では鍼管(ガラスまたはポリエチレン製)と鍼をセットにして滅菌したディスポーザブル(使い捨て)のものが広くつかわれている。鍼管とは、鍼を打つときの痛みを抑えるための筒状の道具で、江戸時代、杉山和一(スギヤマ ワイチ)が考案したものである。鍼の刺入が容易になり、術者の疲労が少なくなるという利点がある¹⁾。

鍼には以下のような作用があるといわれている⁷⁾。

- 1) 調整作用—組織、器官に一定の刺激を与え、その機能を回復させる。
- 2) 鎮静作用—疼痛や痙攣等の機能が異常に亢進している疾患に対して行うもので、刺激した部位の組織を活性化する。
- 3) 興奮作用—知覚鈍麻や消失あるいは運動麻痺等の神経機能減弱、内臓機能減退に対して行うもので、特定部位の組織を鍼刺激で興奮させる。
- 4) 誘導作用—充血を起こすよう血管に作用して患部の血流を調節する。
 - a. 患部誘導作用—患部に鍼を打つことで、その血管を拡張させる。
 - b. 健部誘導作用—健部に鍼を打って炎症部等に滞った血液を散らす。
- 5) 反射作用—生体の有する反射機転を鍼で刺激して、組織、器官の機能を亢進あるいは抑制する。
- 6) 転調作用—自律神経失調症、アレルギー体質などの体質改善を図る。
- 7) 消炎作用—白血球を増加させて患部に遊走させ、リンパ系を賦活させて病的な滲出物の吸収を促進させる。
- 8) 免疫作用—白血球を増加させて、免疫機能を高める。
- 9) 防衛作用—白血球を増加させたり、免疫系を賦活させる。

2.2. 経穴(ツボ)について

東洋医学では、人間の身体の中には、身体の機能を絶えず正常に保つためのエネルギー(気)が循環していると考えられている。このエネルギーの循環する通り道は経絡と呼ばれており、人体中をくまなく巡り、常に身体のすみずみまでエネルギーを送り届けているとされている。

経穴とは古代中国医学の長い歴史の中で経験的に体系付けられて来たもので、内臓や身体の各器官、その他組織の病変や変化を、経絡を介し反映する点として存在している。

例えば腰の痛みに対して足のツボを使ったり、胃腸の調子が悪いときに同じく足や手のツボを使うことがある。一見、無関係に思える患部から遠隔のつぼが有効なのは、これらのつぼが経絡上では密接な関係を持っているためである。人間の身体には、こうしたつぼが360以上も点在しているといわれている。

2.3. 血液量増加の確認方法

NIRSは、脳研究・脳機能検査の新しい方法論であり、医学・医療における応用についてさまざまな分野で研究が行われている⁴⁾。本研究において使用するNIRSセンサは、微弱近赤外光を発する光源と受光素子を近接して並べたものである。このセンサを計測したい部位の皮膚表面に密着固定して計測する。

NIRSの計測原理について説明すると、体内に照射した近赤外光は組織内で散乱し、ごく一部が皮膚外に戻るため、その強さを計測する。血液中のヘモグロビンは赤外光を良く吸収するので、組織内を走行する近赤外光はヘモグロビンに吸収されて弱まるから、受光素子が検知する光量から観測部位におけるヘモグロビンの量を推定することができる⁸⁾。従って、入射光の強さを一定に保てば、対象部位近傍のヘモグロビン量、つまりは血液量の変化を連続的かつ無侵襲的に計測することができる。

血管内のヘモグロビンには二つの状態があり、酸素と結合した状態の酸化ヘモグロビンと酸素を離れた状態の還元ヘモグロビンとでは、近赤外光の吸収率が異なり、さらに、これらの吸収特性は、赤外光の波長に依存している。今回は酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの両者の相違を区別せず、ヘモグロビンの総量の変化を計測することで血液量変化はわかるため一波長(830nm)で計測した。

センサの詳細仕様は3.4で述べる。

3. 実験方法

3.1. 被験者への配慮とプロトコル

鍼刺激による血流変化を計測する実験の参加者は、

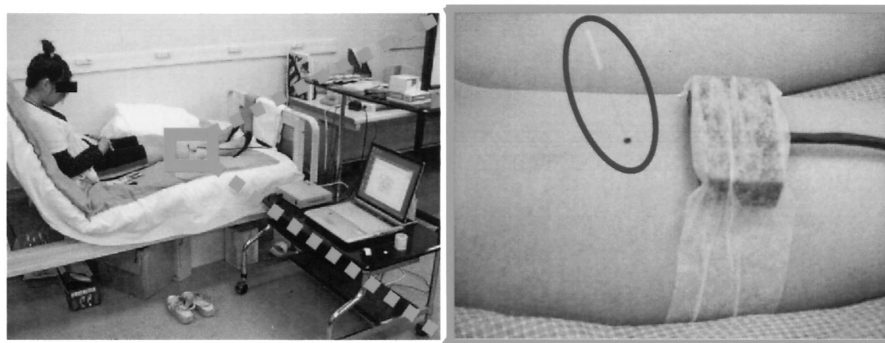


図1 実験風景

川崎医療福祉大学の学生6名である。実験に先立ち、被験者全員に本実験の趣旨と方法のみならず、実験への協力は個人の自由意志で判断すべきことで、協力の意志表明後も自由に取り消せることや、個人情報には下記の方法で責任を持って管理することを詳しく説明した後、文書による同意を得た。つまり、いわゆるインフォームド・コンセントを実施した後に計測実験を開始した。

個人情報保護に関する配慮は以下の通りである。

- ・氏名・住所・生年月日・性別を記入した同意書は研究責任者が施錠して保管庫に格納し、複写は行わない。
- ・計測結果は個人識別番号と年齢、性別のみ付加して専用記録媒体に記録し、この媒体は研究責任者が指名した研究者が責任を持って保管する。
- ・被験者の同意無しに情報提供はしない。学会発表は被験者が特定できない形式で行う。

計測プロトコルを以下に示す。

図1に示すようにベッド上の座位の被験者に対し、経穴の中でも施術が比較的容易で安全性が高いとされる「足三里」(膝蓋骨の下方約4cm 頸骨内側)に対しアルコール消毒を行った後に鍼刺激を加えた。センサは足三里の下方約4cmの位置にはりつけ、刺激箇所近傍の血液量変化を計測した。

足三里は松尾芭蕉が奥の細道を旅する際、出発時や長旅で疲れた時、ここにお灸をしたと伝えられる有名なツボで、消化器系や疲労回復等に効果があるとされている⁹⁻¹¹⁾。

3.2. サーモグラフィ

2.2で述べたように、経穴に鍼を正しく打つと、施術部の皮膚温が上昇することが経験則として知られている。この事実を確認するため、サーモグラフィ(型名:日本電子製サーモピュア JTG-5370)を使用して、鍼を打った直後の皮膚温の変化を観察した。なお、この実験は室温25℃、湿度50%一定に保たれた室内で行った。

3.3. 鍼

本研究では、長さ5cm、太さ0.2cmのステンレス製の鍼を使用した。刺鍼は、国家資格を有する専門家である医師もしくは鍼灸師が施術する必要があるため、内科医である仲本博医学博士の指導監督の下に実験を行った。なお、鍼の使用に関しては、本研究のメンバーである河田正興(前岡山県立岡山盲学校長)を通じて岡山県鍼灸師会の岡真太郎学術部会長の指導を受け、同氏所有のディスプレイ鍼を使用することで、感染防止における安全性を確保した。

鍼の概観を図2に示す。

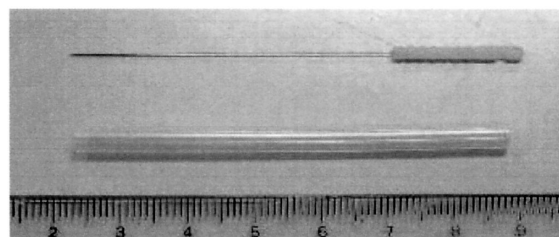


図2 鍼の外観

3.4. 計測装置

計測には、エクセルオプメカトロニクス社が開発した微弱近赤外光を利用する血流変化計測装置を使用した。装置の概観を図3、測定部に装着するセンサユニットの外観を図4、両者を計測部位に装着する際の結線状態を図5に示す。なお、センサユニットとは、微弱近赤外光の光源と光を検出する受光素子を3cm離して配置したものである。

光源には波長830nm、出力5mWの発光ダイオード、受光素子には最低入射光10pWのフォトダイオードを使用している。センサユニットと血流変化計測装置は専用ケーブルで接続する。計測装置は出力データをUSBケーブルを介してパソコンに送信する。

血液中に存在するヘモグロビンに吸収され易い近

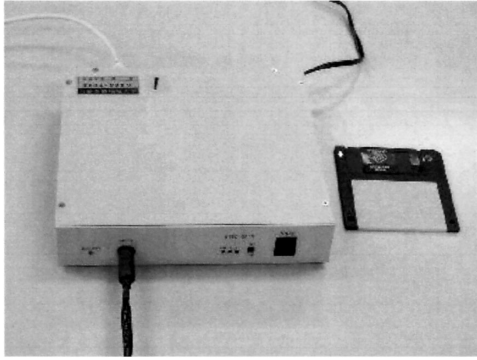


図3 血流変化計測装置の外観
寸法：横198mm×縦181mm×高さ39mm
FD寸法：横88mm×縦92mm

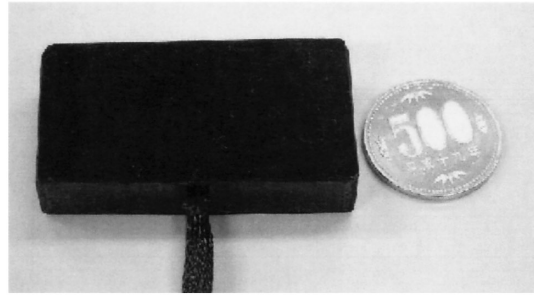


図4 センサユニットの外観
寸法：横55mm×縦30mm

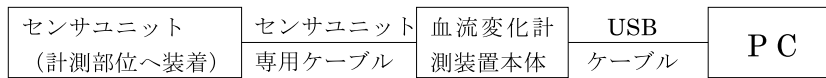


図5 計測系の結線構成

赤外光の特性を利用して、受光素子が検知する近赤外光の強さからセンサの視野内に存在するヘモグロビン量を推察することで、血液量の変化を間接的に観察することができる。

3.5. 安全性

皮膚に直接触れるセンサの安全性を確保するため、狭い範囲にエネルギーが集中するレーザー光源は使用せず、安全性が高い発光ダイオード（LED）光源を選択した。

皮膚に密着させるので、発熱する可能性がある抵抗等の部品をセンサユニット内から排除し、かつ、出力を5mWに抑えることで、表面温度が40度を超えないよう配慮した。

この場合の光量は、計算上は太陽光の 10^{-6} 程度

で、可視光線に例えれば薄暮時か月明かり程度の明るさなので直接目に入れても何ら害はなく、長時間計測時も問題ない。また、本研究の約30分という短時間の計測は十分に許容範囲内だと考えられる。

なお、本研究は川崎医療福祉大学の倫理審査委員会の承認の元に行った。

4. 結果

4.1. 微弱近赤外光を用いた計測結果

図6は3.4で述べた計測装置を用いた計測実験を実施した際に得られた代表的な結果である。図の横軸は時間で単位は分（min）、縦軸は受光素子の出力電圧で単位はボルト（V）である。計測開始後、10分および30分経過時の2本の縦線は鍼を打った時点と抜いた時点を示している。図中の出力電圧はセン

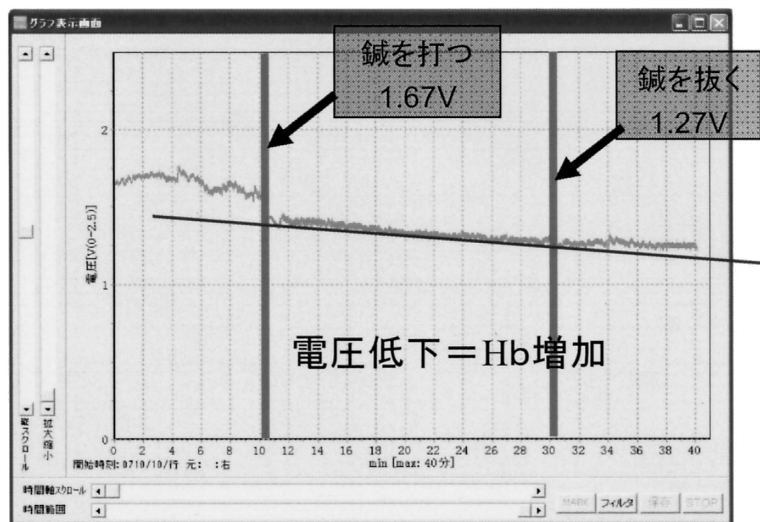


図6 計測結果

サ視野内のヘモグロビン量に依存する。例えば、血液量の増大は必然的に視野内のヘモグロビン量の増大を意味するが、この場合、近赤外光の吸収量も増大するため、出力電圧は低下する。

くり返しになるが、グラフの出力電圧低下は光の吸収量の増大、つまり、ヘモグロビン量の増大を意味しており、電圧上昇はヘモグロビン量の減少を意味している。

図6に示すように刺鍼前の出力電圧1.67Vであったが、刺鍼後2秒程度で電圧低下し始め、20分後は1.27Vとなり、刺鍼前と比べて0.4Vの出力電圧低下が見られた。つまり、血液量の増大が認められた。また、鍼を抜いた直後のグラフの傾きは血液量の減少開始を示している。経穴に鍼を打った時の図6のような変化は6名、計12個のすべてに認められた(Paired-t検定; $p < 0.05$)。グラフは省略するが、経穴を外して鍼を打った時には図6のような血液量増大は認められなかった。

4.2. サーマグラフィ計測結果

図7はサーモグラフィを用いた計測例で、経穴に正しく鍼を打った左腕と経穴を外して鍼を打った右腕の両者を比較したものである。

経穴に正しく鍼を打った左腕については施術前に

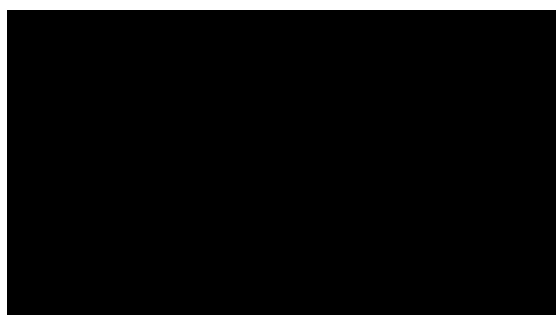


図7 サーマグラフィを用いた両腕の温度変化

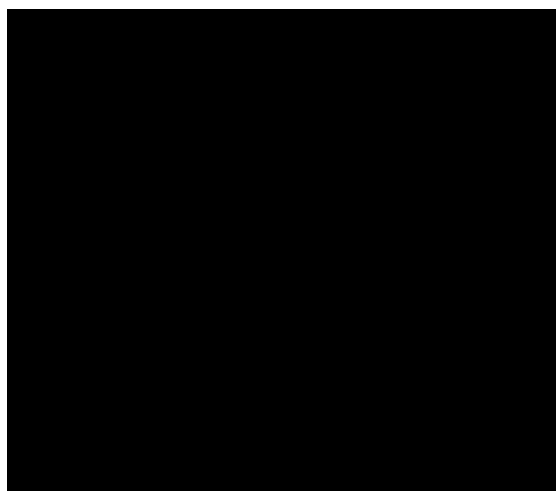


図8 サーマグラフィを用いた右足温度変化

比べて0.3°Cの温度上昇が見られた。また、経穴を外して鍼を打った右腕については施術前に比べて0.3°Cの温度下降が見られた。右腕の温度低下の原因は室温の影響と思われる。

図8は右足の三里のツボで同様の実験を行い、結果を比較したもので、0.6°Cの温度上昇が見られた。なお、図7、図8の図中の矢印は刺鍼した位置を示している。

5. 考察

微弱近赤外光を用いることにより、物理的刺激である経穴刺激に呼応して刺鍼部位周辺の血液量が増加傾向を示したことが確認できた。また、サーモグラフィを併用したことで鍼刺激における温度変化が実証され、今回の計測実験である鍼刺激と血液量変化の間に関連性があることが確認できたことは微弱近赤外光が正確に経穴に刺鍼できたかどうかを判定する手段となりうる可能性を示唆している。

今回の実験で経穴に鍼を打った時、経穴を外して鍼を打った時等のグラフを実験の参加者6名で20例近く得ることができた。そのうちの多くで図6同様の右下がりの傾向が認められた。今回予備実験で使用したサーモグラフィは鍼刺激における皮膚表面の変化を非侵襲的に観察できる優れた機器であるが、操作性や価格面から誰でも簡単に扱える機器ではない。その点、我々が使用した計測装置は操作が簡単な上に安全性が高いので、誰でも使用できる機器に改良することが期待でき、微弱近赤外光を用いた血流変化計測装置の実用化には大きな意味がある。

本研究で使用した計測装置は出力電圧の変化から血液量の増減を定性的に推測するものであり、出力電圧を血液量に換算する機能が望まれる。また、体毛がある部位の計測に支障があることも問題である。これらの問題が解決できれば、将来は家庭用血圧計や携帯心拍計のように健康状態の安全かつ簡便なモニタとして普及できるのではないかと期待している。

本研究の結論としては、経穴を鍼によって刺激した部位の血液量変化を微弱近赤外光を用いて安全かつ簡便に把握することができた。このことから鍼灸を学ぶ人達に実際に人を使った刺入訓練で正確に経穴に刺鍼できたかどうかを判断する手段として役立つのではないかと考えている。

本研究は平成19年度医療福祉研究費および平成19年度メディカルテクノおかやま共同研究事業の一環として行ったものである。実験に関しては、施術に関するご指導、ディスプレイ鍼を提供して頂いた岡山県鍼灸師会の岡真太郎学術部会長に深く感謝する。なお、被験者として協力頂

いた川崎医療福祉大学の学生の方々にも感謝する。

文 献

- 1) 高岡松雄：国家のための痛みのハリ治療—皮内針治療の秘訣—，医道の日本社，1-9，1994。
- 2) 市川祝善，川口文男，川崎慎護，藤原倫行，加賀幹広：光トポグラフィ装置 ETG-100の開発，MEDIX 34，47-52，2001。
- 3) 灰田宗孝：脳機能計測における光トポグラフィ信号の意味，MEDIX 36，17-21，2002。
- 4) 福田正人：精神疾患の診断・治療のための臨床検査としてのNIRS測定，MEDIX 39，4-10，2003。
- 5) Hitachi Medical Corp：Products Data，The optical Topography System ETG-4000，3-4，2005。
- 6) 玉川鐵雄，西條一止：物理療法・鍼灸マニュアル，南江堂，181-198，1991。
- 7) 木下晴都：針灸学原論，医道の日本社，6-13，144-148，1991。
- 8) 仲本博，岩村吉晃，河野孝幸，品川吉満，太田茂：微弱近赤外光を用いた門脈近傍における血流変化の解析，川崎医療福祉学会誌，17(1)，147-152，2007。
- 9) 森秀太郎：解剖経穴図，医道の日本社，44-51，1994。
- 10) 巖振国，川俣順一：経穴断面解剖図解 下肢編，医歯薬出版株式会社，1-3，100-101，1992。
- 11) 間中喜雄：国家のための鍼術入門講座，医道の日本社，76-78，1992。

(平成20年5月31日受理)

Study of Blood Volume Change by Near-Infrared Spectroscopy after Acupuncture

Takayuki KOUNO, Ai YUKIMOTO, Masaoki KAWATA, Hiroshi NAKAMOTO and Shigeru OHTA

(Accepted May 31, 2008)

Key words : near-infrared spectroscopy, variance of blood volume, acupuncture

Abstract

Acupuncture has been practiced from ancient times for its analgesic and muscle relaxing effects. However, it still remains hard to evaluate its effects. If we apply near-infrared light which easily penetrates into human tissues, we hypothesize that we are able to measure capillary blood volume changes non-invasively.

The purpose of this study is to detect blood volume changes with safety and without too much effort by near-infrared spectroscopy (NIRS) around an acupuncture trigger point after stimulation with a needle.

We measured blood volume changes in 6 human subjects after needle stimulation to the Ashi-San-Ri trigger point of both legs with a NIRS sensor which was attached 4 cm below these points. To confirm whether skin surface temperature elevates or not after such stimulation, we measured the body surface temperature by thermography as well.

In one typical example, there was a 0.4 V output decrease, which meant there was a blood volume increase. Blood volume increase such as in this case was found in all 6 subjects in 12 trials in total ($p < 0.05$). As for thermal imaging, the body surface temperature tended to be higher for the site which was stimulated compared with the site whose peripheral was stimulated.

Taken together, we were able to detect blood volume changes with safety and without too much effort by near-infrared spectroscopy (NIRS) around an acupuncture trigger point after stimulation with a needle.

Correspondence to : Takayuki KOUNO

Doctoral Program in Medical Informatics

Graduate School of Health Science and Technology

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-Mail: w8107001@std.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.18, No.1, 2008 195-201)