

間接灸による皮下組織ヘモグロビンの 密度変化についての実験的研究

† 田中龍三¹， 智原栄一²， 行待寿紀²， 中村辰三³

¹⁾ 明治鍼灸大学大学院 鍼灸臨床医学

²⁾ 明治鍼灸大学 麻酔科学教室

³⁾ 明治鍼灸大学 健康鍼灸医学教室

要旨：灸は温熱刺激によって局所の血流を改善し持続性の効果を示すと考えられているが、灸による生体反応の経時的変化についての基礎的な報告は少ない。今回、健康成人11名を対象とし、間接灸による皮下組織ヘモグロビン密度の経時的変化とその拡がりについて検討を行った。左前腕掌側の郄門（A）および郄門と曲沢の間（E）の2ヶ所に間接灸（カヤマニニ弱 艾 104 mg）をそれぞれ1壮施灸し安静時、施灸直前、施灸終了直後、5分後、10分後、20分後の施灸部より7.5 mm 及び 12.5 mm 離れた皮下浅層（0～3 mm）と施灸部より12.5 mm 離れた皮下深層（3～5 mm）の吸収スペクトルを測定した。安静時の基準スペクトルに対する差スペクトルを求め、酸素化ヘモグロビン（Oxy-Hb）、脱酸素化ヘモグロビン（Deoxy-Hb）、総ヘモグロビン（total Hb）の密度変化を算出した。近位部（7.5 mm）と遠位部（12.5 mm）の皮下浅層においては、施灸終了直後よりOxy-Hbとtotal Hb密度の有意な上昇を認め20分後までゆるやかに増加した。皮下深層においては、Oxy-Hb及びtotal Hbの密度は施灸終了直後より上昇を始め、10分後、20分後に有意な上昇を認めた。施灸部位の半径約15 mm 以内での皮下浅層の組織Oxy-Hb密度の上昇はほぼ一様であることが認められた。この変化は施灸終了後20分間でも継続していることが明らかになった。また、A点とE点の変化パターンには明瞭な差は認められず、間接灸の熱刺激に対する生体反応は経穴と非経穴の間で差がないことが示唆された。

I. はじめに

灸の治療効果は経験的に認められており、そのメカニズムについても生理学、免疫学、解剖学など多方面からの研究が行われてきた。灸は局所における血管の拡張^{1,2)}以外にも全身的な反応を引き起こし、血管の透過性の亢進や肥満細胞の脱顆粒の増大²⁾、白血球の増加^{3,4)}、血小板の増加⁵⁾、熱ショック蛋白質の出現⁶⁾などの作用があることが知られている。灸の熱感と比較的長い時間続くことが経験上知られているが、灸による局所血管反応等の時間による推移を検討した研究はほとんどない。また、灸刺激の鎮痛効果の部位差について間接灸を用いた報告があるが⁷⁾、灸に関する基礎的な報告は透熱灸に関するものが多く、間接灸についての基礎的な報告は少ない。近年、強い刺激や生体に傷跡を残すような治療法は敬遠される傾向にあることを考慮すると、今後、鍼灸治療における間接灸の重要性は増すものと考えられる。

また、実際の臨床では施灸部に通例経穴を選択するが、温熱刺激に対して経穴と非経穴で反応様式などにどのような差があるのかは明らかにされていない。

加えられた刺激に対する生体反応の変化を非侵襲的に調べる方法にはサーモグラフィーによる皮膚表面温^{1,8)}やレーザードップラーによる皮膚血流量の変化を測定する方法などがある。しかし、これらの方法の測定深度はいずれも皮膚の表面もしくは皮膚の表面にきわめて近い真皮浅層における生体反応をとらえている⁹⁾。灸の効果がどの程度皮下組織層に及ぶのかをサーモグラフィーやレーザードップラー血流計で明らかにすることは困難である。これに対して近赤外線生体分光法（MC PD2000、大塚電子社製）は送一受光間距離を調整することで皮膚表面から約10 mm深層の皮下組織までの生体反応の変化を非侵襲的に測定可能であり、Oxy-Hb及び酸素化ミオグロビン（Oxy-Mb）、

平成10年7月3日受付，平成10年8月18日受理

Key Words：間接灸 Indirect moxibustion 軸索反射 Axon reflex 近赤外線分光法 Near-infrared spectroscopy
ヘモグロビン Hemoglobin

† 連絡先 〒629-0392 京都府船井郡日吉町 明治鍼灸大学 大学院 麻酔科学教室

Deoxy-Hb 及び脱酸素化ミオグロビン (Deoxy-Mb), 脂肪, 水の組織内密度の変化が経時的に測定できる。そこで, 今回光ファイバーをプローブとする近赤外線分光装置を用いて間接灸による局所組織ヘモグロビン密度の経時変化を健康被験者にて計測し, 施灸部からの近接度や深度による違い, 経穴と非経穴への施灸効果の違い等について検討した。

II. 対象と方法

2つの測定プロトコルに対して各々健康成人の被験者11人を対象とした。浅層測定群: 男6人, 女5人, 年齢21~44歳, (平均 26.2 ± 4.5 歳, mean \pm SD), 体重51~96kg, (平均 67.6 ± 14.2 kg, mean \pm SD)。深層測定群: 男7人, 女4人, 年齢21~44歳, (平均 25.9 ± 6.4 歳, mean \pm SD), 体重46~96kg, (平均 63.9 ± 15.6 kg, mean \pm SD)。すべての被験者に研究の意義, 目的, 方法, 危険性等について事前に説明し, 文書による同意を得た上で測定を実施した。刺激部位はプローブを安定して取り付けることができ, 経穴と非経穴を比較する目的で左前腕掌側の郄門 (A) および郄門と曲沢の中間 (E) の2点とした (図1)。測定はすべて仰臥位にて行い被験者を安静にさせ軽く両腕を開き不要な筋緊張が無いようにした。

施灸による変化を検討する前に, 左前腕に送受光部間距離を5mmとした浅層用プローブを装着し, 連続25分間の安静時測定を5人において16箇所行い, 分光学的計測項目の経時的な安定度を検討した。

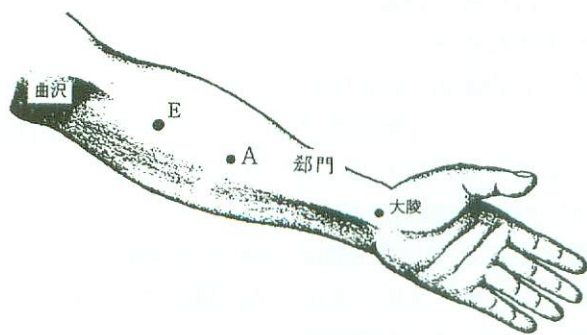


図1 施灸部位

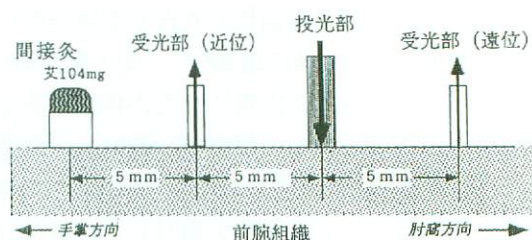
左前腕掌側の郄門をA点とし, 郄門と曲沢の中間点をE点とした。

測定は皮下の浅層と深層の2通りについて行った。

1) 浅層の測定: 刺激部位の中心 (以下, 刺激部位) から10mmのところを投光用ファイバーを取り付けハロゲンランプの光を導き, 刺激部位から5mm および15mmのところをそれぞれ近位部用 (施灸部位より約7.5mm離れた皮下の測定のため) および遠位部用 (施灸部位より約12.5mm離れた皮下の測定のため) の受光用ファイバーを装着した (図2A)。プローブ装着後10分および15分で安静時およびコントロール (施灸直前) の皮下組織の吸収スペクトルを測定した。A点またはE点に円筒状の紙容器に予め装填した艾104mg (カマヤミニ弱, 釜屋もぐさ, 東京) を1壮3分間で施灸し, 施灸終了直後, 5分後, 10分後, 20分後, 30分後の吸収スペクトルを大塚電子社製分光装置MCPD 2000で測定した。実験プロトコルを図3に示す。測定部位はプローブを装着後40×44cm四方の黒いビニールで覆って遮光した。

2) 深層の測定: 刺激部位から撓側12.5mm離れた平行線上で刺激部位から14.6mmのところを投光用ファイバーを取り付け, 投光用ファイバーの位置 (中心) から手掌の方向へ5mm および10mmのところをそれぞれ浅層および深層用の受光用ファイバーを装着した (図2B)。以下, 浅層の測定の実験プロトコルと同様に行った。

A 皮下浅層の測定時の送受光部レイアウト



B 皮下深層の測定部レイアウト

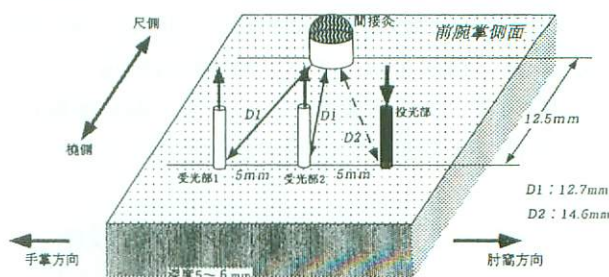


図2 測定部のレイアウト

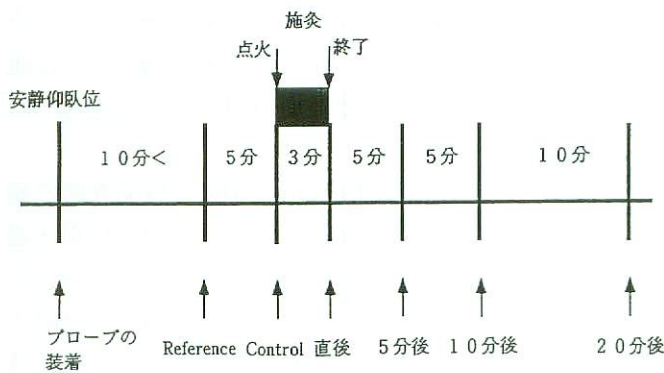


図3 実験プロトコール

測定に用いた分光器 MCPD2000 の概要は以下のようになっている。光源に 300W のタングステンランプを使用し石英製のオプティカルファイバーを用いて投光部まで光を導き、散乱と吸収を受けた後に受光部へ戻った光はオプティカルファイバーで MCPD2000 の本体に導かれ回折格子で分光された後、512個のフォトダイオードアレイで各波長毎の強度を測定されコンピューターで演算処理される。オプティカルファイバー先端は専用の治具にて測定部位の皮膚に接触した状態で固定されている。

III. 解析方法

生体よりの光のスペクトルは散乱の影響を受けるため、拡散補正法により求めた吸収スペクトルに対して多成分解析を行い¹⁰⁾、組織ヘモグロビン等の濃度変化を算出する解析法を用いた。

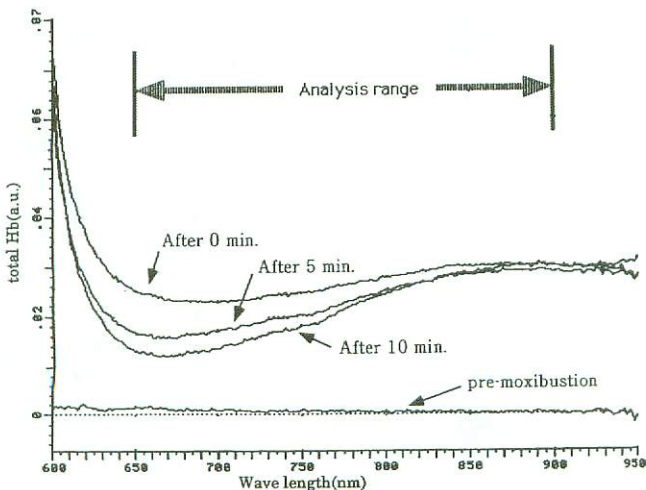


図4 差スペクトルの測定例

E点から 7.5mm 離れた浅層 (0~3mm) における差スペクトル (22 y.o. male)。施灸直前 (pre-moxibustion) は安静時の基準スペクトルとの差がないためほとんど0になる。施灸終了後0, 5, 10 min においては Oxy-Hb 等の吸収のためスペクトルが変化している。

散乱を受けた吸収スペクトルは本来の吸収によるだけでなく光散乱のための減光などによりスペクトルが変形することが知られている。可視から近赤外領域の光では散乱による減光の程度は短波長側ほど強く、また吸収帯域の波長より非吸収帯域の波長の方が効率よく受光部に到達するので吸収ピークの平坦化と吸収スペクトル全体の (吸光度が大きい側への) かさ上げが起こる。浅層部の測定においては同一の送・受光部間距離を用い、平均光路長は共通とみなすことが出来る。また、深層部の測定の送・受光部間距離は浅層部の 2 倍であるが、近接の受光部で検知された浅層からの散乱光との差を測定毎に求め浅層部のスペクトルと同じ平均光路長を持つ深部だけの吸収スペクトルを得るようにした。今回は測定開始時に求めた前腕吸収スペクトルを基準スペクトルとし、その後の吸収スペクトルとの差を求めることで組織内散乱によるスペクトルのかさ上げを大部分キャンセルできるとされる差スペクトル (図4) を解析の対象とした。スペクトルは基準時より組織濃度が変化した物質の吸光スペクトルにより構成されていると考えられるが散乱による吸収ピークの鈍化をともなっている。これに対してはスペクトルの変形を修復するための近似的式 ($Abs' = \exp(0.728 * Abs) / 5 : Abs : \text{実測スペクトル}, Abs' : \text{補正後のスペクトル}$) を用いて組織の拡散効果を除去した吸収スペクトルを推定した^{10, 11, 12)}。この吸収スペクトルを線形最小自乗法を用いた多成分解析により構成する吸収スペクトルのモル濃度 (平均光路長が未決定のため arbitrary unit にて表示) を算出した。前腕組織の吸光成分として Oxy-Hb (及び Oxy-Mb)・Deoxy-Hb (及び Deoxy-Mb)、水、脂肪の 4 種類を用いた。拡散補正及び多成分解析は大塚電子社製生体分光解析標準プログラム及び多成分解析プログラム SVD を使用した。また、吸収スペクトルの解析に用いた波長範囲は組織への深達度に波長間での大きな差が認められない 650nm~900nm とした。得られた差スペクトルではヘモグロビンの吸収スペクトルに帰せられる変化しか認められなかったため、Oxy-Hb、Deoxy-Hb とその合計である total Hb の組織モル濃度 (送受光部間距離を 5mm とし、単位は arbitrary unit) を算出し統計的検討を行った。

測定に用いた分光器 MCPD2000 の概要は以下のようになっている。光源に 300W のタングステンランプを使用し石英製のオプティカルファイバーを用いて投光部まで光を導き、散乱と吸収を受けた後に受光部へ戻った光はオプティカルファイバーで MCPD2000 の本体に導かれ回折格子で分光された後、512個のフォトダイオードアレイで各波長毎の強度を測定されコンピューターで演算処理される。オプティカルファイバー先端は専用の治具にて測定部位の皮膚に接触した状態で固定されている。

統計計算には StatSoft (Tulsa, OK) 社製 Statistica V. 4.1 (for Mac) を用い 2 元配置分散分析 (繰り返し測定) を行った後, ポストホック比較としてシェフェ検定を行いコントロール値及び施灸終了直後の値との対比を行った. 有意水準はすべて 0.01 とした.

IV. 結 果

安静時25分間 (施灸無し) の総ヘモグロビン (total Hb) の変化を図5に示す. 0分値に比べ経時的に有意差は認められなかった.

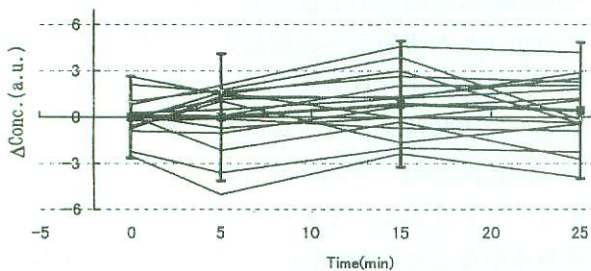


図5 安静25分間の前腕浅層組織の total Hb 濃度の変化
16箇所の計測値とその平均値及び ±2SD の範囲を表示している. 安静25分間で有意差は認められない (p>0.05).

郗門 (A点) の皮下浅層で施灸部位より 7.5 mm 離れたところの酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb) と脱酸素化ヘモグロビン (Deoxy-Hb) の濃度変化を全例示す (図6). Oxy-Hb は施灸直前に比べて施灸終了直後から上昇し, 20分間にわたって増加した. Deoxy-Hb は施灸直前に比べてわずかに減少しているように観察された. 施灸終了後20~30分の間で体動を示す被験者があり, 安定した

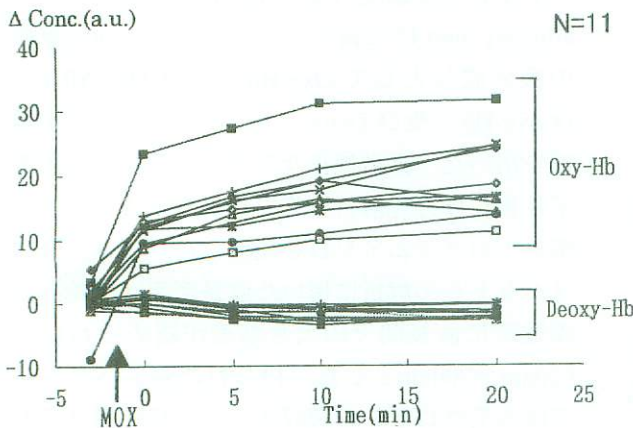


図6 組織ヘモグロビン濃度の経時変化の例
郗門 (A点) から 7.5 mm 離れた皮下浅層 (0~3 mm) における Oxy-Hb と Deoxy-Hb の施灸直前~施灸終了後20分間の変化を全11例について表示している. 縦軸に組織ヘモグロビン濃度 (arbitrary unit) を示している.

測定ができなかったため, 施灸終了後20分までを今回の解析の対象とした. 施灸終了後30分では組織の血液密度がわずかに減少する例が数例見られた.

Oxy-Hb・Deoxy-Hb・total Hb の施灸直前と施灸終了後20分間のA点及びE点浅層 (近位部・遠位部) の濃度変化を平均値と標準誤差にて図7および8に示す. A点 (郗門) の近位部 (7.5 mm)・遠位部 (12.5 mm) の浅層及びE点の近位部・遠位部の浅層のすべてにおいて, 施灸終了直後より Oxy-Hb・total Hb の上昇を認め, 20分後も施灸直前の値に比べ高い値が持続していた. Deoxy-Hb は施灸終了直後より低下し, 20分後も施灸直前の値より低値であった. 2元分散分析の結果, A点浅層の近位部と遠位部の間及びE点浅層の近位部と遠位部の間にはそれぞれ統計的有意差はなかった. 同様にA点の浅層近位部とE点の浅層近位部の間, A点の浅層遠位部とE点の浅層遠位部の間にも有意差は見出されなかった.

施灸部 (A点及びE点) より 12.5 mm 離れた深層における Oxy-Hb・Deoxy-Hb・total Hb の施灸

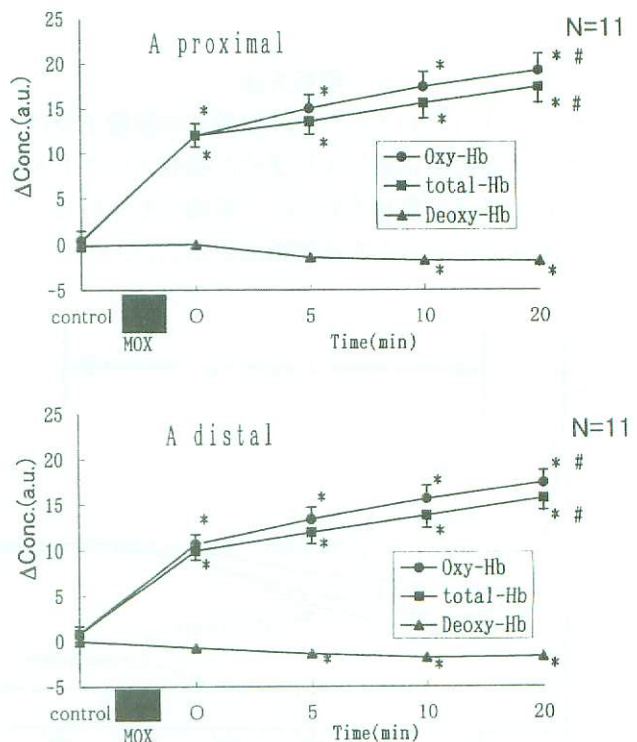


図7 郗門 (A点) の浅層での近位部 (上段) と遠位部 (下段) の Oxy-Hb, Deoxy-Hb 及び total Hb の変化
各平均値と標準誤差 (片側エラーバー) を示す.
*は多重比較において施灸直前に対して有意差 (<0.01) がある場合, #は施灸終了直後 (0 min) に対して有意差 (<0.01) がある場合を表す.

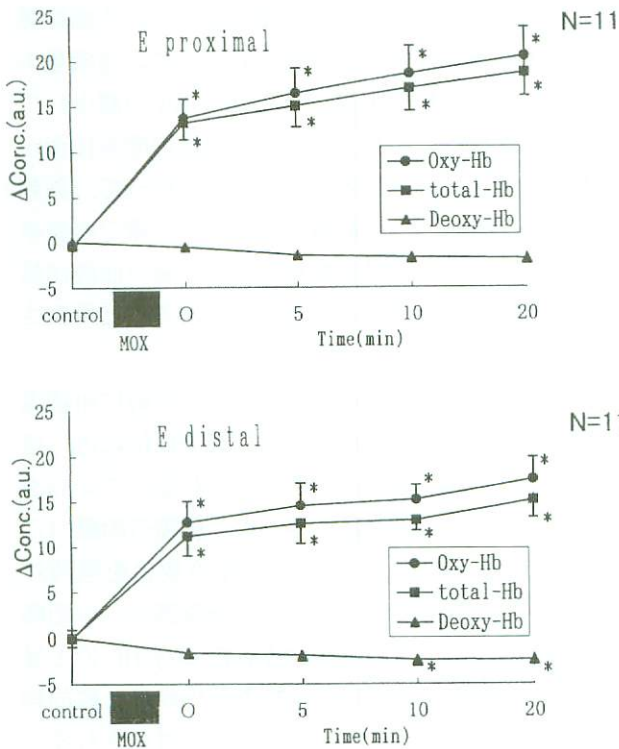


図8 非経穴 (E点) の浅層での近位部 (上段) と遠位部 (下段) の Oxy-Hb, Deoxy-Hb 及び total Hb の変化
各平均値と標準誤差 (片側エラーバー) を示す。
*は多重比較において施灸直前に対して有意差 (<0.01) がある場合を表す。

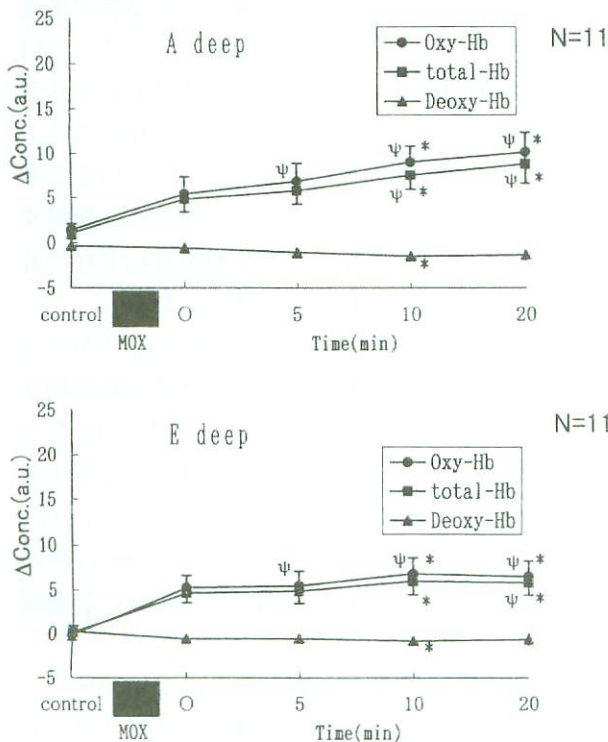


図9 郗門 (上段) とE点 (下段) の深層における Oxy-Hb, Deoxy-Hb 及び total Hb の変化
各平均値と標準誤差 (片側エラーバー) を示す。
*は多重比較において施灸直前に対して有意差 (<0.01) がある場合を表す。ΨはA点及びE点において同時刻の浅層での測定値に対して有意差 (<0.01) があることを示している。

直前と施灸終了後20分間の濃度変化を平均値と標準誤差にて図9に示す。A点, E点においては施灸により Oxy-Hb・total Hb が増加し20分間持続するが, 浅層の場合と異なり立ち上がりが緩徐で施灸終了直後から5分後までの上昇は顕著でなかった。また, Deoxy-Hb は施灸終了後減少傾向を示すが, 10分値においてのみ有意差が認められた。A点, E点のそれぞれにおいて施灸部位より 12.5 mm 離れた部位の浅層と深層を比較した際には有意差を認めた。ポストホック比較によれば, Oxy-Hb の場合, 施灸終了直後の値では差が判別出来ないが5分後以降はA, E点とも有意差が認められた。total Hb においてはA点では10分, 20分値で, E点では20分値の平均値間に有意差 (施灸による浅層での変化の方が深層のそれより大きい) を認めた。しかし, 12.5 mm 離れた深層におけるA点とE点のヘモグロビン密度の変化の比較においては有意差は認められなかった。

V. 考 察

生体組織は強散乱体であり, 通常の均一な溶液等の透過光に対する分光分析のようにランベルト・ベールの法則に従う単純な吸収スペクトルの解析ではなく, 散乱の影響を考慮する必要がある。しかし, 同一組織の連続的な測定においては散乱による減光の寄与率はほぼ一定とみなせるので, 適当なコントロール値からの経時スペクトルの変化はおおむね吸収物質の濃度変化に依存し, 近似的にランベルト・ベールの法則があてはまることが知られている¹³⁾。この際, 散乱により送受光部間距離よりも実際の光路が長くなることは平均光路長として計算に組入れられる。光の散乱の程度は厳密には各波長毎に異なっているが, 今回は解析に用いる波長を 650 nm~900 nm までの比較的狭い範囲としたのでほぼ一定とみなせる。また, 吸収をより強く受ける波長は吸収されにくい波長に比べ平均光路長が長くなるために吸収スペクトルのピークの鈍化が起こるが, この効果を拡散補正式にて補正した後に吸収スペクトルを算出した。より精密な測定のためには平均光路長を実測する必要があるが, このためにはナノ秒 (10⁻⁹ sec) 程度のパルス光を出す光源と十分な時間分解能を持つ検出器により time resolved spectroscopy を行う必要があり容易に実施できない。しかし,

前腕組織での血液量の増減による平均光路長の変動は大きくとも10%程度と報告されており¹⁰⁾ 今回の実験条件でも測定期間中一定とみなせると考えられる。また、今回の解析のように一つの吸収スペクトルがいくつかの吸収物質によるスペクトルの合成とみなす際には、各スペクトルは共通の平均光路長を持つために多成分解析には影響がない。今回得られたモル濃度が任意の単位 (arbitrary unit) で表示されるのは平均光路長が未決定であるためだが、time resolved spectroscopy による日本人の前腕組織での検討によれば 780 nm 及び 830 nm における送受光部間距離が 3 cm の際の平均光路長の平均は 13.6 cm, 14.4 cm であり個人差も大きくない¹⁴⁾。ただし平均光路長は光検出器の測定感度にも依存するので、前出の平均光路長を用いて組織モル濃度の絶対値を推定することは行わなかった。しかし、今回のように同一光学系での測定値であれば平均光路長をほぼ同一とみなしてモル濃度の比較をすることは近似として妥当であると考えられる。

生体のような散乱体へ入射した光は一定の光路を取らず確率的な拡がりを持って分布することが知られている。今回の測定のように皮膚面に対して垂直方向に入射し、一定の距離を離れたところで受光した場合に検出される光は送受光部間距離のおよそ3分の1から2分1程度の深度まで到達した光が主に含まれることが知られている^{15, 16)}。今回浅層の測定には送受光部間距離を 5 mm, 深層用には 10 mm に設定したので、その計測深度はそれぞれおよそ 2~3 mm, 3~5 mm と推定される。今回と同じ実験装置で送受光部間距離を 10 mm とした測定において頬 (厚さ 9.0 mm) 及び上口唇 (厚さ 5.7 mm) の下に緑色色素を含んだ寒天を銕んだ場合、緑色色素の吸収スペクトルを頬では確認できないが上口唇では確認できるので (田中未発表), 上記の推定は妥当と考えられる。

近赤外線分光法では血流量を測定することはできないが、血液濃度の経時的変化を追跡することはできる。組織血液濃度の変化が起こる際には組織への流入血液量と流出血液量のバランスが変化し、プラトー状態では流入血液量と流出血液量は釣り合っており血液濃度が上昇していても組織の血流量が上昇しているとは断定できない。本実験では施灸終了後約10~20分において組織血液量の

上昇が認められ、これは容量血管系である細静脈中の血液量が増えたと考えられる。この血液量の増加は Oxy-Hb の上昇 (と Deoxy-Hb の減少) でもたらされているが、この際に組織の酸素代謝が特に抑制されたとは考えられない。従って、灸刺激により組織への血液量は増加し、組織での酸素摂取率が低下し、酸素飽和度のより高い血液が拡張した静脈血管に分布した結果であろうと解釈される。

施灸による熱刺激に対する反応が単純に組織温度等の物理的勾配に従うなら、施灸部位に近いほど反応が大きくなることが考えられる。この点を確かめるために施灸部位からの2種類の距離 (7.5 mm と 12.5 mm) における血液密度変化を同時に測定した。結果に示すように、施灸部からの距離 (15 mm 以内) に対して観測された Oxy-Hb の上昇程度には明瞭な差が無く、施灸部周縁に比較的均質な血管反応が起こっていることが推測される。

川喜田らはポリモーダル受容器が間接灸の熱刺激によって興奮することを報告しており⁷⁾、今回用いた間接灸 (カマヤミ二弱) による皮膚表面の温度も川喜田らの実験条件とほぼ等しいと報告されている¹⁷⁾。これより、熱刺激による血管の拡張が単純に熱の伝導に対応して起こっているのではなく、熱刺激によってC線維等のポリモーダル受容器が刺激され、axon reflex により対応するある範囲にほぼ均質な血管拡張が起こっていると考えられる¹⁸⁾。血管反応の平面的な拡がりを検討するには、さらに施灸部からの距離を変化させて計測を加えることが今後必要と考えられる。

皮下浅層における血管反応が比較的速やかに立ち上がったことに対して深層における血液の増加は小さく施灸終了後10分によく明らかになっている。これは、被験者によってほとんど変化を示さないケースがあったことも寄与しているが、施灸により起こる反応の主体が皮下 3 mm 以内の部位で生じ、それよりも深部の反応は弱いと解釈される。

今回の実験結果では、施灸終了後の組織ヘモグロビン上昇について浅層部・深層部共にA点とE点の差が明らかでなく、経穴と非経穴の間において局所反応に違いがあるとは示し得なかった。今回検出した組織ヘモグロビンの増加が熱刺激による axon reflex と考えると末梢神経系の刺激によつ

て放出されるニューロペプチドの量などに関係することが想像されるが、これらの局所反応が経穴と非経穴で差がないことを示唆しているとも解釈でき、ラットの開口反射に対する抑制効果について経穴・非経穴の差異を認めなかった川喜田らの報告とも一致する⁷⁾。しかし、今回の例数11は経穴と非経穴の間に差がないことを確定できるほど大きいとは考えられず、さらに測定感度・健常組織と病的組織の差等の問題を含め検討を要すると思われる。特に皮下組織反応の周辺への拡がり方は経穴と非経穴において異なる可能性があり反応に対する個体差とともに検討すべき興味深い点である。

最近、熱刺激はカプサイシンと同一のレセプター vanilloid receptor subtype 1 (VR1) にも作用するということが明らかにされている¹⁹⁾。この受容体は末梢の痛覚受容ニューロンの細胞体、軸索、神経終末いずれにも存在すると考えられていて多くの生理作用を示す。カプサイシンの効果は投与経路と濃度によって変化し、低濃度では温感と発赤が起こり、高濃度では灼熱痛や痛覚過敏が起こる。同様に、熱刺激も局所において炎症性の反応や付随する痛みを急性に引き起こすが、カプサイシンの刺激はこれを繰り返すことで脱感作を起こし、神経刺激や機械的刺激あるいは炎症反応も消失することが知られている²⁰⁾。今回の実験は施灸終了後の20分間のみの変化を観察対象としたが、臨床現場においても灸はある期間にわたって繰り返し用いられることが多いことを考えあわせると、短時間で局所の急性変化だけでなく、日～週の単位で繰り返されたときの生体の反応を局所及び全身において検討することが灸の治療効果のメカニズムを探る上ではさらに必要である。また、今回確立した実験系は間接灸のような熱刺激だけでなく、鍼やレーザー刺激についても適用できるのでこれらの局所へ与える反応の違いを検討することが可能であり、これらも今後の課題である。

VI. まとめ

健常成人の前腕に間接灸(艾 104 mg)を1壮施灸し、皮下浅層(0~3 mm)及び皮下深層(3~5 mm)の組織ヘモグロビン密度の変化を近赤外線分光法により検討し、以下の結果を得た。

1. 施灸部より 7.5 mm 及び 12.5 mm 離れた皮下浅

層においては、施灸終了直後より Oxy-Hb と total Hb 密度の有意な上昇を認め20分後までゆるやかに増加した。

施灸部より 12.5 mm 離れた皮下深層においては、Oxy-Hb 及び total Hb の密度は施灸終了直後より上昇を始め、10分後、20分後に有意な上昇が認められた。

2. 皮下浅層の近位部(7.5 mm)と遠位部(12.5 mm)の反応の間には有意差は認められなかった。

3. 皮下浅層及び皮下深層部両方において、経穴(郄門)と非経穴の間には組織ヘモグロビンなどの変化様式には有意差を認め得なかった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、統計解析ソフトの使用に便宜を図って頂いた明治鍼灸大学整形外科教室に深謝致します。艾の計量に便宜を図って頂いた同大学免疫・微生物学教室の雨貝 孝教授に感謝致します。被験者になって頂いた研究生、卒後研修生及び4回生の方々に心から御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 田中淳子, 矢野 忠, 丸山彰貞ほか: 末梢血管動態からみた灸刺激の効果について. 明治鍼灸医学, 2: 15~23, 1986.
- 2) 會澤重勝, 岡崎雅子, 坂本浩二ほか: 灸に関する基礎的研究. 昭和医学会誌, 48(6): 673~680, 1988.
- 3) 北小路博司, 中村辰三: 施灸によるリンパ球の動態. 全国東洋医学学校協会学会誌, 5: 10~15, 1981.
- 4) 岩竹修司, 伊関孝一, 中村辰三ほか: モルモット施灸によるリンパ球の動態. 全国東洋医学学校協会学会誌, 5: 84~87, 1981.
- 5) 田中敏嘉, 安藤文紀, 中村辰三: 血液に及ぼす胃の六ツ灸の影響. 全国東洋医学学校協会学会誌, 12: 72~75, 1988.
- 6) 小林和子: 鍼灸刺激とストレスタンパク質との関連. 全日本鍼灸学会誌, 39(3): 338~341, 1989.
- 7) 川喜田健司, 河村広定: 灸刺激の鎮痛効果の部位差について. 全日本鍼灸学会誌, 36(2): 65~68, 1986.
- 8) 鹿島研司, 伊藤 巧, 西條一止: 灸刺激に対する体表温のサーモグラフィーによる観察. 東方医学, 2(1): 26~34, 1986.
- 9) 平田耕造, 永坂鉄夫: レーザードップラー血流計を用いたヒトの皮膚網細血管および動静脈吻合血流量の分離測定法の確立. 興和生命科学振興財団研究報告, 2: 57~65, 1990.

- 10) Kitai T, Tanaka A, Hirao K, et al : Quantitative detection of hemoglobin saturation in the liver with near infrared spectroscopy. *Hepatology*, 18(4) : 926~936, 1993.
- 11) 平尾 佳 : 公開特許公報. 特開平4-297854, 1992.
- 12) Onishi S, Itoh S, Imai T, Hirao K, et al : Application of an innovative equation to near infrared spectroscopy analysis which converts the flattened and nonlinear diffusion spectrum of chromophores in the biological tissue to the transmission spectrum. *Photomedicine and photobiology*, 15 : 57~60, 1993.
- 13) 田村 守 : 医学への応用. 尾崎幸洋, 河田 聡 編 : 近赤外線分光法, 学会出版センター, 東京, pp179~190, 1996.
- 14) 浜岡隆文, 勝村俊仁, 下満輝一ほか : ヒト前腕筋の光学的特性についての検討. *Therapeutic Research*, 18(7) : 148~152, 1997.
- 15) 常石召一, 江田英雄, 田村知巳ら : 反射測定における測定深度の評価. *Therapeutic Research*, 16(9) : 256~258, 1995.
- 16) Okada E, Firbank M, Delpy D T, et al : Theoretical and experimental investigation of near infrared light propagation in a model of the adult head. *Applied optics*, 36(1) : 21~31, 1997.
- 17) 尾崎昭弘 : 温灸 (温筒灸) の温熱刺激特性. *明治鍼灸医学*, 3 : 85~99, 1987.
- 18) 川喜田健司, 岡田 薫, 鍋田智之ほか : 鍼灸刺激で誘発される局所炎症反応. *明治鍼灸医学*, 7 : 73~77, 1990.
- 19) Caterina M J, Schumacher M A, Tominaga M, et al : The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature*, 389 : 816~824, 1997.
- 20) 吉岡耕一, 大塚正徳 : タキキニン研究の最新の進歩. *神経精神薬理*, 16(1) : 11~17, 1994.

Changes in subcutaneous tissue hemoglobin concentration due to indirect moxibustion to the human forearm

Ryuzo Tanaka¹⁾, Eiichi Chihara²⁾, Toshinori Yukimachi²⁾, Tatsuzo Nakamura³⁾

¹*Graduate School of Clinical Acupuncture and Moxibustion,
Meiji University of Oriental Medicine*

²*Department of Anesthesiology, Meiji University of Oriental Medicine*

³*Department of Health Promoting Acupuncture and Moxibustion,
Meiji University of Oriental Medicine*

Summary : Moxibustion, one of the traditional treatments used in oriental medicine, has been applied to patients to improve local blood flow in chronically injured tissue. We used near infrared spectroscopy to study hemoglobin (Hb) changes in subcutaneous tissue due to indirect moxibustion. Eleven fit adults voluntarily participated in the experiment. A paper cartridge with 104mg of moxa was placed on two different points: Ximen (PC4) and the midpoint (E-site) between Ximen and Quze (PC3) on the left forearm.

The absorption spectrum (650 nm-900 nm) of the subcutaneous tissue was repeatedly measured with a near infrared spectrometer MCPD 2000, Ohtsuka Denshi Co. Ltd., Japan, before moxibustion, 0min, 5min, 10min, and 20min post-moxibustion. The spread of moxibustion effects in the superficial layer was measured at a distance of 7.5mm ("proximal") and 12.5mm ("distal") to the moxibustion point, and the effect to the deep layer was measured at a distance of 12.5mm from the moxibustion point. Changes in tissue concentrations of oxy-Hb and deoxy-Hb were calculated from the difference between the pre- and post-moxibustion spectra.

Increase in concentrations of oxy-Hb and total Hb at the superficial layer started with moxibustion at both Ximen and E-site, and this hyperemia remained for 20 min after moxibustion. Significant increases in concentrations of oxy-Hb and total Hb at the deep layer at both Ximen and E-site were recognized 10 and 20 min after the moxibustion. It was found that the increase in subcutaneous hemoglobin concentration within a radius of 15mm from the moxibustion site varied little in the superficial layer. There was no significant difference in the response of tissue hyperemia found at a meridian point (Ximen) compared with that at a non-meridian point (E-site).