

近赤外分光法を用いたマッサージ機の血行促進効果の評価法

Evaluation of Blood Circulation Effects of Massage Chair Using Near Infrared Spectroscopy

道盛 章弘* ・ 今井 文吾*

Akihiro Michimori Bungo Imai

マッサージ機の血行促進効果の評価において、近赤外分光法（NIRS）を用いて僧帽筋における深部組織血液酸素動態を計測することにより、マッサージ機のもみ動作が肩部の血行動態に与える効果を定量化する方法を提案する。これにより、マッサージ機の異なるもみ動作による血行促進効果の比較を行い、各もみ動作の特徴の抽出が可能となる。また、もみ動作の施療時間の違いによる血行動態変化の比較が可能となり、マッサージの血行促進効果の評価法として有効であることを示している。

In order to evaluate the blood circulation promotion effects of a massage chair, a method of quantifying the effects of the massage operation on the user's blood circulation in the trapezius muscle has been proposed by measuring blood oxygenation in the muscle with near infrared spectroscopy. The measurement enables a comparison of blood circulation promotion effects by different massage operations and extraction of the features of each massage operation. A comparison of blood oxygenation by treatment duration is also possible, indicating that the proposed method is an effective means of evaluating the blood circulation promotion effects of massage operations.

1. ま え が き

肩こりとは、疲労の蓄積や悪い姿勢の継続により主に僧帽筋と呼ばれる肩部の筋肉の血行動態が悪くなり、痛みを生じている現象である。マッサージは、これらの筋肉をもみほぐすことにより、血行を促進させ、肩こりを改善させると考えられている。家庭で手軽に使用できる椅子式マッサージ機は、もみ玉やエアバッグによるマッサージにより血行を促して疲れやこりをほぐすことができるため、広く普及している。

従来、マッサージ機の効果に対する評価方法は、官能評価によって気持の良さなどを評価するものが中心で、生理的な指標を計測して定量的に血行促進の効果を評価することはほとんど行われていなかった。しかし、マッサージ機のもみ動作の効果を定量的に把握し、より効果の高いもみ動作やもみ動作を組み合わせたコースを開発するためには、血行促進効果を生理学的に分析し定量化することが必要である。

血行促進効果を評価する方法には、サーモグラフィーやレーザドプラ血流計などの血行動態を計測する方法が多く用いられているが、それらは深さ1～2 mm程度の皮膚表面の血行を計測しているため、肩こりが生じていると考え

られる筋肉層におけるマッサージの効果を定量化するには十分ではない。

近年、近赤外分光法（near infrared spectroscopy：以下、NIRSと記す）を用いて筋肉層深部の組織血液酸素動態を非侵襲に計測できる装置が開発された¹⁾。NIRSとは、ヘモグロビンの近赤外線領域における吸収スペクトルの相違を利用し、測定部位内の酸素化血液量（以下、Oxy Hbと記す）と脱酸素化血液量（以下、deOxy Hbと記す）の変化を計測する光計測法である。その測定は図1に示すように、皮膚表面に装着したプローブから近赤外光を送光し、生体組織を透過した光を数センチメートル離れた受光ディテクタで検出する。また、異なる波長の光を組み合わせることにより、生体組織内のOxy HbとdeOxy Hbの相対的变化を連続して計測可能である。血行が促進すると、組織内の動脈血が増加するためOxy Hbは増加し、また静脈血が減少（静脈還流が促進）するためdeOxy Hbは減少すると考えられる。最近ではNIRSを用いて、はり治療と深部血行動態との関係²⁾や下肢エアバッグマッサージの深部血行動態への影響に関する研究³⁾など、深部血行動態に関する検討結果が報告されている。

マッサージ機のもみ動作による血行促進効果を定量化するため、マッサージ機において複数のもみ動作を行い、

* 電器事業本部 電器R & Dセンター Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

NIRS を用いて肩部の筋肉である僧帽筋における血行動態の変化を解析して比較を行う。また、もみ動作の施療時間の違いによる血行動態に与える影響を比較するため、5 分間と 15 分間のもみ動作を行い、血行動態の変化を比較する。これらの内容について以下に報告する。

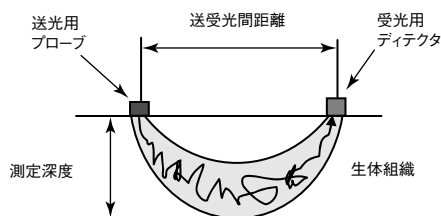


図1 NIRSの測定概要

2. 実験方法

マッサージ機には当社製「リアルプロ G II (EP3205)」を使用する。もみ動作の違いが血行動態に与える影響を比較するため、3 種類のもみ動作「はさみもみ」、「肩つかみ」、「問診コース 5 分」を選択する。「はさみもみ」とはマッサージ機のもみ玉で筋肉を挟みこんでもむ動作であり、「肩つかみ」とは肩を上からもみ玉で押し込むような動作である。また、「問診コース」とは「はさみもみ」や「肩つかみ」などの複数のもみ動作を組み合わせた動作である。併せて、もみ動作の施療時間の違いを比較するため「問診コース」における 5 分と 15 分の血行動態に与える影響を比較する。

2.1 被験者

被験者は、実験の目的と内容について十分な説明を受け、本人が同意した健康な男性 7 名（年齢：25 ～ 49 歳，BMI：20.9 ～ 26.2）である。

2.2 実験概要

被験者はセンサを僧帽筋に装着した後、シャツまたはシャツの上に上着を着衣し、マッサージ機で座位姿勢を維持した状態で、前安静 10 分間、マッサージ動作による施療、後安静 10 分間の計測を行う。センサは前安静から後安静まで装着して連続的に Oxy Hb と deOxy Hb の血行動態指標を計測する。実験を通して被験者は極力開眼安静状態を保持し、肩や首を動かさないようにする。「はさみもみ」、「肩つかみ」、「問診コース 5 分」、「問診コース 15 分」のもみ動作を被験者により順序をランダムにして実施する。なお、施療時間は「はさみもみ」、「肩つかみ」、および「問診コース 5 分」は 5 分間、「問診コース 15 分」は 15 分間とし、室内の温度は 25℃前後に保つ。

2.3 測定項目

血行動態の計測には、3 波長（780 nm，810 nm，830

nm）式のレーザ組織血液酸素モニタと送受光間距離が 30 mm のプローブを用いる。図 2 のように左側上部僧帽筋の中央部に装着し、Oxy Hb と deOxy Hb をサンプリング周波数 10 Hz で計測する。なお、センサの着脱による光路長の変化の影響を除くため、センサは実験終了までつねに装着している。



図2 センサを僧帽筋に装着した様子

2.4 評価指標

Oxy Hb と deOxy Hb の合計を総血液量とし、Oxy Hb の総血液量に占める割合である組織酸素飽和度を式（1）で算出する。

$$\text{組織酸素飽和度 (\%)} = \left\{ \frac{\text{Oxy Hb}}{\text{Oxy Hb} + \text{deOxy Hb}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

データ処理は図 3 に示すように前安静 10 分間における最後の 1 分間の平均値を初期値（基準値）とし、後安静 10 分間における初期値に対する変化率を算出する。

さらに、それぞれの指標について、式（2）にて初期値に対する変化率を 1 分ごとに算出する。

$$\begin{aligned} \text{初期値に対する変化率 (\%)} = \\ (\text{後安静 1 分ごとの平均値} - \text{初期値}) / \text{初期値} \times 100 \quad (2) \end{aligned}$$

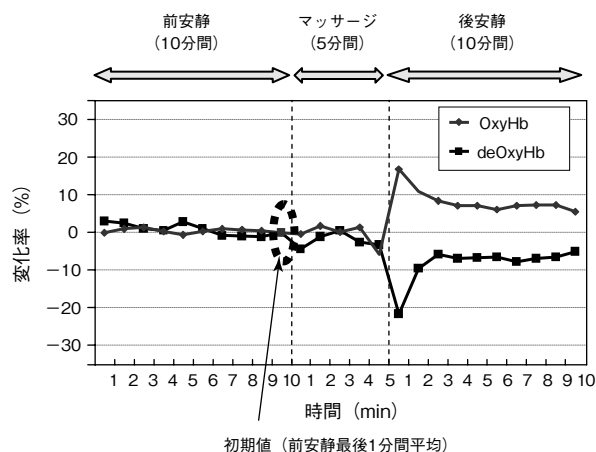


図3 「問診コース5分」のデータ処理例

マッサージ中は送光部から受光部までの光路長がもみ玉の動きにより変化するため、解析対象から除き、後安静の10分間について検討する。この例ではマッサージにより血行が促進することにより、初期値と比較してマッサージ後に Oxy Hb が増加し、deOxy Hb が減少していると考えられる。

3. 結果

3.1 もみ動作の違いによる血行動態の変化の比較

「はさみもみ」, 「肩つかみ」, および「問診コース5分」の各もみ動作における Oxy Hb, deOxy Hb 指標について、被験者の変化率の平均と標準誤差の推移をそれぞれ図4から図6に示す。横軸は前安静の後半5分とマッサージ中を除いた後安静の10分の経過時間を示し、縦軸に前安静の最後の1分を基準にした変化率を示す。

いずれのもみ動作においても、終了後に Oxy Hb は増加傾向を示し、deOxy Hb は「はさみもみ」, 「問診コース5分」で減少傾向を示している。「はさみもみ」, 「肩つかみ」, および「問診コース5分」における Oxy Hb, deOxy Hb, および組織酸素飽和度の後安静10分間の変化率の平均値と標準誤差を図7に示す。

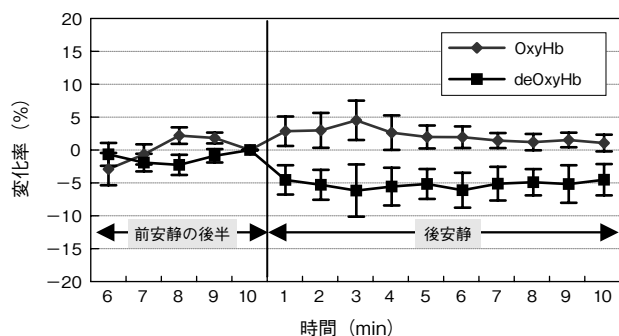


図4 「はさみもみ」のOxy Hb, deOxy Hbの変化率

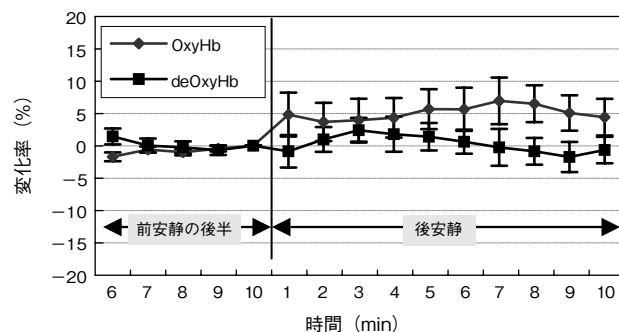


図5 「肩つかみ」のOxy Hb, deOxy Hbの変化率

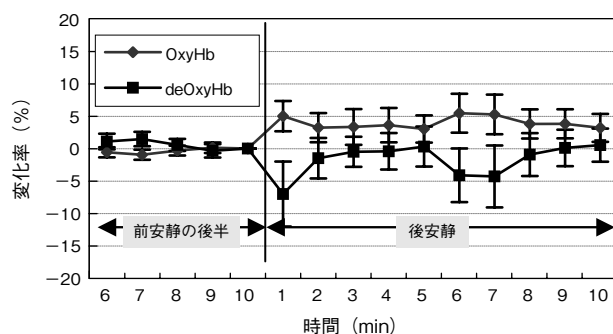


図6 「問診コース5分」のOxy Hb, deOxy Hbの変化率

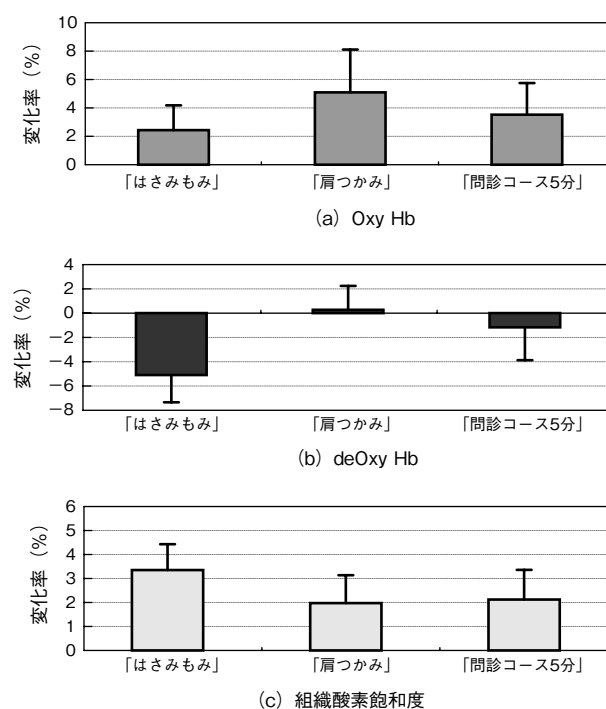


図7 各もみ動作の比較

Oxy Hb の変化率は「はさみもみ」で2.4 %, 「肩つかみ」で5.1 %, 「問診コース5分」で3.5 %増加し、deOxy Hb では「はさみもみ」で5.1 %, 「問診コース5分」で1.2 %減少し、「肩つかみ」ではほとんど変化していない。組織酸素飽和度の変化率は「はさみもみ」で3.4 %, 「肩つかみ」で2.0 %, 「問診コース5分」で2.1 %増加している。多重比較の結果、「はさみもみ」と「肩つかみ」のdeOxy Hb の変化率では統計的な有意差がある ($p = 0.0276$) が、他は有意差が認められない。

もみ動作別の特徴をまとめると、「はさみもみ」は「肩つかみ」, 「問診コース5分」と比較してdeOxy Hb の減少が大きく、組織酸素飽和度の増加率ももっとも大きい。このことは、「はさみもみ」は静脈血の還流促進効果が高いこと示唆している。「肩つかみ」はOxy Hb の増加量が多いが、deOxy Hb がほとんど変化しない特徴を示している。「問診コース5分」は「はさみもみ」と「肩つかみ」の中間の特徴を示している。

3.2 施療時間の違いによる効果の比較

「問診コース 15 分」での Oxy Hb, deOxy Hb 指標について、被験者の変化率の平均と標準誤差の推移を図 8 に示す。図 6 と図 8 から、「問診コース 15 分」は「問診コース 5 分」と比較し、Oxy Hb がマッサージ後に大きく増加してほぼ一定の値を示していることがわかる。

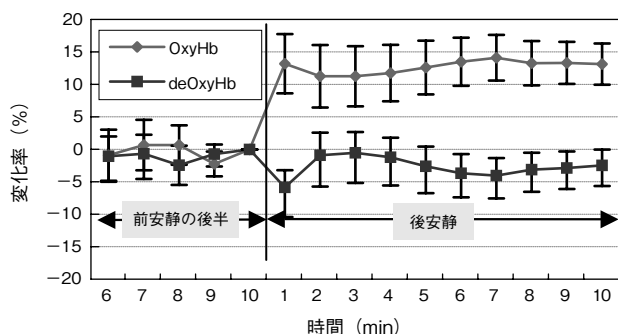


図 8 「問診コース 15 分」の Oxy Hb, deOxy Hb の変化率

「問診コース 5 分」と「問診コース 15 分」における後安静 10 分間の平均値と標準誤差を図 9 に示す。

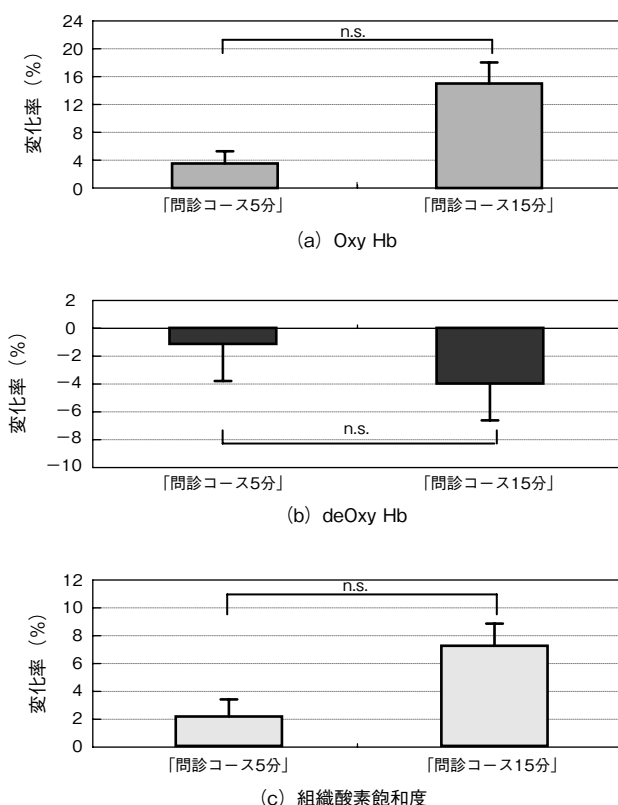


図 9 「問診コース 5 分」と「問診コース 15 分」の比較

Oxy Hb の変化率は「問診コース 5 分」で 3.5 %、「問診コース 15 分」で 15.0 % 増加している。また、deOxy Hb の変化率は「問診コース 5 分」で 1.2 %、「問診コース 15 分」で 4.1 % 減少している。さらに組織酸素飽和度の変

化率は「問診コース 5 分」で 2.1 %、「問診コース 15 分」で 7.2 % 増加している。統計的な有意差は認められないが、これらの結果は施療時間の長い「問診コース 15 分」のほうが「問診コース 5 分」よりの血行促進の効果が高い傾向があることを示している。

4. ま と め

4.1 マッサージ機のもみ動作の比較

すべてのもみ動作において Oxy Hb が増加する傾向を示し、また「肩つかみ」を除くもみ動作で deOxy Hb が減少する傾向を示している。これらはすべてのもみ動作において、血行促進効果を示唆するものである。「はさみもみ」は「肩つかみ」、「問診コース 5 分」と比較して、deOxy Hb の減少が大きく、静脈血の還流促進効果が高いことが示唆されている。また、「肩つかみ」は「はさみもみ」と比較して、Oxy Hb の増加量が多いが、deOxy Hb がほとんど変化しない特徴を示している。

4.2 施療時間の違いによる効果の比較

施療時間による血行動態に与える影響の比較では、「問診コース 15 分」は「問診コース 5 分」よりも Oxy Hb と組織酸素飽和度の増加量や deOxy Hb の減少量は大きい。これは施療時間が 5 分よりも 15 分のほうが血行促進の効果があることを示唆している。

5. あ と が き

マッサージ機の血行促進効果の評価において、NIRS を用いて僧帽筋における深部組織血液酸素動態を計測することにより、マッサージ機のもみ動作が肩部の血行動態に与える効果を定量化する方法を提案する。これにより、マッサージ機の異なるもみ動作による血行促進効果の比較を行い、各もみ動作の特徴の抽出が可能となった。また、もみ動作の施療時間の違いによる血行動態変化の比較が可能となり、マッサージの血行促進効果の評価法として有効であることを示した。

提案した NIRS を用いて、もみ動作に与えるもみ玉の圧力、軌道、周期などの影響を定量化することで、さらに血行促進効果の高いマッサージ機の実現に貢献できると考える。

*参考文献

- 1) 日本脳代謝モニタリング研究会編：臨床医のための近赤外分光法，新興医学出版社（2002）
- 2) 坂井 友実：鍼治療と抹消循環，第 20 回生体生理学シンポジウム論文集，p. 227-230（2005）
- 3) 清水 敬輔，道盛 章弘：近赤外分光法を用いた下肢エアマッサージの深部血行動態に与える影響評価，平成 17 年度人間工学会関西支部大会論文集，p. 73-76（2005）

◆執筆者紹介



道盛 章弘
電器 R & D センター



今井 文吾
電器 R & D センター