

## 光計測による マッサージ効果の検証

按摩・マッサージ効果の  
新しい評価手法の開発

Evaluation of effect of massage using  
optical measurements  
Development of a new method for evaluating effects  
of massage

長野正樹<sup>a</sup> 酒谷薫<sup>b</sup>

Masaki NAGANO<sup>a</sup> Kaoru SAKATANI<sup>b</sup>

a パナソニック電工株式会社新事業企画室, 大阪府門真市門真 1048

b 日本大学医学部脳神経外科学系光量子脳工学分野, 東京都板橋区大谷口上町 30-1

キーワード: マッサージ, 肩こり, 筋硬度, 筋血流, メカニズム  
massage, stiff neck, muscle hardness, muscle blood, mechanism

### 要旨

中医治療の按摩・マッサージは肩こりや腰痛の治療に用いられてきたが, その治療効果を客観的に評価する方法は未だ確立されていない。われわれは光学的計測法を応用したマッサージ効果の評価法を開発し, その有用性について検討した。まず, 筋肉の硬度(弾性率)を定量化するために筋硬度計を開発し, マッサージ前後の筋硬度の変化を計測した。さらに, 時間分解スペクトロスコピーを用いて筋血流の変化を定量的に計測し, 筋硬度変化との関係について検討した。筋肉のマッサージにはマッサージ機(パナソニック製)を使用した。マッサージ機の使用が筋硬度・筋血流・自律神経系に与える影響を検討した結果, 80~90%の被験者において筋肉の弛緩・筋血流の増加および副交感神経活動の亢進が認められた。また, マッサージ前後には筋肉弛緩率と筋血流増加率の間に有意な正相関が認められた。本マッサージ評価法を用いることによりマッサージ効果を客観的に評価でき, 各個人に適したマッサージ方法を提供できる可能性がある。

## Abstract

In Traditional Chinese Medicine, massage is used to treat shoulder strain and lumbago. However, an objective method to estimate its effectiveness has not been established. We have developed an optical technique for evaluating the effect of massage on muscles. Initially, we used a muscle durometer for quantitative measurements of muscle elastic modulus. Then, we evaluated the relationship between the muscle elastic modulus and muscle blood flow, which was measured by means of time-resolved near-infrared spectroscopy. We examined the effects of massage on muscle elastic modulus and blood flow, as well as autonomic nervous function, employing an electrical massage machine (Panasonic, Japan). We found that 80 to 90 % subjects showed relaxation of muscle tonus, increased muscle blood flow and increased parasympathetic nervous function after massage. In addition, we found a significant positive correlation between extent of muscle relaxation and increase of muscle blood flow. These results indicate that our method is suitable for objective estimation of the effects of massage and may be useful to optimize massage methods according to the subject's requirements.

## はじめに

身体になんらかの不調を自覚している有訴者数は国内で年々増加傾向にあり、平成16年度国民生活基礎調査（厚生労働省）によると、男性の場合は1位が腰痛で2位が肩こり、女性の場合は1位が肩こりで2位が腰痛と、男女とも肩こりと腰痛が上位を占めている。中医疗療の按摩（マッサージ）は肩こりや腰痛の治療に用いられてきたが、その治療効果を客観的に評価する方法は未だ確立されていない。

一般に、慢性的な肩こりや筋痛は「脳のスレスレス反応→筋肉緊張→筋血流低下→筋肉への酸素供給低下→発痛物質発生（肩こり）→脳のスレスレス反応」という悪循環成立によって発生すると考えられている。<sup>9)</sup>しかし、そのメカニズムは不明瞭な点が多く、また効果的な肩こり改善方法についての検討は不十分であると考えている。

私どもは、まず筋肉の硬度（弾性率）を定量化するために筋硬度計を開発し、マッサージ前後の筋硬度の変化を計測した。さらに、時間分解スペクトロスコピー（TRS）を用いて計測した筋血流の変化を計測し、筋硬度変化との関係について検討し、肩こりおよび按摩・マッサージ効果のメカニズムについて考察した。

## 方法

### 1. 筋硬度計

筋肉の緊張レベルを表現する方法の一つとして、筋肉の硬さ（弾性率）を用いる方法がある。図1はその測定原理を示している。接触子を身体面に対して垂直方向に押し当てた際に、接触子に作用する力Fと変位X（接触子の押し込み量）を同時に計測すると、図1に示すような曲線を得ることができる。その曲線の接線の傾き  $dF/dX$  を弾性率として算出する。

図1に示す測定原理を応用した筋硬度計の外観図を図2に示す。<sup>10)</sup> 身体の背部

から筋硬度計を計測部位に押し当てる。モータを駆動させて接触子を身体に接触させると、ロードセルで検出される力Fがあらかじめ定めた閾値以上となり、その点を計測開始点とする。

また、計測開始後は変位Xに対する力Fの微分値  $dF/dX$  を演算する。これは図3に示すように、接触子が筋肉層へ到達する前に計測を終了することを回避するためである。私どもは、接触子に作用する力Fが筋肉層の影響を反映するようになると  $dF/dX$  がほぼ一定になる傾向を確認しており、当該アルゴリズムを用いて計測を自動化している。そのため、皮下脂肪の厚みに依存せず確実に筋肉の弾性率を測定することが可能である。<sup>5, 10)</sup>

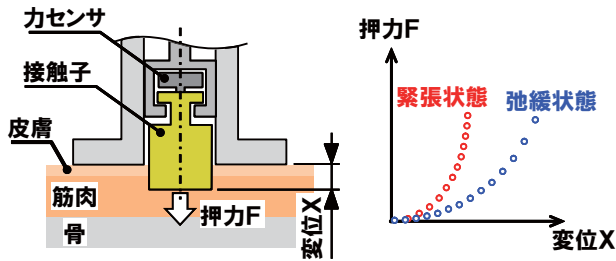


図1 筋硬度計の測定原理

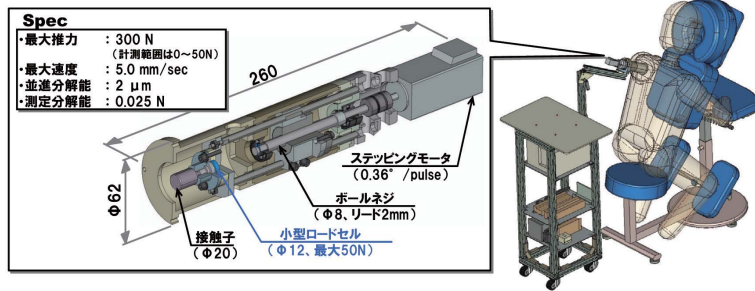


図2 筋硬度計の概観

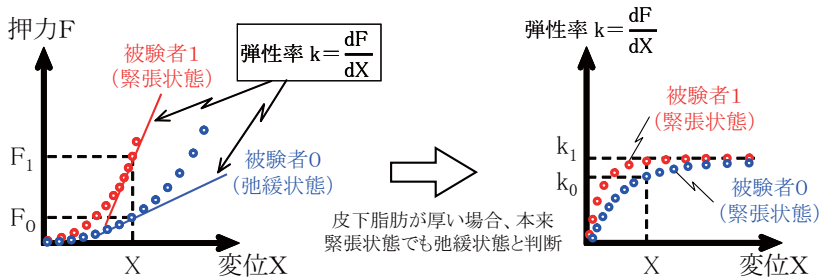


図3 皮下脂肪に依存せず筋肉の弾性率を計測する手法

## 2. 筋血流計

筋血流の計測には TRS (TRS-20 : 浜松ホトニクス社製) を使用した。<sup>3, 7, 8)</sup> 本システムは、測定対象部位における毛細血管中のヘモグロビン濃度 (絶対値) を計測することが可能であるが、測定対象が筋肉の場合は、筋肉細胞に含まれるミオグロビンの影響があるため、酸素化ヘモグロビン (OxyHb) と酸素化ミオグロ

ピン (OxyMb) の区分ができない。<sup>1)</sup> そこで本稿では、筋肉代謝の研究などで応用される方法にしたがって、両者の濃度和を筋血流として代用した。<sup>2)</sup>

### ■ 3. 自律神経系の計測装置

自律神経系の計測には心拍計 (EEG9100: 日本光電社製) を用い、心拍変動の周波数解析から副交感神経活動の指標である HF (High Frequency: 0.05 ~ 0.4Hz) パワーを算出する。一般に HF は、心臓副交感神経活動の指標として用いられる。<sup>4)</sup>

### ■ 4. マッサージ装置

実験におけるマッサージの提供に関しては椅子式マッサージ装置 (非買試作品: Panasonic 製) を用いており、被験者の僧帽筋近傍に機械的的刺激 (揉捏動作) と温感刺激 (約 50°C) を同時に付与できるように構成している (図 4)。温感刺激については、もみ玉と呼ばれるマッサージ用デバイス内部に内蔵させた熱源 (ヒータ) の温度フィードバック制御により、被験者に対する提供温度を一定に維持できるように構成している。<sup>6)</sup>

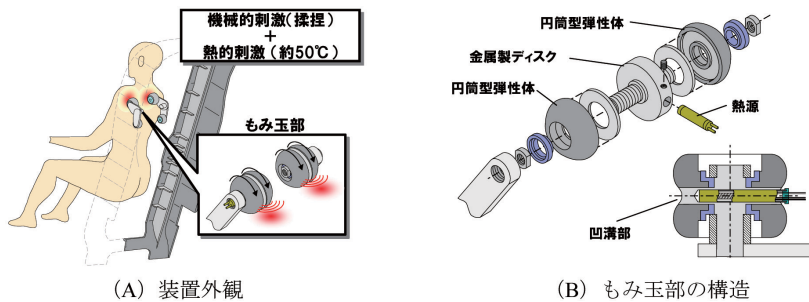


図4 椅子式マッサージ装置の概略

### ■ 5. 実験プロトコール

椅子式マッサージ装置に着座した被験者の僧帽筋近傍に機械的的刺激 (揉捏動作) と温感刺激 (約 50°C) を 10 分間同時に付与するとともに、その前後に対する筋硬度・筋血流・自律神経系の計測を行う。被験者は慢性的に肩こりの自覚がある成人男性 10 名と、自覚のない成人男性 10 名、計 20 名 (年齢: 平均 ± SD: 40.0 ± 5.9 歳) を対象としており、事前に実験の趣旨に関する説明を行ったうえで、インフォームド・コンセントを得ている。

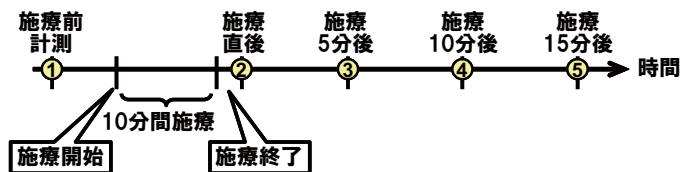


図5 実験のプロトコール

■ 結果および考察

■ 1. 筋硬度・筋血流

90%の被験者 (n=18) において、マッサージ後の筋肉弛緩と筋血流増加が確認された。マッサージ前後の弾性率・筋血流をおのおの回帰分析した結果、有意な正相関 (筋硬度 :  $r = +0.66$ ,  $p = 0.0015$ , 筋血流 :  $r = +0.98$ ,  $p < 0.0001$ ) が認められた (図6)。

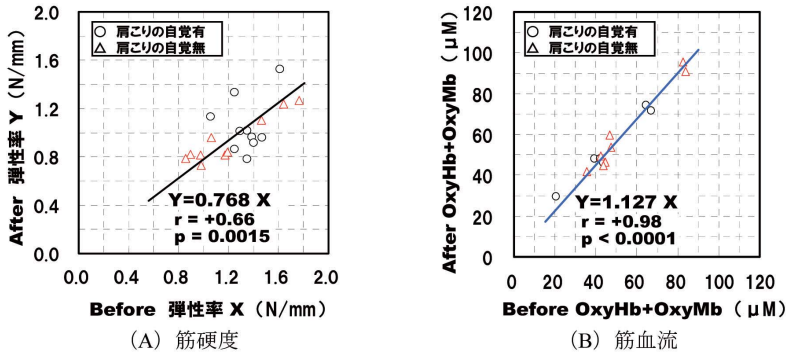


図6 マッサージ前後における筋硬度・筋血流の回帰分析計測結果

■ 2. 筋肉弛緩と筋血流増加の関係

マッサージ前後における筋硬度をおのおの K-before・K-after とし、マッサージ前後における筋血流をおのおの B-before・B-after とする。このとき、筋肉弛緩率  $\alpha$  と筋血流増加率  $\beta$  を以下のように定義する。

$$\alpha = (K\text{-before} - K\text{-after}) / K\text{-before} \quad (\%)$$

$$\beta = (B\text{-after} - B\text{-before}) / B\text{-before} \quad (\%)$$

$\alpha$  と  $\beta$  を回帰分析した結果、有意な正相関 ( $\beta = 0.674 \alpha$ ,  $r = +0.59$ ,  $p = 0.035$ ) が認められたため、筋肉の弛緩ともなって筋血流も増加すると推察される (図7)。また、2名 (全被験者の10%) については他の被験者とは異なる傾向を示しているため、特異な傾向がないか調査を行ったところ、特に他の被験者と異なる点は確認されなかった。

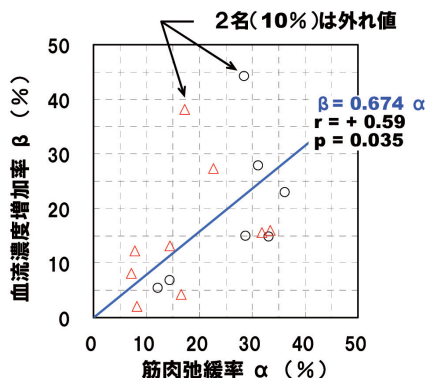


図7 筋肉弛緩率 X と筋血流増加率 Y の回帰分析

### ■ 3. 自律神経系

80%の被験者(n=16)において、マッサージ後のlog HFの増加が認められた。マッサージ前後におけるlog HFを回帰分析した結果、有意な正相関( $r=+0.86$ ,  $p<0.0001$ )が認められたため(図8)、マッサージによる副交感神経活動の亢進が示唆された。

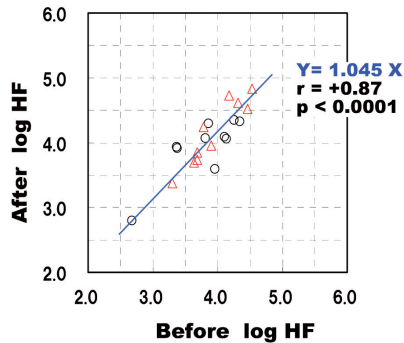


図8 マッサージ前後における筋肉弛緩率Xと筋血流増加率Yの回帰分析副交感神経活動(log HF)の回帰分析

### ■ 4. 副交感神経活動の亢進と筋肉弛緩・筋血流の関係

マッサージ前後におけるlog HFをおのおのlog HF-Before・log HF-Afterとし、副交感神経活動の亢進率 $\gamma$ を以下のように定義する。

$$\gamma = (\log \text{HF-After} - \log \text{HF-Before}) / \log \text{HF-Before}$$

$\gamma$ と $\alpha$ 、および $\gamma$ と $\beta$ をおのおの回帰分析したところ、いずれも統計学的有意差は認められなかった( $\gamma$ と $\alpha$ :  $p=0.91$ ,  $\gamma$ と $\beta$ :  $p=0.24$ )。

## ■ 結論

マッサージが筋硬度・筋血流・自律神経系に与える影響を検討した結果、80～90%の被験者において筋肉の弛緩・筋血流の増加および副交感神経活動の亢進が認められた。また、マッサージ前後には筋肉弛緩率と筋血流増加率の間に有意な正相関が認められた。この結果は、①肩こりを有する筋肉は緊張が亢進し、筋血流が減少している、②マッサージは筋肉緊張を緩和し、筋血流を増加させる作用がある——ことを示唆している。本マッサージ評価方法を用いることによりマッサージ効果を客観的に評価でき、各個人に適したマッサージ方法を提供できる可能性がある。

## ■ 謝辞

本研究の一部は(独)科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム」(S-イノベ)および科学研究費(基盤B:23300247)の支援によって行われた。

## 参考文献

- 1) Chance B・Nioka S・Kent J et al : Time resolved spectroscopy of hemoglobin and myoglobin in resting and ischemic muscle. Anal Biochem 174 : 697-707, 1988
- 2) 浜岡隆文・佐古隆之 : 骨格筋循環・代謝の非侵襲測定的确立と脈管学領域への応用. THE JOURNAL of JAPANESE COLLEGE of ANGIOLOGY 43(6) : 239-244, 2003
- 3) 片山容一・酒谷薫 : 第1章 基礎原理 臨床医のための近赤外分光法 近赤外分光法の基礎原理 Q & A. 振興出版, 2002, 1-9
- 4) Marco DR・Paolo C・Giuseppe M et al : 24th Sequential Spectral Analysis of Arterial Blood Pressure and Pulse Interval in Free-Moving Subjects. IEEE Transaction on Biomedical Engineering 36(11) : 1066-1075, 1989
- 5) 長野正樹 : 筋硬度計. 特開 2010-104525
- 6) 長野正樹・湯川隆志・小川哲史ほか : 局部温感刺激を実現するマッサージ用デバイス. パナソニック電工技報 6(2) : 58, 2010
- 7) 小田元樹・八巻悦子・鈴木裕昭ほか : 時間分解分光法の光生体計測への応用. THE JOURNAL of JAPANESE COLLEGE of ANGIOLOGY 49(2) : 131-137, 2009
- 8) 酒谷薫・片山容一 : 第3章 神経機能のマッピングとモニタリング F-functional MRI 近赤外分光法 脳神経外科学大系. 中山書店, 2004, 125-130
- 9) 高木健太郎・山村秀夫 : 東洋医学を学ぶ人のために (第1版). 医学書院, 1984, 41
- 10) Tetsushi OGAWA・Masaki NAGANO・Takashi YUKAWA : Study on comfortable massage method of massage chair considering professional masseur's technique. Int. J. Biomedical Engineering and Technology 2(3) : 217-233, 2009

## プロフィール

長野 正樹 (ながの・まさき)



### ● 現職

パナソニック電工 (株) 新事業企画室 デシジョンサポート Gr. 課長

### ● 略歴

平成 7年 大阪府立大学 工学部 機械工学科 卒業

平成 9年 大阪府立大学大学院 工学研究科 機械システム工学 修士課程卒業

平成 9年 松下電工 (株) 入社 生産技術研究所 配属

平成 15年 電器開発部へ異動 マッサージ椅子開発担当

平成 18年 機械製図 1級技能士

平成 20年 先行技術開発研究所へ異動 ヘルスケア研究職担当

平成 22年より現職