

キネシオテープの貼付が筋活動および筋酸素動態におよぼす影響

川村 茂*¹, 吉田 勲生*², 沖 和久*³

(帝京平成大学 ヒューマンケア学部 柔道整復学科) *¹

(明治東洋医学院専門学校 柔道整復学科) *²

(明治国際医療大学 保健医療学部 柔道整復学科) *³

Keyword : キネシオテープ, 表面筋電図 (EMG), 近赤外線分光法 (NIRS), 筋酸素動態, 運動負荷

要 旨

【 目的 】

キネシオテープは、約 40 年前にアプライドキネシオロジー理論に基づき考案され、多くのスポーツ現場に普及している。近年、キネシオテープは、多くの商業紙に取り上げられ、その有効性についても経験的に広く知られている。主に提唱されている有効性には、伸張して貼付されたキネシオテープの皮下の筋膜を流れるリンパ液の循環を助長し、疼痛の緩和、傷害の治療を目的に使用する。あるいは貼付された筋に何らかの作用を及ぼし、運動パフォーマンスを向上させるなどの効果があげられている。しかしながら、キネシオテープの効果の発現機序は明確ではなく、客観的かつ数値定量的評価にされた報告も少ないのが現状である。したがって、キネシオテープの貼付方法についても、なぜこの方法が適当なのかということについて、あまり触れられておらず、術者の主観や経験に基づいて施行されている。

そこでわれわれは、活動筋上に貼付キネシオテープが筋力発揮におよぼす効果について、運動負荷中の筋活動量および局所筋酸素動態から検討することを目的に実験を行い、その効果を検討することとした。

【 対象および方法 】

対象は、上肢に重篤な既往のない健常成人男性 7 名 (年齢 22.5 ± 1.0 歳 [mean \pm S. D.]) とした。被験肢は左上肢、被験筋は前腕屈筋群とした。実験方法は、各被験者に対して左前腕にキネシオテープを貼付した状態 (以下、KT 条件) および、貼付しなかった状態 (以下、NT 条件) で、各々左前腕屈筋群に定量的運動負荷を与え、キネシオテープの有無により活動筋局所の筋活動量および筋酸素動態に、どのような差異が生じるのか測定・評価する方法とした。運動負荷は、2 kg の鉄アレイを把持させメトロノームのリズムにあわせ、手関節最大掌屈と脱力を反復させる方法とした。筋酸素動態の測定には近

赤外線分光法(以下, NIRS)装置を使用し, 測定項目は組織中酸素飽和度(以下, Sto2[%])とした. その後, 各パラメータについて両条件(KT条件およびNT条件)間で比較を行った. 筋活動量の測定には, 表面筋電図(以下, EMG)を使用し, 運動時の筋放電量(積分筋電図)を解析・算出した.

【結果】

NIRS装置により測定された運動負荷中のSto2[%]は, NT条件に比してKT条件で有意に抑制された. EMGにて測定した運動時の筋放電量(積分筋電図)は, NT条件と比較してKT条件で低下する傾向となったが, 有意な差は認められなかった.

【考察】

実験から得られた筋活動量および筋酸素動態のパラメータから, キネシオテープの貼付が, 靭帯支持機構の安定性を向上させ, 筋出力ベクトルを手関節屈曲運動に対し適正化した結果, 筋力発揮維持効果をもたらしたことが示唆された. さらに, 伸張されて貼付したキネシオテープが, 持続的に皮膚を刺激したことにより血液循環を上昇させ, 運動負荷中の筋酸素消費量の低下を抑制した可能性が示された.

I. 緒言

スポーツや臨床の現場においてテーピングは, 頻繁に行われる施術技法である. その主な使用目的は, 傷害の予防, 再発の防止および応急処置である. 使用されるテープの種類は, 非伸縮性粘着包帯(以下, 非伸縮テープ)と伸縮性粘着包帯(以下, 伸縮テープ)に大別される. 非伸縮テープは, アスレチックテープともいわれ, 関節可動域の制限, 患部の安静保持を目的として使用される. これに対し伸縮テープの使用目的は, 非伸縮テープと同様の目的以外に, 弾力性のある性質を利用して様々な活用方法が考案されている. その中には, 筋肉の長軸方向の皮膚面上に特殊な伸縮テープを貼付することで身体運動機能の向上および回復効果を期待するものがある. このような効果を期待されるテープのことは, 一般にキネシオテープと呼称されている. 近年, キネシオテープは, 多くの商業紙に取り上げられ, その有効性についても経験的に広く知られている^{1, 2)}. また, このキネシオテープは, 類似品を含め多数のメーカーから販売され, 多くのスポーツ現場に普及するまでに至っている. しかしながら, キネシオテープの効果の発現機序は明確ではなく, 客観的かつ数値定量的評価にされた報告も少ないのが現状である. したがって, キネシオテープの貼付方法についても, なぜこの方法が適当なのかということについて, あまり触れられていない. 前述したようにキネシオテープの目的は, 身体運動機能の向上および回復である. つまり, もしキネシオテープが有効だとすれば, 身体活動筋の筋力発揮に対して何らかの影響をおよぼしている可能性があると考えられる. また, 持続的な筋力発揮を維持するには, 活動筋が必要とする酸素を血液循環に

より可及的早期に供給することが重要な因子であるとされる^{3, 4)}。このキネシオテープには局所的な血流増加効果および皮膚温上昇を有することが示唆されている^{5, 6)}。そこでわれわれは、活動筋上のキネシオテープが筋力発揮におよぼす効果について、運動負荷中の局所筋酸素動態および筋活動量から評価・検討することを目的に2パターンの実験を行った。

II. 実験(1)

1. 実験(1) 対象

対象は、実験の主旨および方法について十分な説明を行い書面による同意の得られた、健康成人男性7名〔平均年齢(標準偏差): 21.9歳(±5.3)]とした。対象被験者のいずれにも肥満および肥満傾向を示すものはいなかった。被験肢は右上肢〔平均右前腕周径(標準偏差) 26.4 cm(±0.5)]とし、被験筋は右前腕屈筋群とした。また、実験による運動負荷が、次回の実験に影響を与えないよう、すべての実験において、同一被験者での実験間隔は1週間以上あけることとした。なお、本実験は、明治国際医療大学の研究倫理委員会の承認を受け〔受付番号 2022-014〕、同委員会が定める基準のもとに行った。

2. 実験(1) 測定装置

本実験の局所筋酸素動態の測定には、近赤外線分光法(以下、NIRS)装置(株式会社アステム社製; Oxy-Pro [形式: Hb141])を使用した。NIRSの原理は、近赤外線外領域の特定波長のヘモグロビン(以下、Hb)に対する吸光度特性を利用することにより筋組織での酸素濃度の変化を測定するものである。この測定装置は、貼り付け型の小型測定プローブ(以下、プローブ)とデータ収集用のコンピュータで構成される。プローブには発光部と受光部があり、発光部から生体に侵入した近赤外線外光が骨格筋組織に達し、Hb およびミオグロビンに吸収された後、受光部に戻ってくる。ヘモグロビンの特定波長である760nmの光は、脱酸素化Hb(Deoxy-Hb)により吸収されやすく、840nmの波長の光は酸素化Hb(以下、Oxy-Hb)によって吸収されやすい性質をもつとされる⁷⁾。NIRS装置は、この吸光度特性の差異を利用しDeoxy-Hb、Oxy-Hb、総ヘモグロビン中のOxy-Hbの割合である組織中酸素飽和度(以下、Sto2[%])を相対値で算出することが可能である。また、本実験で使用したプローブは、発光部と受光部の距離が1cmと設定されている。Pattersonら⁸⁾によると発光部と受光部の間隔が1cmの場合、測定される深さはプローブ表面より約0.5~1cmと推測される。なお、本測定機器の測定間隔は、1秒/回の時間分解能で設定した。

3. 実験(1) プロトコール

実験(1)のプロトコールは、図1. に示すとおりである。実験方法は、各対象者の右前腕にキネシオテープを貼付した状態(以下、KT条件)および、貼付しなかった状態(以下、NT条件)で、各々右前腕屈筋群に定量的運動負荷を与え、キネシオテープの有無により活動筋の筋酸素動態に、どのような差異が生じるのか測定・評価することとした。キネシオテープには、キネシオロジーテープ 50 mm幅(日東電工株式会社製)を使用した。KT条件でのキネシオテープ貼付範囲は、前腕前面の長軸方向に沿って、2本のキネシオテープを用い、1本は手関節横紋前面から肘関節前面やや外側まで、他の1本は手関節横紋前面から肘関節前面やや内側までとし、キネシオテープの端はアンカーテープで止めた(図2.)。キネシオテープの貼付方法は、一般社団法人キネシオテーピング®協会の貼付方法を参考に、しわ・たるみが生じないように注意し、末梢から中枢方向へ120%の伸張率(最大に伸長させると150%)で引き上げるようにして行った。被験者の肢位は、仰臥位で被験肢肩関節外転角度 30° とし前腕を上肢台へ伸縮バンドで固定した。運動負荷の方法は、10分間、仰臥位にて安静後、被験肢の手に2 kgの鉄アレイを把持させ60回/分のペースのメトロノームのリズムに合わせ、手関節を最大掌屈と脱力を反復する運動とした。運動負荷の時間は、3分間とした。その後、リカバリ測定のため約10分間安静にさせ実験を終了した。

なお、本実験での運動負荷方法は、実験前に対象被験者に十分習熟させることとした。また、本実験は同一被験者に両条件を行う被験内実験であるため、実験慣れによる差を考慮し、どちらの条件の実験を先に行うかは半数ずつランダムに振り分けた。



図1. 実験(1)プロトコール

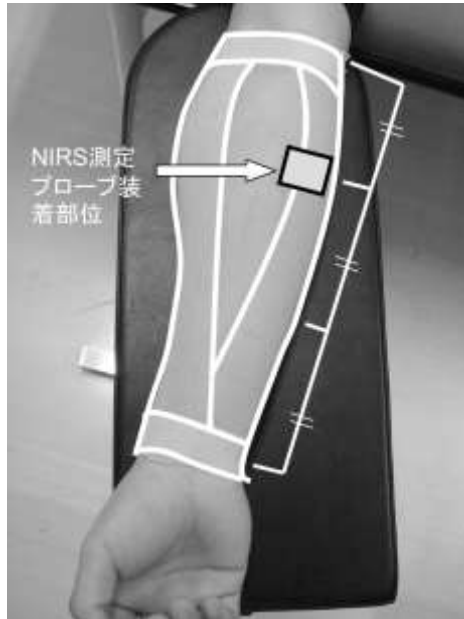


図2. キネシオテープの貼付範囲とNIRSプローブ位置

4. 実験(1) 測定方法

NIRS 装置の測定プローブ（以下、プローブ）の装着位置は、前腕前面肘窩横紋から手関節横紋までを3等分し、その上1/3の内側、前腕屈筋群筋腹上とした（図2.）。また、プローブは運動中の筋収縮によりずれが生じないように、かつ圧迫による影響が生じないように適切に固定した。プローブ上には、外光ノイズが入らないよう暗幕で被った。プローブにキネシオテープが重なる部位は、キネシオテープを少し除去しプローブ上をキネシオテープが、ゆるむことなく走行するようにした。測定項目は、Sto2[%]とした。測定時間は、図1. に示すように、1秒間隔で安静時3分間、運動負荷時3分間、運動負荷後10分間行った。なお、NIRS測定は、皮下脂肪層の影響を受けるとされる⁷⁾。測定誤差を最小とするため、すべての被験者のNIRSプローブの装着部位は、測定前に超音波診断装置を用い5mm以上の皮下脂肪のないことを確認した。

5. 実験(1) 評価方法

KT条件とNT条件の比較項目は、運動負荷中の局所筋酸素消費量（以下、酸素消費量）とした。酸素消費量の算出方法は、Hb動態の安定した運動負荷前の安静時の値を平均し、運動負荷中にSto2[%]がこの平均値より減少した部分の積分面積として求めた（図3.）。積分面積を算出するグラフの作成には、多用途生体情報解析プログラムBIMUTAS II（キッセイコムテック株式会社製）を使用した。統計処理には、SPSS Ver28.0（IBM社製）を使用し、両条件間の平均の差を検定する目的でt検定を用いた。さらに、両条件の酸素消費量の群間比較には二元配置分散分析（繰り返しなし）を用いた。有意水準は

5%未満とした。

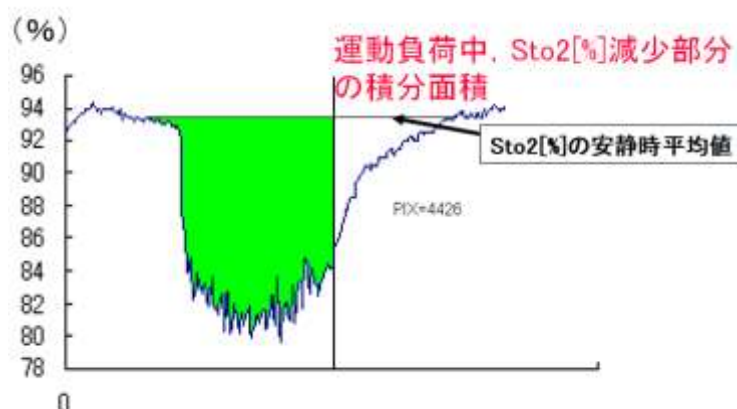


図3. Sto2[%] からの酸素消費量の算出方法

Ⅲ. 実験(2)

1. 実験(2) 対象

実験 (2) の対象は、実験 (1) と同一の被験者とした。

2. 実験(2) プロトコル

実験 (2) のプロトコルは、図 4. に示すとおりである。実験方法は、各被験者の対し、左前腕にキネシオテープを貼付した状態 (以下、KT 条件) および、貼付しなかった状態 (以下、NT 条件) で、各々左前腕屈筋群に定量的運動負荷を与え、キネシオテープの有無により筋活動量に、どのような差異が生じるのか測定・評価することとした。筋活動量の測定には、湿式のワイヤレス筋電センサ (ロジカルプロダクト社製;OE-WS2524) を使用した。キネシオテープのメーカーと貼付範囲は、実験 (1) と同様とした。被験者の肢位は、仰臥位で被験肢肩関節外転角度 30° とし前腕を上肢台へ伸縮バンドで固定した。運動負荷の方法についても、実験 (1) と同様の方法を採用した。



図4. 実験(2)プロトコル

4. 実験(2) 測定方法

筋電図（以下、EMG）の測定プローブの装着位置は、左前腕前面肘窩横紋から手関節横紋までを3等分し、その上1/3の内側、前腕屈筋群筋腹上とした（図5.）。また、プローブは運動中の筋収縮によりずれが生じないように、かつ圧迫による影響が生じないように両面テープにより適切に固定した。測定時間は、図4. に示すように、実験前安静10分後、安静測定30秒間、運動負荷時3分間行った。



図5. 実験(2)の EMG プローブ位置

5. 実験(2) 評価方法

EMG による運動負荷中の筋活動量の算出は、EMG 波形の基線を算出し、そこから全波整流し、単純移動平均を用いてスムージングした後、積分筋電値を算出した（図6.）。積分筋電値の算出には、多用途生体情報解析プログラム BIMUTAS II（キッセイコムテック株式会社製）を使用した。この得られた運動負荷中の積分筋電値を合算し、各被験者で平均して、KT 条件と NT 条件で比較した。

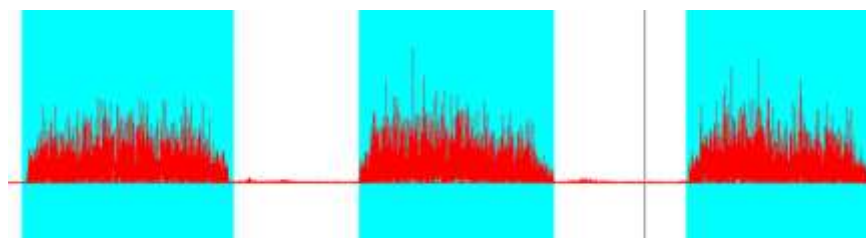


図6. 運動負荷中の積分筋電値の算出

6. 実験(1)・(2) 結果

図7. は実験(1)の酸素消費量の典型例である。実験(1)での運動負荷中の酸素消費量の平均は、NT条件では 885.3 ± 326.8 A.U. であったのに対し KT条件では 749.7 ± 215.2 A.U. と有意に減少した [被験者7名中6名で減少, $P=0.04$] (図8.)。実験(2)の積分筋電値は、NT条件で平均 3421 ± 504 mV・msec であったのに対して、KT条件で平均 2966 ± 802 mV・msec とKT条件で低下する傾向となったが、両条件間に有意な差は認められなかった (図9.)。

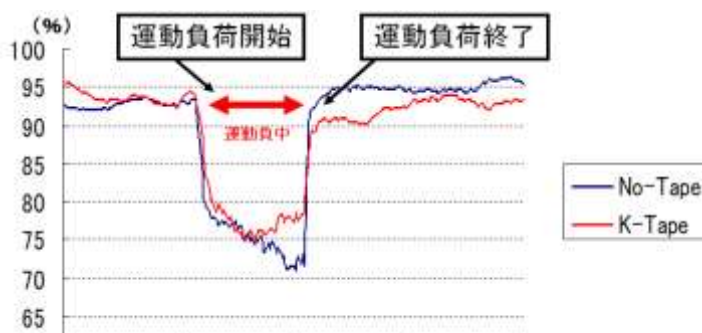


図7. 運動負荷中の酸素消費量の典型例

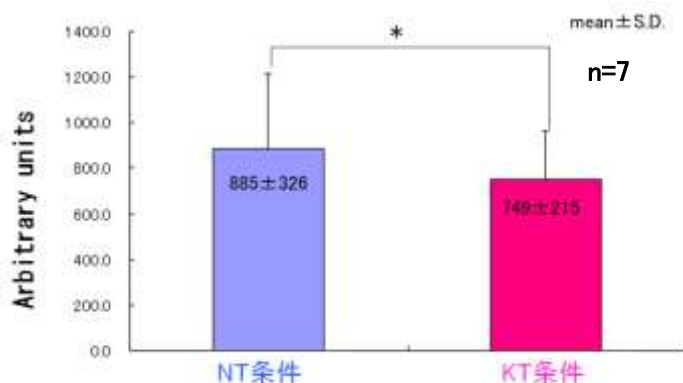


図8. 運動負荷中の酸素消費量の典型例

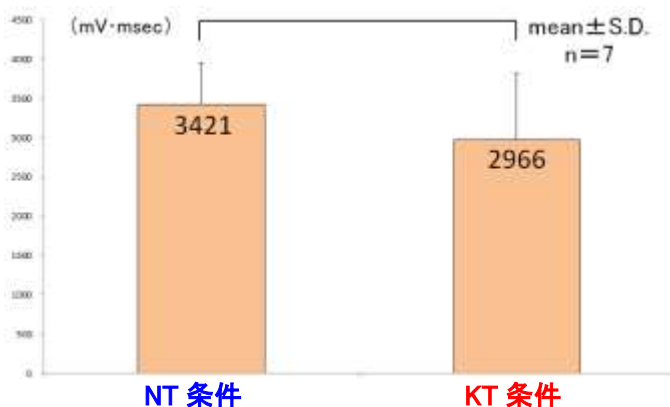


図9. NT条件とKT条件の積分筋電値

IV. 考察

近年、スポーツ選手が運動パフォーマンスの向上を期待してキネシオテープを利用する機会が増加している^{1, 2)}。しかしながら、先行研究におけるキネシオテープの瞬発的・持久的筋力発揮におよぼす効果については学術的見解が一致していない^{9, 10, 11)}。臨床例においてVAS (Visual analogue scale) を利用してキネシオテープの評価を行った報告もみられるが¹²⁾、客観的に十分検証されているわけではない。今後、キネシオテープの最適な使用方法を検討するにあたって、キネシオテープの効果の科学的根拠に基づいた評価、および発現機序の解明は不可欠であるといえる。

実験(1)では、NT条件と比較して、KT条件において活動筋局所の酸素消費量が有意に抑制される結果となった。この酸素消費量の抑制は、両条件ともに同一運動負荷によるものであることから、キネシオテープの作用により運動効率が上昇したものと考えられる。本実験で行ったキネシオテープの貼付方法では、貼付範囲が手関節をこえず、関節をまたがないことから、キネシオテープの手関節屈曲方向への直接的・力学的補助作用は証明しにくい。有川は⁹⁾、キネシオテープは伸張させながら貼付するため、その刺激が筋の感覚受容器を興奮させ求心性神経活動が反射経路を介して脊髄 α 運動ニューロンの活動電位を上昇させ、多くの運動単位が動員し、その結果、局所の筋の収縮力が増大すると推測している。ITOら¹³⁾は、膝前十字靭帯損傷の患者に対し、短い伸縮テープを貼付すると筋反応速度が向上するという実験結果から、伸縮テープ貼付の伸張刺激が皮膚から伝達し、 $\alpha\gamma$ 連関を経由して α 運動ニューロンを賦活することを示唆している。実験(1)の結果は、テープの皮膚接触刺激が運動効率の上昇につながったという観点から、前述の報告と一致している。

一方、実験(2)では、KT条件において有意な差は認められなかったが、局所の筋活動量が低下する傾向を示した。先行研究において、木村ら¹⁴⁾は筋電図的に行った実験で、キネシオテープ貼付時に筋放電が活発になり、筋の動員が増加したことを示した。これは、本実験とは逆の傾向である。キネシオテープの貼付により、EMG測定部位以外にも多くの運動単位が動員され、局所的な筋疲労が軽減したのではないかと推察する。したがって、実験(1)での局所的な筋酸素の枯渇をも緩慢にした可能性を示していると考えられる。本実験では、キネシオテープが被験者に見える状態で行っている。したがって、被験者が作為的に筋力発揮を調節することや、先入観などの心理的影響が関与する可能性も考えられる。しかしながら、実験(1)の結果において、同一運動負荷にもかかわらず局所筋酸素の消費が抑制されたことから、この心理的影響の可能性は少ないと考える。また、石田ら¹⁵⁾は短時間の運動負荷においてマッサージなどの皮膚刺激による局所的な血流増加は、筋発揮の維持に影響しないと報告している。つまり、実験(2)でのKT条件において筋活動量が低下したことと、皮膚接触刺激により血流循環が上昇した可能性との関連はないと推察される。

実験（１）・（２）で行った運動負荷は、比較的軽度かつ持続的であると考えられる¹⁶⁾。このことから、キネシオテープは、筋活動の最大値を上昇させる効果は有さないが、他部位の運動単位の動員を増大させ、筋力を維持する効果のあることが示唆される。本実験においては、キネシオテープの貼付刺激が、貼付したことのみで発現するのか、あるいは貼付＋運動による相互作用で発現するのかは明確ではない。また、キネシオテープの伸張割合が効果の発現に影響するのも未確認である。今後、より実験の正確性を向上させるためには、キネシオテープを伸張せずに貼付する実験プロトコールも追加し、キネシオテープの効果の発現機序が伸張刺激によるものなのかを立証するとともに、キネシオテープの偽薬効果の検証も行う必要があると考える。

V. まとめ

1. 活動筋上のキネシオテープが、対象筋におよぼす効果について、運動負荷中の局所筋酸素動態および筋活動量から検討することを目的に、実験（１）・（２）と２パターンの実験を行った。
2. 運動負荷中の Sto_2 [%] から算出した酸素消費量を指標に K-Tape の評価を行った実験（１）では、NT 条件と比較して KT 条件で運動負荷中の酸素消費量が有意に抑制された。
3. 積分筋電値から算出した筋活動量を指標にキネシオテープの評価を行った実験（２）では、局所の筋活動量が低下する傾向となった。
4. ２つの実験結果からキネシオテープは、局所的な運動単位の動員以外に、他筋の活動も増大させ、運動を維持する効果のあることが示唆された。

VI. 参考文献

- 1) 加瀬建造, Jim Wallis, 加瀬剛士:キネシオテーピング・アスレチックテーピング併用テクニック. スキージャーナル株式会社, 初版, 第2刷, 東京, 22-59, 2006.
- 2) 加瀬建造:キネシオスポーツ. 第1版, 第1刷, ベースボールマガジン社, 東京, 2-99, 2006.
- 3) 加賀谷淳子, 斎藤 満, 田中弘文, 狩野 豊, 竹宮 隆, 他:運動と循環ー研究の現状と課題ー. 第1版, 第1刷, 有限会社ナツ, 東京, 82-207, 2001.
- 4) 河原弥生, 斎藤陽子, 檜村, 和也, 村岡 功:最大等速性膝伸展運動時の活動筋酸素動態とピークトルク低下率との関係(呼吸・循環). 体力科学 52(6)886, 2003.

- 5) 山後恭一:キネシオテープの数値的評価. キネシオテーピング臨床研究発表会記念論文集, 5, 17-20, 1991.
- 6) 山本郁栄:キネシオテープが身体機能にどのように影響を及ぼすかについての一考察, 5, 51-57, 1991.
- 7) 加賀屋淳子:近赤外線分光法のスポーツ科学への応用. 体育の科学, 51(7): 500-501, 2001.
- 8) Patterson M S, Chance B and Wilson B C :Time resolved reflectance and transmittance for the noninvasive measurement of tissue optical properties. Appl Optics, 28:2331-2336, 1989.
- 9) 有川 功:テーピング医療. 北陸スパイラルテープ研究会, 初版, 石川, 1994.
- 10) 山次俊介, 出村慎一, 長澤吉則, 中田征克, 松澤勘三郎, 島田 茂:キネシオテーピングが下肢の等速性筋力発揮に及ぼす効果. 体力科学, 48(2):281-290, 1999.
- 11) 出村慎一, 山次俊介, 長沢吉則, 中田征克, 松澤勘三郎, 島田 茂:キネシオテーピングが激運動前後の等速性筋力発揮及び膝関節可動域に及ぼす効果. 教育医学, 45(4):821-831, 2000.
- 12) 溝上雅彦, 向野義人:キネシオテープ刺激が下肢の疲労感に及ぼす影響について. 体力科学, 42(6):627, 1993.
- 13) Yuzuru Itoh, Tomoya Hayashi, Tomoji Hoshi, Tatsuya Hojo, Yasusuke Hirasawa, et al:Localized Short Elastic Tape Affects the Hamstring Reflex on Anterior Cruciate Ligament Deficient Knee. Bulletin of theOsaka Medical College, 50(1,2):7-11, 2004.
- 14) 木村篤史, 川村 茂, 林 知也, 松本和久:運動負荷中の筋活動に対する弾性テープ貼付が及ぼす影響に関する筋電図学的考察. 柔道整復・接骨医学会, 15(3): 212, 2007.
- 15) 石田浩司, 高石鉄夫, 宮村実春:疲労回復にどのような方法が最も効果的か?. デザントスポーツ科学, 13:176-184, 1992.
- 16) 米山聡子, 工藤信樹, 山本克之:NIRS 測定値解釈のための筋代謝動態のシミュレーションー運動負荷に対する定常及び過度応答ー. 電子情報通信学会技術研究報告, 104(129):5-8, 2004.
- 17) Shinichi Demura , Masakatsu Nakada , Shunsuke Yamaji , Yoshinori Nagasawa :Relationship between Force-Time Parameters and Muscle Oxgenation Kinetics during Maximal Sustained Isometric Grip and Maximal Repeated Rhythmic Grip with Different Contraction Frequencies. Journal of Physiological Anthropology, 27(3):161-168. 2008.
- 18) Hisayoshi Ogata, Abiti Reyihan, Tokuo Yano:Kinatics of Oxygenation in Inactive Forearm Muscle during Ramp Leg Cycling . Journal of

Physiological Anthropology, 23(1):7-17, 2004.

- 19) Hisayoshi Ogata, Masami Akai, Kimitaka Nakazawa : Metaboreceptor-mediated Muscle Oxygen Saturation during Recovery Following Isometric Handgrip Exercise. Journal of Physiological Anthropology, 27(2):83-91, 2008.