

タッピングの有効性に対する基礎的検討 The study of effectiveness of tapping

萩原里香¹⁾ 久保慶東²⁾
高橋菜美絵¹⁾ 櫻井敬晋¹⁾

The study of effectiveness of tapping

Rika HAGIWARA ¹⁾, Yoshiaki KUBO ²⁾, Namie TAKAHASHI ¹⁾, Takakuni SAKURAI ¹⁾

¹⁾ Graduate School of Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences

²⁾ Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences Department of Judo Therapy

Abstract : 【Introduction】 Muscle training should be carefully performed to achieve greater training effects. Tapping is one of the training methods, i.e., the examiner taps the target muscle of the subjects. Thus, the subjects may pay more attention to the target muscle being trained. However, the effect of tapping on the muscle has not been elucidated to date.

【Purpose】 To elucidate the effects of tapping on muscle endurance and fatigue.

【Methods】 We studied both legs of 24 healthy subjects. The subjects performed 30 consecutive maximal isokinetic knee contractions for flexion and extension (180°/s).

The subjects performed three trials: first, the subjects performed the tasks only (control) ; second, the subjects performed the task after quadriceps setting (quadriceps setting) ; and third, the subjects performed the task after tapping on the vastus medialis muscle (tapping). Muscle endurance and fatigue were calculated for each task and compared between the three trials.

Muscle volume was measured using the bioelectrical impedance body composition meter. The relationship between muscle volume and endurance was investigated.

【Results】 No significant difference was observed in muscle endurance and fatigue in each trial. No significant difference was observed in muscle volume and endurance. However, the muscle volume and endurance in tapping were moderately positively correlated in man.

【Discussion】 In this study, tapping was more effective in man subjects having low muscle volume. This may be because the number of recruited motor units and firing frequency were increased by tapping. Although further study is required, tapping may be an effective method for the recovery of patients with reduced muscle volume. In conclusion, the muscle's response to tapping might affect the muscle volume.

key words : Tapping, Muscle endurance, Muscle fatigue

要旨 : 【背景】筋力トレーニングにおいて、目標とする筋肉を意識することでトレーニング効果が高まるとされている。タッピングはトレーニング法の1つであり、対象とする筋をリズム良く叩く。よって、対象となる筋に注意が払われ効果的にトレーニングが出来る可能性がある。しかしながら、タッピングの有効性は科学的観点からは明らかにされていない面が多い。

【目的】タッピングが筋持久力および筋疲労度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常者24名48脚とした。被験者に180deg/secの等速性膝関節屈伸運動を連続30回行わせた。得られた値より筋持久力および筋疲労度を算出した。被験者はコントロール群、ウォームアップ群、タッピング群それぞれで筋持久力および筋疲労度を算出し、群間で比較した。さらに、筋量は生体電気インピーダンス方式体組成計を用いて測定し、筋持久力との関連性を検討した。

¹⁾ 東京有明医療大学大学院保健医療学研究所 E-mail address : t-sakurai@tau.ac.jp

²⁾ 東京有明医療大学大学院保健医療学部柔道整復学科

【結果】筋持久力および筋疲労度ともに群間に有意な差は認められなかった。男性のタッピング群において、有意な相関は認められなかったが、筋量と筋持久力の間に中程度の相関がみられた。

【考察】本研究の結果から、タッピングは筋量の少ない者でより効果的である可能性がある。今回は男性のみにその相関がみられたが、タッピングは筋量が少ない者の収縮する運動単位数および発火頻度に影響を及ぼす可能性が考えられる。さらなる研究が必要だが、タッピングは筋量の減少した患者に有効な可能性が考えられる。結論として、タッピングに対する筋肉の反応は筋量の影響を受ける可能性が考えられる。

キーワード：タッピング、筋持久力、筋疲労度

I. 緒 言

現在、早期競技復帰、トレーニング効果を高めるために多くの研究が行われている。前十字靭帯再建術後の筋力回復は競技復帰のための重要な因子とされており^{1,2)}、また、変形性膝関節症患者に対して行う大腿四頭筋訓練は膝関節の支持性を高め、疼痛や関節水腫などの症状を改善すると報告されている^{3,4)}。

リハビリテーションやトレーニングの際に鍛える筋を意識させるためにタッピングを用いることがある。タッピングは目標の筋の上をリズムよく叩くことで筋の活動性を高める方法の1つとされている⁵⁾。古くから片麻痺患者などに対するリハビリテーションでタッピングが用いられており、その検討がなされている⁶⁾。しかし、外傷後の患者に対するリハビリテーションで用いられることのあるタッピングについて検討された報告は見当たらない。また、筋収縮の部位やタイミングを意識することで、トレーニング効果が高まるとされており⁷⁾、対象者に鍛える筋を意識させるタッピングも同様にトレーニング効果を高める可能性が考えられる。しかし、トレーニングで用いられることのあるタッピングについても検討された報告は見当たらない。さらに、健常者を対象とし、振動機器を用いタッピングよりも高いHzで筋へ刺激を加え、筋収縮を無意識に促す研究はされているが⁸⁾、低いHzの徒手による振動刺激が筋へ及ぼす影響について検討された報告は見当たらない。タッピングは鍛えたい筋を意識させるものであり、振動機器による刺激で無意識に起こる筋収縮のメカニズムとは異なると考える。

先行実験において、タッピングが筋出力に及ぼす影響を運動習慣の有無により比較した結果、運動習慣のない者においてタッピング後の筋出力が上昇する傾向が認められた。トレーニングをしていない者は、運動単位を最大に動員する能力が低いと報告されており⁹⁾、運動習慣のない者も同様にその能力が低いと考えられる。さらに、運動習慣のない者は運動習慣のある者と比較して筋量が少ない可能性がある。これらのことから、タッピングは運動単位を動員する能力が低く、筋量が少ない者に有効な可能性が示唆された。

そこで本研究では、さらなる基礎研究として、タッピングが筋持久力および筋疲労度に及ぼす影響について検

討し、その有効性を検証する。あわせて、筋量と筋持久力との関連性についても検討することで、タッピングの筋生理学的特徴を抽出することを目的とした。

II. 対象および方法

1. 対象

本研究では、健常大学生男性12名（年齢：21.3±0.8歳、身長：170.9±5.6cm、体重：64.5±5.5kg）、女性12名（年齢：20.5±1.5歳、身長：161.0±4.9cm、体重：55.7±7.1kg）計24名（48脚）を対象とした。利き脚はボールを蹴る脚と定義した。

本研究は、東京有明医療大学倫理審査委員会の承認を受け実施した（有明医療大倫理承認230号）。対象者には実験に先立ち、研究の趣旨を十分に説明し同意を得た。

2. 筋持久力

筋持久力は、等速性筋力測定器（BIODEX SYSTEM3 BIODEX社）を用い測定した。桝内らの方法を参考に180deg/secの等速性膝関節屈伸運動を最大努力にて連続30回行わせ¹⁰⁾、それぞれの膝関節伸展ピークトルクを測定した。得られた30回の膝関節伸展ピークトルクを3区分に分け、1-10回の膝関節伸展ピークトルクの平均値（以下、平均トルク）を初回、11-20回の平均トルクを中間、21-30回の平均トルクを最終とし各群で比較した。すべての平均トルクは体重で除した（Nm/BW×100）。

測定肢位は座位とし、股関節85deg屈曲位、膝関節90deg屈曲位の状態で膝関節のアタッチメントを内・外果直上に固定した。測定中に代償運動が起こらないようにするために体幹および測定肢の大腿部を椅子にベルトでしっかり固定し、測定中は腕を胸の前で交差させた。

3. 筋疲労度

筋疲労度（Fatigue Index：FI値）は筋持久力の測定で得られた30回の膝関節伸展ピークトルクを以下の式を用いて算出した。

FI値の計算式¹¹⁾

$$= [100 - (\text{最終における低値5回の合計} / \text{初回における高値5回の合計}) \times 100]$$

4. 群分け

比較する群は、コントロール群、ウォームアップ群、タッピング群の3群とした。コントロール群は、ウォームアップ群、タッピング群のトレーニング効果を検討するための基準として30回の膝関節伸展ピークトルクを測定した。ウォームアップ群は、Quadriceps Setting（以下、セッティング）を30秒間6セット行った後、30回の膝関節伸展ピークトルクを測定した。タッピング群は、被験者にセッティングを30秒間6セット行わせている際に検者がタッピングを行い、その後、30回の膝関節伸展ピークトルクを測定した。全被験者の各群の30回の膝関節伸展ピークトルクを測定し、筋持久力および筋疲労度を算出した。各群の群間隔は桎内らの方法を参考に1週間あけた¹⁰⁾。

大腿四頭筋訓練の1つであるセッティングの肢位は長座位とし、膝窩部に枕を入れた（股関節80deg屈曲位、膝

関節10deg屈曲位、足関節0 deg）。被験者には、踵を床につけた状態で膝窩部に入れた枕を膝裏で押すことを指示した。

タッピングはセッティングを被験者に行わせている際に、筋活動の低下により萎縮を起こしやすいとされる内側広筋の筋腹（膝蓋骨上内側縁より4横指近位部）を対象に行った（図1）^{12, 13)}。刺激は検者の示指、中指、環指の3指で加えた。刺激を加える速さは4 Hz（260BPM）とし、メトロノームを用いて一定のリズムで刺激を加えた。刺激強度は検者の3指でタッピングを行っている際、皮膚上から対象筋である内側広筋の収縮が触れる程度に行った（図2）。

5. Bioelectrical Impedance値の測定

大腿部のBioelectrical Impedance値（以下、BI値）の測定には、生体電気インピーダンス法（Bioelectrical

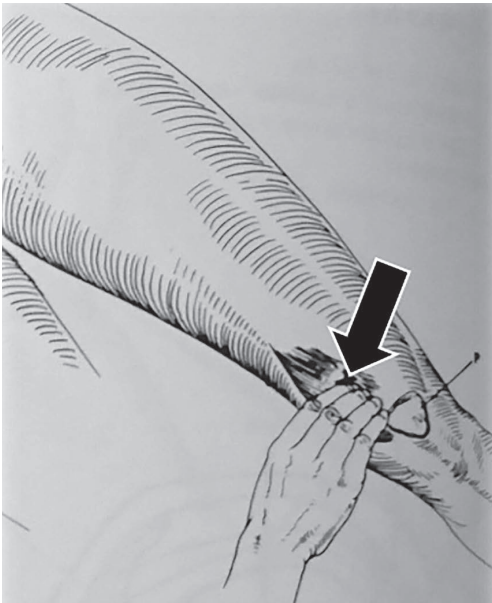


図1 タッピング刺激部位（文献13より引用）
タッピング刺激部位は、膝蓋骨上内側縁より4横指近位部にある内側広筋の筋腹（矢印）とし¹³⁾、4 Hzでタッピングを行った。



図3 BI値の測定風景
安静時間や測定中は、仰臥位にて四肢を真っ直ぐに伸ばし、四肢相互および体幹に接触しない様に30deg程度の角度で開いた姿勢をとらせた。

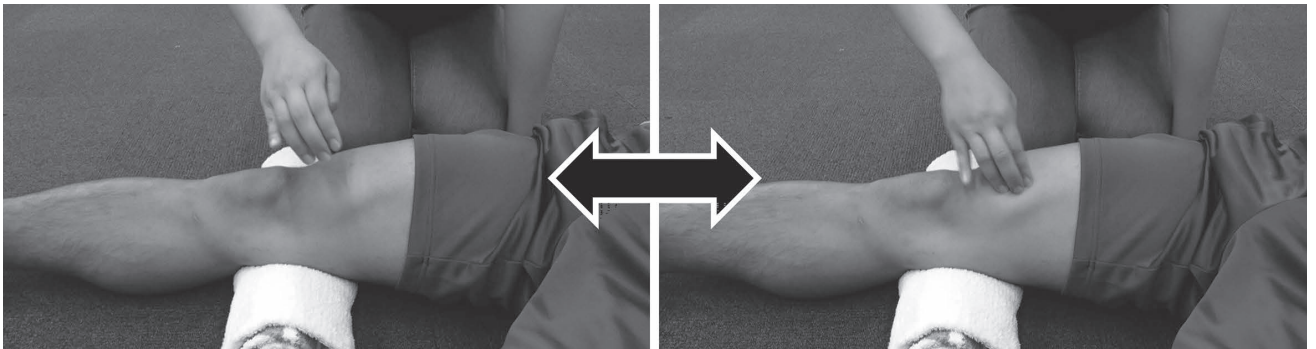


図2 タッピング強度
タッピングの強度は皮膚の表皮が軽くなわむ程度とし、また、検者が内側広筋の硬結を触れる程度とした。

Impedance Analysis：以下、BIA）を用い測定した。BIAは微弱な交流電流を流すことによって得られる電気抵抗値から身体組成を推定する方法である。BIAの測定には生体電気インピーダンス方式体組成計（Physion MD 日本シューター社製）を使用した。Physion MDは、核磁気共鳴画像診断法（Magnetic Resonance Imaging：MRI）により得られた筋量と相関が高い体組成計とされており、四肢誘導12電極法を用い、身体に12個の電極を貼布し電気抵抗値から身体組成を推測する測定機器である。電極貼布位置は被験者を仰臥位にて、電流印加電極を第2中手骨と第3中手骨の中間および第2中足骨と第3中足骨の中間とし、電圧計測電極を遠位が橈骨茎状突起と尺骨茎状突起の中間および内果と外果の中間、近位が腕橈関節外側および膝部外側腓骨頭上とした。貼布部位はあらかじめアルコール清拭し、皮脂を取り除いた。体液バランス変動の影響を取り除くために、仰臥位にて5分程度の安静時間を設けた。安静時間や測定中は、仰臥位にて四肢を真っ直ぐに伸ばし、四肢相互および体幹に接触しない様に30deg程度の角度で開いた姿勢をとらせた（図3）。

大腿部のBI値は体格を考慮するために体重（Body weight：以下、BW）で補正した（ Ω /BW）。BI値が低値を示した場合は筋量が多く、BI値が高値を示した場合は筋量が少ないと評価される。

6. 統計解析

統計処理はJMP Pro 13（SAS社）を用いた。すべてのデータは平均値±標準偏差で表記した。筋持久力および筋疲労度の各群における比較は一元配置分散分析を用い検討し、有意差を認めたものに多重比較検定（Steel-Dwass test）を行った。危険率は5%未満をもって有意とした。BI値と各群の筋持久力（各平均トルク）との関連性はスピアマンの順位相関係数を用い相関係数（ r ）を算出し、検討した。危険率は5%未満をもって有意とした。相関係数（ r ）の評価基準は表1に表記した¹⁴⁾。

表1 相関係数（ r ）の評価基準

相関係数（ r ）	相関係数の強弱
1 ~ 0.7	強い正の相関
0.7 ~ 0.4	中程度の正の相関
0.4 ~ 0.2	弱い正の相関
0.2 ~ -0.2	ほとんど相関がない
-0.2 ~ -0.4	弱い負の相関
-0.4 ~ -0.7	中程度の負の相関
-0.7 ~ -1	強い負の相関

III. 結 果

1. 筋持久力の比較

男性の利き脚、非利き脚ともに初回、中間、最終平均トルクにおいて各群間に有意な差は認められなかった（表2、図4）。

女性の利き脚、非利き脚ともに初回、中間、最終平均トルクにおいて各群間に有意な差は認められなかった（表3、図5）。

2. 筋疲労度の比較

男性の利き脚、非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった（表4、図6）。

女性の利き脚、非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった（表5、図7）。

3. BI値と筋持久力の関連性についての比較

男性のBI値は、利き脚では $0.89 \pm 0.14 \Omega$ /BW、非利き脚では $0.9 \pm 0.13 \Omega$ /BWであった。男性のBI値において、コントロール群では、利き脚の初回、中間の間に中程度の正の相関を認めた。ウォームアップ群では、利き脚の初回の間に中程度の正の相関を認めた。タッピング群では、利き脚の初回、中間、最終、非利き脚の中間の間に中程度の正の相関を認めた。すべての群においてBI値と各平均トルクの間には有意な相関は認められなかったが、コントロール群の利き脚の初回、タッピング群の利き脚の中間、最終において筋量が少ない者ほど平均トルクが高値を示す傾向がみられた（表6）。

女性のBI値は、利き脚では $1.28 \pm 0.23 \Omega$ /BW、非利き脚では $1.33 \pm 0.28 \Omega$ /BWであった。女性のBI値において、ウォームアップ群では、利き脚の初回の間に中程度の負の相関を認めた。タッピング群では、利き脚の中間、最終に中程度の負の相関を認めた。すべての群においてBI値と各平均トルクの間には有意な相関は認められなかった（表7）。

IV. 考 察

本研究では、臨床現場で用いられることのある徒手による振動刺激のタッピングが筋持久力および筋疲労度に及ぼす影響について検討した。あわせて、筋量と筋持久力との関連性についても検討した。その結果、セッティング、タッピングにより筋持久力および筋疲労度の上昇、低下は認められなかった。しかし、BI値と筋持久力との関連性について検討した結果、男性の利き脚において、コントロール群の初回、タッピング群の中間、最終の間に中程度の正の相関を認めた。有意な相関は認められなかったものの、筋量が少ない者ほど平均トルクが高値を示す傾向がみられた（表6）。

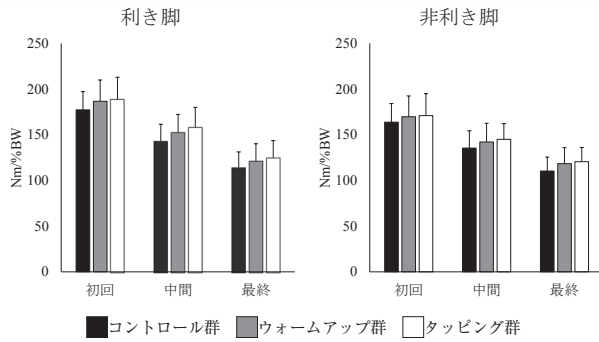


図4 男性における筋持久力の比較
左が利き脚，右が非利き脚の平均トルクを示し，初回，中間，最終平均トルクを各群で比較した。利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

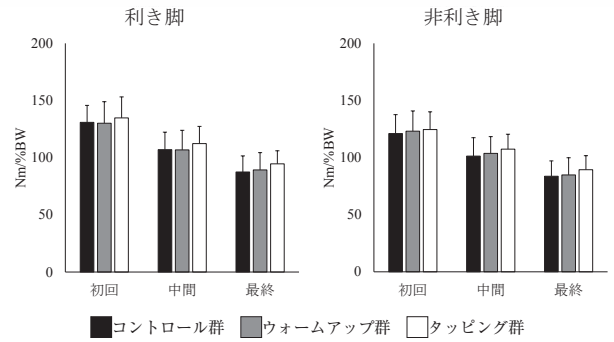


図5 女性における筋持久力の比較
左が利き脚，右が非利き脚の平均トルクを示し，初回，中間，最終平均トルクを各群で比較した。利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

表2 男性における筋持久力の比較

	利き脚		非利き脚	
	平均トルク (Nm/%BW)	P 値	平均トルク (Nm/%BW)	P 値
初回	コントロール群	177.1 ± 20.1	vs タッピング群	0.5703
	ウォームアップ群	186.5 ± 23.4	vs コントロール群	0.9018
	タッピング群	188.3 ± 24.5	vs ウォームアップ群	0.971
中間	コントロール群	142.8 ± 18.7	vs タッピング群	0.2509
	ウォームアップ群	152.3 ± 19.9	vs コントロール群	0.5158
	タッピング群	157.8 ± 22.1	vs ウォームアップ群	0.7844
最終	コントロール群	114.0 ± 17.1	vs タッピング群	0.3638
	ウォームアップ群	121.1 ± 19.0	vs コントロール群	0.5519
	タッピング群	124.6 ± 18.9	vs ウォームアップ群	0.9253

p<0.05

利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

表3 女性における筋持久力の比較

	利き脚		非利き脚	
	平均トルク (Nm/%BW)	P 値	平均トルク (Nm/%BW)	P 値
初回	コントロール群	130.9 ± 14.8	vs タッピング群	0.9018
	ウォームアップ群	130.1 ± 18.9	vs コントロール群	0.9777
	タッピング群	134.8 ± 18.4	vs ウォームアップ群	0.7675
中間	コントロール群	107.0 ± 15.3	vs タッピング群	0.8167
	ウォームアップ群	106.8 ± 17.2	vs コントロール群	0.9018
	タッピング群	112.3 ± 15.0	vs ウォームアップ群	0.6435
最終	コントロール群	87.5 ± 14.1	vs タッピング群	0.3638
	ウォームアップ群	89.3 ± 15.1	vs コントロール群	0.9886
	タッピング群	94.6 ± 11.4	vs ウォームアップ群	0.5519

p<0.05

利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

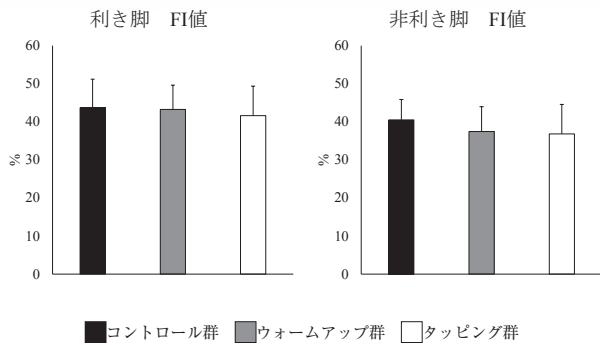


図6 男性における筋疲労度の比較
左が利き脚，右が非利き脚のFI値を示し，FI値を各群で比較した。利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

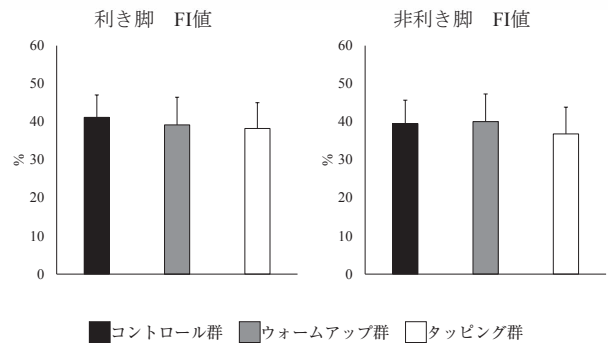


図7 女性における筋疲労度の比較
左が利き脚，右が非利き脚のFI値を示し，FI値を各群で比較した。利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

表4 男性における筋疲労度の比較

	利き脚		非利き脚			
	FI値 (%)	P 値	FI値 (%)	P 値		
コントロール群	43.7 ± 7.5	vs タッピング群	0.8167	40.5 ± 5.3	vs タッピング群	0.3333
ウォームアップ群	43.2 ± 6.4	vs コントロール群	0.9982	37.4 ± 6.5	vs コントロール群	0.7332
タッピング群	41.6 ± 7.8	vs ウォームアップ群	0.7844	36.8 ± 7.8	vs ウォームアップ群	0.8757

p<0.05

利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

表5 女性における筋疲労度の比較

	利き脚		非利き脚			
	FI値 (%)	P 値	FI値 (%)	P 値		
コントロール群	41.2 ± 5.9	vs タッピング群	0.5339	39.5 ± 6.2	vs タッピング群	0.5703
ウォームアップ群	39.2 ± 7.2	vs コントロール群	0.6069	40.0 ± 7.2	vs コントロール群	0.9959
タッピング群	38.2 ± 6.8	vs ウォームアップ群	0.9959	36.8 ± 7.0	vs ウォームアップ群	0.5703

p<0.05

利き脚，非利き脚ともに各群間に有意な差は認められなかった。

表6 男性におけるBI値と筋持久力の相関係数

	利き脚		非利き脚	
	r	P 値 (vs BI値)	r	P 値 (vs BI値)
初回 コントロール群	0.5464	0.066	0.1119	0.7292
初回 ウォームアップ群	0.4343	0.1583	0.0629	0.8459
初回 タッピング群	0.4028	0.1942	0.2028	0.5273
中間 コントロール群	0.4413	0.1509	0.2517	0.4299
中間 ウォームアップ群	0.3012	0.3414	0.2797	0.3786
中間 タッピング群	0.5149	0.0867	0.4266	0.1667
最終 コントロール群	0.2277	0.4767	0.3077	0.3306
最終 ウォームアップ群	0.3818	0.2207	0.2168	0.4986
最終 タッピング群	0.5359	0.0725	0.371	0.2356

p<0.05

すべての群において有意な相関は認められなかったが，コントロール群の利き脚の初回，タッピング群の利き脚の中間，最終において傾向がみられた。

表7 女性におけるBI値と筋持久力の相関係数

	利き脚		非利き脚	
	r	P 値 (vs BI値)	r	P 値 (vs BI値)
初回 コントロール群	0.1678	0.6021	0.1608	0.6175
初回 ウォームアップ群	-0.4126	0.1826	-0.2028	0.5273
初回 タッピング群	-0.3636	0.2453	-0.028	0.9312
中間 コントロール群	0.1608	0.6175	0.1748	0.5868
中間 ウォームアップ群	-0.2867	0.3663	-0.2308	0.4705
中間 タッピング群	-0.4406	0.1517	-0.2238	0.4845
最終 コントロール群	0.049	0.8799	0.1469	0.6488
最終 ウォームアップ群	-0.3846	0.217	-0.2098	0.5128
最終 タッピング群	-0.4685	0.1245	-0.1329	0.6806

p<0.05

すべての群において有意な相関は認められなかった。

コントロール群の初回の筋持久力において筋量が少ない者ほど筋持久力が高い傾向がみられたが、中間、最終の筋持久力においては相関が認められなかった。それに対し、タッピング群の中間、最終の筋持久力において、コントロール群の初回と同様に筋量が少ない者ほど平均トルクが高値を示す傾向がみられた。つまり、タッピングにより今回の被験者の傾向が中間、最終の筋持久力において維持された可能性がある。これらのことから、タッピングが筋へ及ぼす影響は筋量の違いにより変化する可能性が考えられる。

スポーツ障害、特にスポーツ外傷直後は筋萎縮が生じやすく¹⁵⁾、活動性の減少による筋力低下は筋萎縮のみでなく神経系の機能低下へも影響を及ぼすとされている¹⁶⁾。筋力は、運動単位の動員数および発火頻度などの神経的因子と筋断面積に影響される^{9, 17)}。また、筋力トレーニングの初期にみられる筋力の増加は、筋量の増加よりも随意的に動員できる運動単位の数が多くなる効果によってもたらされると報告されている¹⁸⁾。筋力が回復する機序としては、運動単位の増加や運動単位の動員数、発火頻度の上昇といった神経の適応が起こり、筋横断面積が増加し筋肥大が生じるといわれている⁹⁾。

本研究において、タッピング群の中間、最終の筋持久力がコントロール群の初回の筋持久力と同様の傾向を示した。これは、30回の膝関節伸展ピークトルクを測定する前に行ったタッピングによるトレーニング効果の可能性はある。つまり、タッピングが筋量の少ない者の運動単位数、動員数、発火頻度に影響を及ぼし、その傾向を示した可能性が考えられる。

また、臨床現場において組織治癒や末梢神経再生を促すために低出力超音波パルス治療器が用いられている¹⁹⁻²²⁾。しかし、刺激の強度によりその効果が異なることがあげられており、一定した見解は得られていない。一方、老人のロコモティブシンドロームなどの筋力低下に起因する様々な疾患に対し、低出力超音波パルス治療器の筋回復効果の有効性が近年報告されているが¹⁹⁾、その機器は高額であり、治療器がないと治療を行うことが出来ない。しかし、タッピングは徒手により刺激を加えるため費用がかからずかつ簡便である。

これらのことから、外傷などにより筋が萎縮した者の筋回復に対しタッピングは有用な可能性が示唆された。

V. 研究の限界

運動単位の動員および発火頻度などの神経筋活動は、本研究において予測の域を脱することが出来ない。そのため、今後は筋放電量を用いた検討が必要であると考えられる。

VI. 結 語

本研究では、タッピングが筋持久力および筋疲労度に及ぼす影響について検討した。その結果、タッピングが筋へ及ぼす影響は筋量の違いにより変化する可能性があり、筋量が少ない者にタッピングが有効な可能性が示唆された。そのため、タッピングは外傷などにより筋量が低下した者に対し、有用な可能性がある。

謝 辞

本研究にご協力いただいた実験被験者の皆様、本稿を執筆するにあたりご指導を賜りました櫻井敬晋准教授、久保慶東助教に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 倉持梨恵子, 櫻井敬晋, 福林 徹. ACL再建術後の筋力回復に影響する因子. 関節外科 2011; 30 (1): 47-52.
- 2) 田中龍太, 今屋 健, 藤島理恵子 ほか. 膝前十字靭帯再建術後における競技復帰時期の膝筋力の検討—性別・スポーツレベルを考慮した目標値—. 日本臨床スポーツ医学会誌 2016; 24 (1): 51-57.
- 3) 松下 隆, 福林 徹, 田淵健一. 整形外科学. 改訂第3版. 東京: 南江堂; 2007. p.99-101.
- 4) 平田 晋, 佐藤哲朗, 金淵隆人. 変形性膝関節症に対する大腿四頭筋強化訓練の効用. 東北整災紀要 1987; 31 (1): 51-55.
- 5) 川平和美. 片麻痺回復のための運動療法. 促通反復療法「川平法」の理論と実際. 第2版. 東京: 医学書院; 2010. p.130-131.
- 6) 木佐俊郎, 酒井康生, 三谷俊史 ほか. 回復期脳卒中片麻痺患者のリハビリテーションに促通反復療法を取り入れた場合の片麻痺と日常生活活動への効果—無作為比較対照試験による検討—. The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 2011; 48 (11): 709-716.
- 7) 幸田利敬. 筋力トレーニングについて. 運動生理 1994; 9 (3): 131-138.
- 8) Gabriel D, Basford J, An K. Vibratory facilitation of strength in fatigued muscle. American Congress of Rehabilitation Medicine and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation 2002; 83 (9): 1202-1205.
- 9) Baechle T, Earle R. ストレングストレーニング&コンディショニング. NSCA決定版. 第3版. 東京: Book House HD 2010. p.83-86, p.104-109.
- 10) 櫻内伸悟, 上野智子, 波佐谷兼潤 ほか. 炎刺激が大腿部の筋疲労に及ぼす影響. 東洋療法学校協会学会誌 1999; 23: 22-24.
- 11) Fujisawa C, Tamaki A, Yamada E, et al. Influence of gender on muscle fatigue during dynamic knee contractions. Physical Therapy Research 2017; 20 (1): 1-8.
- 12) 鹿倉二郎, 片寄正樹, 村木良博 ほか. 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト. 運動器の解剖と機能. 東京: 日本体育協会; 2010. p.96-105.
- 13) Perotto A. 筋電図のための解剖ガイド. 四肢・体幹. 第3版. 東京: 西村書店; 1997. p.190-191.
- 14) 森 敏昭, 吉田寿夫, 岡 直樹 ほか. 心理学のためのデータ解析テクニカルブック. 初版. 京都: 北大路書房; 1990. p.217-220.
- 15) 福井 勉. スポーツ障害と筋力. 理学療法科学 2003; 18 (1): 29-34.
- 16) 山田英司, 加藤 浩, 田中 聡 ほか. ウェーブレット変換を用いた前十字靭帯再建術後患者のピークトルク発揮時の筋電図周波数解析. 理学療法ジャーナル 2003; 37 (11): 999-1004.
- 17) 市橋則明, 三宅裕子, 川原 勲 ほか. スポーツ外傷後の大腿四頭筋筋萎縮の一考察—MRIによる検討. 理学療法ジャーナル 1994; 28 (3): 205-207.
- 18) 山内 仁. 筋力トレーニング. 関西理学療法 2010; 10: 19-23.

- 19) 外林大輔, 川畑浩久, 根來信也 ほか. 靭帯損傷, 筋損傷に対する治療法の検討. 兵庫学術誌 2013; 40: 99-105
- 20) 伊藤明良, 王天野. 低出力超音波パルス療法による末梢神経再生促進効果—実験動物を用いた基礎的研究—. 日本理学療法士学会 平成28年度研究助成報告書 2016: 1-3.
- 21) 外林大輔, 川畑浩久, 吉川 徹 ほか. 関節拘縮における滑膜の分子生物学的変化とLIPUSによる治療効果の介入の検討. 兵庫学術誌 2013; 38: 87-94.
- 22) 下出 輝, 梶本忠保, 山添光芳 ほか. 低出力パルス超音波のマウス筋芽細胞の分化に対する影響. 日本口腔インプラント誌 2018; 31 (2): 33-41.