

令和 6 年 5 月 10 日現在

機関番号：33801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10868

研究課題名（和文）運動中の発揮筋力を評価する新しいヒト実験法と筋疲労を抑制・回復させる刺激と部位

研究課題名（英文）Experimental method to evaluate stimuli and sites that maintain exerted muscle strength during exercise and inhibit and recover from muscle fatigue.

研究代表者

有馬 義貴（ARIMA, YOSHITAKA）

常葉大学・健康プロデュース学部・教授

研究者番号：80309129

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：低トルクの筋収縮を誘発するパルス幅20 $\mu$ sの電気刺激を21分間反復し、筋硬度を経時的に観察した。収縮時筋硬度は、筋収縮力と同様に周波数が高いほど低いときよりも速く低下し、収縮時-弛緩時筋硬度差は電気刺激終了5分後に回復したことで筋収縮力の代替指標としての収縮時筋硬度の妥当性と測定による筋への負荷が軽度であることが確認した。鍼治療（侵害刺激、圧刺激、接触刺激）と光介入は、収縮時の筋硬度の低下を有意に抑制し、その効果はツボで有意に大きかった。我々は、電気刺激による収縮性筋硬度を経時的に観察する実験モデルが介入刺激や刺激部位に対する感受性のテストとして活用できると結論づけた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

筋疲労の発現を遅延させ、筋疲労から早期に回復させることは運動パフォーマンスを向上させ、トレーニング効果を高め、高齢者のサルコペニアの治療などにも有用である。筋疲労からの早期回復を促すために鍼（侵害刺激、圧刺激、接触刺激）、マッサージ、光刺激、ストレッチなどのさまざまなアプローチが用いられている。アプローチ刺激や刺激部位に対する感受性や効果には個体差があり、感受性の高い刺激や刺激部位を検討する方法がなかった。筋収縮で発生する筋トルクが小さい電気刺激による収縮時筋硬度の減衰パターンを観察することで、測定による筋疲労を抑えつつ感受性の高いアプローチや刺激部位を確認して選択できるようになった。

研究成果の概要（英文）：Electrical stimulation with a pulse width of 20  $\mu$ s, which induced low-torque muscle contraction, was repeated for 21 minutes, and muscle hardness was observed over time. The contractile muscle hardness decreased faster at higher frequencies than at lower frequencies, as did muscle contractility, and the contractile-relaxing muscle hardness difference was recovered 5 minutes after the end of electrical stimulation. This confirmed the validity of muscle hardness during contraction as a surrogate index of muscle contractility and the mild load on the muscle from the measurement. Acupuncture (nociceptive, pressure, contact stimulation) and light interventions significantly suppressed the decrease in muscle hardness during contraction, and the effect was significantly greater at the acupoint. We conclude that an experimental model that observes contractile muscle hardness with electrical stimulation over time can be used as a test of sensitivity to the intervening stimulus or stimulus site.

研究分野：鍼灸学

キーワード：筋硬度 光刺激 鍼 接触刺激 侵害刺激 圧刺激 部位特異性 筋疲労

## 1. 研究開始当初の背景

(1)筋疲労の発現を遅延させ、筋疲労から早期に回復させることは、運動パフォーマンスを向上させ、トレーニング効果を高め、高齢者のサルコペニアの治療にも有用であると考えられる[1, 2]。筋疲労からの早期回復を促すためにマッサージ、凍結療法、ストレッチング、積極的回復、圧迫着、冷水浴、交代浴、電気刺激、鍼治療、低反応レベルレーザー/光治療 (LLLT) などのアプローチが用いられている。アプローチの有効性に関する研究は主に運動前後や介入方法の比較において実施されており、一定の有効性が示されている[3-5]。

(2)筋疲労の定義のひとつは「運動によって引き起こされる筋力・筋パワーを生み出す能力の定価」[5-7]であり、動物実験では電氣的に誘発される筋収縮の最大力を指標として鍼や LLLT の効果が観察されている[7-10]。伊藤らと小松らは、電氣的に誘発される筋収縮の最大力の経時的変化を観察し、鍼治療の介入の有無や光照射の波長の違いが筋緊張の減衰率に影響することを報告した[8,9]。これらの動物実験は、前脛骨筋と腓腹筋を対象に行われ、介入とコントロールの間に 10 分[7]、15 分[8]、350 秒[9]、30 分[10]で有意差が認められている。ヒトにおいて同様の実験ができれば、比較的短時間で介入の効果や感受性を確認することができる。

(3)米津らは動物モデルにおいて、3 つの LLLT 波長が筋緊張と筋硬度に異なる影響を及ぼすことを実証した[10]。筋力と収縮硬度は厳密には等価ではないが[11,12]、高い相関があることが知られている[11-14]。ヒトの電気刺激によって生じる筋力を観察した実験は母指内転筋[15]と上腕二頭筋[16]で報告され、筋力よりも硬さの方が測定しやすい。

(4)研究代表者は硬さ計の開発・応用の研究[17-20]を継続する中で、等尺性筋収縮時と弛緩時の筋硬度を測定し、筋疲労で収縮時硬度が減少、弛緩時硬度が増加し、収縮・弛緩時の硬度差が減少すると報告した[21]。反復的な電気刺激は筋力を低下させるだけでなく、弛緩時間の延長により筋長を短縮させ[9,15]、弛緩時の筋硬度を増加させることが知られている[22,23]。筋肉の弛緩は疲労とともに遅くなる[24]。筋力は収縮時硬度に、疲労による筋小胞体の Ca<sup>2+</sup>取り込み速度の遅延を要因とする筋弛緩の遅延は弛緩時硬度に反映される。

(5)森谷らはヒトにおいて 20、50、80Hz の電気刺激により生じる筋収縮の強さを観察し、20Hz では筋力が約 60 秒間維持されるのに対し、50Hz と 60Hz では筋力が約 60 秒間で半分以下に低下することを観察した[16]。伊藤らはウサギで報告し[8]、Jones らはヒトとマウスで報告した[15]。

(6)反復電気刺激による筋疲労はその後の活動に影響する[25-27]。電気刺激によって誘発される筋疲労の主なパラメータは周波数であり[28,29]、パルス幅は誘発される筋トルクに影響することが知られ[30]、電気刺激による刺激の強さはパルス幅 (持続時間) が長いほど強くなる。パルス幅の設定は、Lopes-Martins ら[6]が 2ms、Itoh ら[8]と Komatsu ら[9]が 1ms (1000  $\mu$ s)、Jones ら[15]が 50 $\mu$ s と 100 $\mu$ s、Moritani ら[16]が 300 $\mu$ s である。これまでの研究では、パルス幅が大きいほど筋の断面活性化が大きくなり、収縮が強くなるとされている[31,32]。逆にパルス幅を短くすると筋トルク、疼痛を抑え、刺激電流値を一定条件に保てる可能性がある。

(7)マッサージは弛緩時筋硬度を低下[33-35]し、筋力を減少させる[36]。一方で鍼は筋力を即時的に増強させる[37,38]。収縮時筋硬度は一定条件下であれば随意的に制御し難いと推測する。

## 2. 研究の目的

短パルス幅 (低トルク) 反復電気収縮による筋収縮力の減衰を筋硬度で観察することの妥当性を示し、鍼・光刺激や刺激介入部位における特異性 (感受性) を検討する。

## 3. 研究の方法

下肢機能に影響を及ぼすような整形外科的疾患の既往歴がなく、下肢関節の腫れ、痛み、可動域制限の症状がない成人男性を対象とした。実験は常葉大学研究倫理審査委員会 (2017-006) の承認を得て実施し、対象者は参加前にインフォームドコンセントを行い、書面にて同意書を得た。対象者は足首を動かしやすくするため、バランスチェア・サポート 5040 (HAG) のサポート部分にかかとを乗せ、股関節 90° 屈曲と膝関節 90° 屈曲を行うよう指示された。電気刺激、硬度測定、介入部位は前脛骨筋上とした。膝蓋骨下部頂点と足関節前部を 16 等分し、上から 4/16 と 8/16 を電気刺激部位、6/16 を硬さ測定部位、3/16 を介入部位とした。介入部位は経絡の足三里 (ST36) に相当する。経穴以外の介入部位には上から 2/16 を用いた。筋疲労を誘発する電気刺激装置として DELTA ZERO を、電極としてテクノゲル DR- $\phi$ 32 (積水樹脂株式会社) を用いた。電気刺激は、パルス幅 20  $\mu$ s の 120mA の二相性方形波固定変調で、1 秒間徐々に増加し、5 秒間持続し、1 秒間徐々に減少し、5 秒間休止した。硬さ測定には井本機械製作所製の IMC-1225 と PEK-1 を使用した。電気刺激は 21 分間を基本とし、開始直後 1 分間の平均値を刺激前の値として扱った。

(1)周波数 20、60、100Hz における収縮時筋硬度、弛緩時筋硬度、収縮時-弛緩時筋硬度差について観察した。

(2)反復電気刺激前後の収縮時筋硬度、弛緩時筋硬度、収縮-弛緩時筋硬度差を観察した。

(3)100Hz 反復電気刺激開始後 1~21 分に無介入 (NON) と 5 種類の鍼刺激を介入して収縮時筋硬

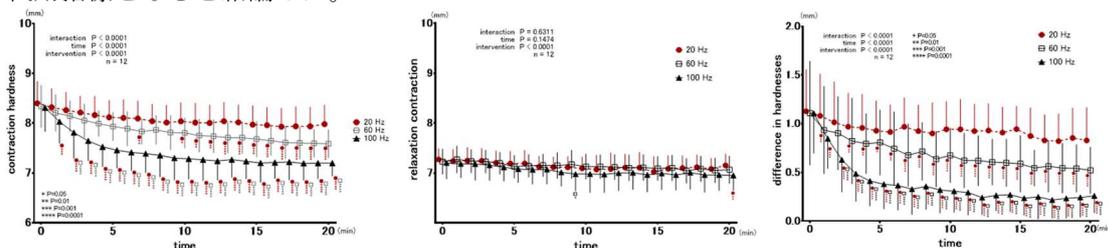
度を連続的に測定した。介入は刺鍼 (PYO : 侵害刺激、Pyonex 0.11×0.3mm、セイリン)、圧迫鍼 (ZERO : 圧刺激、Pyonex ZERO 0.2×0.3mm、セイリン)、接触鍼 (HAPE : HapePatch、皮膚ラボ)、シール (SEAL : HapePatch のシールのみ) および経穴外への刺鍼 (OUTSIDE) とした。

(4)100Hz 反復電気刺激開始後 1~21 分にピーク波長 880 と 960nm の LED および偽照射 (sham) の 3 種のいずれかを介入し、収縮時筋硬度を連続的に測定した。

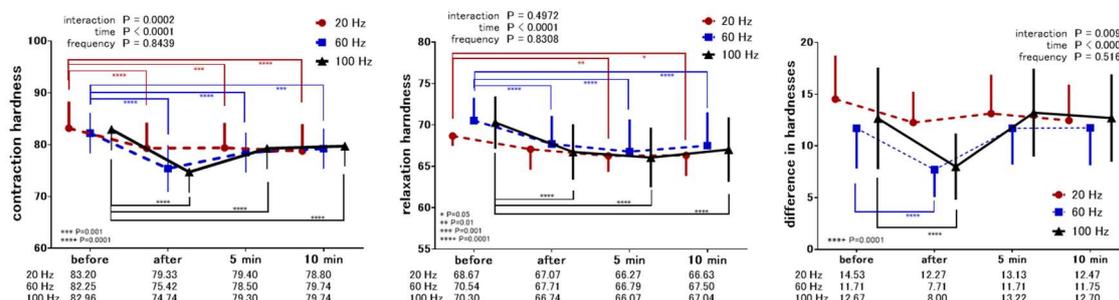
(5)施術前後の総指伸筋に対し、鍼通電をしてから押圧・揉捏マッサージをする AM と押圧・揉捏マッサージをしてから鍼通電をする MA を介入させる前後で収縮時筋硬度と弛緩時筋硬度を測定した。随意的中指最大伸展位で測定筋硬度を収縮時筋硬度とした。

#### 4. 研究成果

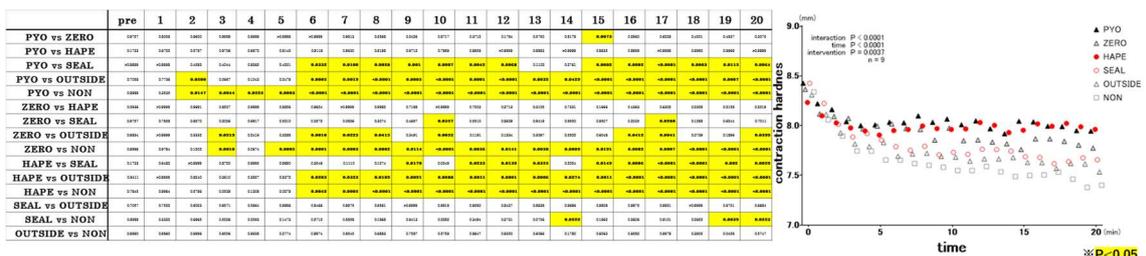
(1)収縮時筋硬度の低下は 20Hz で小さく 100Hz で最も大きかった。弛緩時筋硬度はやや低下傾向があり、収縮-弛緩時筋硬度差は収縮時筋硬度と同様となった。異なる周波数における収縮時筋硬度の変化は、筋収縮力は低周波の電気刺激よりも高周波で速く低下するという報告と一致した。したがって、パルス幅 20 $\mu$ s における反復電気刺激で誘発する収縮時筋硬度は筋収縮力の代用指標となると結論した。



(2)収縮時硬度と弛緩時硬度の刺激前の状態に基づく刺激後の多重比較検定はすべての周波数で有意差を示した。収縮-弛緩時硬度差は 60Hz と 100Hz において電気刺激終了直後に減衰が大きくなる傾向があったが刺激終了 5 分後には回復した。この結果は筋の過活動が抑制され、筋小胞体への Ca<sup>2+</sup>の再取り込みに遅れないこと、誘発された筋疲労は測定後早期回復が見込める低負荷であることを示す。(1)の結果とあわせ低トルク反復電気刺激では収縮時筋硬度のみを指標とすることとした。

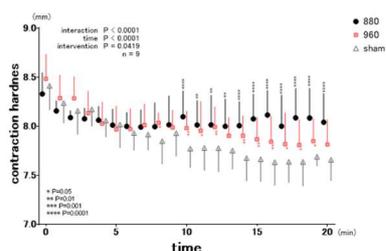


(3)侵害刺激 PYO は介入なし NON に対して介入 2-20 分後、SEAL に対して 6-20 分後に有意差を示した。圧力刺激 ZERO は NON と比較して 3-20 分後、SEAL と比較して 10、17 分後に有意差を示し、効果の持続性が低い傾向があった。接触刺激 HAPE は NON に対しては 6-20 分後、SEAL に対しては 9、11-13、15-20 分後に有意差を示した。接触刺激 SEAL は NON と比較して 14、19、20 分後に有意差を示した。効果発現の速さは侵害刺激 (PYO)、圧力刺激 (ZERO)、接触刺激 (HAPE、SEAL) の順であった。PYO、ZERO、HAPE の比較では 15 分後の PYO と ZERO 以外に有意差はなかった。PYO の方が ZERO よりも筋硬度が維持されていることから対象者は侵害刺激に対してより敏感であったといえる。また、平均値と SEAL に対する有意差の数から PYO や HAPE よりも ZERO に対する感受性が低い傾向がある。その他、2、6-20 分の PYO、3、6-8、10、16-17、20 分の ZERO、6-20 分の HAPE で OUTSIDE に対する有意差が認められ、刺激に対する感受性がツボで非経穴より高いことが示唆された。

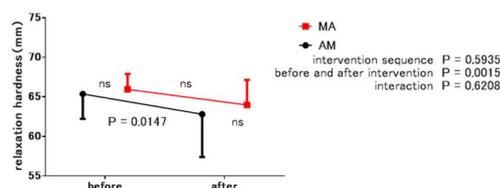
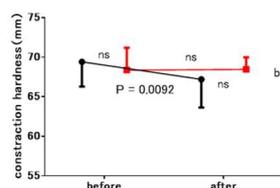


(4)有意な交互作用および時間と介入の有意な主効果が観察され、HAPE の変化パターンと同様に、880nm 対 sham では 10-20 分後に有意差を示し、960nm 対 sham では 8、10-12、14-19 分後に有意差を示した。即効性は 960nm で、持続性は 880 nm で優る傾向があった。(3)の結果と

ともに今回の対象者は侵害刺激、圧刺激、接触刺激、光刺激に対して感受性があり、その反応は刺激の種類によって異なった。刺激に対する反応には個体差があることから最も適する刺激を決定づけることはできないものの本実験方法が刺激感受性のテストとして有用であると結論づけた。また、部位特異性が観察されたことから部位感受性への応用も示唆された。



(5)収縮時筋硬度及び弛緩時筋硬度はAM群(鍼通電後マッサージ)で有意に低下した。電気誘発による収縮時筋硬度が随意的に制御しにくいことを示すことで実験の信頼性を高めた。



メカニズムについてはさらなる検討が必要であるが介入刺激に関する論文報告から、この実験方法はATP、軸索反射、 $\alpha$ - $\gamma$ 結合、C反射の抑制を介するメカニズムで起こる筋膜と筋線維の興奮-収縮結合に対する感受性を調べるものと考えている。

#### 〈参考文献〉

- [1] Yoshimura Y, Wakabayashi H, Yamada M, Kim H, Harada A, Arai H. Interventions for treating sarcopenia. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *J Am Med Dir Assoc* 2017; 18: 553.e1-553.e16.
- [2] Tse ACY, Wong TW, Lee PH. Effect of low-intensity exercise on physical and cognitive health in older adults: A systematic review. *Sports Med Open* 2015; 1: 37.
- [3] Borsa PA, Larkin KA, True JM. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. *J Athl Train* 2013; 48: 57-67.
- [4] Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho PdTC, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: A systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2015; 30: 925-39.
- [5] Kaneko Y, Furuya E, Sakamoto A. The effect of press tack needle treatment on muscle soreness after triathlon race -placebo-controlled study-. *JJSSAM* 2006;56:158-65.
- [6] Okuma Y, Yodhida N, Miyazaki S, Hisajima T, Takahashi H, Miyakawa S. Effects of stimulation with press tack needle acupuncture on muscle fatigue. *JAMA* 2016; 12: 9-18.
- [7] Lopes-Martins RA, Marcos RL, Leonardo PS, Prianti AC, Muscará MN, Aimbire F, et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol* (1985) 2006; 101: 283-8.
- [8] Itoh Y, Matsumoto T, Kawakita K. Effect of acupuncture on the tension of isometric twitch after conditioning tetanic stimulation of the anterior tibial muscle in rabbits. *JSAM (in Japanese)* 1996; 46: 326-33.
- [9] Komatsu M, Kubo T, Kogure S, Matsuda Y, Watanabe K. Effects of 808 nm low-power laser irradiation on the muscle contraction of frog gastrocnemius. *Lasers Surg Med* 2008; 40: 576-83.
- [10] Yonezu T, Kogure S. The effect of low-level laser irradiation on muscle tension and hardness compared among three wavelengths. *Laser Ther* 2013; 22: 201-7.
- [11] Zinder SM, Padua DA. Reliability, validity, and precision of a handheld myometer for assessing in vivo muscle stiffness. *J Sport Rehabil* 2011; 20: 213-25.
- [12] Kato G, Andrew PD, Sato H. Reliability and validity of a device to measure muscle hardness. *J Mech Med Biol* 2004; 04: 213-25.
- [13] Murayama M, Watanabe K, Kato R, Uchiyama T, Yoneda T. Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112: 105-12.
- [14] Morisada M, Okada K, Kawakita K. Quantitative analysis of muscle hardness in tetanic contractions induced by electrical stimulation in rats. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97: 681-6.

- [15] Jones DA, Bigland-Ritchie B, Edwards RHT. Excitation frequency and muscle fatigue: mechanical responses during voluntary and stimulated contractions. *Exp Neurol* 1979; 64: 401-13.
- [16] Moritani T, Muro M, Kijima A. Electromechanical changes during electrically induced and maximal voluntary contractions: electrophysiologic responses of different muscle fiber types during stimulated contractions. *Exp Neurol* 1985; 88: 471-83.
- [17] Yoshitaka ARIMA: Studying hardness meter spring strength to understand hardness distribution on body surfaces, *Journal of Acupuncture & Meridian Studies* 364, 14-SEP-2017
- [18] 有馬義貴: 生体表面硬さの客観化と硬結. *バイオメカニズム学会雑誌 SOBIM* 2016; 40(2); 85-90.
- [19] 有馬義貴, 矢野忠. 触診法の客観化に関する基礎的研究～触診時の指の動作を基本にした生体の硬さ測定、*医用電子と生体工学* 1998; 36(4): 321-336.
- [20] 有馬義貴. 触診法における硬さ情報の客観化、*明治鍼灸医学* 1997; 21: 25-49
- [21] 中澤寛元, 島村元, 有馬義貴, 村瀬智一, 沢崎健太. 筋疲労が経絡に及ぼす影響、*東方医学* 2011; 27(1): 29-45
- [22] Inami T, Nakagawa K, Yonezu T, Fukano M, Higashihara A, Iizuka S, et al. Tracking of time-dependent changes in muscle hardness after a full marathon. *J Strength Cond Res* 2019; 33: 3431-7.
- [23] Sato T, Hisamitsu T, Sato M, Takeshige C. Evaluation of the acupuncture needling effect on post-exercise muscle stiffness by newly devised muscle hardness meter. *The Showa Univ J Med Sci* 1992; 4: 135-40.
- [24] Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 1994; 74: 49-94.
- [25] Keeton RB, Binder-Macleod SA. Low-frequency fatigue. *Phys Ther* 2006; 86: 1146-50.
- [26] Stokes MJ, Edwards RHT, Cooper RG. Effect of low frequency fatigue on human muscle strength and fatigability during subsequent stimulated activity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989; 59: 278-83.
- [27] Kesar T, Chou LW, Binder-Macleod SA. Effects of stimulation frequency versus pulse duration modulation on muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol* 2008; 18: 662-71.
- [28] Behringer M, Grütznert S, Montag J, McCourt M, Ring M, Mester J. Effects of stimulation frequency, amplitude, and impulse width on muscle fatigue. *Muscle Nerve* 2016; 53: 608-16.
- [29] Dreibati B, Lavet C, Pinti A, Poumarat G. Influence of electrical stimulation frequency on skeletal muscle force and fatigue. *Ann Phys Rehabil Med* 2010; 53: 266-77.
- [30] Lagerquist O, Collins DF. Influence of stimulus pulse width on M-waves, H-reflexes, and torque during tetanic low-intensity neuromuscular stimulation. *Muscle Nerve* 2010; 42: 886-93.
- [31] Glaviano NR, Susan S. Can the use of neuromuscular electrical stimulation be improved to optimize quadriceps strengthening? *Sports Health* 2016; 8: 78-85.
- [32] Lagerquist O, Collins DF. Influence of stimulus pulse width on M-waves, H-reflexes, and torque during tetanic low-intensity neuromuscular stimulation. *Muscle Nerve* 2010; 42 :886-93.
- [33] Eriksson Crommert M, Lacourpaille L, Heales LJ, Tucker K, Hug F. Massage induces an immediate, albeit short-term, reduction in muscle stiffness. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2015; 25(5): e490-e496.
- [34] Nagata H, Ito Y, Nakano M, Takefu M, Akaike N. Effects of Back Massages on Stress Observed in Students Preparing for the National License Examination. *Health* 2015; 7(4): 430-438.
- [35] Zheng Z, Wang J, Gao Q, Hou J, Ma L, Jiang C, et al. Therapeutic evaluation of lumbar tender point deep massage for chronic non-specific low back pain. *Journal of Traditional Chinese Medicine* 2012; 32(4): 534-537.
- [36] Hunter AM, Watt JM, Watt V, Galloway SDR. Effect of lower limb massage on electromyography and force production of the knee extensors. *Br J Sports Med* 2006; 40: 114-118. DOI: 10.1136/bjsm.2005.019075
- [37] Hübscher M, Vogt L, Ziebart T, Banzer W. Immediate effects of acupuncture on strength performance: a randomized, controlled crossover trial. *European Journal of Applied Physiology* 2010; 110: 353-358.
- [38] Yang HY, Liu TY, Kuai L, Gao M. Electrical acupoint stimulation increases athletes' rapid strength. *Chinese Acupuncture & Moxibustion* 2006; 26(5): 313-315.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>有馬義貴, 村本名史, 松井健, 萩原高暁, 鶴見海   | 4. 巻<br>10(2)         |
| 2. 論文標題<br>高齢者に有用なツボ（経穴）               | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>BIO Clinica                  | 6. 最初と最後の頁<br>153-158 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-             |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>有馬義貴, 村本名史, 松井健, 萩原高暁, 鶴見海   | 4. 巻<br>23(9)       |
| 2. 論文標題<br>慢性ストレスと足三里                  | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>地域ケアリング                      | 6. 最初と最後の頁<br>78-83 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-           |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>有馬義貴, 村本名史, 松井健, 萩原高暁        | 4. 巻<br>36(1)       |
| 2. 論文標題<br>筋疲労を抑制・回復させる刺激              | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>Bio Clinica                  | 6. 最初と最後の頁<br>57-61 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-           |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Yoshitaka ARIMA   | 4. 巻<br>6       |
| 2. 論文標題<br>Understanding Hardness Distribution on Biological Surfaces in Manipulative Therapy | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Alternative, Complementary & Integrative Medicine                        | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.24966/ACIM-7562/100098  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）   | 国際共著<br>-       |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>有馬義貴、鶴見海、村本名史                         | 4. 巻<br>17          |
| 2. 論文標題<br>疲労に対するLLL照射の指摘条件の模索～プラセボ効果、出力・部位特異性～ | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>日本レーザー治療学会誌                           | 6. 最初と最後の頁<br>32-36 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難          | 国際共著<br>-           |

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>有馬義貴, 村本名史                  |
| 2. 発表標題<br>筋疲労予防・回復に対する光照射の波長・出力特異性の検討 |
| 3. 学会等名<br>日本レーザー治療学会                  |
| 4. 発表年<br>2021年                        |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>有馬義貴, 沢崎健太                   |
| 2. 発表標題<br>微細突起の現状調査と共焦点レーザー顕微鏡による鍼痕の観察 |
| 3. 学会等名<br>全日本鍼灸学会                      |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>有馬義貴、村本名史、鶴見海木村啓作、日野こころ、新原寿志      |
| 2. 発表標題<br>低レベルレーザー照射と微小突起機械的皮膚刺激による筋疲労予防・回復 |
| 3. 学会等名<br>第31回日本レーザー治療学会                    |
| 4. 発表年<br>2019年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>有馬義貴、鶴見海、村本名史                         |
| 2. 発表標題<br>筋疲労に対するLLL照射の至適条件の模索～プラセボ効果、出力・部位特異性～ |
| 3. 学会等名<br>日本レーザー治療学会                            |
| 4. 発表年<br>2018年                                  |

|                               |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名<br>鶴見海、有馬義貴、村本名史      |
| 2. 発表標題<br>電気刺激による軽運動疲労モデルの作成 |
| 3. 学会等名<br>全日本鍼灸学会            |
| 4. 発表年<br>2018年               |

〔図書〕 計2件

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>有馬義貴                               | 4. 発行年<br>2023年 |
| 2. 出版社<br>Independently published            | 5. 総ページ数<br>114 |
| 3. 書名<br>研究用レーザー鍼（LEDT）の作り方－Arduinoによる制御の手順－ |                 |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>津田彰、本田泰弘、岡村尚昌、田中芳幸、伏島あゆみ、矢島潤平、堀内聡、村田伸、津田茂子、上田幸彦、新原寿志、鍋田智之、内野勝郎、今井賢治、坂口俊二、松熊秀明、山本晃久、角谷英治、田口玲奈、安野富美子、有馬義貴、石丸圭荘、山本恵子、王財源、金ウイヨン、樽本修和 | 4. 発行年<br>2021年 |
| 2. 出版社<br>錦房   | 5. 総ページ数<br>186 |
| 3. 書名<br>東洋医学を応用したストレスケアの実際  |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|  |                           |                       |    |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|  | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

|         |         |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|