

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24590230

研究課題名(和文) 手根伸筋群と屈筋群の組合せ神経筋電気刺激を用いた手根の運動と力の制御

研究課題名(英文) A force and motion produced by a combined electrical neuromuscular stimulation to wrist extensors and flexors in humans

研究代表者

内藤 輝(Naito, Akira)

山形大学・医学部・教授

研究者番号：90188855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：健常者を対象に、手根伸筋群と屈筋群の組合せ神経筋電気刺激(ENS)により誘発される手根の力と運動を調べた。組合せENSは隣り合う作用を持つ2筋(A、B)に対して行った。ENSによる2筋の最大収縮でそれぞれ別方向の曲げ力(AF、BF)と最大可動域(Max)までの曲げ運動(AM、BM)が誘発された。組合せENSでは、同期刺激でAFとBFの間の曲げ力、AMとBMの間のMaxまでの曲げ運動、交代刺激でAFとBFの間を結ぶ力、AMとBMの間のMaxに沿った描弧運動が誘発された。以上、組合せENSで手根のあらゆる方向の曲げ力と曲げ運動、時計回りと反時計回りの曲げ力と描円運動を制御できる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：A force and motion of the wrist produced by a combined electrical neuromuscular stimulation (ENS) to wrist extensors and flexors were studied in healthy human subjects. The combined ENS was delivered to a pair of two muscles (A, B) of which actions are adjacent to each other. ENS to each muscle with the intensity for the maximum contraction produced a force (AF, BF) and a wrist-bending motion to the maximal range of motion in each individual direction (AM, BM). Simultaneous ENS to the two muscles produced a force in direction between AF and BF, and a wrist-bending motion of the maximum range in direction between AM and BM. Alternating ENS to the two produced a to-and-fro force between AF and BF, and an arc-drawing motion along a trajectory of the maximum wrist circumduction motion between AM and BM. These findings suggest a possibility that the combined ENS produces a wrist-bending force and motion in every direction and a clockwise and counterclockwise force and motion.

研究分野：解剖学、神経解剖学

キーワード：ヒト上肢 神経筋電気刺激(ENS) 手根伸筋群 手根屈筋群 組合せENS

1. 研究開始当初の背景

(1) 著者らはこれまで、機能的電気刺激 (FES) による麻痺肢の動作再建を試みてきた (引用文献、)。

(2) 著者らはこれまで、健常者を対象にして、多チャンネル神経筋刺激 (ENS) で誘発される上肢の運動についての解析を進めてきた (引用文献、)。その過程で、手根の運動や力の計測・表示・記録装置を作製してきている (引用文献、)。

(3) 手根の運動には屈曲、伸展、内転、外転およびこれらの組み合わせの描円があり、360° の方向にも動きうる。運動の主力となる筋として、手根伸筋群 (長橈側手根伸筋: ECRB, 短橈側手根伸筋: ECRB, 尺側手根伸筋: ECU) と屈筋群 (橈側手根屈筋: FCR, 尺側手根屈筋: FCU) がある。著者らはこれまで、これら 5 筋の神経筋電気刺激 (ENS) による単収縮で、手根にそれぞれ別方向の運動や力が誘発されること、運動では最大可動域までの運動が誘発されることなどを示し報告してきている (引用文献、)。

2. 研究の目的

健常者を対象に、手根伸筋群および屈筋群の組合せ ENS により、

(1) 手根のあらゆる方向の曲げ運動や曲げ力が誘発できるか否かが調べる。

(2) 手根の描円運動や描円力が誘発できるか否かが調べる。

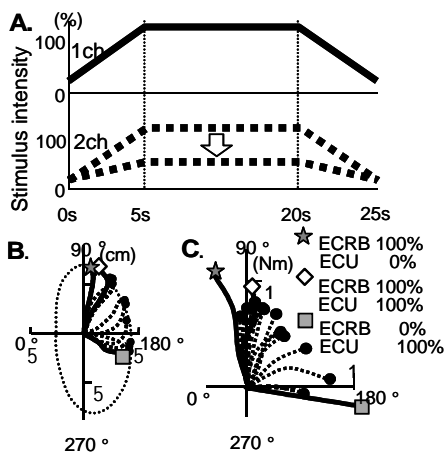


図 1 . 短橈側手根伸筋 (ECRB) と尺側手根伸筋 (ECU) の同期刺激により誘発された運動と力 . A: 刺激波形 . 一方の筋を 100%, 他方を 0% から 100% の間の強度で刺激 . B: 運動 . 楕円は手根の最大可動域を示す . C: 力 . 略語は図 2 も同じ .

3. 研究の方法

隣り合う作用 (ENS により誘発される運動や力の方向) を示す 2 筋 (A, B) に対し、刺激電極としてテフロン被覆ステンレス製ワイヤー電極を刺入留置し、多チャンネル FES 装置を用いて以下の 2 つの刺激波形による組合せ ENS を試みた。ENS には幅 0.2 ms、振幅 0~20 V の矩形波を用い、周波数は 20 Hz とした。また、刺激強度は、収縮閾値を 0%、最大収縮が得られる強度を 100% とした (引用文献、)。

誘発される運動は市販の 3 次元位置センサー、力は著者らが開発した力計測装置により計測し、著者らが開発した波形・画像実時間同期収録装置に記録した (引用文献、)。

(1) ENS の刺激強度を、A 筋に対しては 0% から 100%、B 筋に対しては 0% から 0~100% まで同期して上げ (同期刺激)、誘発される運動と力を調べる。

(2) ENS の刺激強度を、A 筋に対して 0% から 100% に上げて 100% を維持、次いで、B 筋に対して 0% から 100% に上げて 100% を維持、次いで A 筋を 100% から 0% まで下げてから、B 筋を 100% から 0% まで下げ (交代刺激)、誘発される運動と力を調べる。

4. 研究成果

A 筋、B 筋それぞれ単独の刺激強度 100% の ENS で誘発される手根の運動を AM と BM、力を AF と BF とすると、

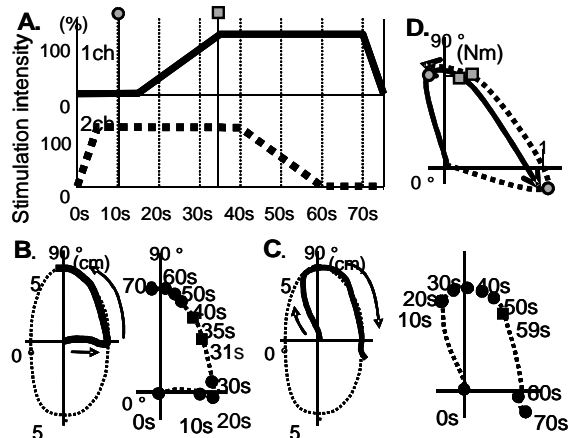


図 2 . ECRB と ECU の交代刺激により誘発された運動と力 . A: 刺激波形 . B, C: 運動 . ECU 刺激先行 (B) と ECRB 先行 (C) . 楕円は手根の最大可動域を示す . D: 力 . ECU 刺激先行 (点線) と ECRB 刺激先行 (実線) .

(1) 同期刺激により、手根の AM と BM の間の方向の最大可動域までの曲げ運動、AF と BF の間の方向の曲げ力が誘発されることが分かった(図1)。

(2) 交代刺激により、AM と BM の間を結ぶ最大可動域に沿った描円運動、AF と BF の間を結ぶ円弧力が誘発されることが分かった(図2)。

(3) (1)、(2)の結果は、手根伸筋群および屈筋群への組合せ ENS により、手根のあらゆる方向の運動や力が制御できる可能性を示唆するものである。また、これらの結果は、FES などによる麻痺肢の動作再建への応用が期待できる。

< 引用文献 >

Hoshimiya N, Naito A, Yajima M, Handa Y, A multichannel FES system for the restoration of motor functions in high spinal cord injury patients: A respiration-controlled system for multi-joint upper extremity. IEEE Trans Biomed Eng 36, 705-710, 1989

Naito A, Yajima M, Fukamachi H, Ushikoshi K, Handa Y, Hoshimiya N, Shimizu Y, Functional electrical stimulation (FES) to the biceps brachii for controlling forearm supination in the paralyzed upper extremity. Tohoku J Exp Med 173, 269-273, 1994

Naito A, Handa Y, Handa T, Iche M, Hoshimiya N, Shimizu Y, Study on the elbow movement produced by functional electrical stimulation (FES). Tohoku J Exp Med 174, 343-349, 1994

Naito A, Yajima M, Sun Y-J, Chishima M, A motion of forearm supination with maintenance of elbow flexion produced by electrical stimulation to two elbow flexors in humans. J Electromyogr Kinesiol 12, 259-65, 2002.

Fujii H, Kobayashi S, Sato T, Shinozaki K, Naito A, Co-contraction of the pronator teres and extensor carpi radialis during wrist extension movements in humans. J Electromyogr Kinesiol 17, 80-89, 2007.

佐藤寿晃, 鈴木克彦, 外川佑, 藤田貴昭, 寒河江正明, 仲野春樹, 長沼誠, 藤井浩美, 加藤勝彦, 内藤輝, デジタル動画・波形実時間同期収録装置 The

Teraview について. 形態・機能 6, 3-9, 2007.

藤田貴昭, 外川佑, 佐藤寿晃, 鈴木克彦, 寒河江正明, 仲野春樹, 長沼誠, 藤井浩美, 加藤勝彦, 内藤輝, 手関節に発する力の大きさと方向の自動計測・表示・記録装置の開発. 形態・機能 6, 11-17, 2007.

Sagae M, Suzuki K, Fujita T, Sotokawa T, Nakano H, Naganuma M, Narita A, Sato T, Fujii H, Ogino T, Naito A, Strict actions of the human wrist extensors: A study with an electrical neuromuscular stimulation. J Electromyogr Kinesiol 20, 1178-1185, 2010.

成田亜矢, 鈴木克彦, 藤田貴昭, 外川佑, 長沼誠, 佐藤寿晃, 藤井浩美, 荻野利彦, 内藤輝, ヒト手根屈筋群の作用: 神経筋電気刺激法を用いた解析. 解剖誌 84 Supp, 172, 2009. (抄録)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

Narita A, Sagae M, Suzuki K, Fujita T, Sotokawa T, Nakano H, Naganuma M, Sato T, Fujii H, Nito M, Hashizume W, Ogino T, Naito A, Strict actions of the human wrist flexors: A study with an electrical neuromuscular stimulation method. J Electromyogr Kinesiol, 2015 査読有(印刷中)

Nakano H, Miyasaka T, Ogino T, Naito A, Facilitation between extensor carpi radialis and pronator teres in humans: A study using a post-stimulus time-histogram method. Somatosensory Motor Res. 2014;31:214-220 査読有

Naganuma M, Sotokawa T, Fujita T, Sato T, Suzuki K, Akiyama T, Narita A, Nakano H, Fujii H, Nito M, Hashizume W, Naito A, Changes of wrist motion range by changing forearm position in healthy men. Struct Funct. 2014;13:8-16 査読有

Sotokawa T, Fujita T, Sato T, Suzuki K, Sagae M, Nakano H, Naganuma M, Narita A, Fujii H, Nito M, Hashizume W, Naito A, Changes of wrist-bending force

by changing forearm position in men. Struct Funct. 2014;13:2-7 査読有

Suzuki K, Ogawa K, Sato T, Nakano H, Fujii H, Shindo M, Naito A, Facilitation from hand muscles innervated by the ulnar nerve to the extensor carpi radialis motoneurone pool in humans: A study with an electromyogram-averaging technique. J Clin Neurophysiol. 2012; 29(5):472-476 査読有

[学会発表等] (計12件)

Nito M, Hashizume W, Suzuki K, Naito A, Inhibition from the flexor carpi radialis to the brachioradialis motoneurone pool in humans: a study with an electromyogram-averaging technique. 第120回日本解剖学会総会・全国学術集会、神戸国際会議場(神戸); 2015年3月23日

仁藤充洋、橋爪和足、鈴木克彦、佐藤寿晃、内藤輝、electromyogram-averaging法によるヒト橈側手根屈筋と腕橈骨筋の間の抑制の解析。第31回山形電気生理研究会、山形大学(山形); 2014年11月14日

Nito M, Hashizume W, Kiyoshige Y, Naito A, A trial to measure the motion range of the carpometacarpal joint of the thumb in healthy humans. 日本解剖学会第60回東北・北海道連合支部学術集会、福島学院大学福島駅前キャンパス(福島); 2014年9月7日

Nito M, Hashizume W, Suzuki K, Sato T, Naito A, Inhibition from the brachioradialis to the flexor carpi radialis motoneurone pool in humans. 第37回日本神経科学大会、パシフィコ横浜(横浜); 2014年9月12日

Nito M, Hashizume W, Suzuki K, Sato T, Naito A, Inhibition from the flexor carpi radialis to the brachioradialis motoneuron pool in humans. 第119回日本解剖学会総会・全国学術集会、自治医科大学(下野); 2014年3月27日

仁藤充洋、橋爪和足、鈴木克彦、佐藤寿晃、内藤輝、EMG-averaging法を用いたヒト橈側手根屈筋から腕橈骨筋への抑制の解析。第30回山形電気生理研究会、山形大学医学部(山形); 2013年12月20日

Nito M, Hashizume W, Naganuma M, Sato T, Suzuki K, Naito A, Wrist motion and force by combined electrical neuromuscular stimulation to the extensor carpi radialis longus and brevis with the semiprone forearm. 日本解剖学会第59回東北・北海道連合支部学術集会、北海道大学獣医学部(札幌); 2013年9月14日

Nito M, Hashizume W, Naganuma M, Sato T, Suzuki K, Naito A, Wrist motion and force by combined electrical neuromuscular stimulation to wrist extensors with the semiprone forearm. 第118回日本解剖学会総会全国学術集会、サンポートホール高松かがわ国際会議場(高松); 2013年3月29日

仁藤充洋、橋爪和足、長沼誠、佐藤寿晃、鈴木克彦、内藤輝、手根伸筋群の組合せ神経筋電気刺激による手根の動作制御の試み:前腕中間位。第29回山形電気生理研究会、山形大学医学部(山形); 2012年12月7日

内藤輝、教育講演:手関節の運動と力の計測装置。第32回日本リハビリテーション医学会東北地方会専門医・認定臨床医生涯教育研修会、山形市保健センター(山形); 2012年10月20日

仁藤充洋、橋爪和足、吉田沙織、小林裕人、孫英傑、白澤信行、内藤輝、末梢神経電気刺激の体験学習の紹介。日本解剖学会第58回東北・北海道連合支部学術集会、山形大学医学部(山形); 2012年9月23日

Naganuma M, Hashizume W, Suzuki K, Sato T, Fujii H, Naito A, Activities of human upper limb muscles during a combined movement of elbow flexion/extension and forearm pronation/supination. 第116回日本解剖学会総会全国学術集会、山梨大学甲府キャンパス(甲府); 2012年3月26日

[その他]

ホームページ等

<http://www.id.yamagata-u.ac.jp/AnatomyI/home-j.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内藤 輝 (NAITO Akira)

山形大学・医学部・医学科・教授
研究者番号:90188855

(2) 研究協力者

加藤 勝彦 (KATO Katsuhiko)
長沼 誠 (NAGANUMA Makoto)
吉田沙織 (YOSHIDA Saori)
橋爪和足 (HASHIZUME Wataru)