

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25560325

研究課題名(和文)筋電図によるコンピュータミュージック演奏は運動トレーニングとして成り立つか？

研究課題名(英文) Applications of surface EMG and real-time capturing of joint angle for muscle resistance training with music

研究代表者

吉武 康栄 (Yoshitake, Yasuhide)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：70318822

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は主に二本柱で行った。表面筋電図から包括的な運動単位の発火頻度の変動，特にcommon drive成分を推定する手法を見出した。その手法を確立したことで，これまで不明であった拮抗筋間のcommon入力成分の振る舞いを明らかにすることができた。

次に，表面筋電図を用い，ミュージック演奏運動システムの作成を行った。表面筋電図の波形の大きさに伴い，音階が順に変化するようにシステムを組んだ。さらに，先に作成したシステムを(キネクトで定量化した)膝関節角度変化に対応するように組み直した。この方法によって，スクワットによる膝関節角度で規定した音楽を奏する筋力トレーニングのシステムが実現できた。

研究成果の概要(英文)：The aim of the study was to examine the temporal correlation between rectified EMG and instantaneous MU discharge rate in low frequencies. Healthy young subjects produced steady submaximal force with their right finger. Surface EMG and fine-wire MU potentials were recorded from the first dorsal interosseous muscle in the right hand. Rectified surface EMG and the instantaneous discharge frequency of MUs were smoothed by a Hann-window of 400 ms duration. In each of the identified MUs, the smoothed MU discharge frequency was positively and temporally correlated with the rectified-and-smoothed EMG as confirmed by the distinct peak in cross correlation function. The results indicated that the low-frequency component of rectified surface EMG provide temporal information on the low-frequency oscillations in the MU discharge frequency.

研究分野：神経生理学

キーワード：筋電図 運動単位 発火頻度 common drive 工学 Kinect

1. 研究開始当初の背景

我々は、安価に、かつ、対象者が継続的にトレーニングを行えるよう家庭レベルにおける「自重負荷トレーニング(貯筋運動トレーニング)」を提案し、実際に3ヶ月間の貯筋運動トレーニングが高齢者の筋機能(筋量・筋力・走行速度)や認知機能を増加させることを確認した(Yoshitake et al. 2012, Nakamoto et al. 2012)。一方で、これらの身体機能の低下を抑制するさらなる効果的な方策の確立は、常に社会的要請であり、かつ、学術的意義も高い。そのため、その方策の提案およびその提案の根拠となる科学的証明は、継続して行うべきである。

さらに、これまで行われてきているトレーニングにはいくつかの問題があるため、その対策も必要であろう。たとえば、貯筋運動には種々の運動メニューがあるが、運動自体は単純で関節運動の曲げ伸ばしであり、退屈になりがちであることは否めない。貯筋通帳なるものに運動実施回数を記録し、実施者自身が貯筋の額が常に確認できるなど、高齢者のトレーニング実施へのモチベーションを低下させず継続率を高めるよう工夫をしているにもかかわらず、貯筋トレーニング参加者の離脱率は、約30%にも上る。一般のスポーツクラブの脱会した理由の「飽きた」が3位であり、全体の25%を占めていることから、運動トレーニング自体には、どうしても飽きが生じてしまう。また、前述したように、トレーニングは単純な動作で構成されているため、認知能力への効果は(殆ど検討がなされていないが)恐らく低いことが予想され、運動メニュー自体が認知機能を向上させるに至適ではない可能性が高い。

音楽を聴く、もしくは音楽を(楽器などにより)演奏するという身体動作は、認知機能の向上に効果的であることが最近注目されている。このような音楽“体験”は、高齢者および児童において認知機能やIQの向上を促す(Hanna-Pladdy and Gajewski 2012, Schellenberg 2004)。つまり、筋力トレーニングに音楽を何らかの形で組み込むことは、筋力だけではなく認知機能も同時に向上できることが予想される。加えて、そのトレーニングは単純動作だけではないため、飽きずに継続できる可能性も高い。そこで我々は、「ある身体動作中において、関節角度や筋電図などの生体情報をリアルタイムに音に変換し、そして、その動作が筋力を高めるトレーニング強度と同等であるならば、認知機能だけではなく筋機能も同時に向上を図れる運動トレーニングとして成り立つのではないか」という発想をもつに至った。

ある運動動作中において、筋電図の振幅値を閾値によって区間分割し、それに基づきリアルタイムで音(階)に変換する「筋電図によるコンピュータミュージック演奏運動」を提案する。しかしながら、筋電図、特に皮膚表面から取得する表面筋電図法は、筋収縮に

ともなう活動電位を皮膚表面電極より取得したものであることはわかっているが、その生理学的機序等はまだはっきりしていないため、ミュージック演奏運動に表面筋電図を応用することには、精度の面で不安が残る。

一方、キネクトに代表されるように、テクノロジーの発達により簡易にヒトの動作をキャプチャできる安価なセンサーが一般販売されるようになった。そこで、キネクトを用いて、ヒトの「関節角度変化によるミュージック演奏運動」の提案もできる。

これらのシステムは完成すれば、対象者自身が調節した筋活動量や関節角度に対応する音を聴覚フィードバックしながら、リアルタイムで筋活動を調節して音を奏でることができ、最終的には音楽を演奏することができるという仕組みになる。さらに、このシステムを貯筋運動トレーニングなどに適応すれば、「運動を行うこと自体は筋機能」、「音楽を聴くことは認知機能」、「音を正しく奏でる努力は運動制御機能」にと、同時に複数機能を鍛錬することができ、統合的な身体機能向上を目的とした運動トレーニング法として成り立つと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、研究1)表面筋電図の機序と意義を明らかにすること、そして、研究2)ミュージック演奏運動システムを構築することとした。

3. 研究の方法

研究1)健康な若齢者14名を対象に、随意的に等尺性示指外転動作を行わせた。その際、主動筋である第一背側骨間筋より、ワイヤー電極を挿入して取得したワイヤー筋電図、および筋表面に貼付した電極から取得した表面筋電図を同時に導出した。ワイヤー筋電図波形は、一般的な手法により運動単位の活動電位を分離し、各運動単位の瞬時発火頻度を算出した。その後、波形処理をして得られた発火頻度の変動と、表面筋電図波形を全波整流した後、低域通過フィルタ(5Hz)を施した波形において、相互相関関数を算出した。

研究2)キネクトセンサにおいて、膝関節角度の定量化および手のクラッピングの定量化をunity環境下で行った。その定量化を用いて、膝関節角度依存の音階およびクラッピングをトリガとして音が発生するシステムの構築を行った。

4. 研究成果

研究1)運動単位の発火頻度の変動と全波整流筋電図の低周波数領域の相互相関関数において、ほとんど時間ずれなく正のピークが認められた。つまり、全波整流した表面筋電

図波形の低周波数領域は、運動単位発火頻度の変動の成分を含んでいることが明らかとなった。

研究 2) キネクトセンサを用いて、膝関節角度・クラッピングの定量化は実現できた。加えて、メリーさんの羊などの 1 オクターブ内で構成されている複数の曲を演奏するスクワット運動システムが完成した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

以下、全て査読あり

1. Yoshitake Y, Kanehisa H, Shinohara M. Correlated EMG oscillations between antagonists during co-contraction in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49 (3): 538-548. 2016
2. Aoki T, Takai Y, Yoshitake Y, Kanehisa H. Unilateral horizontal and lateral jump performances are associated with the competitive level of collegiate soccer players. *Gazz Med Ital* 2016 in press
3. Yoshitake Y, Miyamoto N, Taniguchi K, Katayose M, Kanehisa H. The skin acts to maintain muscle shear modulus. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 42(3) 674-682. 2016
4. Miyamoto N, Hirata K, Kanehisa H, Yoshitake Y. Validity of measurement of shear modulus by ultrasound shear wave elastography in human pennate muscle. *PLoS One* 10(4): e0124311, 2015.
5. Yoshitake Y, Takai Y, Kanehisa H, Shinohara M. Muscle shear modulus measured with ultrasound shear-wave elastography across a wide range of contraction intensity. *Muscle & Nerve* 50(1): 103-113, 2014.
6. Maeo S, Yoshitake Y, Takai Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Effect of short-term maximal voluntary co-contraction training on neuromuscular function. *Int J Sports Med*. 35(2): 125-34, 2014.
7. Maeo S, Yoshitake Y, Takai Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Neuromuscular adaptations following 12-wk maximal voluntary co-contraction training. *Eur J Appl Physiol* 114(4): 663-673, 2014.
8. Yoshitake Y, Shinohara M. Oscillations in

motor unit discharge are reflected in the low-frequency component of rectified surface EMG and the rate of change in force. *Exp Brain Res* 231(1): 267-276, 2013.

9. Yoshitake Y, Shinohara M. Low-frequency component of rectified EMG is temporally correlated with force and instantaneous rate of force fluctuations during steady contractions. *Muscle & Nerve* 47(4): 577-584. 2013.

[学会発表](計 1 件)

カプラン オラル, 武富 貴史, 山本 豪志朗, プロプスキ アレクサンダー, サンドア クリスチャン, 加藤 博一, 吉武 康栄. 退屈な筋力トレーニング法からの脱却の提案. 第 17 回計測自動制御学会 SI2016. 2016. 12. 15 ~ 17 札幌コンベンションセンター(北海道札幌市)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等
<http://people.nifs-k.ac.jp/mpl/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉武 康栄 (YOSHITAKE YASUhide)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
研究者番号: 70318822

(2) 研究分担者

金久 博昭 (KANEHISA HIROAKI)
鹿屋体育大学・理事
研究者番号： 50161188

(3)研究分担者

宮本 直和 (MIYAMOTO NAOKAZU)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
研究者番号： 20420408

(4)研究分担者

高井 洋平 (TAKAI YOHEI)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
研究者番号： 20574205