

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32304

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700639

研究課題名(和文)拮抗筋条件収縮における筋出力発揮増強の効果

研究課題名(英文)Effect of muscle force output by antagonist conditioning contraction

研究代表者

上村 孝司(Takashi, Kamimura)

東京福祉大学・社会福祉学部・講師

研究者番号：30580609

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ヒトにおいて効果的な筋出力増強の手段として、拮抗筋条件収縮のメカニズム及び臨床への応用の検討を目的とした。健康者において、拮抗筋条件収縮により、主動筋の筋出力や力の発揮勾配、筋活動電位の立ち上がりが向上することが明らかとなった。また、神経的要因が拮抗筋条件収縮後の主動筋活動増強に影響を与えていることがH波や筋電図から示唆された。そして、健康者において立位での拮抗筋条件収縮による筋出力増強が見られた。

研究成果の概要(英文)：The aims of present study were considered the application to clinical and clarify of this mechanism in antagonist conditioning contraction. Antagonist conditioning contraction increased the muscle force, rate of force development, and rate of electromyographic activities in healthy subjects. Neurological factors of affecting the agonist muscle activity enhancement after antagonist conditioning contraction by H-wave and electromyographic activities were suggested. Muscle force enhancement by the antagonist conditioning contraction in the standing position was observed in healthy subjects.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：拮抗筋条件収縮 筋電図 筋出力 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

各種身体活動では、多くの場面で主動作の前に拮抗筋の収縮が行われている。促通手技の一つである拮抗筋条件収縮は、主動筋の収縮前に拮抗筋を収縮させるものであり、拮抗筋の収縮後に主動筋の出力が増強することが報告されている。しかしながら、マヒ患者を被験者とした測定では有意な筋出力や筋活動の増強が認められているが、健常者を被験者とした場合一致した見解を得ていなかった。

近年、我々は健常者において時間及び収縮強度を変化させた拮抗筋条件収縮を行い、筋出力の増強と神経的要因の関与のメカニズムの一片を明らかにしてきた。しかしながら、神経的要因に関して脊髄レベルでの反射や促通、抑制の解明や、中枢からの指令関することなど、明らかにされていないことが多い。そこで、誘発筋電図等の神経生理学的手法が必要になる。誘発筋電図を表面筋電図と組み合わせることにより、神経的要因の関与をさらに明らかにすることが可能であると考えた。また、健常者において効果を得ることは、リハビリテーション領域における機能回復といった観点だけではなく、例えば予防医学の観点や、健常者の体力や運動能力の維持や向上、高齢者に対する筋力増強と言った観点、さらには競技スポーツにおけるパフォーマンス向上の一つの手段としても活用することができると考えられる。

2. 研究の目的

目的(1)

ヒトにおいて効果的な筋出力増強の手段として拮抗筋条件収縮のメカニズムの解明を行うことを目的とし、健常者における拮抗筋条件収縮による主動筋への影響を特に神経的要因から検討し、健常者における拮抗筋条件収縮の効果を明らかにすることとした。

目的(2)

リハビリテーションの効果や臨床での応用に関して、マヒ患者や健常者を対象として、拮抗筋条件収縮の臨床的応用性を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

方法(1)

拮抗筋条件収縮のメカニズムの解明のための方法として、健常者を対象として足関節の等尺性最大随意収縮での底屈(MVC)及び背屈後の底屈(拮抗筋条件収縮; trial)時の筋力、筋電図、H波の測定を行った。背屈動作は最大努力とし、収縮時間は先行研究を参考に1秒間とした。筋電図およびH波は腓腹筋およびヒラメ筋から導出した。得られたデータから、ピークトルク、筋電図積分値、力の発揮勾配(RFD)、筋電図の立ち上がり(RED)、H波の振幅を解析した。

方法(2)

拮抗筋条件収縮の神経的要因の検討のための解析方法として、筋電図の立ち上がりの検討を行った。等尺性肘関節伸展時の筋力と筋電図を測定し、力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりを算出した。伸展時の目標収縮強度は最大随意収縮の25%、50%、70%、100%とし、収縮時間はすべて5秒間とした。得られたデータから力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりを算出し、それぞれの関係性を検討した。

方法(3)

臨床での応用のための測定および伸張反射の影響の検討として、健常者を対象に立位での足関節底屈(control)、背屈後の底屈(ACC)、つま先での連続ジャンプ(jump)時の筋電図を腓腹筋内側頭から導出した。得られた筋電図波形から、運動中の単位時間あたりの筋電図積分値(iEMG)、中間周波数(MdPF)と筋電図の立ち上がり(RED)を算出し、比較検討した。

4. 研究成果

結果(1)

拮抗筋条件収縮後の底屈トルクは、底屈のみと比較して有意な差は認められなかったが、力の発揮勾配および筋電図の立ち上がりは拮抗筋条件収縮後に有意に上昇した。また、拮抗筋条件収縮後の底屈時のH波は底屈のみと比較して有意に高い値を示した。H波振幅の上昇や筋電図の立ち上がりから、神経的要因、特に大型の運動ニューロンの活動が促進され、力の発揮勾配に影響を与えたと考えられた。次に述べる研究結果(2)から、力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりは相関関係にあるため、この結果を裏付ける要因であると考えられる。また、等尺性収縮での底屈及び背屈動作であることから、動的な動作などによって起こる伸張反射での増強の影響は少ないと考えられる。これは、先行研究で言われるようなゴルジ腱器官の逆伸張反射などの影響によるものと考えられる。以上のことから、拮抗筋条件収縮後の主動筋活動増強の要因として、力の発揮勾配および筋電図の立ち上がりの変化は神経系の活動が特に関与していることが示唆され、力の発揮勾配に影響を与える可能性が考えられた。

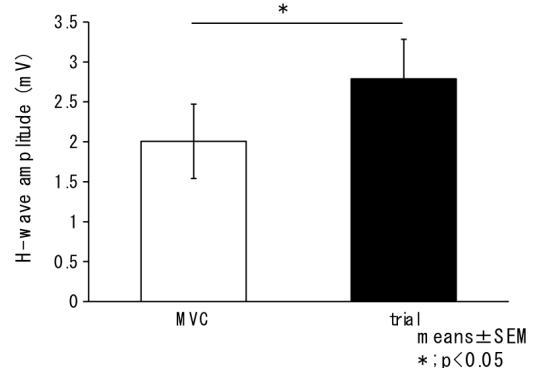


図1. 底屈のみと背屈後底屈時のH波の振幅

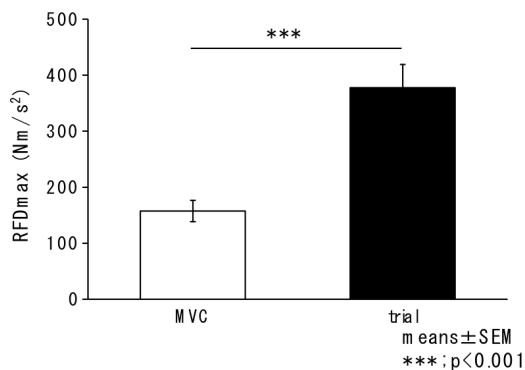


図 2 . 底屈のみと背屈後底屈時の力の発揮勾配

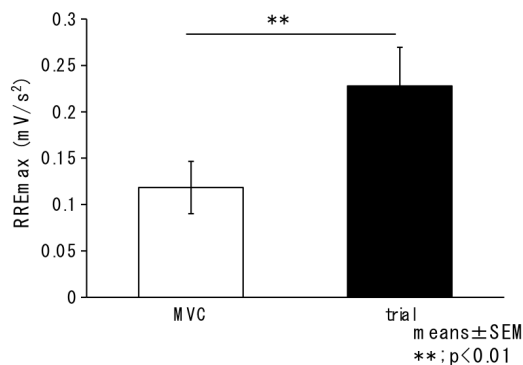


図 3 . 底屈のみと背屈後底屈時の筋電図の立ち上がり

結果(2)

力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりは、目標収縮強度とほぼ同程度の値を示した。各収縮強度において、それぞれ力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりの間に有意な相関関係を示した。また、力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりは、収縮強度の増加と共にほぼ直線的に増加し、全データによる相関係数は0.824(p<0.001)で有意な正の相関関係を示した。

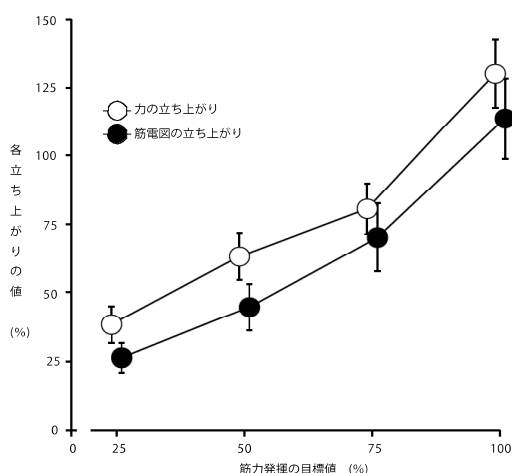


図 4 . 各収縮強度での力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりの変化

力の発揮勾配と同様に低い運動強度に対しても収縮強度を反映する値となることが明らかとなった。力の発揮勾配は神経要因と収縮要素の複合であるのに対し、筋電図の立

ち上がりは神経要因のみである。つまり、これまでに検証されてきた力の発揮勾配に比べ収縮要素を考慮せずに神経要因を検討するには、本研究の筋電図の立ち上がりのような指標が、より神経要因の影響を明らかにできると考えられた。また、筋電図の立ち上がりは力の発揮勾配との相関が高いため、筋力測定などが困難な場合でも、筋電図のみの測定で筋力発揮の効果や神経的要因の影響を測定できることが可能になったと考えられる。これは、今後の臨床研究において重要な解析方法となりうると考えられる。

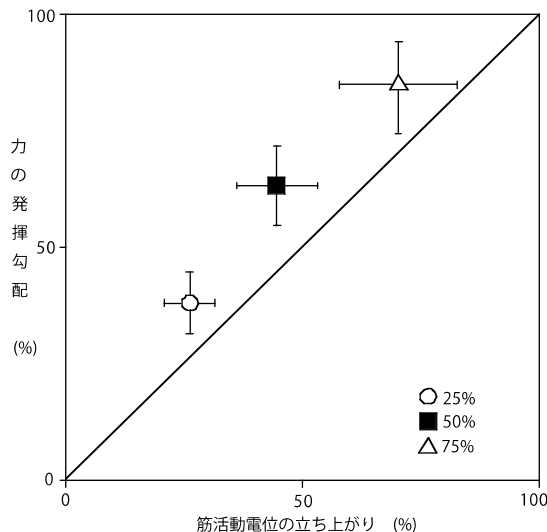


図 5 . 各収縮強度での力の発揮勾配と筋電図の立ち上がりの関係

結果(3)

臨床的な条件による拮抗筋条件収縮の効果は、立位での荷重下において動的な動作での測定を行った。その結果、底屈のみと比較して、背屈後の底屈(拮抗筋条件収縮条件)およびジャンプ動作において、筋電図の立ち上がりが有意に上昇した。しかしながら、筋電図積分値はジャンプ動作のみで有意に上昇し、活動時の筋電図中間周波数は背屈後の底屈のみで有意に上昇した。

荷重下での動的な拮抗筋条件収縮において、その後の主動筋の筋活動を高めることが示唆された。ジャンプは接地時の伸張反射により筋電図の立ち上がりが増加すると考えられるが、拮抗筋条件収縮では伸張反射の他に、これまで言われているゴルジ腱器官等の他の入力からの増強もあると考えられた。さらに、ジャンプ時の積分値がコントロールや拮抗筋条件収縮と比較し高い値となった要因は伸張反射によるもので、拮抗筋条件収縮では筋電図の立ち上がりのみ増加することから、拮抗筋条件収縮では伸張反射以外の要因による促進が起こり、その結果として中間周波数の上昇が起こったものと考えられる。これは大型の運動ニューロンが動員され、筋活動初期から筋放電が高まり、その結果として筋活動電位の立ち上がりが増加したのではないかと考えられた。

このことから、荷重下での拮抗筋条件収縮の効果が明らかとなり、リハビリテーション時の実際のADL動作での筋活動の増強や、スポーツ場面での筋力増強に応用できる可能性が示唆された。

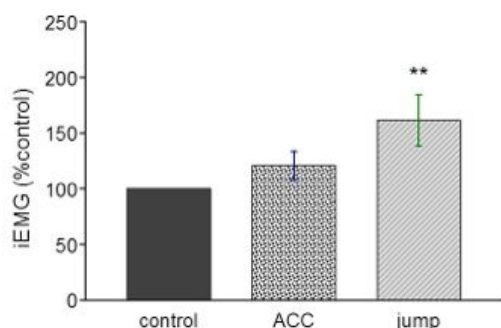


図 6. 底屈のみ、背屈後底屈、連続ジャンプ時の筋電図積分値の比較 **; p<0.01, vs 底屈のみ

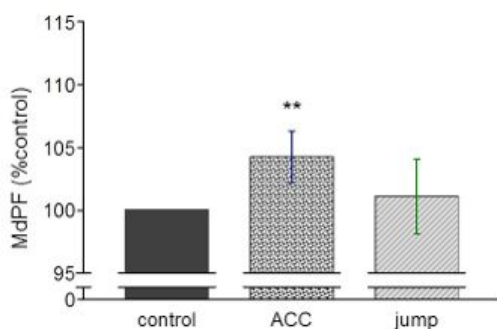


図 7. 底屈のみ、背屈後底屈、連続ジャンプ時の中間周波数の比較 **; p<0.01, vs 底屈のみ

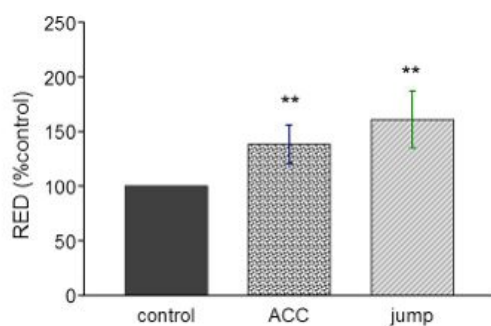


図 8. 底屈のみ、背屈後底屈、連続ジャンプ時の筋電図の立ち上がりの比較 **; p<0.01, vs 底屈のみ

これまでの結果から、拮抗筋条件収縮による筋力増強や筋活動増強の効果は、筋腱複合体の弾性エネルギーのような収縮要素だけではなく、神経的な要因が関与していることが明らかとなった。これまでの研究では、この神経的要因はゴルジ腱器官の逆伸張反射によるものと考えられている。特に本研究のような等尺性での筋収縮では伸張反射や収縮要素の影響は少ないと考えられるため、この先行研究の示唆を裏付けるものであると考えられる。また、神経的要因の検討として、筋電図の立ち上がりを解析方法として用いることにより、収縮要素の影響と分離して神経的要因の検討をすることができる

明らかとなった。

また、拮抗筋条件収縮が立位での荷重下での動的な動作のような臨床に近い状態においても、効果を発揮することが明らかとなり、それは伸張反射とは違う要因での増強であることが明らかとなり、それは先行研究で述べられているゴルジ腱器官などの影響によるものと示唆された。

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 1 件)

上村孝司, 村松憲, 拮抗筋条件収縮および跳躍動作における足関節底屈時の筋活動の増強, 日本スポーツリハビリテーション学会誌, Vol.3, 2014, pp.19-23, 査読有.
<http://www2.tbb.t-com.ne.jp/sporeha/019-kamimura.pdf>

〔学会発表〕(計 4 件)

上村孝司, 拮抗筋条件収縮による主動筋活動増強, 日本トレーニング科学会, 2011 年 11 月 5-6 日, 早稲田大学.

上村孝司, 村松憲, 等尺性収縮における筋活動電位の立ち上がりによる神経要因の検討, 第 47 回日本理学療法学会大会, 2012 年 5 月 25-27 日, 神戸国際展示場.

Takashi Kamimura, Ken Muramatsu, Potentiation of agonist muscle activities by antagonist conditioning contractio. 17th European college of sport science, 2012, 7/4-7, Bruges, Belgium.

Takashi Kamimura, Ken Muramatsu, Potentiation of electromyographic activities of plantar flexor by antagonist conditioning contaction and jump. 18th European college of sport science, 2013, 6/26-29, Barcelona, Spain.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上村 孝司 (KAMIMURA TAKASHI)
 東京福祉大学・社会福祉学部・講師
 研究者番号: 3 0 5 8 0 6 0 9

(2) 連携研究者

村松 憲 (MURAMATSU KEN)
 健康科学大学・健康科学部・准教授
 研究者番号: 0 0 5 3 1 4 8 5