

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：34522

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13129

研究課題名(和文)力発揮調整能は脊髄運動ニューロンの興奮性変化と連動する

研究課題名(英文)The coordinated exertion of force is associated the excitability of the spinal motor neurons

研究代表者

関 和俊 (SEKI, Kazutoshi)

流通科学大学・人間社会学部・准教授

研究者番号：30552210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、運動習慣の有無、加齢の影響から、力発揮調整能に関わる脊髄運動ニューロンの興奮性について明らかにした。運動課題は各20秒間の掌握運動とした。等尺性の筋力維持課題、漸増・漸減時における筋力増減課題および等尺性掌握運動後に力を増大または減少後、掌握運動を行う課題において、各々運動習慣や加齢の影響が観察された。F波出現頻度は、力発揮時は運動習慣の有る者より無い者、また若年群より高齢群が高かった。さらに、力発揮直後において、若年群は安静レベルに戻るが高齢群は高いままであった。これらのことから、運動習慣の有無、加齢に伴い脊髄運動ニューロンの興奮性動態に差異が生じることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

力発揮の調整能力およびそれらを制御する運動神経の働きは、一定筋力維持や筋力の漸増・漸減および一定筋力の維持から筋力の増大・減少課題において、各々運動習慣や加齢による差が観察された。また、力発揮直後においても運動習慣の有無、加齢の影響を受けることが明らかになった。特に、運動習慣の有無に限らず、高齢者は若年者と比べて、力発揮直後に、安静レベルまで運動神経の働きが戻らず、残存することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify that the excitability of the spinal motor neurons associated with force adjustment based on 1) exercise habits and 2) aging. The effects of exercise habits and aging were observed in each case the following conditions: 1) an isometric muscle strength maintenance task, 2) a gradual muscle strength increase/decrease task, and 3) task to perform gripping exercise after increasing or decreasing the force after isometric gripping exercise. The F-wave appearance frequency was higher in the group without exercise habits than the group with exercise habits, additionally in the elderly group compared to the young group. In addition, the F-wave appearance frequency appearance after exercise returned to rest level in the younger group, however, the excitability of the spinal motor neurons remained high in the elderly group. These results suggested that exercise habits and aging affect the excitability of the spinal motor neurons.

研究分野：運動生理学

キーワード：力発揮調整能 脊髄 運動ニューロン 運動習慣 加齢 F波出現頻度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの運動成就是、神経-筋系の機能の影響を強く受ける。日常生活において最大筋力を発揮する場面は極めて少なく、最大下の力発揮を巧みかつ効率的(卵が割れないようにつかむ、狙った場所にボールを正確に蹴る等)に筋出力量の調節をする場面が多い(吉武、2011)。この必要に応じて筋出力量を調整する能力、すなわち力発揮調節能が高いことは、運動制御機能に優れているものと解釈される(Brown et. al, 2002)。

筋力発揮調整能は、ヒトの運動パフォーマンスに密接に関わるにもかかわらず、未だ解明されていない部分があり、加齢による力発揮能力能が変容する生理学的メカニズムも不明である。また、トレーニングによって力発揮能力能が向上するのであれば、運動習慣の有無においても差異が生じることが推測される。さらには、力を入れる・抜くといった力発揮加減の調整能力について検討した研究報告は文献渉獵の範囲内においては見当たらない。

2. 研究の目的

本研究は、運動習慣の有無、加齢の影響から、「力の発揮加減の調整能」に関わる脊髄運動ニューロンの興奮性の適応について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

研究目的達成のために、3つの実験を設定した。実験対象者は健康な若年男性20名(運動習慣を有する者10名、無い者10名)、健康な高齢者男性20名(運動習慣を有する者10名、無い者10名)とし、全実験ともに同一対象者とした。

(1) 実験1: 筋力維持実験(基礎実験)

運動課題は20秒間の掌握運動(利き手)とし、測定条件はコントロール(安静)・低強度(20%MVC(最大随意収縮(maximal voluntary contraction)))・中強度(40%MVC)・高強度(60%MVC)の4条件をランダムに測定した。また、各掌握運動後、20秒間の回復を測定した。測定項目は力発揮調整能およびF波出現頻度(脊髄の興奮性の指標)とした。力発揮調整能の評価は、各目標筋力値と筋力発揮値の相対誤差とした。F波の刺激部位は正中神経(手根部)とし、被験筋は短母指外転筋(非掌握運動側)とした。F波出現頻度は安静、掌握運動、回復の各20秒間に得られた20波形のうちF波と判別可能な波形を対象とし、その割合を求めた。

(2) 実験2: 漸増漸減負荷実験

対象者、測定項目、刺激部位、被験筋は実験1と同様とした。運動課題は、目標とする%MVCまで20秒間で達する様に徐々に力を入れ、目標筋力達成後20秒間で力を抜く掌握運動(利き手)とした。測定条件はコントロール(安静)・低強度(20%MVC)・中強度(40%MVC)・高強度(60%MVC)の4条件をランダムに測定した。力発揮調整能の評価は、目標とする%MVC用の三角波に合わせて力の増減を行い、その三角波に対する実際の評価の筋張力の相対誤差から評価を行った。F波出現頻度は安静、掌握運動の漸増・漸減、回復の各20秒間に得られた20波形のうちF波と判別可能な波形を対象とし、その割合を求めた。

(3) 実験3: 力発揮増減課題

対象者、測定項目、刺激部位、被験筋は実験1と同様とした。運動課題は、20秒間の等尺性掌握運動後に5秒間かけて力を増大または減少後、20秒間の等尺性掌握運動を行う4条件(20% 40%MVC、20% 60%MVC、60% 20%MVC、60% 40%MVC)とし、ランダムに実施した。また、各掌握運動後20秒間の測定を行った。力発揮調整能の評価は、各目標筋力値と筋力発揮値の相対誤差とした。F波出現頻度は安静、各掌握運動、回復間に得られた20波形のうちF波と判別可能な波形を対象とし、その割合を求めた。

4. 研究成果

(1) 実験1: 筋力維持実験(基礎実験)

力発揮調整能は、加齢による影響はなく、各%MVCともに運動習慣無群が有群と比べて高値を示した。

図1に筋力維持実験(基礎実験)におけるF波出現頻度の結果を示した。脊髄の興奮性の指標として用いた誘発筋電図F波の出現頻度は、目標筋力(20、40、60%MVC)の増大に応じて、全ての群ともにF波出現頻度は増大した。F波出現頻度も同様に、加齢による影響はなく、各%MVCともに運動習慣無群のF波出現頻度は有群に比して有意に高値を示した($P < 0.05$)。一方、掌握運動後の回復期のF波出現頻度は、運動習慣の有無に関わらず若年者は安静レベルに戻るのに対し、高齢者は高い値で推移した。これらのことは、加齢が運動後のF波出現頻度に影響することが示唆された。

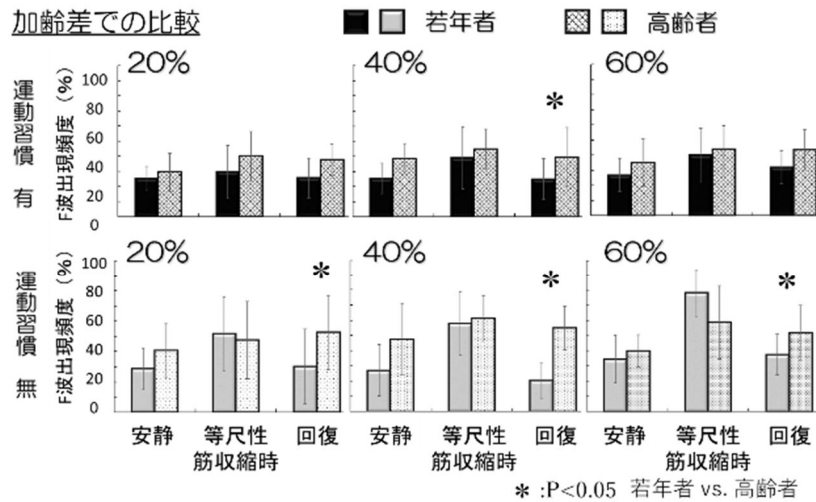


図1. 力維持課題におけるF波出現頻度-安静、等尺性筋収縮時、回復(20秒間) -

(2) 実験2：漸増漸減負荷実験

力発揮調整能は、運動習慣の影響はなく、力発揮強度の増加に伴い、高齢群が若年群と比べて、漸増・漸減ともに有意に高値を示した ($P<0.05$)。運動習慣が無い場合は、低強度においても加齢の影響が観察された。

図2に漸増漸減負荷実験におけるF波出現頻度の結果を示した。F波出現頻度は、若年者のみ、力発揮強度の増加に伴い有意に高い値 ($P<0.05$) を示す一方、高齢者は運動習慣の有無による差は観察されなかった。加齢差では、運動習慣無群は同程度に対して、運動習慣有群は高齢者が若年者と比べて、力発揮強度の増加に伴い有意に高値を示した。40%・60%MVC時の回復20秒では、運動習慣の有る若年者は安静レベルに戻る一方、高齢者はF波出現頻度が高いままであった。

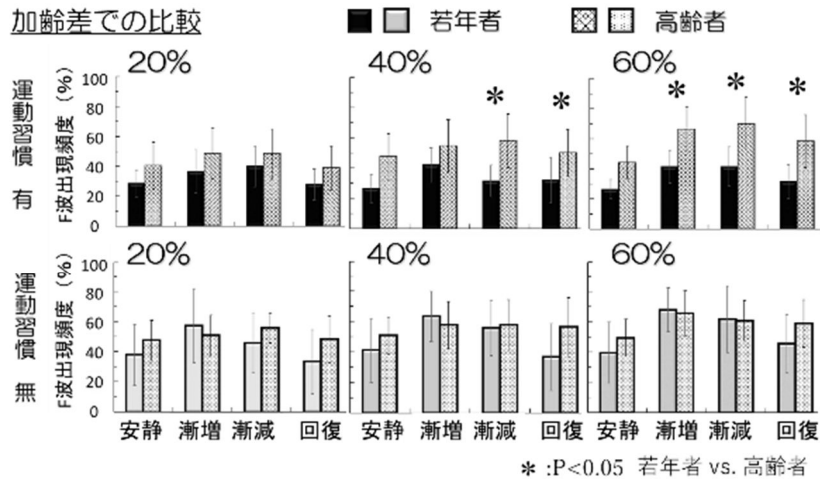


図2. 力漸増漸減課題におけるF波出現頻度-安静、漸増時、漸減時、回復(20秒間) -

(3) 実験3：力発揮増減課題

力発揮調整能は、若年群が高齢者群と比較して、20%MVCから60%MVC掌握運動に切り替える調整能力が低かった。特に、運動習慣のある若年者において調整能力が低い傾向であった。60%MVCから40%・20%MVC掌握運動に切り替える条件においては、高齢者の運動習慣者が非運動習慣者に比べて優れていた。

図3に力発揮増減課題におけるF波出現頻度の結果を示した。F波出現頻度は、20%MVCから40%MVCおよび60%MVCへの力増大条件において若年者と比べて高齢群で有意に高値を示した ($P<0.05$)。60%MVCから40%MVCに力減少条件において、高齢群のF波出現頻度が若年群に比して高い傾向を示した。対象者は上肢運動を伴う運動習慣者であったが、高齢群のみ前半の60%MVCの掌握運動の影響が後半の40%MVC時にも残存したものと推測された。また、4条件ともに回復期のF波出現頻度は、若年群は安静レベルに戻るが高齢群は高いままであった。これらのことから、加齢に伴い脊髄運動ニューロンの興奮性動態に差異が生じることが示唆された。

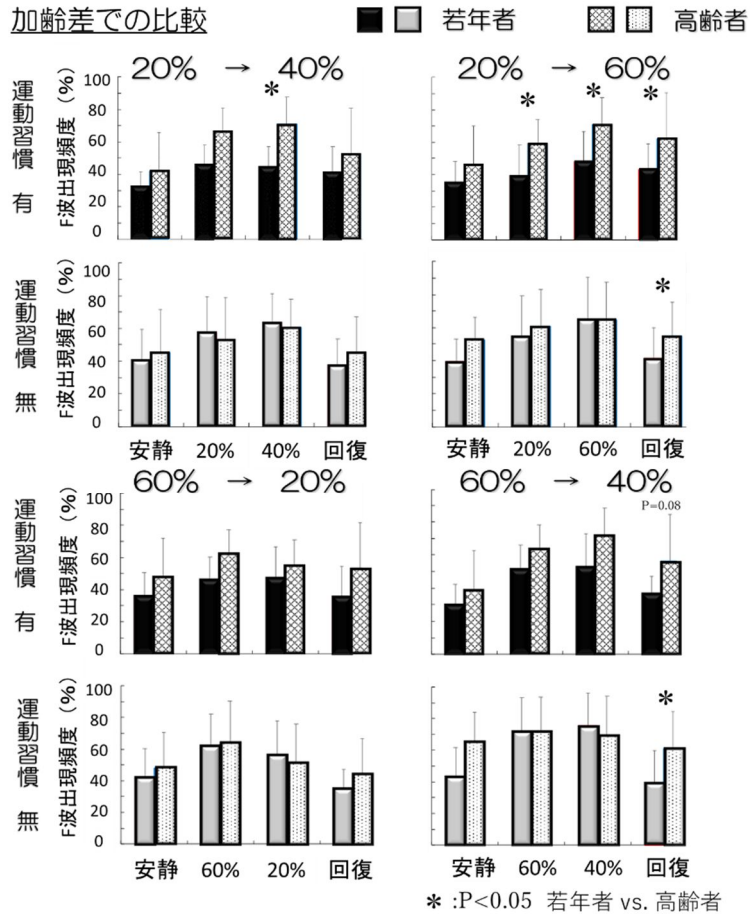


図3. 力発揮増減課題におけるF波出現頻度
-安静、20%MVC、40% or 60% MVC維持時、回復（20秒間）-

	①運動習慣の有無からの検討		②加齢差からの検討		
	若年者 有 vs. 無	高齢者 有 vs. 無	運動習慣 有 若年者 vs. 高齢者	運動習慣 無 若年者 vs. 高齢者	
実験1:筋力維持実験 (20秒間等尺性筋収縮) ⇒	力発揮調整能	優 > 劣	N.S.	N.S.	
	脊髄α運動ニューロンの興奮性	低 < 高	低 < 高 (掌握運動直後も高値)	低 < 高 (掌握運動直後も高値)	
実験2: 漸増漸減負荷実験 (各20秒間漸増・漸減) ⇒	力発揮調整能	N.S.	優 > 劣	優 > 劣	
	脊髄α運動ニューロンの興奮性	低 < 高	低 < 高 (掌握運動直後も高値)	N.S.	
実験3: 力発揮増減課題実験 (20秒間の等尺性掌握運動後に5秒間かけて力を増大or減少後、20秒間の等尺性掌握運動) ⇒	力発揮調整能	増大 20→40,60%	増大 20→40,60%	増大 20→40,60%	
	力発揮調整能	N.S.	優 > 劣	劣 < 優	
	脊髄α運動ニューロンの興奮性	低 < 高	N.S.	低 < 高 (掌握運動直後も高値)	N.S. (掌握運動直後は高値)
	力発揮調整能	減少 60→20,40%	減少 60→20,40%	減少 60→20,40%	減少 60→20,40%
	力発揮調整能	N.S.	優 > 劣	N.S.	
	脊髄α運動ニューロンの興奮性	低 < 高	N.S.	低 < 高 (掌握運動直後も高値)	N.S. (掌握運動直後は高値)

表1. 本研究成果の一覧表

表1に、本研究から得られた成果を示した。運動習慣の有無、加齢の影響から、「力の発揮増減の調整能」に関わる脊髄運動ニューロンの興奮性の適応は、等尺性筋力維持課題、漸増・漸減時における筋力増減課題および等尺性掌握運動後に力を増大または減少後、掌握運動を行う課題において、各々運動習慣や加齢の影響が観察された。脊髄運動ニューロンの興奮性の指標であるF波出現頻度は、力発揮時は運動習慣の有る者より無い者、また若年群より高齢群が高かった。さらに、力発揮直後において、若年群は安静レベルに戻るが

高齢群は高いままであった。これらのことから、運動習慣の有無および加齢に伴い脊髄 運動ニューロンの興奮性動態に差異が生じることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Takahara Terumasa, Yamaguchi Hidetaka, Seki Kazutoshi, Murata Megumi, Onodera Sho	4. 巻 118
2. 論文標題 Effect of circulatory system response to motor control in one-sided contractions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 1773 ~ 1780
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00421-018-3907-y	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 関 和俊、高原 皓全、山口 英峰、小野寺 昇
2. 発表標題 握力の漸増漸減が力発揮調整能と誘発筋電図 F波に及ぼす影響
3. 学会等名 第83回日本体力医学会中国・四国地方会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 和俊、高原 皓全、山口 英峰、小野寺 昇
2. 発表標題 加齢差と運動習慣の有無が握力の漸増漸減時における力発揮調整能と誘発筋電図F波に及ぼす影響
3. 学会等名 第27回日本運動生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 和俊、高原 皓全、山口 英峰、小野寺 昇
2. 発表標題 加齢差と運動習慣の有無が力発揮調節能と誘発筋電図F波に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 和俊、高原 皓全、山口 英峰、小野寺 昇
2. 発表標題 運動習慣の有無が力発揮調節能と誘発筋電図F波に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

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