

令和 6 年 5 月 3 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11532

研究課題名（和文）最大随意筋収縮の運動システムの活動を抑制する無意識の心象

研究課題名（英文）The unconscious mental inhibiting process of human maximal voluntary contraction

研究代表者

宝田 雄大（Takarada, Yudai）

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：70367093

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：闕下呈示の運動の行動目標（条件刺激）が闕上の前向き形容詞「最大の」（無条件刺激）と対呈示（遅延条件づけ）されると、条件刺激によって誘発される瞳孔拡張を伴った素早く力強い運動を消失させることがわかった。つまり、行動目標「最大随意筋力を発揮する」が望ましくない状態で心の中に内在している可能性が示された。またシャウトが最大随意筋力を増加させ、Silent periodを短縮させることがわかった。したがって、シャウトの筋力増強効果は心理的抑制の除去または軽減というよりはむしろ、シャウト自体の運動指令の皮質（一次運動野）内抑制低減によるものと推測できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シャウトが最大随意筋力（MVC）を増加させる原因を調べてみると、シャウト自体の運動指令が一次運動野（M1）皮質内抑制を低減させることが分かった。つまり、シャウトによる力増強効果はシャウトによる心理的抑制の除去あるいは軽減（Ikai & Steinhaus, 1961）というよりはむしろ、シャウトに関連した運動指令のM1への追加的入力であることが初めて客観的に示された。このようなMVC変動のメカニズム解明は、アスリートのみならず、筋機能改善を目指した中高齢者やリハビリテーション患者の健康・運動性能の適切な評価や再現性の高い測定法の確立に必要不可欠であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：When combined with the term 'maximal' in the consciously visible form, the effect of this subliminal motor-goal priming in inducing pupil dilation and stronger action preparation/execution was abolished without conscious awareness. This is the first objective evidence of motor inhibitory effect-predicting patterns of pupil-linked noradrenergic activity as a signature of a type of mental inhibition underlying the MVC behavioural goal. Meanwhile, shouting significantly increased handgrip maximal voluntary force and reduced the silent period, indicating that shouting increased handgrip voluntary force during sustained maximal exertion effort through the reduced silent period. This is the first objective evidence that the muscular force of shouting during maximal force exertion is associated with the potentiation of motor system activity produced by the additional drive of shouting operating on the motor system (i.e., shouting-induced excitatory input to the primary motor cortex).

研究分野：Biological science/Neuroscience/Motivation

キーワード：goal-priming unconscious motivation motor system activity noradrenergic activity TMS pupillometry maximal effort shout

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

最大努力であると信じて発揮された筋力 最大随意筋力 (MVC) は 300 年以上も測定され続けており、過去 20 年間に限ってみてもその役割を健康や運動等との関連で調べた研究は数千にも及ぶ (Nuzzo et al., 2019)。この MVC がシャウト、かけ声、催眠暗示などで増加することから、MVC 発揮時には内的な抑制または抑制機構が作用しており、それらが心理的要因と密接に関係していると考えられている (Ikai & Steinhaus, 1961)。この仮説に従うと、これらの MVC の増加の原因は内的な抑制または抑制機構の作用の抑制または除去である。心的状態が変化すると予想以上の能力が発揮されることは「心頭滅却すれば火もまた涼し」や「火事場の馬鹿力」などの故事成語からも知ることができるが実のところ、その根拠となっている内的な抑制または抑制機構についてはよくわかっていない。

一方、MVC 実施の成果とは、これまでの MVC 再現もしくはその更新である。その MVC の成果は検査や測定毎に必ず達成されるとは限らない。通常、検者から参加者は最大努力で握るよう促され、(無意識に) それに応えようとする。その応答行動は参加者にとっては MVC 成果の達成に他ならない。しかし、最大努力で握力計を握ったとしても、参加者はその目標を達成できるとは限らないことをこれまでの経験で十分承知している。そのような困難のために、多くの試行では目標達成がかなわない。厳密に言えば、各人にとっての「最大」随意等尺性筋力 (MVC) は文字通り一生に一回であることを忘れてはならない。以上の MVC 達成の困難さの再認識が、測定法に代表される測定 (実験) 者の視点ではなく、参加者の心のはたらき (潜在記憶) に焦点をあてるきっかけとなった。MVC 目標追求 (達成) の失敗は、それまでの各個人の MVC 目標

最大の力発揮 (行動状態) あるいは MVC (成果) を達成するために確立された基準や姿勢に依存して、様々なネガティブな感情的反応を引き起こす可能性は十分考えられる (Carver & Scheier, 1998; Higgins, 1998; Martin & Tesser, 1996)。もしそうであるならば、MVC 目標は「望ましくない状態」として参加者の心の中で概念化されるであろう。以上が、「望ましくない状態」として表象される MVC 目標こそが Ikai & Steinhaus (1961) の心理的抑制因子の一つである、との仮説に至った経緯である。またこの仮説は、「ソマティック・マーカー仮説」(Damasio, 1994) から支持される：ネガティブ感情が付随した MVC 目標について発信される信号は「悪い」という価値に従いマークされ、認知プロセスが作用する前に感情プロセスが起動し作用すると推察される (意思決定における感情の優先)。このような意思決定における感情優先は Festinger による認知的不協和理論 (1957) から間接的に肯定され、本仮説「望ましくない状態として表象される MVC 目標こそが心理的抑制因子の一つである」の学術的正当性は保持されている。

2. 研究の目的

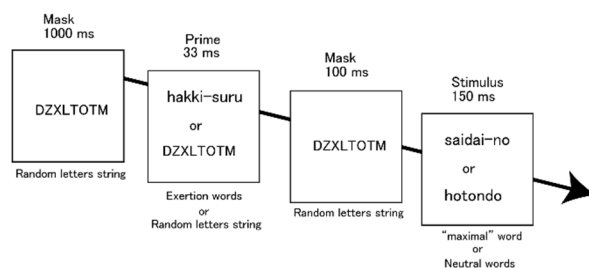
本研究の目的は、(a) シャウトが MVC に与える影響と、(b) 「最大の」と身体的な力発揮に関連した単語との暗示連合学習が目標指向性行動に与える影響を調べることである。

3. 研究の方法

(a) シャウトが MVC に与える影響：シャウトの有無が、握力 (MVC) と瞳孔径及び経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial Magnetic Stimulation, TMS) による単発一次運動野 (M1) 刺激の誘発筋電図 (MEP) (右図) に与える影響を明らかにし、MVC におけるシャウト効果の原因を探る。



(b) 「最大の」と身体的な力発揮に関連した単語との暗示連合学習が無自覚的目標指向性行動に与える影響：無自覚的動機づけ (Takarada & Nozaki, 2014; 2017; 2018) を用いて、閾下の身体運動に関連した運動行動の単語と「最大の」とを対呈示する場合、これらを対呈示しない場合、そして「最大の」だけの場合 (閾下の身体運動関連単語呈示なし) の 3 つの異なるプライミング手続きが、運動行動 (握力発揮) と瞳孔径及び TMS による単発 M1 刺激の MEP に与える影響を明らかにし、MVC 変動要因の一つとしての被検者の心の内を探る。



4. 研究成果

研究目的の一つである形容詞「最大の」と運動行動に関連した単語 (動詞) との暗示連合学習が無自覚的目標指向性行動に与える影響を調べた結果、「発揮 (する)」などの身体運動の概念を持った行動目標 (条件刺激) が閾下呈示され、それらが閾上呈示の前向き形容詞のひとつである「最大の」(無条件刺激) との対呈示 (遅延条件づけ) は、条件刺激によって誘発される瞳孔拡張を伴った素早く力強い運動とその持続性を消

失させることがわかった。つまり、「最大随意筋力を発揮する」の行動目標が望ましくない状態で心の中に内在していたことが心理的抑制要因の一つであると推測される。これは最大随意筋力測定時の測定される者の潜在知覚に焦点を当て、無自覚的に働く心像の痕跡を客観的に示した最初の研究である。

一方、シャウトが最大筋力を増加させる原因を調べてみると、シャウトが最大随意筋力を増加させ、Silent period (SP)を短縮させることがわかった。一般に、100 ms 以上の SP 時間の変化は皮質内抑制の変化を反映しており、特に一次運動野 (M1) の皮質内抑制の指標として使われてきた。なぜなら、SP 時間の変化は M1 内の GABAB-ergic circuits によって生み出され、その起源が大よそ M1 であると考えられているからである。したがって、シャウトによる SP 時間の短縮はシャウト自体の運動指令が M1 皮質内抑制を低減させたことを示している。つまり、シャウトによって心理的抑制 (Ikai & Steinhaus, 1961) が取り除かれるというよりはむしろ、シャウトに関連した運動指令の M1 への追加的入力であることが示唆された。以上の研究成果は下記の通り 3 つの国際誌で受理され出版されている。

Takarada, Y, Nozaki, D. Shouting strengthens maximal voluntary force and is associated with augmented pupillary dilation. *Scientific Reports* 11 (18419), 2021.

Takarada, Y, Nozaki, D. The unconscious mental inhibiting process of human maximal voluntary contraction. *Psychological Research* 86 (5), 1458-1466, 2022.

Takarada, Y, Nozaki, D. Shouting strengthens voluntary force during sustained maximal effort through enhancement of motor system state via motor commands. *Scientific Reports* 12 (16182), 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 2件）

1. 著者名 Yudai Takarada, Daichi Nozaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Shouting strengthens voluntary force during sustained maximal effort through enhancement of motor system state via motor commands	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 312-316
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-20643-4	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 -

1. 著者名 Yudai Takarada, Daichi Nozaki	4. 巻 1
2. 論文標題 The unconscious mental inhibiting process of human maximal voluntary contraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Psychological Research	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00426-021-01578-3	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------