

シャウトによる筋力増強効果

—疲労の有無に着目して—

柳川 和優*・磨井 祥夫**

Effects of Shouting on Muscular Strength: Focusing on Muscle Fatigue Conditions

Kazumasa Yanagawa and Sachio Usui

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effects of the muscular strength exerted during times of non-fatigue and fatigue and shouting, and to clarify the characteristics of muscular strength during times of fatigue. Grip strength was measured using the digital grip strength dynamometer for thirty healthy males. The following results were obtained.

1. The grip strength was significantly higher during shouting for both times of non-fatigue and fatigue than when there was no shouting.

2. Shouting had a significantly higher effect during times of fatigue than when there was no fatigue.

3. The value of grip strength significantly declined up to the forty-fifth trial, but the grip strength significantly increased just before the end at the fiftieth trial indicating an end spurt.

The results of the trial shows that grip strength increased when shouting for both times of non-fatigue and fatigue. The increases in muscular strength effect was greater when shouting during times of fatigue. And, an end spurt was recognized near the end of the trial resulting in an increase in muscular strength.

1. はじめに

スポーツ活動中において力を発揮する際に、選手がかけ声を発することがある(藤野, 2008)。例えば、レジスタンストレーニングで持ち上がるかどうかの重量のバーベルを挙上する時、投擲時(村川と野老, 2007)、剣道の打突時(岡嶋と館林, 2003)などである。さらには、サッカー、ラグビー、バスケットボールなどの球技において、疲労で動きが止まりかけた

時などにおける声出しも散見される。

自発的なかけ声は、筋力の向上(Ikai and Steinhaus, 1961; 猪飼と石井, 1961; 猪飼, 1963; 矢部, 1977; 小宮山ほか, 2000; 柳川と磨井, 2016)、筋パワーの向上(金子と矢部, 1969; 北村ほか, 1981)、反応時間の短縮(川下と河辺, 2013)、運動パフォーマンスの向上(村川と野老, 2007)などをもたらすことが知られている。

Ikai and Steinhaus (1961)は、かけ声という筋力発揮の有効な方法を、生理的及び心理的限界という用語で説明した。つまり、かけ声によって大脳内に生じた旧皮質の賦活作用が、間

* 広島経済大学経営学部教授

** 福山平成大学福祉健康学部健康スポーツ科学科教授

接的に大脳皮質の興奮性を高め、大脳に生じた内制止 (internal inhibition) を制止すること、つまり脱制止 (disinhibition) することで心理的限界を一時的に生理的限界まで高められると推察している。

以上のように、シャウトが筋力を増加させることは認められるが、筋力増強効果に対する疲労の影響については必ずしも明らかにされていないと断言するのは難しい。そこで本研究では、疲労の有

無におけるシャウトの効果および疲労時の筋力発揮の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 被検者

被検者は、年齢17～52歳（平均年齢22.5歳）のレジスタンストレーニングを定期的に行っている健康なアスリート男子30名とした。被検者の身体的特徴と握力を表1に示した。

表1 被検者の身体的特徴と握力

被検者	年齢 (yrs)	体重 (kg)	握力 (シャウトなし) (kg)	握力 (シャウトあり) (kg)	シャウトの効果 (通常時) (kg)	シャウトの効果 (疲労時) (kg)
1	21	75	54.8	52.6	-2.2	13.7
2	22	62	51.2	53.8	2.6	7.7
3	21	82	37.3	39.6	2.3	3.0
4	22	58	39.6	45.6	6.0	16.1
5	21	69	42.2	41.3	-0.9	3.7
6	25	73	59.7	62.0	2.3	3.7
7	19	69	48.6	48.8	0.2	7.4
8	17	59	57.6	58.1	0.5	7.1
9	16	50	34.4	34.7	0.3	4.0
10	20	72	53.6	56.8	3.2	7.9
11	18	87	54.7	56.2	1.5	6.6
12	19	65	53.6	55.8	2.2	1.9
13	19	60	53.8	59.7	5.9	12.5
14	18	70	53.8	59.7	5.9	4.2
15	38	85	53.6	56.8	3.2	4.6
16	18	62	53.6	56.1	2.5	5.1
17	30	53	52.4	54.7	2.3	3.2
18	21	85	53.7	61.7	8.0	4.0
19	20	70	48.7	50.2	1.5	7.5
20	17	55	46.2	48.8	2.6	2.1
21	37	69	49.6	50.2	0.6	3.1
22	21	79	52.1	51.8	-0.3	0.0
23	19	65	62.4	59.4	-3.0	-0.9
24	52	70	52.4	54.7	2.3	6.1
25	21	78	59.2	59.5	0.3	9.9
26	19	70	51.7	52.8	1.1	5.0
27	32	68	60.2	61.0	0.8	4.8
28	15	59	40.2	40.0	-0.2	6.1
29	17	61	36.2	40.2	4.0	5.5
30	20	72	55.2	54.0	-1.2	5.9
Mean	22.5	68.4	50.7	52.6	1.8	5.7
SD	7.9	9.6	7.3	7.4	2.5	3.7

2.2 実験手順

男子30名にデジタル握力計（竹井機器工業社製：グリップ-D）を使用し、握力の測定を行った。まず、疲労していない時（通常時）のシャウトの効果を調べるために無発声（シャウトなし）で全力の試技を行い、その約1分後に有発声（シャウトあり）で全力の試技を行った。次に、同じ握力計を使用し、疲労時について検討した。具体的には、約2秒に1度の割合で50回、無発声で全力の試技を行い、51回目にはシャウトしながら全力の試技を行った。なお、握力の記録は5回毎および51回目に行った。

通常時のシャウトの効果は、（シャウトありの握力）－（シャウトなしの握力）で算出した。疲労時のシャウトの効果は、（51回目の握力）－（50回目の握力）で算出した。

2.3 統計処理

各群における比較は対応のあるt検定を行った。有意水準は5%未満とし、統計解析は

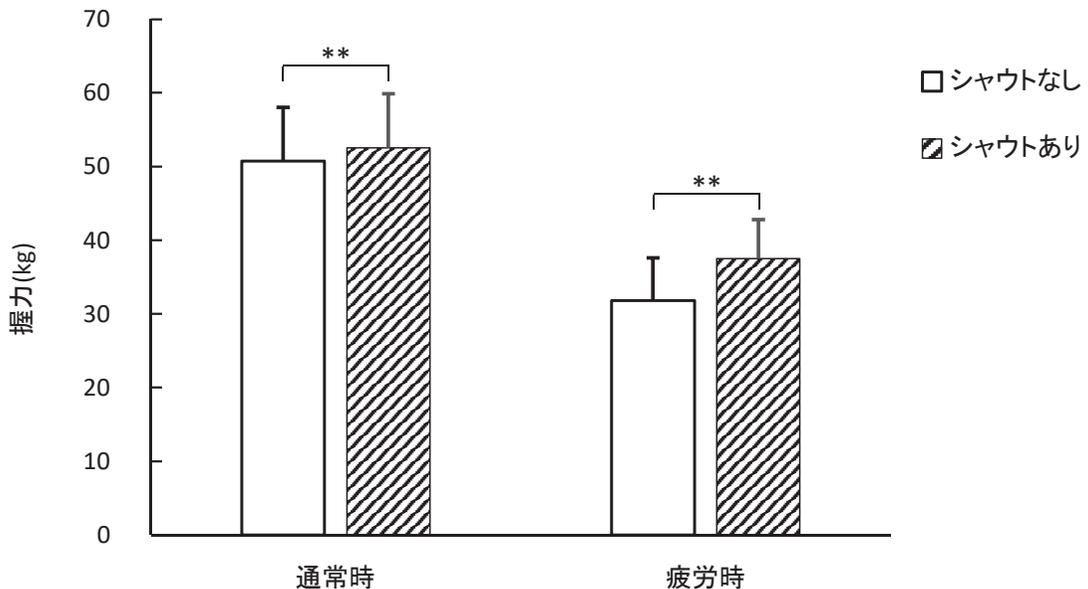
IBM SPSS Statistics ver. 25を用いた。なお、51回連続測定の間数回の比較はt検定を11回繰り返すので、検定の多重性の問題が生じる。そこで、有意確率を11で除した確率に補正するというBonferroniの方法を用いてt検定を行った。

3. 結 果

通常時における握力を測定した結果、シャウトなしよりもシャウトありの方が筋力が有意に高かった（ $p < 0.01$ 、図1）。

図2は、約2秒に1度の割合で50回、シャウトなしで全力の試技を行った際の5回ごとの握力、さらに51回目はシャウトしながらの握力の平均と標準偏差を示したものである。約2秒に1度の割合で50回、シャウトなしで全力の試技を行った後の疲労時においても、シャウトにより筋力は有意に向上した（ $p < 0.01$ 、図1、図2）。

図3は、図2のデータから、前回からの握力増加量を算出して平均と標準偏差を示したもの



** : $p < 0.01$

図1 通常時と疲労時におけるシャウトの効果

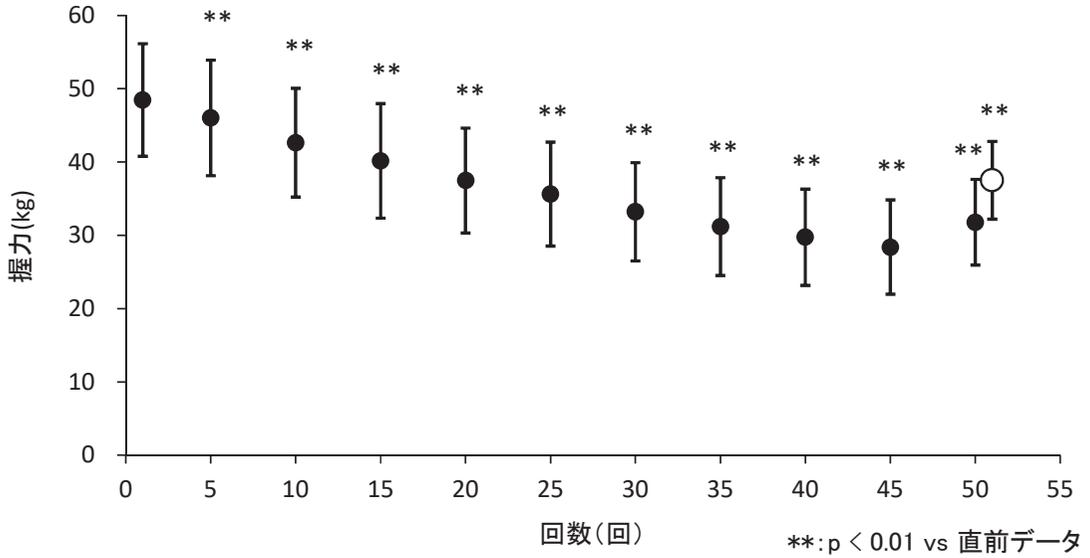


図2 疲労時におけるシャウトの効果 (51回目がシャウト)

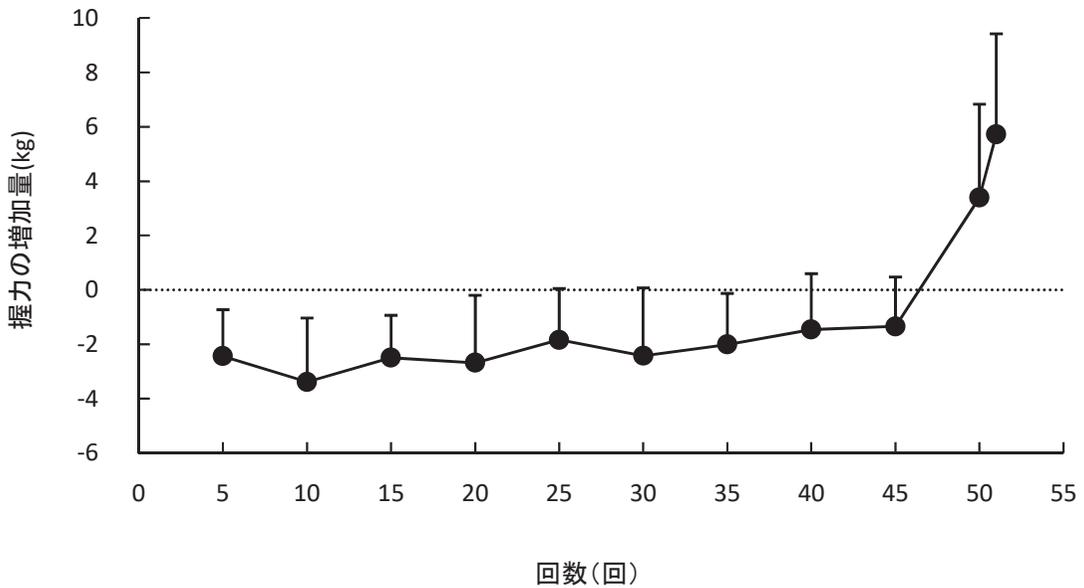


図3 前回からの握力増加量

である。5回から45回までは前回と比べて減少しており、50回と51回は増加したことが示された。

なお、シャウトによる筋力増加量は、疲労していない通常時よりも疲労時の方が有意に大き

かった ($p < 0.01$, 図4)。

さらに、試技開始から45回目までは、直前の値よりも握力が有意に低下したのに対し、終了間際の50回目の握力は直前の45回目の握力よりも有意に高かった ($p < 0.01$, 図2)。

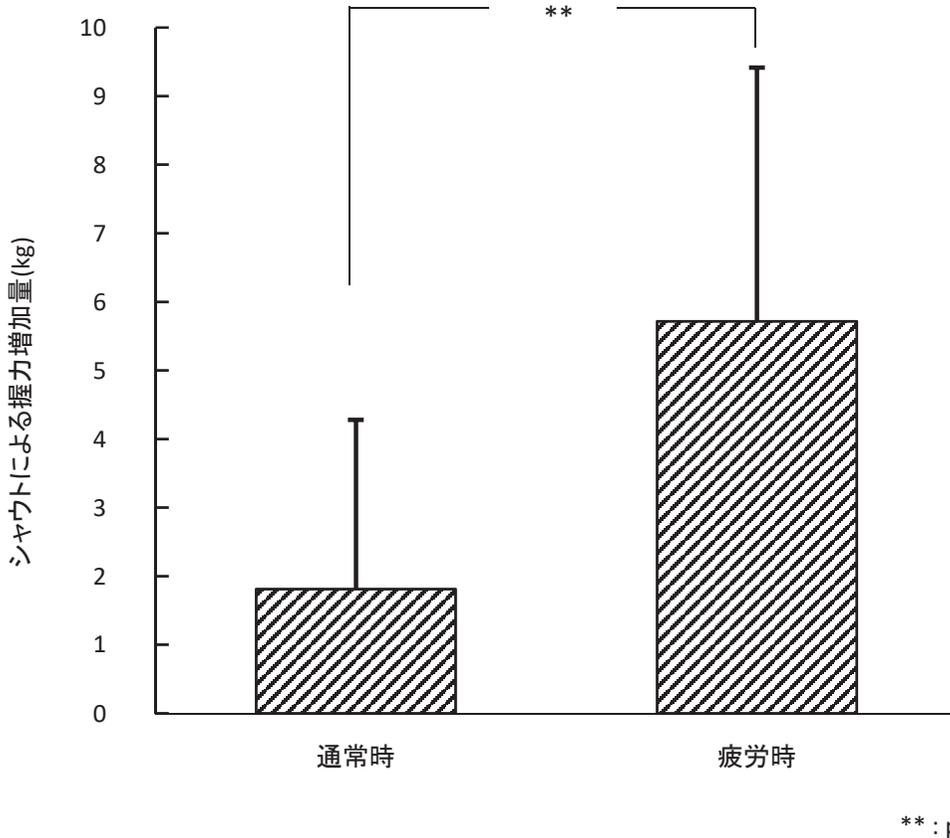


図4 通常時と疲労時におけるシャウトの効果の差

4. 考 察

4.1 通常時のシャウトによる筋力増強効果

シャウトと競技パフォーマンスの関係を検討するために、Ikai and Steinhaus (1961) は、最大随意収縮における筋力測定を行った。その結果、自発的なかけ声と同時に筋力を発揮した場合には最大筋力が12.2%増大し、筋力発揮の2~10秒前にピストル音を鳴らすと7.4%の増大が見られたと報告した。また、北村ほか(1981)は、瞬発力を必要とするパワー系のスポーツにおいて、無発声に対しシャウトでは、最大筋収縮速度が約9%、筋パワーが14.6%増大したと報告した。さらに、脇田ほか(1991)、林と脇田(2004)、川下と河辺(2013)等によって、かけ声と筋力には密接な関係があることが

報告されている。

本研究の結果、シャウトなしよりもシャウトありの方が筋力が有意に高くなることが示された(図1)。この結果は、Ikai and Steinhaus (1961)以降の多くの先行研究を支持するものであった。

矢部ほか(1998)は、自発的なかけ声を伴う筋力発揮は中枢神経系を興奮させ、主動筋および協同筋の運動ニューロンの動員数が増加し、最大随意筋力を増大させることを報告した。また、経頭蓋磁気刺激法を用いた研究においても、最大発揮筋力の低下には身体運動にかかわる一次運動野から脊髄運動ニューロンに至る皮質脊髄路での興奮性の低下が関連することが示唆されている(Gandevia, 2001)。

4.2 疲労時のシャウトによる筋力増強効果

本研究の結果、疲労していない通常時よりも疲労時の方がシャウトの効果は有意に大きかった(図4)。

最大下の筋力発揮の繰り返しを継続している時に、意図した筋力発揮レベルが維持できなくなった直後に最大筋力発揮を実施すると、その発揮筋力は繰り返し時に要求されていたレベルを超えることが観察されている(Vøllestad et al., 1988)。また、最大下の筋力発揮を維持すると、時間とともに最大発揮筋力がやや低下する一方、主観的運動強度は「かなりきつい」レベルにまで増加することが報告されている(Søgaard et al., 2006)。さらに、疲労には中枢神経系の要因が関与し、筋力発揮の継続によって生じうる障害などを防ぐために、筋力発揮に関わる中枢からの運動指令の出力が非随意的に抑制されている可能性がある(Marcora and Staiano, 2010)と考えられている。

このように、疲労に伴う筋の発揮力の低下には、末梢性疲労のみならず中枢性疲労が関与している(矢部, 1986)と考えられ、通常時と同じメカニズムでシャウトにより筋力は増加すると考えられる。しかし、通常時に比較して疲労時の方がシャウトによる筋力増強が強く認められることに関する生理的な作用機序の違いは、未だに明らかではない。

4.3 疲労時の終末努力

本研究では、試技開始から45回目までは、直前の値よりも握力が有意に低下したのに対し、終了間際の50回目の握力は直前の45回目の握力よりも有意に高かった(図2)。内田クレバリン精神検査の作業曲線(1987年における健常者1万人の平均曲線)において、作業終了近くで終末努力(藤永保ほか編, 1981)により作業量が増える傾向(日本・精神技術研究所編, 1990; 野田, 1998)が確認されている。本研究

の結果も、これと同様の現象であると考えられた。すなわち、作業終了が近づけば終末努力により筋力が増加する、ということが示された。

5. ま と め

本研究では、疲労の有無におけるシャウトの効果および疲労時の筋力発揮の特徴を明らかにすることを目的とした。健康な男子30名を対象とし、デジタル握力計を用いて握力の測定を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 通常時、疲労時ともにシャウトなしよりもシャウトありの方が握力が有意に高かった。
- 2) 疲労していない通常時よりも疲労時の方がシャウトの効果は有意に高かった。
- 3) 試技開始から45回目までは、直前の値よりも握力が有意に低下したのに対し、終了間際の50回目の握力は直前の45回目の握力よりも有意に高く、終末努力が確認された。

以上のことにより、通常時、疲労時ともにシャウトにより筋力が増大すること、シャウトによる筋力増強効果は疲労時の方が大きいこと、作業終了近くで終末努力により筋力が増加することが示された。

謝 辞

本研究は、西村一秀氏の協力によるところが大きい。ここに記して、感謝の意を表したい。

文 献

- 藤永 保ほか編(1981)新版 心理学事典. 平凡社, 東京: 271.
- 藤野良孝(2008) スポーツオノマトペ—なぜ一流選手(トップアスリート)は「声」を出すのか. 小学館, 東京.
- Gandevia SC(2001) Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiol Rev* 81: 1725–1789.
- 林 和哉, 脇田裕久(2004) 反応動作時における自発的『掛け声』の影響. 三重大学教育学部研究

- 紀要 自然科学 55: 75-84.
- Ikai M, Steinhaus AH (1961) Some factors modifying the expression of human strength. *J Appl Physiol* 16(1): 157-163.
- 猪飼道夫, 石井善八 (1961) 筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究. *体育学研究* 5(4): 154-165.
- 猪飼道夫 (1963) 疲労による最大筋力の低下とこれに関する二, 三の因子. *産業医学* 5(9): 603-610.
- 金子公宥, 矢部京之助 (1969) 筋パワーの生理的限界に関する研究. *体育学研究* 13(3): 155-161.
- 川下香織, 河辺章子 (2013) 動作前の発声による反応時間への影響. *身体行動研究* 2: 39-44.
- 北村潔和, 福田明夫, 有沢一男 (1981) 筋収縮速度とパワーにおよぼす「かけ声」の効果. *体育の科学* 31: 143-146.
- 小宮山伴与志, 河合辰夫, 古林俊晃 (2000) 反復的な1分間の最大筋力発揮時におけるヒラメ筋と前脛骨筋の筋疲労について. *体力科学* 49: 597-602.
- Marcora SM, Staiano W (2010) The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? *Eur J Appl Physiol* 109: 763-770.
- 村川増代, 野老 稔 (2007) 投擲時における発声の効果. *武庫川女子大学紀要 (自然科学)* 55: 1-4.
- 日本・精神技術研究所編 (1990) 内田クレペリン精神検査データブック. 金子書房, 東京: 45.
- 野田勝子 (1998) 内田・クレペリン精神作業検査のいわゆる「定型」について: 時代による変化について. *名古屋大学教育学部紀要 心理学* 45: 37-44.
- 岡嶋 恒, 館林啓二 (2003) 剣道における打突時の発声に関する一考察. *釧路論集: 北海道教育大学釧路分校研究報告* 35: 79-86.
- Søgaard K, Gandevia SC, Todd G, Petersen NT, Taylor JL (2006) The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. *J Physiol* 573(2): 511-523.
- Vøllestad NK, Sejersted OM, Bahr R, Woods JJ, Bigland-Ritchie B (1988) Motor drive and metabolic responses during repeated submaximal contractions in humans. *J Appl Physiol* 64(4): 1421-1427.
- 脇田裕久, 河合辰夫, 矢部京之助, 水谷四郎 (1991) 最大筋力発揮に及ぼす呼吸相の影響. *三重大学教育学部研究紀要 自然科学* 42: 97-104.
- 矢部京之助 (1977) 筋疲労における自発的な「かけ声」の効果. *人体筋出力の生理的限界と心理的限界*. 杏林書院, 東京: 163-174.
- 矢部京之助 (1986) 疲労と体力の科学—健康づくりのための上手な疲れ方—. 講談社, 東京: 100-104.
- 矢部京之助, 河合辰夫, 脇田裕久, 池上康男, 桜井伸二, 布目寛幸 (1998) Effect of Shouting on process of exerting maximum strength. *スポーツ医・科学* 11(1): 53-58.
- 柳川和優, 磨井祥夫 (2016) ストレッチング, 嘯みしめ, シャウトが膝伸筋力に及ぼす影響. *広島経済大学研究論集* 39(1・2): 75-80.