

反応動作時における自発的『掛け声』の影響

林 和哉*・脇田 裕久**

The Effects of the Shouting on the Reaction Movement

Kazuya HAYASHI* and Hirohisa WAKITA**

要 旨

本研究は、動作前の自発的掛け声が局所および全身反応時間に及ぼす影響を観察し、自発的掛け声が神経・筋機能に与える影響について検討することを目的とした。

局所反応動作におけるS反応動作およびF反応動作のEMG-RTは、absence試行に比較してpresence試行が有意に短縮した。IEMGについては、absence試行に比較してpresence試行が有意に増大した。

全身反応時間については、EMG-RTは、absence試行に比較してpresence試行が有意に短縮した。EMD・動作時間・力積については、両条件間に有意な差が認められなかったが、平均発揮筋力はabsence試行に比較してpresence試行が有意に増大した値を示した。

以上のことから、自発的掛け声は局所および全身の反応動作におけるEMG-RTを有意に短縮させるとともに、その後に続く筋力発揮にも作用をもつことが示唆され、このことについては自発的掛け声が網様体賦活系や大脳の運動準備電位の活動水準を上昇させる可能性のあることが考えられる。

研 究 目 的

感覚刺激に対して素早く動作を起こす反応時間は、反応部位の違いによって局所反応時間と全身反応時間に分類される。これらの反応時間は、大脳の情報処理時間と神経系の刺激伝達時間、筋の収縮時間から構成されており、神経筋機能を検討する研究として現在までに数多くの報告がなされている^{5-9, 12, 15)}。反応時間の筋放電開始時間は、陸上競技の中長距離選手に比較して短距離選手が短く¹²⁾、筋力トレーニングにより筋放電開始時間が短縮することが報告されている¹⁵⁾。また、筋放電開始時間は、前腕の回外動作が屈曲動作に比較して短縮し^{6, 7)}、筋放電開始時間が運動のプログラムの相違や運動ニューロンの興奮にともなって変動することも報告されている^{5, 6)}。このように中枢

神経系機能は、運動の意図や末梢情報によって錐体路細胞や α 運動細胞の興奮性レベルが変化し、刺激から反応動作開始までの潜時に影響を与えることが報告されている^{5-8, 12, 15)}。

一方、各種スポーツにおいて競技者の発声する自発的な掛け声は、これまで筋力発揮との関連から検討されてきた^{4, 11, 13, 14)}。自発的掛け声を伴う筋力発揮は、掛け声を発声しない場合に比較してより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を増加させ、随意最大筋力を増大させることが報告されている¹⁴⁾。しかし、スポーツの場面ではこのような筋力発揮と同時に発声する以外に、剣道の掛け声のように動作前に発声する場合が数多く観察される。先の筋力発揮において発声された自発的掛け声が中枢神経系を興奮させることが示唆されていることから、動作前に発声する掛け声が大脳の興奮水準を一過性に上昇させ、反応時間を短縮させる可能性が考えられる。

* 三重大大学教育学部研究科

** 三重大大学教育学部

そこで本研究は、動作前の自発的掛け声が局所および全身反応時間に及ぼす影響を観察し、動作前の自発的掛け声が神経筋機能に与える影響について検討することを目的とした。

実験Ⅰ 局所反応時間

研究方法

1) 被験者

被験者は、健常な男子学生24名（年齢；18～23歳）を対象とした。

2) 測定方法

局所反応動作の測定は、被験者を椅座位姿勢で上体を固定し、支持台に両前腕部を軽くのせた状態で実施した。本実験の運動課題は、前腕回内位からの両前腕による素早い回外動作（supination, 以下S動作と略す）と屈曲動作（flexion, 以下F動作と略す）した。S反応動作は、回内位から手掌が完全に180度回転するような動作を行うよう指示した。また、F反応動作は、手関節は屈曲させず肘を肘掛けにつけたままの状態、肘関節だけを約30度屈曲するよう指示した。刺激方法は、光刺激を用い被験者の前方2mの位置に設置したXenon Lampから15～30秒間隔で呈示した。験者は、光刺激を呈示する際、被験者の身体が完全に制止した状態であるかどうかを常に確認した（図1）。筋電図は、左右上腕二頭筋から表面双極法を用いて導出し、筋腹の中央に3cmの電極間距離をあけ、筋線維の走行方向と一致するように貼布した。各測定値は、サンプリング周波数2KHzで生体電気用増幅器により増幅し、多用途計測記録装置（日本光電社製）を介してパーソナルコンピュータに取り込んだ。

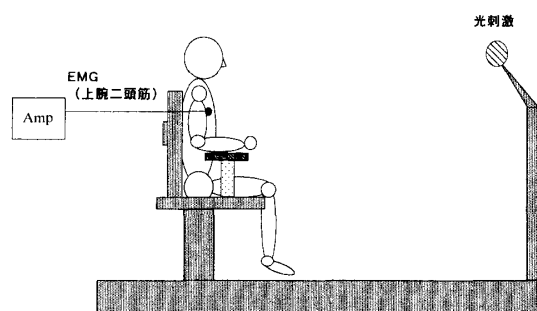


図1 局所反応動作の実験模式図

3) 実験条件

測定は、①掛け声無しの試行（absence 試行）：被験者は、験者の「用意」の合図の後、2～5秒

後にランダムに呈示される光刺激に対してできるだけ素早く反応動作を行う、②掛け声有りの試行（presence 試行）：被験者は、験者の「用意」の合図の後、掛け声（約2秒間）を発声し、掛け声の2～5秒後にランダムに呈示される光刺激に対してできるだけ素早く反応動作を行うの2条件とし、S反応動作・F反応動作についてそれぞれ16試行実施した。また、各試行は、掛け声の有無による順序効果を考慮して、被験者を二分し試行順序を変えて実施した。

4) 分析方法

分析項目は、各測定筋の筋放電開始時間（光刺激から筋放電開始までの時間；EMG-RT）・筋放電の積分値（筋放電開始から100 msecまでの筋放電積分値；IEMG）とした（図2）。各項目の分析は、測定した16試行の数値から筋放電開始時間の最大値・最小値の2つの値を除去した14試行の平均値を個人値とし、t検定（個体の比較）を用いて統計処理を行った。

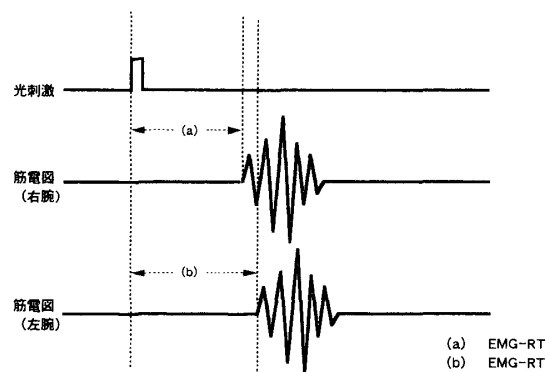


図2 局所反応時間の分析方法

結 果

1) S反応動作

(1) 右上腕二頭筋

① EMG-RT

各被験者の掛け声の有無による右上腕二頭筋のEMG-RTの比較を図3に示した。この平均値は、absence 試行が104 msec、presence 試行が94 msecであり、presence 試行がabsence 試行よりも10 msec短縮し、両条件間に1%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準としたpresence 試行の相対値は90%であり、presence 試行が約10%の短縮を示した。

② IEMG

掛け声の有無による右上腕二頭筋のIEMGの平

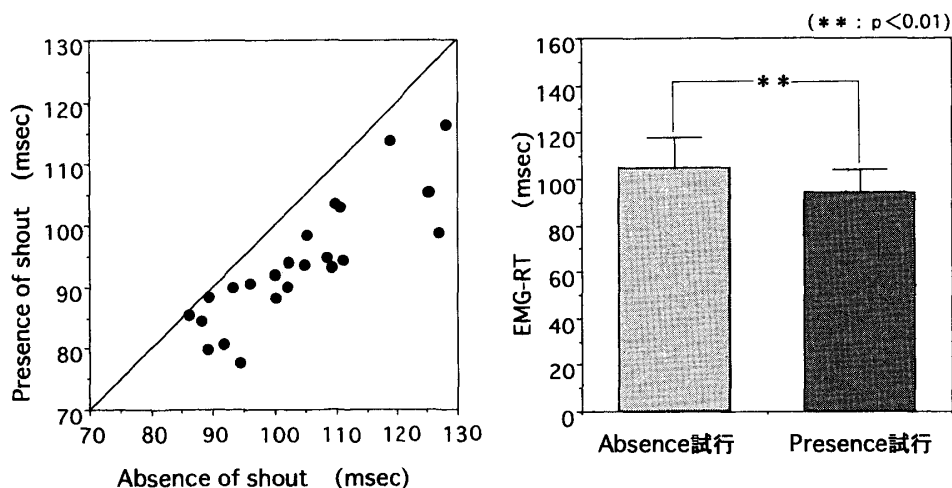


図3 掛け声の有無による EMG-RT の比較 (右腕 S 反応動作)

均値は、absence 試行が 30.1A.U.、presence 試行が 30.4A.U. であり、presence 試行が absence 試行よりも 0.3A.U. 増加し、両条件間に有意な差が認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は103%であり、presence 試行が約 3%の増加を示した。

(2) 左上腕二頭筋

① EMG-RT

各被験者の掛け声の有無による左上腕二頭筋の EMG-RT の比較を図 4 に示した。この平均値は、absence 試行が 104 msec、presence 試行が 95 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 9 msec 短縮し、両条件間に 1%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は91%であり、presence 試行が約 9%の短縮を示した。

② IEMG

掛け声の有無による左上腕二頭筋の IEMG の平均値は、absence 試行が 28.6A.U.、presence 試行が 29.4A.U. であり、presence 試行が absence 試行よりも 0.8A.U. 増加したが、両条件間に有意な差が認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は105%であり、presence 試行が約 5%の増加を示した。

2) F 反応動作

(1) 右上腕二頭筋

① EMG-RT

各被験者の掛け声の有無による右上腕二頭筋の EMG-RT の比較を図 5 に示した。この平均値は、absence 試行が 114 msec、presence 試行が 99 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 15 msec 短縮し、両条件間に 1%水準で有意な

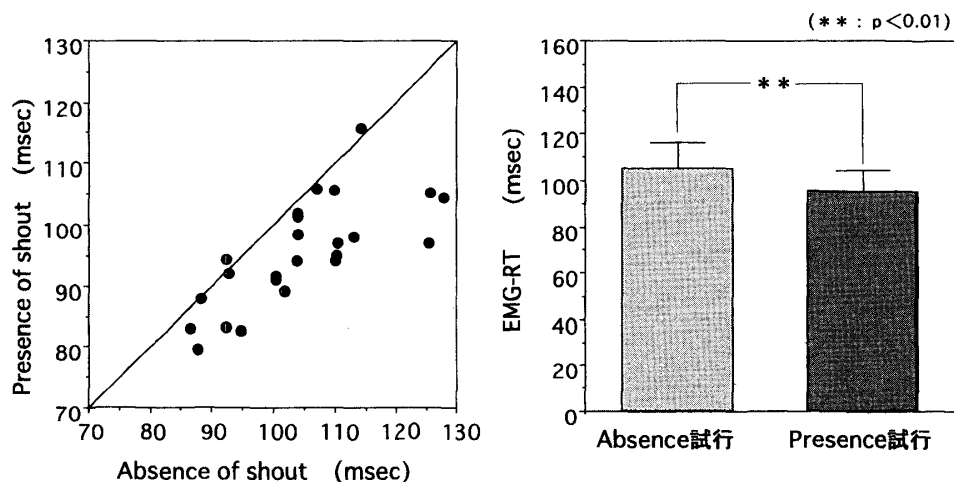


図4 掛け声の有無による EMG-RT の比較 (左腕 S 反応動作)

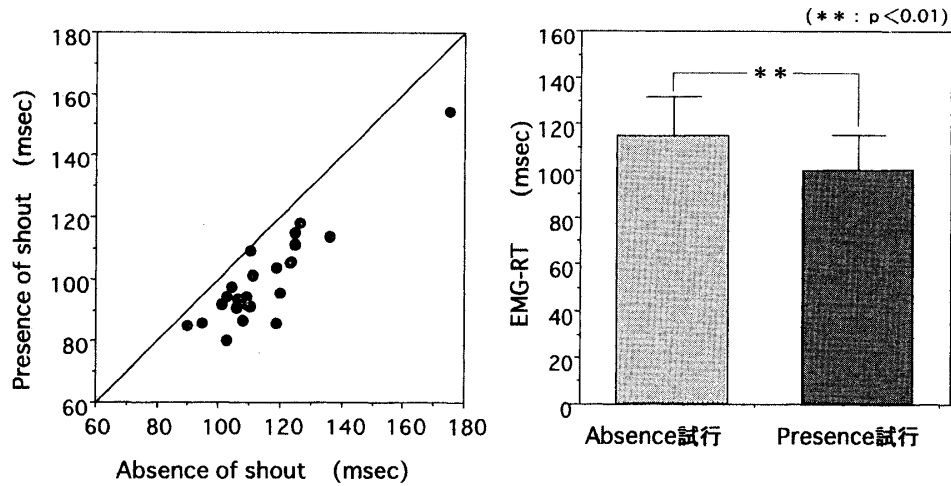


図5 掛け声の有無による EMG-RT の比較 (右腕 F 反応動作)

差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は87%であり、presence 試行が約13%の短縮を示した。

② IEMG

各被験者の掛け声の有無による右上腕二頭筋の IEMG の比較を図6に示した。この平均値は、absence 試行が 19.4A.U.、presence 試行が 22.4A.U. であり、presence 試行が absence 試行よりも 3.0A.U. 増加し、両条件間に 5%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は118%であり、presence 試行が約18%の増加を示した。

(2) 左上腕二頭筋

① EMG-RT

各被験者の掛け声の有無による左上腕二頭筋の EMG-RT の比較を図7に示した。この平均値は、

absence 試行が 110 msec、presence 試行が 98 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 12 msec 短縮し、両条件間に 1%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は89%であり、presence 試行が約11%の短縮を示した。

② IEMG

各被験者の掛け声の有無による左上腕二頭筋の IEMG の比較を図8に示した。この平均値は、absence 試行が 21.8A.U.、presence 試行が 25.6A.U. であり、presence 試行が absence 試行よりも 3.8A.U. 増加し、両条件間に 5%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は119%であり、presence 試行が約19%の増加を示した。

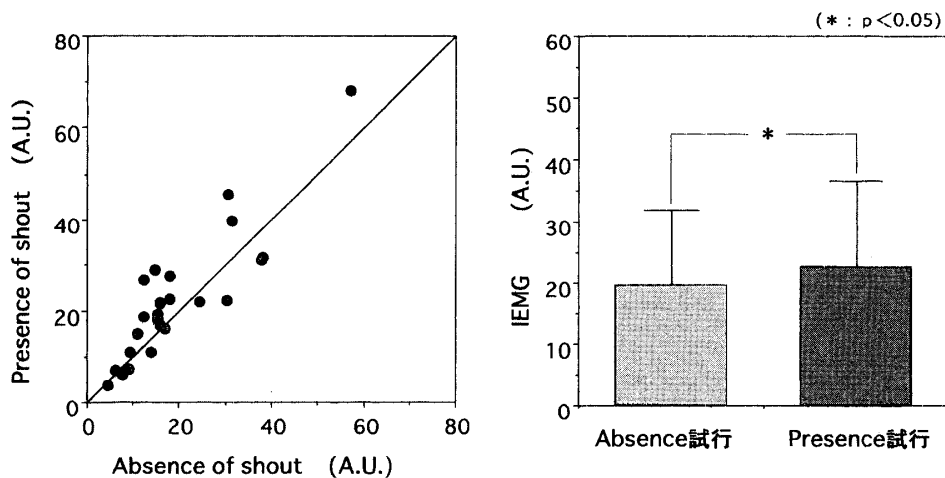


図6 掛け声の有無による IEMG の比較 (右腕 F 反応動作)

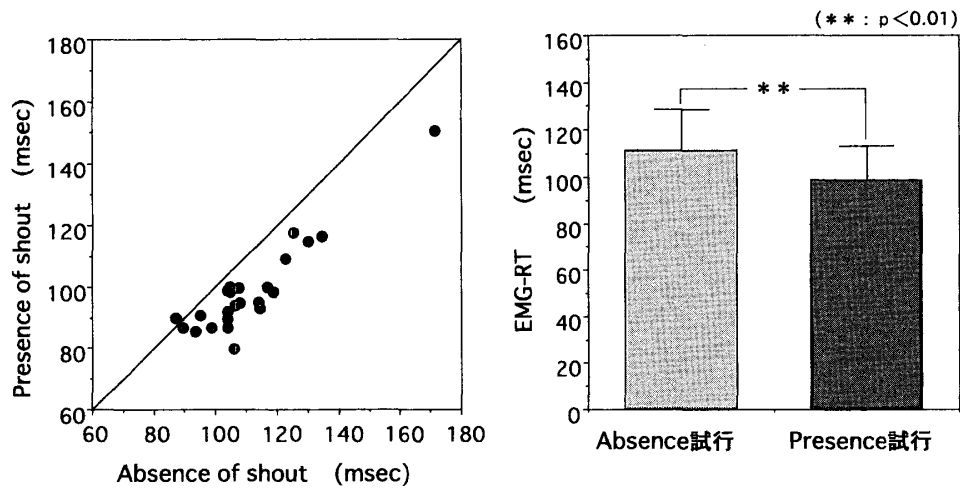


図7 掛け声の有無による EMG-RT の比較 (左腕 F 反応動作)

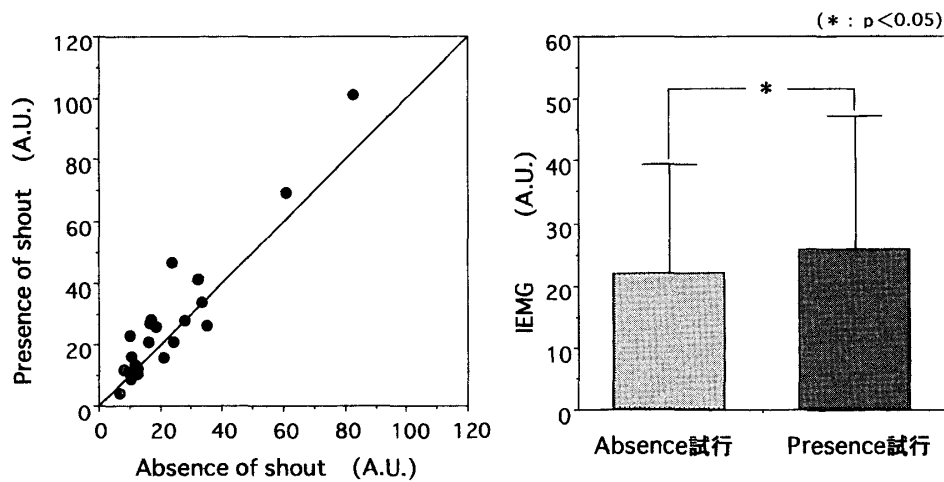


図8 掛け声の有無による IEMG の比較 (左腕 F 反応動作)

論 議

反応時間については古くから多くの研究者によって測定・検討がなされている。一般的には、反応時間は視覚あるいは聴覚刺激に対して手・足を用いて出来るだけ素早く規定された動作を起こすことによって測定されている。局所反応時間について Tuttle ら¹²⁾ は、手の反応時間が短距離選手の方が中長距離選手に比べて EMG-RT が短いことを報告し、その差異は筋力・持久力のトレーニングの違いによると述べている。また笠井^{6,7)} は、運動パターンの違いによる反応時間の変動量を検討し、回外 (S 反応)・屈曲 (F 反応) 両動作時の上腕二頭筋 EMG-RT を測定し、S 反応動作における利き手の EMG-RT が 98.7 ± 13.1 msec、非利き手が 96.8 ± 9.1 msec、F 反応動作では利き手が 105.1 ± 15.1 msec、非利き手が 101.2 ± 9.0 msec

であり、屈曲動作時の EMG-RT が回外動作時に比較して遅延する傾向にあることを報告している。本実験の S 反応動作における absence 試行の EMG-RT は、右手が 104.8 ± 12.9 msec、左手が 104.4 ± 11.7 msec であり、presence 試行では、右手が 94.2 ± 10.0 msec、左手が 95.3 ± 8.7 msec であり、F 反応動作における absence 試行の EMG-RT は、右手が 114.9 ± 16.9 msec、左手が 110.9 ± 17.6 msec であり、presence 試行は右手が 99.9 ± 15.5 msec、左手が 98.5 ± 14.8 msec であった。本実験結果は、F 反応動作・S 反応動作とも absence 試行の EMG-RT が笠井の値よりも遅く、presence 試行では早くとなる傾向を示したが、F 反応動作と S 反応動作との差異はともに笠井の報告と一致した結果を得た。

本実験における presence 試行の EMG-RT は、absence 試行に比較して F 反応動作・S 反応動作

とも1%水準で有意に短縮した値を示した。このように、動作前に自発的に発声した掛け声は、回外・屈曲両反応動作において利き手・非利き手ともにEMG-RTを有意に短縮したことから、左右両腕の同時反応動作においても掛け声がEMG-RTを短縮させるために効果的な作用をもつことを示している。

反応動作時における筋放電量に関する検討は、これまでになされていない。本研究では、これまでに自発的な掛け声が筋力発揮に影響を与えていることから反応動作時の筋放電量についても検討を加えた。本実験におけるS反応動作時の右手IEMGは、absence試行と比較して、presence試行が約3%、左手は約5%の増加を示した。また、F反応動作時の右手IEMGは、absence試行と比較してpresence試行が約18%、左手は約19%の増加を示し、5%水準で有意な増加が認められた。このようなIEMGの増加は、動作前の自発的な掛け声が左右上腕二頭筋の筋線維動員数を増大させたことを示唆している。

以上のことから、動作前の自発的な掛け声は、局所反応動作時のEMG-RTを有意に短縮させ、前腕の左右同時動作や異なる運動パターンにおいても効果的に作用し、S反応動作・F反応動作の筋放電量を増加させていることから、これまでの掛け声の筋系機能に関する報告^{4, 11, 13, 14)}と同様の傾向をもつことを示唆している。

実験Ⅱ 全身反応時間

研究方法

1) 被験者

被験者は、健康な男子学生25名（年齢；18～23歳）を対象とした。

2) 測定方法

全身反応動作の測定は、被験者をフォースプレート上で両上肢を下垂させ、膝関節を約50度屈曲させた立位準備姿勢で実施した。本実験の運動課題は、光刺激による素早い跳躍動作とした。刺激方法は、光刺激を用い被験者の前方2mの位置に設置したXenon Lampから30～45秒間隔で呈示した（図9）。験者は、光刺激を呈示する際、被験者の身体が完全に制止した状態であるかどうかを常に確認した。筋電図は、左脚の内側広筋から表面双極法を用いて導出し、筋腹の中央に3cmの電極間距離をあけ、筋線維の走行方向と一致するように貼布した。各測定値は、サンプリング周波数2KHzで生体電気用増幅器により増幅した。フォースプレートから出力された力曲線（垂直分力）は、音声・光刺激・筋電図と同時に多用途計測記録装置（日本光電社製）を介してパーソナルコンピュータに取り込んだ。

3) 実験条件

測定条件は、①掛け声無しの試行（absence試行）：被験者は、験者の「用意」の合図の後、2～5秒後にランダムに呈示される光刺激に対してできるだけ素早く跳躍動作を行う、②掛け声有りの試行（presence試行）：被験者は、験者の「用意」の合図の後、掛け声（約2秒間）を発声し、掛け声の2～5秒後にランダムに呈示される光刺激に対してできるだけ素早く跳躍動作を行うの2条件とした。また、各試行は、掛け声の有無による順序効果を考慮して、被験者を二分し試行順序を変えて実施した。各条件における試行回数は、それぞれ12試行とした。

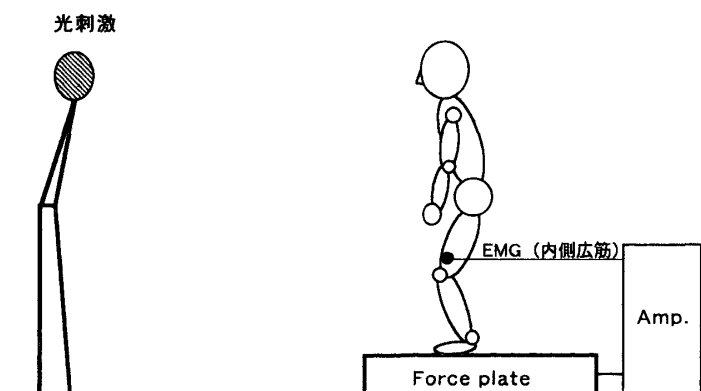


図9 全身反応動作の実験模式図

4) 分析方法

分析項目は、全身反応時間（光刺激から足が離床するまでの時間；Whole body reaction time）・筋放電開始時間（光刺激から筋放電開始までの時間；Electromyography reaction time：以下 EMG-RT と略す。）・EMD（筋放電開始から床反力の立ち上がり開始までの時間；Electro-mechanical delay）・動作時間（床反力曲線の立ち上がりから足が離床するまでの時間；Movement time）・筋放電の積分値（筋放電開始から床反力最大値までの筋放電積分値；Integrated electromyography：以下 IEMG と略す。）・力積（床反力曲線の立ち上がりからその最大値までの積分値；Impulse）とした（図10）。なお、筋放電の積分値と力積については、単位時間あたりの値について換算した。各項目の分析は、測定した12試行の数値から全身反応時間の最大値・最小値の2つの値を除去した10試行の平均値を個人値とし、t 検定（個体の比較）を用いて統計処理を行った。

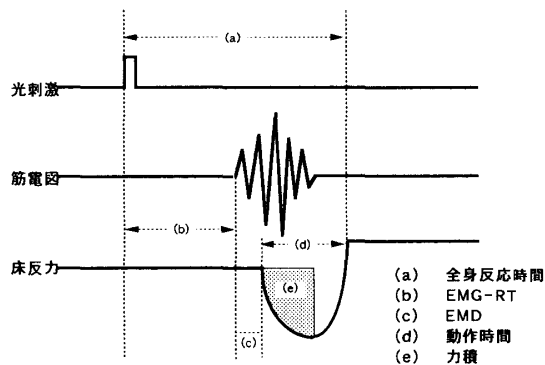


図10 全身反応時間の分析方法

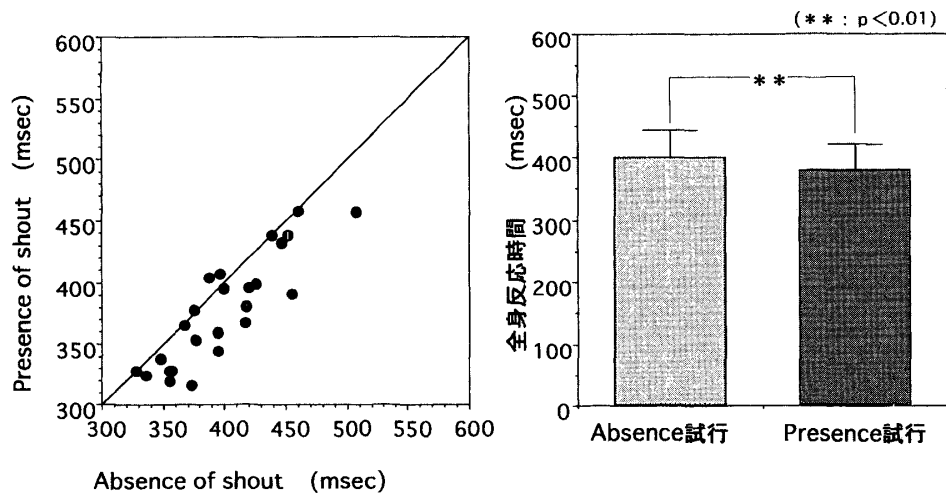


図11 掛け声の有無による全身反応時間の比較

結 果

1) 全身反応時間

各被験者の掛け声の有無による全身反応時間の比較を図11に示した。この平均値は、absence 試行が 399 msec、presence 試行が 377 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 22 msec 短縮し、両条件間に 1 %水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、94%であり約 6 %の短縮を示した。

2) EMG-RT

各被験者の掛け声の有無による左脚内側広筋の EMG-RT の比較を図12に示した。この平均値は、absence 試行が 155 msec、presence 試行が 133 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 22 msec 短縮し、両条件間に 1 %水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、85%であり約15%の短縮を示した。

3) EMD

掛け声の有無による EMD の平均値は、absence 試行が 27.1 msec、presence 試行が 28.8 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 1.7 msec 遅延したが、両条件間に有意な差は認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、108%であり約 8 %の延長を示した。

4) 動作時間

掛け声の有無による動作時間の平均値は、ab-

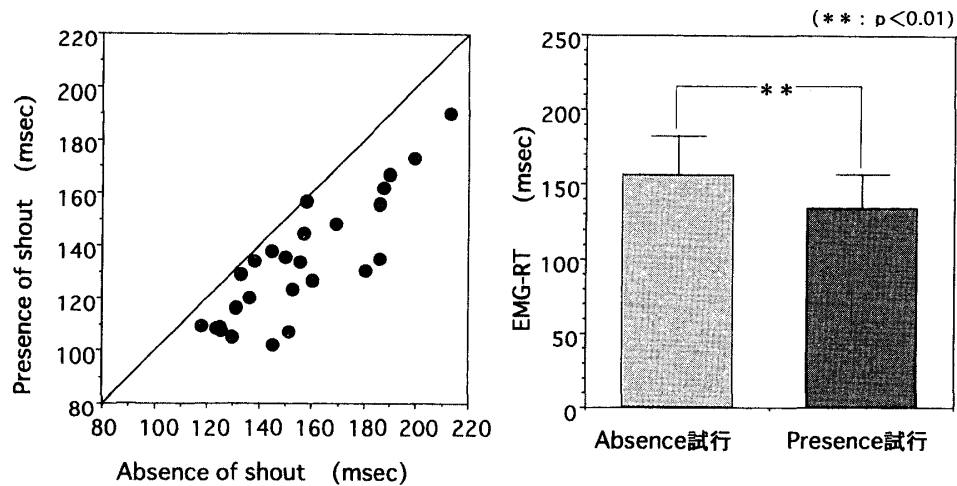


図12 掛け声の有無による EMG-RT の比較

sence 試行が 212 msec、presence 試行が 215 msec であり、presence 試行が absence 試行よりも 3 msec 遅延したが、両条件間に有意な差は認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、102%であり約 2%の延長を示した。

5) IEMG

掛け声の有無による IEMG の平均値は、absence 試行が 35.3A.U.、presence 試行が 36.4A.U. であり、presence 試行が absence 試行よりも 1.1A.U. 放電量が大きかったが、両条件間に有意な差は認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、105%であり約 5%の増加を示した。

7) 力 積

掛け声の有無による力積の平均値は、absence 試行が 11.8 kg.s、presence 試行が 12.1 kg.s であり、presence 試行が absence 試行よりも 0.3 kg.s 大きかったが、両条件間に有意な差は認められなかった。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、102%であり約 2%の増加を示した。

8) 平均発揮筋力

各被験者の掛け声の有無による平均発揮筋力の比較を図13に示した。この平均値は、absence 試行が 105.6 kg、presence 試行が 109.2 kg であり、presence 試行が absence 試行よりも 3.6 kg 大きく、5%水準で有意な差が認められた。absence 試行を基準とした presence 試行の相対値は、103%であり約 3%の増加を示した。

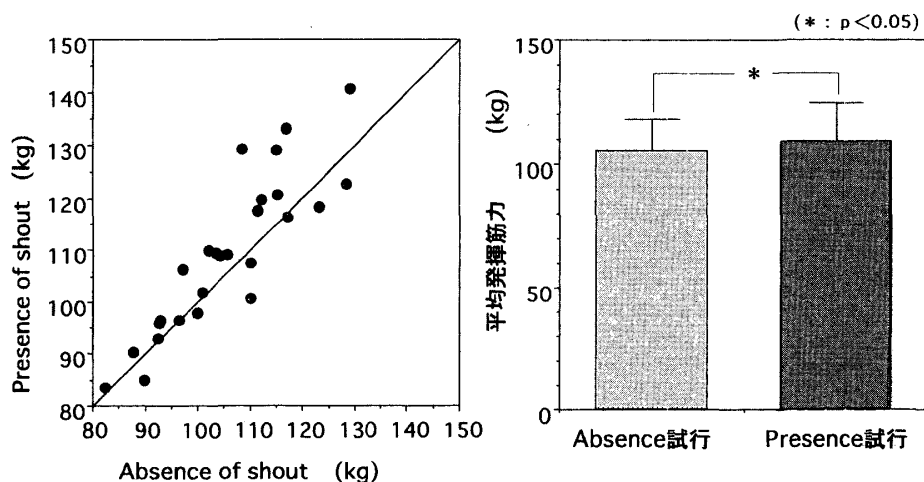


図13 掛け声の有無による平均発揮筋力の比較

論 議

反応時間と運動競技との関連を見ると、特に足を使って体重を移動させるような競技種目では、手の反応時間よりも全身を動かす反応動作について検討した方がよいといわれている。Cureton²⁾は、鉄製のわくにバネ仕掛けのはね台を置き、この上に立って刺激に応じて全身で跳躍し、合図から足が離れるまでの反応時間の測定装置を考案した。しかし、この方法では、合図から反応動作が起こるまでの時間しか記録できず、中枢神経系の伝導時間・筋の収縮時間を解析することは出来なかった。その後、猪飼・浅見・芝山³⁾は、ストレインゲージを用いて反応動作時の床反力を測定し、反応時間を神経系と筋系に分けて解析することが可能にした。このような経緯を経て、現在の全身反応時間の測定は、EMG-RT・EMD・動作時間の3項目に分類してより詳細な解析が行われている^{9,15)}。

これまでの全身反応時間については、音刺激を用いた一般男子が 365 ± 39 msec・中級選手が 308 ± 35 msec・一流選手が 324 ± 42 msec・日本短距離選手が 283 msec であり、全身反応時間は一般人に比較して運動選手が短いことが報告されている³⁾。本実験における absence 試行の平均値は 399 ± 44 msec、presence 試行の平均値が 377 ± 44 msec であり、掛け声の発声により 1% 水準で有意な短縮を示した。本実験における全身反応時間は、猪飼らの報告よりやや遅延した値を示したが、これは本実験が光刺激、猪飼らが音刺激であり、刺激方法の差異による影響などが考えられる。

Tuttle ら¹²⁾ は、手の反応時間が短距離選手の方が中長距離選手に比べて EMG-RT が短いことを報告し、その差は筋力・持久力のトレーニングの差によると述べている。さらに、与那ら¹⁵⁾ は、8週間に亘る腕の筋力トレーニングを行い、筋力増加と EMG-RT との間に負の相関関係があることを報告している。この結果は、筋の素早い収縮を必要とした競技種目においてトレーニングされた競技者ほど EMG-RT が短い傾向にあり、筋力トレーニングによる %FTfiber の増加が EMG-RT の短縮に大きな影響を与えることを示唆している。北川ら¹²⁾ は、全身反応時間における肥満の影響を観察した結果、肥満者の EMG-RT が 185 ± 26 msec、非肥満者が 160 ± 32 msec であり、両者に有意差が認められないことから、肥満は神経系機能には

ほとんど影響を及ぼしていないことを報告している。

本実験における absence 試行の EMG-RT の平均値は、absence 試行が 155 ± 26 msec であり、北川⁹⁾ による非肥満者の平均値と類似した値である。また、本実験における presence 試行の平均値は 133 ± 23 msec であり、absence 試行に比較して 22 msec の短縮を示した。この結果は、自発的な掛け声が一過性に EMG-RT を短縮させる作用のあることを示唆している。与那ら¹⁵⁾ は、筋力トレーニングによる EMG-RT の短縮について、反応動作を司令する中枢機構が、筋力トレーニングによる刺激で最短の情報処理機構を作り出すと同時に、脊髄の運動ニューロンの素早い興奮性を促していると考えられている。本実験における EMG-RT の短縮機構に関して、これまでに感覚ニューロン・運動ニューロンの刺激伝達時間の短縮がほとんどないという報告³⁾ より、本実験における EMG-RT の短縮は、自発的な掛け声が大脳内での情報処理時間等を一過性に短縮させたものと推察される。

EMD は、筋放電開始から実際の動作が始まるまでの時間であり、猪飼らは³⁾、全身反応時間で約 20~30 msec であると報告している。また、与那ら¹⁵⁾ は、8週間に亘る筋力トレーニングにおいて EMD が有意に短縮したこと、さらにその短縮は、トレーニング負荷の大きい群ほど大きいことを報告している。本実験の EMD は、absence 試行が 27.1 ± 7.6 msec、presence 試行が 28.8 ± 6.6 msec であり、これまでの報告と同様の値を示した。本実験における EMD は、両条件間に有意な差が認められなかったことから、一過性の動作前の自発的掛け声が筋力トレーニングにみられるような EMD への影響を与えないものと考えられる。

床反力が発生してから離床するまでの時間である動作時間について、北川⁹⁾ は、肥満者が 188 ± 22 msec、非肥満者が 163 ± 17 msec であり、肥満による全身反応時間の延長は主に動作時間の延長によるものと報告している。本実験の動作時間は、absence 試行が 212 ± 30 msec、presence 試行が 215 ± 27 msec であり、本実験の動作時間は、北川⁹⁾ の報告に比較してやや延長した値を示した。これは本実験が、反応動作時の筋放電量を検討するために、脚を完全に伸展させた反応動作を用いたことによると考えられる。また、本実験における動作時間は、absence 試行と presence 試行の間に有意差が認められなかったことから、動作前の自発的掛け声は動作時間に影響をもたないことを

示唆している。

脇田ら¹¹⁾は、自発的掛け声と筋力発揮に関する力曲線の経時的变化について検討しており、掛け声によって力曲線の立ち上がりにおける筋力上昇率が有意に増大したと報告している。本実験の力積は、absence 試行に比較して presence 試行が 0.3 kg.s、平均発揮筋力は absence 試行に比較して presence 試行が 4 kg 増大した。これらの値は、absence 試行を基準とすると、力積が約 2.4% の増加傾向を示し、平均発揮筋力が約 3.4% の有意な増加 (5% 水準) を示した。

矢部¹⁴⁾は、掛け声時における筋力発揮の時系列的変化について検討し、掛け声時の立ち上がり部分の上腕二頭筋の筋放電の積分値が、止息時と比較して有意に増大したと報告している。本実験の内側広筋の IEMG は、absence 試行に比較して presence 試行が約 5% の増大傾向を示し、単位時間あたりの内側広筋の IEMG は、absence 試行に比較して presence 試行が約 5% の増大傾向を示した。これまでに、筋放電量と発揮筋力との間には直線関係が成立することが明らかにされていることから、動作前の掛け声は、最大筋力を発揮させるような動作でなくても、筋線維の動員数や動員速度の増加に影響を与えることを示唆している。

以上の結果から、掛け声による全身反応時間の短縮は、神経系の EMG-RT の短縮によるものであり、筋系の EMD や動作時間の時間軸に影響をもつものではないことを示唆している。また、本実験では、自発的掛け声が筋放電量や力積を増加させ、平均発揮筋力を有意に増大させたことから、反応動作における筋力発揮にも影響を及ぼす可能性のあることを示唆している。

参 考 文 献

1) Cureton, T. Y (1951). Physical fitness of

champion athletes, Univ. of Illinois Press.
 2) 猪飼道夫 (1973). 身体運動の生理学、85-90.
 3) 猪飼道夫・浅見高明・芝山秀太郎 (1961). 全身反応時間の研究とその応用. Olympia 7, 210-219.
 4) 猪飼道夫・石井喜八 (1961). 筋力の生理的限界と心理的限界に関する筋電図学的研究. 体育学研究、5, 154-165.
 5) 笠井達哉 (1979). 脊髄の興奮性と反応時間の関係. 体育学研究、25, 95-104.
 6) 笠井達哉 (1982). 運動パターンの違いによる反応時間の変動量—利き手・非利き手および肢位変化による影響—. 体育学研究、27, 97-109.
 7) 笠井達哉 (1983). 反応時間と筋電図による各種スポーツ種目の上肢運動特性の解析. 体育学研究、28, 227-236.
 8) 笠井達哉 (1994). 反応時間法と H 反射法を使ったヒト随意運動の解析. Japanese Journal of Sports Science, 13, 131-142.
 9) 北川薫 (1984). 肥満者の脂肪量と体力. 杏林書院、76-81.
 10) 村田暢彦 (1993) 自発的掛け声が神経系に及ぼす影響—H 反射及びカタコラミンについて—. 三重大学修士論文.
 11) 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、42, 97-104.
 12) Westerlund, J.H. and W.W. Tuttle (1931). Relationship between running events inntrack and reaction time. ResQuat, 2, 95-100.
 13) 横山正吾 (1991). 連続的筋力発揮における自発的「掛け声」の効果. 三重大学修士論文.
 14) 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 exerting maximum strength スポーツ医・科学第 11 巻、53-58.
 15) 与那正栄・室増男・下敷領光一・永田晃 (1990). 筋力トレーニングに伴う反応時間の変化. 体力科学、39, 307-314.