

握力における活動後増強の効果 —利き手,性別,競技特性に着目して—

Effects of Postactivation Potentiation (PAP) on Grip Strength —Focusing on Dominant Hand, Gender, and Sport Characteristics—

水 越 悠 太 (人間科学部スポーツ学科卒業生)

Yuta MIZUKOSHI (Faculty of Human Sciences, Department of Sports Science, Graduate)

塩 田 耕 平 (人間科学部スポーツ学科准教授)

Kohei SHIODA (Faculty of Human Sciences, Department of Sports Science, Associate Professor)

〈要旨〉

活動後増強(PAP)とは、最大筋力や最大パワー向上を目的としたトレーニングの事前に強い筋収縮を行った後に筋の発揮能力が一時的に増強する現象のことであり、運動パフォーマンスを即時的に向上させるために有効な手段である。本研究では上肢の小筋群を使用する握力におけるPAPの効果と利き手、性別、競技特性との関連性を検討した。

スポーツ経験のある大学生19名を対象とした。2回の握力測定とPAPの効果を引き出すためのコンディショニング収縮(Conditioning Contraction: cc)を実施した。ccと2回目の握力測定との間には7分間の休憩を挟んだ。

結果として、性別による分類では男性、競技種目別では手を使う種目の利き手においてPAPの効果が認められた。さらに、手を使う種目に関して、競技経験年数と握力変化率に強い負の相関がみられ、PAPの効果は競技経験年数が短いほど大きくなる可能性が示された。

〈キーワード〉

PAP, コンディショニング収縮, 競技経験

1 緒言

活動後増強(PAP: Postactivation Potentiation)とは、最大筋力や最大パワー向上を目的としたトレーニングの事前に強い筋収縮を行った後に筋の発揮能力が一時的に増強する現象を示している。この現象のメカニズムとしては、ミオシン制御軽鎖のリン酸化反応が生じ、筋小胞体から放出されるカルシウムイオン(Ca^{2+})濃度の増加に伴い、アクチン-ミオシンの感受性が亢進されると考えられている⁽¹⁾。

PAPは様々な競技やトレーニングの場面でパフォーマンスを向上させる手段として効果が期待されている。砂川ら⁽²⁾は60%1RM(repetition maximum)×3reps×3sets, または90%1RM×2reps×3setsの負荷でバックフルスクワットを行うことでその後のカウンタームーブメントジャンプ(CMJ)の跳躍高, ピークパワー, ピーク速度が有意に向上したと報告している。さらに, Turnerら⁽³⁾は加重ありのプライオメトリックエクササイズ(alternate-

leg bounds)を10回×3セット行うことで, 4分後および8分後の10mスプリントタイムと20mスプリントタイムが改善し, 加重なしのプライオメトリックエクササイズでは4分後の10mスプリントタイムと20mスプリントタイムが改善したと報告している。これらの研究が示しているように, PAPは運動パフォーマンスを即時的に向上させるために有効な手段であると考えられている。

PAPに関する研究はスクワットやジャンプ, スプリントなどの下肢の大筋群を使用する運動を対象としている研究が多く, 上肢の筋群を対象とした研究報告は少数である。例えばLiuら⁽⁴⁾は血流制限トレーニング(BFR: Blood Flow Restriction), PAP, 上肢等に関するキーワードで検索した学術論文のメタアナリシスを行った。結果として31の論文が挙げられ, その中でリストカールを対象としている研究は1つのみであり, 大多数は肘伸展を含むベンチプレスを対象としている研究であった。したがって, 数少ない上肢を対象としたPAP研究においても, その多

くは肩関節や肘関節を対象としている研究であり、手関節および握力に関する報告は極めて少数である。しかし、握力は主に手を使うスポーツ場面において極めて重要である。樗木ら⁽⁵⁾は柔道の競技力において握力は重要な体力要素であると述べている。また、長谷川⁽⁶⁾は野球の投手の投球スピードと握力との間に有意な正の相関があると報告している。このように握力は手を使うスポーツのパフォーマンス発揮において重要であるが、即時的にパフォーマンス向上を促すPAPの関係については詳細に明らかになっていない。さらに、利き手および非利き手によるPAPの効果の違いについても不明な点が多い。そのため、握力とPAPの関係性を明らかにすることで多くのスポーツ場面におけるパフォーマンス発揮に関する貴重な基礎資料を得ることが可能となると考えられる。

また、性別によるPAPの効果の違いについても意見は一致していない。スクワットジャンプ (SJ) におけるPAPの効果を性別で比較した研究⁽⁷⁾では、男性はPAPの効果によりSJのジャンプ高が向上したが、女性はPAPの効果がみられなかったと報告している。一方で、Witmerら⁽⁸⁾は70%1RM×3repsの平行バックスクワットの前後でCMJのジャンプ高とvertical stiffness (VStiff) を比較したところ、ジャンプ高とVStiffの変化に男女差はみられなかったと報告している。また、上肢の筋群を対象とした性別の違いについては報告が少なく不明な点が多い。

PAPの効果は競技経験とも関連性があることが報告されている。Wilsonら⁽⁹⁾はトレーニングを受けていない群、

トレーニングを受けている群、アスリート群を比較した結果、アスリート群が最もPAPの効果が現れやすく、トレーニング経験に応じて効果が増大したと報告している。また、ウエイトリフティング経験のある人はウエイトリフティング経験のない人と比較してPAPの効果が高かったという報告⁽¹⁰⁾もある。これらの研究はトレーニング経験、ウエイトリフティング経験によるPAPの効果を比較しているものの、様々な競技種目の特性によってPAPの効果を比較している研究は少数である。特に、握力を主として必要とする競技か必要としない競技かという競技特性、およびそれぞれの競技経験の違いとPAPの関係については明らかにされていない。

以上を踏まえ、本研究では上肢の小筋群を使用する握力におけるPAPの効果と利き手、性別、競技特性との関連性を検討することを目的とした。

2 方法

被験者はスポーツ経験のある大学生19名（年齢 21.1 ± 1.2 歳、身長 167.6 ± 8.7 cm、体重 58.1 ± 8.8 kg）とした。そのうち男性が11名、女性が8名であった。競技特性に関しては、手を使う種目の競技者が11名（野球4名、バスケットボール4名、硬式テニス1名、ソフトテニス1名、バレーボール1名）、手を使わない種目の競技者が8名（サッカー5名、陸上競技・短距離3名）であった。また、被験者のうち、右利きは17名、左利きは2名であり、全体の競技経験年数は9.3年であった（表1）。

Sport characteristics						
Hand involved			Non-hand involved		Total	
	n	Years of experience	n	Years of experience	n	Years of experience
male	6	8.5	5	8.6	11	8.5
female	5	10.4	3	10.3	8	10.4
Total	11	9.4	8	9.4	19	9.3

Table 1. Characteristics of the Subjects
表1. 被験者特性

図1に実験プロトコルを示した。Day1としてダンベルリストカールの1RMを間接法で測定した。Day1から48時間以上の間隔を空け、Day2として2回の握力測定とPAP効果を引き出すためのコンディショニング収縮 (cc: Conditioning Contraction) を実施した。ccの内容はダンベルリストカールとし、強度および回数は30%1RM×6reps×3setsに設定した。握力測定の終了時に主観的指標として力の入れやすさと疲労感をVisual Analogue Scale (VAS) を用いて測定した。ccと2回目の握力測定との間には7分間の休憩を挿んだ。また、被験者の利き手、性

別、競技種目・競技経験年数をアンケートにて調査した。

PAPの効果を引き出すためのccとしてダンベルリストカールを利き手、非利き手の順で交互に実施し、セット間の休息は1分とした。PAPの効果は中強度から高強度のccで出現することが報告されている⁽²⁾⁽⁹⁾。また、PAPの効果は疲労が影響を及ぼす可能性があり⁽¹¹⁾、運動パフォーマンスを向上させるには筋力の増強効果が疲労による筋力の減少効果に打ち消されないように運動強度を設定する必要がある。本研究ではスクワットのような下半身の大筋群を使用する運動ではなく、小筋群を使用するダンベルリ

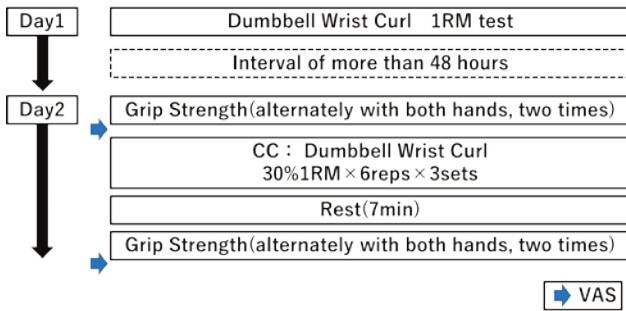


Figure 1.
RM: repetition maximum, CC: conditioning contraction
図1. 実験プロトコル

ストカールでccを実施するため、疲労の影響が大きくなることを考慮して強度設定を行った (30%1RM×6reps×3sets)。

握力の測定方法は文部科学省の「新体力テスト実施要項」⁽¹²⁾ に準じて実施した。直立の姿勢で両足を左右に自然に開き腕を自然に下げ、握力計を身体や衣服に触れないようにし、握力計を振り回さないようにしながら力発揮を行った。右左交互に2回ずつ測定し、左右それぞれの高値を採用した。測定機器はデジタル握力計YD (株式会社ツツミ) を使用した。

VASを用いて主観的な力の入れやすさをccの前後2回測定した。スケールの0%を「力を入れにくい」とし、100%を「力を入れやすい」とした (図2A)。主観的疲労感についても同様にVASを用いて測定した。スケールの0%を「疲れていない」とし、100%を「疲れている」とした (図2B)。

A 力の入れやすさ

力を入れにくい 0 ————— 100 力を入れやすい

B 疲労感

疲労していない 0 ————— 100 疲労している

Figure 2.
A: muscle activation efficiency, B: fatigue
図2. 主観的感覚尺度 (VAS)

得られた結果はすべて平均±標準偏差で示した。ccによる変化率を求めるために、握力についてcc後/cc前×100 (%) を算出した。cc前後の握力、力の入れやすさ (VAS)、疲労感 (VAS) の比較は対応のある両側t検定を用いた。また、競技歴と握力変化率の相関についてはIBM SPSS 22.0 ADVANCED STATISTICSを用いて無相関検定を行い、ピアソンの相関係数を求めた。いずれも有意水準は5%とした。

3 結果

図3AおよびBに被験者全体のcc前後の握力の値を示した。非利き手に関してはcc前が $37.2 \pm 9.8\text{kg}$ 、cc後が $38.0 \pm 9.3\text{kg}$ であり、有意差は認められなかった ($p=0.18$)。利き手に関してはcc前が $38.8 \pm 8.5\text{kg}$ 、cc後が $40.4 \pm 9.7\text{kg}$ であり、cc前と比較してcc後の方が有意に高い値を示した ($p=0.015$)。図3Cに被験者全体のcc前後における力の入れやすさの値を示した。cc前が $65.9 \pm 19.2\%$ 、cc後が $72.9 \pm 19.9\%$ であり、有意差は認められなかった ($p=0.37$)。図3Dに被験者全体のcc前後における疲労感の値を示した。cc前が $31.2 \pm 23.8\%$ 、cc後が $55.1 \pm 23.5\%$ であり、cc前と比較してcc後の疲労感の値が有意に高い値を示した ($p=0.002$)。

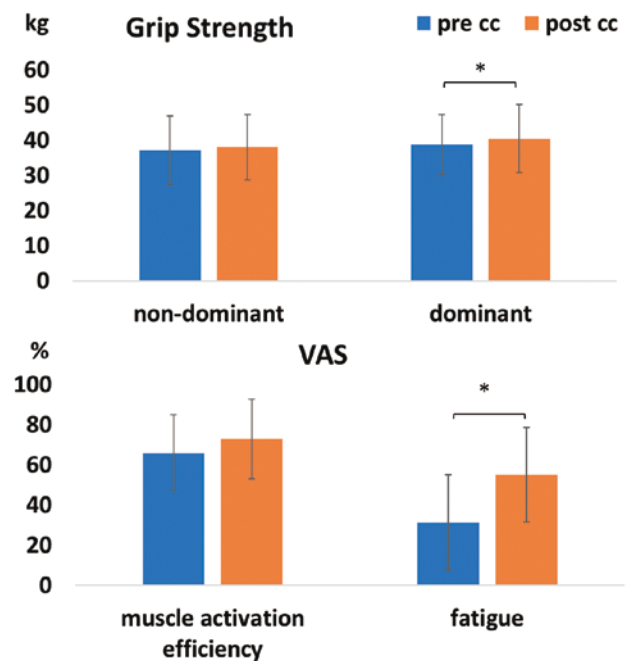


Figure 3.
A: grip strength of non-dominant hand, B: grip strength of dominant hand, C: VAS (muscle activation efficiency), D: VAS (fatigue)
図3. 被験者全体における握力およびVAS

図4Aに男性のcc前後における握力の値を示した。非利き手では、cc前が $41.7 \pm 10.4\text{kg}$ 、cc後が $43.0 \pm 9.0\text{kg}$ であり、有意差は認められなかった ($p=0.17$)。利き手では、cc前が $43.3 \pm 8.1\text{kg}$ 、cc後が $46.2 \pm 8.1\text{kg}$ であり、cc前と比較してcc後の握力が有意に高い値を示した ($p=0.002$)。図4Bに女性のcc前後における握力の値を示した。非利き手ではcc前が $31.1 \pm 4.8\text{kg}$ 、cc後が $31.1 \pm 4.5\text{kg}$ であり、利き手ではcc前が $32.7 \pm 4.3\text{kg}$ 、cc後が $32.5 \pm 4.7\text{kg}$ であり、ともに有意差は認められなかった (非利き手 $p=0.92$ 、利き手 $p=0.70$)。図4Cに男性のcc前後における力の入れやすさおよび疲労感の値を示した。力の入れやすさについてはcc前が $55.6 \pm 18.9\%$ 、cc後が $71.7 \pm 21.3\%$ であり、有意差は認められな

った ($p=0.19$)。疲労感についてはcc前が $21.9 \pm 20.4\%$, cc後が $55.1 \pm 25.3\%$ であり, cc前と比較してcc後の疲労感が有意に高い値を示した ($p=0.02$)。図4Dに女性のcc前後における力の入れやすさおよび疲労感の値を示した。力の

入れやすさについてはcc前が $73.8 \pm 16.0\%$, cc後が $72.4 \pm 19.3\%$ であり, 疲労感についてはcc前が $41.9 \pm 23.0\%$, cc後が $58.8 \pm 20.5\%$ であり, ともに有意差は認められなかった (力の入れやすさ $p=0.91$, 疲労感 $p=0.07$)。

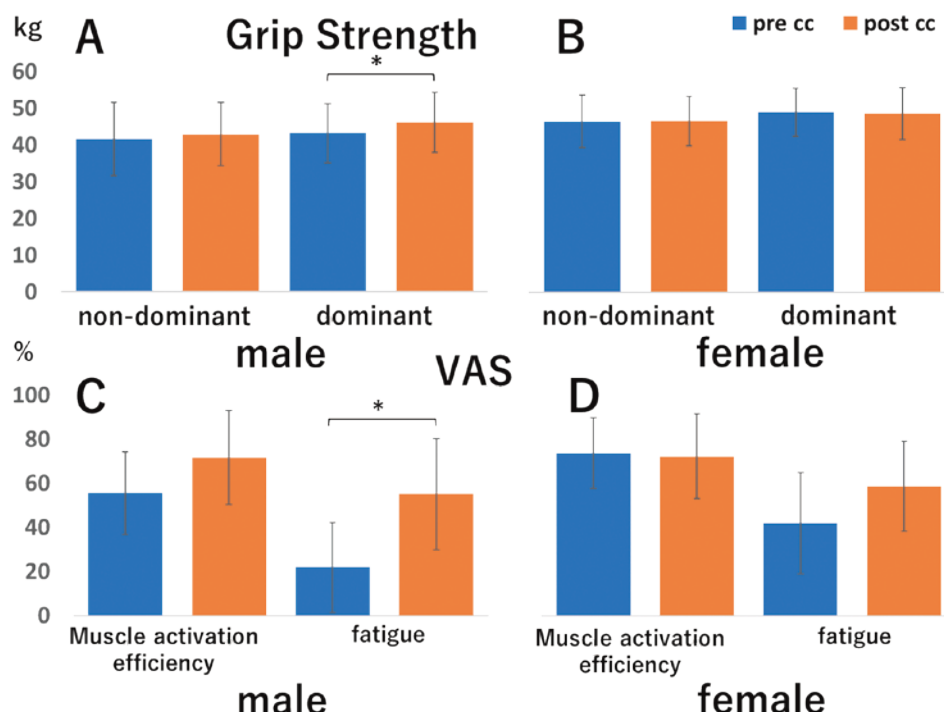


Figure 4.

A: grip strength for male, B: grip strength for female, C: VAS for male, D: VAS for female

図4. 男女別による握力およびVAS

図5Aに手を使わない種目の競技者のcc前後における握力の値を示した。非利き手では, cc前が $36.2 \pm 9.3\text{kg}$, cc後が $36.5 \pm 9.5\text{kg}$ であり, 利き手ではcc前が $38.7 \pm 9.3\text{kg}$, cc後が $39.4 \pm 10.8\text{kg}$ であり, ともに有意差は認められなかった (非利き手 $p=0.70$, 利き手 $p=0.44$)。図5Bに手を使う種目の競技者のcc前後における握力の値を示した。非利き手では, cc前が $38.0 \pm 14.2\text{kg}$, cc後が $39.1 \pm 13.8\text{kg}$ であり, 有意差は認められなかった ($p=0.19$)。利き手では, cc前が $38.9 \pm 13.2\text{kg}$, cc後が $41.2 \pm 14.1\text{kg}$ であり, cc前と比較してcc後の握力が有意に高い値を示した ($p=0.015$)。図5Cに手を使わない種目の競技者のcc前後における力の入れやすさおよび疲労感の値を示した。力の入れやすさについてはcc前が $57.9 \pm 20.7\%$, cc後が $69.3 \pm 19.7\%$ であり, 疲労感についてはcc前が $33.9 \pm 23.8\%$, cc後が $50.9 \pm 25.1\%$ であり, ともに有意差は認められなかった (力の入れやすさ $p=0.42$, 疲労感 $p=0.07$)。図5Dに手を使う種目の競技者のcc前後における力の入れやすさおよび疲労感の値を示した。力の入れやすさについてはcc前が $72.2 \pm 15.2\%$, cc後が $75.7 \pm 19.6\%$ であり, 有意差は認められなかった ($p=0.72$)。疲労感についてはcc前が $27.7 \pm 23.3\%$, cc後が

$57.4 \pm 22.6\%$ であり, cc前と比較してcc後の疲労感が有意に高い値を示した ($p=0.01$)。

図6AおよびBに手を使う種目における競技経験年数と利き手および非利き手の握力変化率の相関を示した。相関係数は $r=-0.86$ (利き手) $r=-0.79$ (非利き手) であり, ともに有意な強い負の相関関係が認められた (利き手 $p=0.001$, 非利き手 $p=0.004$)。図6CおよびDに手を使わない種目における競技経験年数と利き手および非利き手の握力変化率の相関を示した。相関係数は $r=-0.25$ (利き手) $r=-0.12$ (非利き手) であり, ともに有意な相関関係は認められなかった (利き手 $p=0.78$, 非利き手 $p=0.55$)。

4 考察

本研究では握力におけるPAPの効果と性別, 競技特性との関連性を検討するために, スポーツ経験のある大学生19名を対象にダンベルリストカールをccとして握力の変化を調査した。また, その結果を被験者全体 (19名), 性別 (男性11名, 女性8名), 競技特性別 (手を使う種目11名, 手を使わない種目8名) に分類して比較した。

被験者全体では利き手でcc後に握力の値が有意に高い

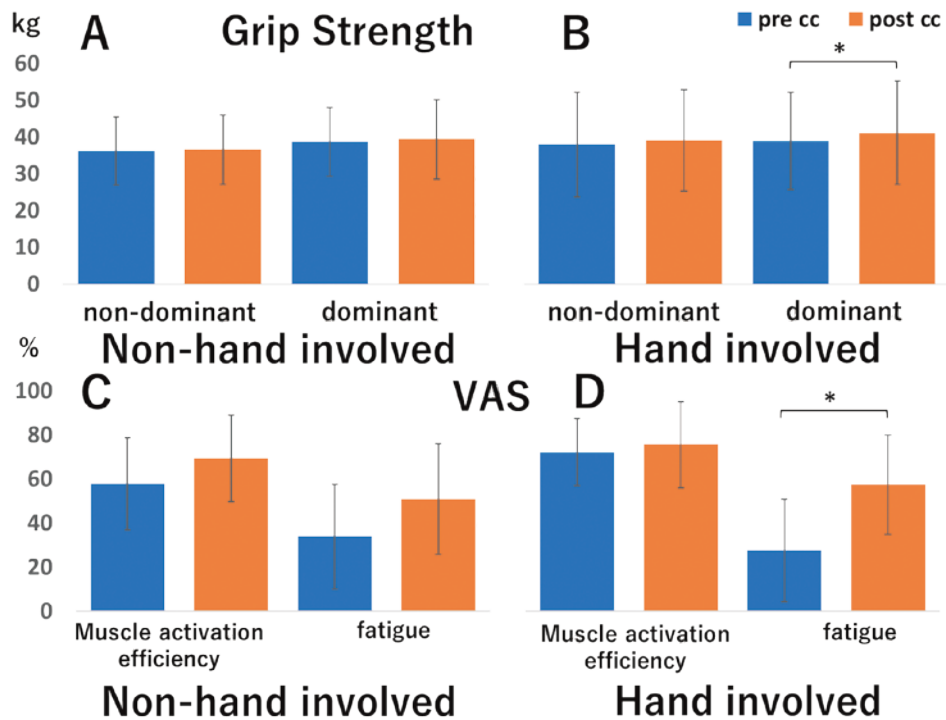


Figure 5.

A: grip strength in non-hand involved sports, B: grip strength in hand involved sports, C: VAS in non-hand involved sports, D: VAS in hand involved sports

図5. 競技特性による握力およびVAS

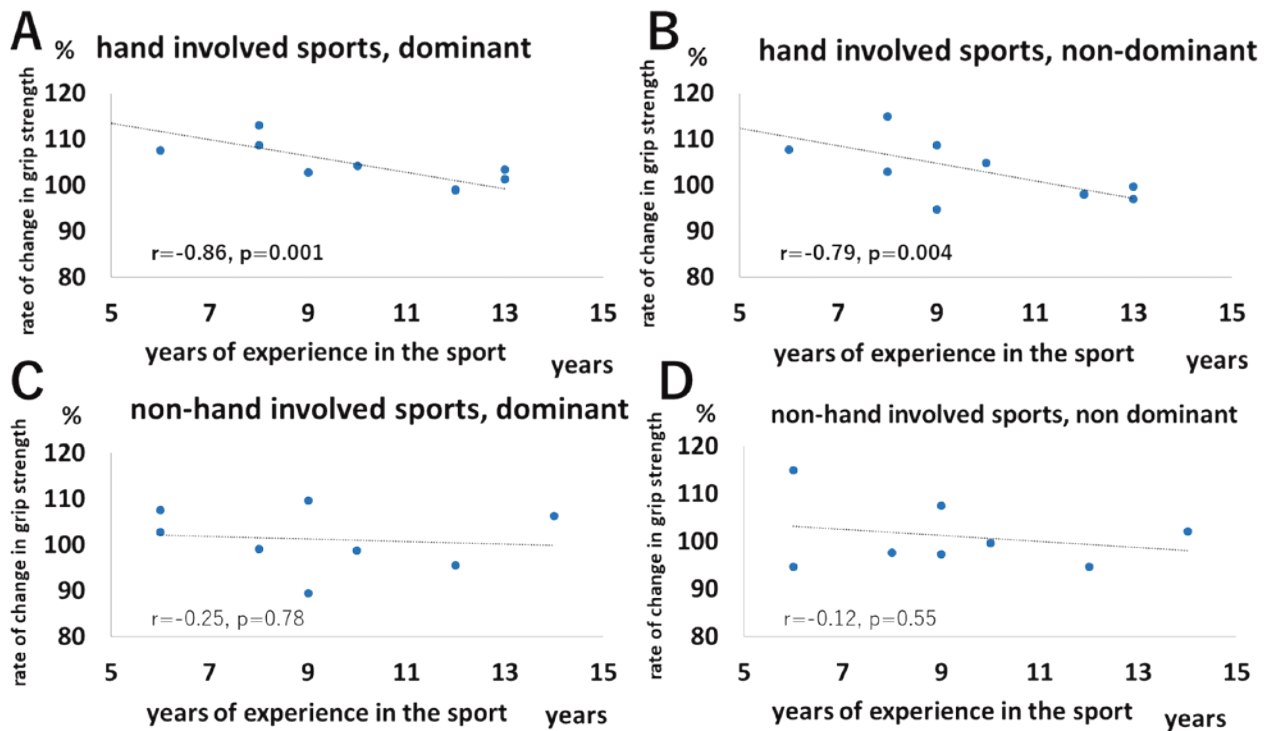


Figure 6.

A: dominant hand in hand involved sports, B: non-dominant hand in hand involved sports, C: dominant hand in non-hand involved sports, D: non-dominant hand in non-hand involved sports

図6. 競技経験年数と握力変化率の相関

値を示した。この結果から、上肢の小筋群を使用する握力でもPAPの効果が発揮されることが考えられる。男性においても非利き手ではPAPの効果がみられず、利き手のみPAPの効果がみられた。Cuiら⁽¹³⁾は24名の男性ボクサーを対象として、利き手および非利き手のパンチパフォーマンスを比較した。結果として、利き手と非利き手ではPAP効果が出現する時間帯や大きさが異なり、利き手はPAP効果が大きいことが示されている。Cuiらの報告はバックスクワットをccとして採用しており、パンチパフォーマンスも上肢と下肢の運動性で発揮する複合的な動作である。一方で本研究はより単純な動作としてリストカールと握力を対象としているが、それでも利き手によるPAP効果の違いが明らかになったことは新たな知見となった。

女性においては利き手、非利き手の両方でPAPの効果がみられなかった。性別によるPAP効果の違いはないという報告⁽⁹⁾⁽¹⁴⁾もある一方で、女性よりも男性の方がPAP効果が顕著に現れるという報告⁽¹⁰⁾や女性アスリートにおいてcc条件の違いによってはPAP効果が現れないといった報告⁽¹⁵⁾も存在する。これらの先行研究が示すように、女性においては男性と比較してPAPの効果が小さい、もしくは無効になる可能性があり、本研究でも同様の可能性が示された。この理由としては、筋線維組成の性差によるものであると考えられる。Hamadaら⁽¹⁶⁾はPAPの効果が大きかった人は効果が小さかった人と比較して速筋線維の面積の割合が大きかったと報告している。男性は速筋線維の面積が大きく、女性は遅筋線維の面積が大きい⁽¹⁷⁾ため、男性にPAPの効果が現れ、女性には効果がみられなかった可能性が示唆される。握力のPAP効果に関して性別による検討を行った報告は極めて少ないため、本研究結果は新規性の高い基礎資料を提供することとなった。

競技特性に関しては、手を使う種目の競技者は利き手のみPAPの効果がみられ、手を使わない種目の競技者では利き手、非利き手ともにPAPの効果がみられなかった。陸上競技選手とサッカー選手を比較した研究⁽¹⁸⁾では、陸上競技選手のみ、6reps×2setsのハーフスクワットジャンプ後に0-20mおよび20-40mのスプリントタイムが改善したと報告している。また、トライアスロン選手と長距離ランナーのPAP効果を比較した研究⁽¹⁹⁾では、トライアスロン選手は肘関節伸展と足関節底屈にPAP効果が現れた一方で、長距離ランナーでは足関節底屈のみにPAP効果が現れている。これらの研究が示しているように、競技の特性によってPAPの効果の大きさや効果が現れる部位が異なる可能性が考えられ、本研究でも同様の可能性が示された。

VASで測定した力の入れやすさはどのグループでもcc前後で有意差は認められなかった。また、疲労感は被験者

全体、男性、手を使う種目の競技者においてcc前と比較してcc後に有意に増加し、女性と手を使わない種目の競技者では増加傾向がみられた。しかし、被験者全体、男性、手を使う種目の競技者においてはcc前と比較してcc後に握力が有意に高い値を示した。この結果から、主観的な力の入れやすさと疲労感は実際のPAPの効果とは関係がない可能性が示された。

競技経験年数と握力変化率の相関は、手を使う種目の競技者において利き手、非利き手ともに有意な負の相関がみられた。これはトレーニング経験によってPAPの効果が上がるという先行研究⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾とは反対の結果となった。本研究においても、競技特性別にみると手を使う種目の競技者のみにPAP効果が現れている。このことから、PAP効果の有無と大きさは分けて検討する必要があると考えられる。つまり、握力を対象とした場合、PAP効果を得るためには競技経験がある程度必要であるが、大きなPAP効果を得るためには長い経験年数は必要なく、むしろ経験年数が少ないほど大きなPAP効果を得ることができることである。そのため、下肢を中心とした大筋群と上肢を中心とした小筋群ではPAPの効果に対するトレーニング経験による影響が異なる可能性が示唆された。今後は上肢の筋群、特に握力を対象としたPAP効果について検討した報告が増えることで、より詳細なメカニズムが明らかになると考えられる。

本研究の限界として、下記三点が挙げられる。まず、ccを30%1RM×6reps×3setsで7分間の休憩の条件のみで行ったため、握力におけるPAPの効果が最も大きく発揮される条件について検討することはできなかった。次に、さらにPAPと競技特性との関連性をより詳細に明らかにするためには、競技種目別の分類をより細かく、より多くの被験者を集める必要がある。最後に、本研究で採用した利き手に関するアンケートでは両利きを想定しておらず、あくまで被験者の主観的な回答に依存している。そのため、Edinburgh利き手テストやFLANDERS利き手テストといった、利き手に関する調査法を採用した方がより詳細な検討が可能になると考える。

5 結論

本研究では握力におけるPAPと性別、競技特性との関連性を検討することを目的とした。結果として、性別による分類では男性、競技種目別では手を使う種目の利き手においてPAPの効果が現れた。さらに、手を使う種目に関して競技経験年数と握力変化率に強い負の相関がみられ、PAPの効果は競技経験年数が短いほど大きくなる可能性が示された。

参考文献

- (1) Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med.* 2009;39(2):147-66
- (2) 砂川力也, 下嶽進一郎. 異なるスクワット条件を用いた等張性筋収縮が活動後増強に与える影響. 2017 トレーニング指導 2(1):18-24
- (3) Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res.* 2015 Feb;29(2):343-50
- (4) Liu H, Jiang L, Wang J. The effects of blood flow restriction training on post activation potentiation and upper limb muscle activation: a meta-analysis. *Front Physiol.* 2024 Jul 11;15:1395283
- (5) 樗木武治, 久保潤二郎, 田崎元久. 大学柔道選手における競技力と筋厚分布および身体組成について. 2008 松山大学論集 20(2):304-16
- (6) 長谷川伸 (2022) 大学生期の野球選手の体格や体力は投球, 打撃, 走塁のパフォーマンスに影響するのか? 九州共立大学研究紀要 12(2):81-9
- (7) Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, Giavroudis K, Kannas T,ourgoulis V, Kotzamanidis CM. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: age and sex effect. *Pediatr Exerc Sci.* 2014 May;26(2):187-94
- (8) Witmer CA, Davis SE, Moir GL. The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. *J Sports Sci Med.* 2010 Jun 1;9(2):206-13
- (9) Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, Jo E, Lowery RP, Ugrinowitsch C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res.* 2013 Mar;27(3):854-9
- (10) Rixon KP, Lamont HS, Bemben MG. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J Strength Cond Res.* 2007 May;21(2):500-5
- (11) Rassier DE, Macintosh BR. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Braz J Med Biol Res.* 2000 May;33(5):499-508
- (12) 文部科学省 新体力テスト実施要項 (20歳~64歳対象) https://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/07/30/1295079_03.pdf (参照日:2025年7月17日)
- (13) Cui W, Chen Y, Wang D. Research on the effect of post-activation potentiation under different velocity loss thresholds on boxer's punching ability. *Front Physiol.* 2024 Oct 11;15:1429550
- (14) Ishak A, Wong FY, Beattie C, Varamenti E, Adhikari R, Savoia C, Cocking S, Pullinger SA. Post-activation Potentiation: effect of recovery duration and gender on countermovement jump, agility, and linear speed in team-sport athletes. *Asian J Sports Med.* 2023 14(3):e130974
- (15) Sygulla KS, Fountaine CJ. Acute Post-Activation Potentiation Effects in NCAA Division II Female Athletes. *Int J Exerc Sci.* 2014 Jul 1;7(3):212-219
- (16) Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol (1985)* . 2000 Jun;88(6):2131-7
- (17) Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Murray TF, Hostler DP, Crill MT, Ragg KE, Toma K. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem.* 2000 May;48(5):623-9
- (18) Vanderka M, Krčmár M, Longová K, Walker S. Acute Effects of Loaded Half-Squat Jumps on Sprint Running Speed in Track and Field Athletes and Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2016 Jun;30(6):1540-6
- (19) Hamada T, Sale DG, Macdougall JD. Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Feb;32(2):403-11

