

国土舘大学審査学位論文

「博士学位請求論文の内容の要旨及び審査結果の要旨」

「活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因
—負荷重量および挙上速度損失からの検討—」

砂川 力也

氏 名 砂川 力也
学位の種類 博士(体育科学)
報告番号 乙第55号
学位授与年月日 令和4年3月20日
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
学位論文題目 活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因
一負荷重量および挙上速度損失からの検討一
論文審査委員(主査) 特任教授 船渡 和男
(副査) 教授 角田 直也
(学外副査) 教授 若山 章信(東京女子体育大学体育学部)

博士論文の要旨

題 目 活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因
一負荷重量および挙上速度損失からの検討一

氏 名 砂川 力也

論文の和文概要

学位申請者氏名	砂川 力也
学位論文題目	活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因 —負荷重量および挙上速度損失からの検討—
(論文の和文要旨)	
<p>筋の発揮能力は事前に強い筋収縮を行った後に一時的に増強する現象がみられる。これは活動後増強 (Post-activation potentiation; PAP) と呼ばれ、PAP の活用によって、より高いトレーニング刺激を得られることが期待されている。ヒトを対象とした PAP に関するこれまでの研究では、即時的にパフォーマンスが増強したとする報告や改善されないとする報告があり、PAP 効果に対する矛盾した見解が示されている。PAP の誘発には、事前に高い筋活動を要することから、筋の活性化と疲労の 2 つの要因を常に考慮する必要があり、PAP 効果を促進するコンディショニング活動での運動課題が重要となる。スクワット運動後の PAP によるジャンプパフォーマンスを評価することは、多くの運動パフォーマンスに共通する下肢の筋機能特性を理解するうえで有益な情報となり得る。しかしながら、広範囲にわたるエクササイズ変数が PAP 誘発に影響を与える可能性があり、研究結果の不一致からもコンディショニング活動におけるスクワット運動の強度、量、速度の要因について不明な点が多く挙げられ、PAP に起因するエクササイズ変数の条件や組み合わせについて十分に検討がなされていない。また、PAP には個体差の影響を受けることが指摘されている。スクワット運動などの挙上速度は、変動性が小さく、極めて安定した数値であることが知られており、エクササイズ中の速度損失率を用いることで個別に仕事量を定量化できる評価法として期待されている。つまり、速度を基準としたコンディショニング活動を用いることで PAP 現象を促すための活性化と疲労の影響を適切にコントロールできる可能性が考えられるが、速度を基準とする PAP の効果については未だ知見が得られていない。</p> <p>本研究では、PAP 誘発に条件付けられるスクワット運動の強度、量、速度の影響について明らかにするとともに、速度損失率を用いた新たなコンディショニング活動の評価法について検討することを目的とした。</p> <p>第 I 章緒論では、PAP に影響を与える要因について示すとともに、下肢の筋機能増強と爆発的な力発揮能力に関連する学術的意義とトレーニング科学、およびスポーツパフォーマンス向上への貢献から本研究で扱う範囲を示した。そして、本研究の話題に関連した PAP 研究の知見を述べるとともに、PAP 現象を促進する方法を検討するうえで解決すべき課題を研究小史に示した。</p> <p>第 III 章研究 1 では、スクワット運動の総挙上重量を統一した条件のもと、広範囲の強度 (低強度、中強度、高強度) に対する PAP 効果の違いを示した。</p> <p>第 III 章研究 2 では、強度と挙上速度の組み合わせを検討するために、低強度および中強度のスクワット運動に対し、低速および高速の挙上動作を組み合わせ、PAP 効果に及ぼす影響について比較した。</p> <p>第 III 章研究 3 では、PAP 研究として希少である低強度でのスクワット運動に限定して、バリスティック動作の有無による挙上速度の違いを示すと同時に仕事量の違いによる PAP 効果について検討した。</p> <p>第 III 章研究 4 では、スクワット運動の強度と反復回数の決定に速度基準の評価法を用いて、ト</p>	

レーニング効果の特性を示すと同時に、速度損失率の違いによる PAP 効果を検討したうえで、速度基準の負荷設定の違いが PAP 誘発に与える影響について注目した。

研究 1～研究 4 の結果より以下の結論を得た。

第 III 章研究 1 では、相対強度を基準とした中強度および高強度でのスクワット運動の総挙上重量が統一される条件下で、いずれの運動強度においても、PAP 誘発に貢献することが示された。

第 III 章研究 2 では、中強度に対する最大挙上速度の組み合わせが PAP に影響を及ぼし、低強度において、スクワット運動の動作制限が加わる場合、挙上速度の違いによる PAP 効果は示されないことが明らかとなった。

第 III 章研究 3 では、低強度スクワット運動において、バリスティック動作を伴うことで PAP 誘発が可能となる。一方、同じ動作条件で仕事量が約半減するとその効果が消失するという知見が得られた。

第 III 章研究 4 では、速度基準のスクワット運動を用いることで、少ない仕事量で多くのトレーニング効果が得られることが確認され、PAP 誘発を目的とした場合、10%の速度損失率を用いることで、過剰な疲労を抑制し、PAP 効果に対する有益性が高まる。また、速度基準の負荷設定は、異なる速度領域（強度）に対して個別に反復回数を調整できるため、PAP 誘発において疲労耐性による個体差の影響を考慮できることが示された。

これら一連の結果から、スクワット運動の負荷重量に対し、挙上速度あるいは動作様式、さらには仕事量の組み合わせによって PAP 誘発に起因する条件が異なることが明らかとなった。また、速度基準のスクワットトレーニングの有用性が示され、PAP 誘発の試みに速度損失率を用いることで、個体差の影響を考慮したコンディショニング活動を個別に評価できる可能性が示唆される。本研究で得られた知見は、多くのスポーツ競技で必要とされる下肢の筋機能強化に対し、PAP を活用したトレーニング処方に貢献する有益な情報である。

第 IV 章総括論議として、本研究で得られた結果をもとに、1. 活動後増強の評価に対する議論、2. 活動後増強の促進を目的とするスクワット運動の妥当性、3. 活動後増強効果に対する相対強度基準と速度基準の比較、4. 爆発的筋力向上のための活動後増強を応用したトレーニング戦略について論じた。また、5. 本研究における限界点を示し、PAP 促進の要因に関する可能性と今後のトレーニング科学研究を発展的に進めるための課題について述べた。

論文の英文概要

Name	Rikiya SUNAKAWA
Title	Factors affecting the post-activation potentiation in squat exercise: Examinations from weighted load and lifting velocity-loss.
<p>(Abstract)</p> <p>Post-activation potentiation (PAP) is a phenomenon where the exertion capabilities of a muscle temporarily increase after strong muscle contractions. This phenomenon may result in performance improvements; however, studies on the effectiveness of PAP on increasing performance show conflicting results. These conflicting results may be attributed to the different factors that play a role in the induction of PAP. To induce PAP, a balance between muscle activation and muscle fatigue is necessary. Therefore, specific exercises must be performed during conditioning to induce PAP. Evaluating jump performance after squat exercises can provide useful information on PAP induction in the muscle groups of the lower limbs. However, a wide range of variables beyond exercises performed can affect PAP induction. The previous studies identified inconsistencies in variables such as intensity, quantity, and velocity of the squat exercises being performed, but the effect of these variables on inducing PAP have not been sufficiently examined. Individual differences also factor into the effectiveness of inducing PAP. To account for these variables, lifting velocity can be measured. Lifting velocity in squat exercises are known to have little fluctuation and stable values; therefore, using the rate of lifting velocity lost during exercises is an ideal evaluation method to quantify the amount of effort an individual exerts. In other words, muscle activation and fatigue may be appropriately controlled to induce PAP by using velocity-based conditioning activities. However, research on the effectiveness of inducing PAP based on velocity-based conditioning is limited.</p> <p>Thus, the purpose of this study was to examine the effects of the intensity, quantity, and velocity of squat exercises on inducing PAP and to examine a new evaluation method for conditioning activities using rate of velocity loss.</p> <p>In Chapter I: Introduction, we examined the factors that affect PAP, the academic significance, and the science related to lower limb muscle function enhancement and explosive force production. We also summarized the scope of this study, and the contributions this study makes to improving sport performances. We described the findings of previous PAP research, and the issues with the current methods used to induce the PAP phenomenon.</p> <p>In Chapter III: Study 1, the differences in PAP induction over a wide range of squat exercise intensities (low intensity, medium intensity, high intensity) with unified total weight was measured.</p> <p>In Chapter III: Study 2, to examine the combinatorial effects of intensity and velocity, we combined the low-intensity and medium-intensity squat exercises with low-velocity and high-velocity lifting movements. We then compared the effects of these combinations on the induction of PAP.</p> <p>In Chapter III: Study 3, we limited the squat exercises to a low intensity, which is rare in a PAP study, to show the difference in lifting velocity depending on the presence or absence of a ballistic movement. Simultaneously, we examined how the difference in the workload affected the induction of PAP.</p> <p>In Chapter III: Study 4, a velocity-based evaluation method was used to determine the effect of different</p>	

standard load settings on PAP induction. We focused on the intensity and number of repetitions of squat exercises, and the effects of the varying the loads were recorded.

The following conclusions were drawn from the results of Studies 1 to 4.

In Chapter III: Study 1, we observed that all exercise intensities contributed to PAP induction under conditions where the total lifting weight of squat exercises at medium and high intensities was unified.

In Chapter III: Study 2, we observed that medium intensity combined with maximum lifting velocity induced PAP; however, when maximum lifting velocity was combined with low intensity squat exercises, PAP was not induced.

In Chapter III: Study 3, we observed that PAP can be induced by low-intensity squat exercises if the exercises are accompanied by ballistic movements. This effect disappears when the training workload is halved under the same conditions.

In Chapter III: Study 4, we observed that with velocity-based squat exercises, training effects can be maximized with minimal effort. A 10% rate of velocity loss suppresses excessive fatigue and enhances the benefits of PAP. The results also showed that the effects of individual differences due to fatigue tolerance can be considered in PAP induction through adjusting the number of repetitions for different velocity intensities.

From these results, we have concluded that the conditions needed for PAP induction differ depending on a combination of lifting velocity, movement, and the load weight of the squat exercises. In addition, the results showed the usefulness of velocity-based squat training and effectiveness of the rate of velocity loss as a measure of fatigue when inducing PAP. Furthermore, it is possible to utilize conditioning activities that consider the effects of individual differences. The findings from this study provide useful information on the induction of PAP which can strengthen the functionality of the muscles in the lower limbs, muscles that are required in many sport competitions.

In Chapter IV: General Discussion, we: 1. Discussed of PAP assessment. 2. Discussed the validity of squat exercises aimed at inducing PAP. 3. Compared the relative strength and velocity criteria for PAP induction. 4. Described a training strategy that applies PAP for explosive strength improvement 5. Stated the limitations of this study, described the possible factors that induce PAP, and discussed the challenges future researchers may face while developing training methods.

氏 名 砂川 力也
学位の種類 博士(体育科学)
報告番号 乙第55号
学位授与年月日 令和4年3月20日
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
学位論文題目 活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因
—負荷重量および挙上速度損失からの検討—
論文審査委員(主 査) 特任教授 船渡 和男
(副 査) 教 授 角田 直也
(学外副査) 教 授 若山 章信(東京女子体育大学体育学部)

博士論文審査結果の要旨

題 目 活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因
—負荷重量および挙上速度損失からの検討—

氏 名 砂川 力也

国士舘大学

学 長 佐 藤 圭 一 殿

主任審査員

氏 名 船 渡 和 男



論文審査結果の要旨

学位申請者名	砂 川 力 也	申請日	令和 3 年 10 月 31 日
学位論文題目	活動後増強効果に影響を及ぼすスクワット運動の要因 —負荷重量および挙上速度損失からの検討—		
最終学歴	日本体育大学大学院体育科学研究科博士後期課程 (研究生) 修了		
論 文 審 査 結 果 の 要 旨	<p>研究目的</p> <p>本研究は、スクワット運動の挙上重量および速度を変量としたトレーニングから、ジャンプ動作跳躍高での活動後増強効果 (PAP) を検討し、速度損失基準によるトレーニング方法の知見を得ることを目的とした。筋の発揮能力は事前に強い筋収縮を行った後に一時的に増強する PAP (Post-activation potentiation) がみられ、その活用によって、より高いトレーニング刺激を得られることが期待されている。ヒトを対象とした PAP に関するこれまでの研究では、即時的にパフォーマンスが増強したとする報告や改善されないとする報告があり、PAP 効果に対する矛盾した見解が示されている。</p> <p>本研究では、トレーニング変数条件として捉えられるスクワット運動の強度、量、速度の影響について、ジャンプ動作跳躍高から PAP 誘発の程度を明らかにするとともに、速度損失率を用いた新たなコンディショニング活動の評価法について検討した。</p> <p>研究結果</p> <p>第 I 章緒論では、PAP に影響を与える要因について示すとともに、下肢の筋機能増強と爆発的な力発揮能力に関連する学術的意義とトレーニング科学、およびスポーツのパフォーマンス向上への貢献から本研究で扱う範囲を示した。そして、本研究の話題に関連した PAP 研究の知見を述べるとともに、PAP 現象を促進する方法を検討する上で解決すべき課題を研究小史に示した。</p> <p>第 III 章研究 1 では、相対強度を基準とした中強度および高強度でのスクワット運動の総挙上重量が統一される条件下で、いずれの運動強度においても、PAP 誘発に貢献することが示された。</p> <p>第 III 章研究 2 では、中強度に対する最大挙上速度の組み合わせが PAP に影響を及ぼし、低強度において、スクワット運動の動作制限が加わる場合、挙上速度の違いによる PAP 効果は示されないことが明らかとなった。</p> <p>第 III 章研究 3 では、低強度スクワット運動において、バリストック動作を伴うこ</p>		

とで PAP 誘発が可能となる。一方、同じ動作条件で仕事量が約半減するとその効果が消失するという知見が得られた。

第Ⅲ章研究 4 では、速度基準のスクワット運動を用いることで、少ない仕事量で多くのトレーニング効果が得られることが確認され、PAP 誘発を目的とした場合、10% の速度損失率を用いることで、過剰な疲労を抑制し、PAP 効果に対する有益性が高まる。また、速度基準の負荷設定は、異なる速度領域（強度）に対して個別に反復回数を調整できるため、PAP 誘発において疲労耐性による個体差の影響を考慮できることが示された。

これら一連の結果から、スクワット運動の負荷重量に対し、挙上速度あるいは動作様式、さらには仕事量の組み合わせによって PAP 誘発に起因する条件が異なることが明らかとなった。また、速度基準のスクワットトレーニングの有用性が示され、PAP 誘発の試みに速度損失率を用いることで、個体差の影響を考慮したコンディショニング活動を個別に評価できる可能性が示唆される。

評価判定

論文では研究手法の信頼性と妥当性を検証し、4 編の実験研究による検証がなされた。スクワット運動の負荷重量、挙上速度あるいは動作様式によって PAP 誘発に起因する条件が異なること、また速度基準のスクワットトレーニングの有用性が示され、速度損失率を用いることで新たなトレーニング手法の開発が示唆された。

本研究で得られた知見は、多くのスポーツ競技で必要とされる下肢の筋機能強化に対し、PAP を活用したトレーニング処方作成に貢献する有益な情報である。特に本研究で得られた結果をもとに、1. 活動後増強の評価に対する議論、2. 活動後増強の促進を目的とするスクワット運動の妥当性、3. 活動後増強効果に対する相対強度基準と速度基準の比較、4. 爆発的筋力向上のための活動後増強を応用したトレーニング戦略、について論じた第Ⅳ章の総括論議は、今後のトレーニング科学研究の指針として評価できる。加えて総括論議 5 に本研究における限界点を示し、PAP 促進の要因に関する可能性と今後のトレーニング科学研究と実践を発展的に進めるための課題についての論述も学術的に意義が認められる。

本研究は、トレーニング研究で速度損失基準および PAP を検討した点で独創的かつ新規性がある。また速度損失基準によるトレーニングという視点は、汎用性が高く多くのスポーツの競技力向上に適用できることから、今後のスポーツ科学の発展に大きく寄与することが期待される。

これらの研究成果は、独創性が高く、スポーツ科学およびスポーツ実践の発展に大きく寄与するものであると言える。従って、博士論文として価値を認めた。