

氏 名	深 谷 泰 山			
学 位 の 種 類	博士（保健学）			
学 位 記 番 号	甲第 70 号			
学位授与の日付	2021 年 3 月 17 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
学位論文題目	Effects of Static Stretching With High-Intensity and Short-Duration or Low-Intensity and Long-Duration on Range of Motion and Muscle Stiffness 高強度・短時間および低強度・長時間のストレッチングが関節可動域および筋弾性率に及ぼす影響			
論 文 審 査 員	主査	新潟医療福祉大学	講師	中 村 雅 俊
	副査	新潟医療福祉大学	教授	久 保 雅 義
	副査	新潟医療福祉大学	教授	佐 藤 大 輔

論 文 内 容 の 要 旨

Static stretching(SS)は関節可動域(ROM)や筋のスティフネスを向上させるためにスポーツやリハビリテーション分野で行われている。近年、SS の柔軟性に対する効果は実施時の強度、時間、頻度、姿勢が影響するとされている(Apostolopoulos et al., 2015)。しかしながら、SS 実施時の時間と強度を組み合わせ、強度と時間の積(負荷量)を同一とした際のストレッチングの ROM に対する効果については一定の見解が得られていない。さらに近年、痛みを伴った高強度ストレッチングの方が ROM や筋スティフネスに対して効果的であることが報告されているが(Kataura et al., 2017; Takeuchi et al., 2020)、高強度ストレッチを含め、SS の時間と強度を組み合わせた研究はない。そこで、本研究では総負荷量を統一した高強度かつ短時間のストレッチングおよび低強度かつ長時間のストレッチングが関節可動域および筋弾性率に及ぼす影響を検証することとした。

本研究には 18 名の健常大学生がこの研究に参加した。被験者は、足関節底屈筋群に対して、高強度かつ短時間(120%強度かつ 100 秒、高強度・短時間群)および低強度かつ長時間(50%強度かつ 240 秒、低強度・長時間群)の 2 条件のストレッチングを隔日にランダムに実施した。伸張強度の設定は、SS 実施前に測定した ROM を 100%と規定し、120%あるいは 50%ROM の強度で実施した。評価指標は、ROM, passive torque at dorsiflexion ROM, 内側腓腹筋の筋弾性率とし、SS 実施前後に測定を実施した。

結果、ROM は両群ともにストレッチング後に有意に増加を認めた(高強度・短時間

群: $+6.1 \pm 4.6^\circ$, 低強度・長時間群: $+3.6 \pm 2.3^\circ$)。また、ストレッチ後の高強度・短時間群の ROM は低強度・長時間群の ROM よりも有意に高値を示した。Passive torque at dorsiflexion ROM もストレッチ後に有意に増加した(高強度・短時間群: $+5.8 \pm 12.8$ Nm, 低強度・長時間群: $+2.1 \pm 3.4$ Nm)。しかしながら、両群間の変化に有意な差は認められなかった。内側腓腹筋の筋弾性率も両群ともにストレッチ後に有意に低下した(高強度・短時間群: -8.8 ± 6.1 kPa, 低強度・長時間群: -8.0 ± 12.8 kPa)。さらに、高強度・短時間群の筋弾性率の変化率($-38.8 \pm 14.5\%$)は低強度・長時間群の変化率($-22.2 \pm 33.8\%$)との間に有意な差を認めた。

両群において、ROM は SS 実施後に有意に増加し、高強度・短時間群の方が大きな変化を認めた。ROM 増加のメカニズムは被験者の最大伸張に耐えられる伸張感の変化(stretch tolerance の増大)と筋腱複合体の粘弾性の変化が関与しているとされている。本研究において、両群ともに passive torque at dorsiflexion ROM の増大と筋弾性率の低下を認めた。また、本研究において、passive torque at dorsiflexion ROM の変化に有意差は認めなかったが、ROM の変化との間に高い相関関係を認めた(高強度・短時間群; $\rho = 0.68$, 低強度・長時間群; $\rho = 0.60$)。先行研究においても ROM の増大と stretch tolerance の変化に相関関係があることが報告されており、高強度の SS の方が stretch tolerance の変化が生じたと報告されている。従って、高強度群の方が stretch tolerance の変化が生じ、ROM の変化が大きくなった可能性が考えられる。また、筋弾性率においても両群ともに有意に低下を認めた。先行研究において、100%強度よりも 120%強度の SS の方が筋腱のスティフネスの変化が大きく生じたことを報告している(Takeuchi et al., 2020)。さらに 80%強度の SS において筋弾性率の低下は認めたが、40%や 60%強度の SS では変化を認めなかったと報告している(Freitas et al., 2015)。一方、時間に注目すると 20 秒間の SS では筋弾性率は変化しなかったが(Sato et al., 2020), 120 秒間の SS において筋弾性率が低下したことを報告している。したがって、本研究の SS 強度あるいは時間は筋弾性率を低下させるのに十分であった可能性がある。しかしながら、高強度・短時間群の方が筋弾性率の変化は大きく生じたことから筋スティフネスの変化には SS の時間より強度が重要であると推察される。本研究の結果より、SS 時間が短くなったとしても、高強度で SS を実施した方が ROM や筋のスティフネスの変化は大きく生じることが明らかとなった。

キーワード：ストレッチング、関節可動域、筋弾性率、ストレッチング強度

論文審査結果の要旨

本論文は、ストレッチングの中でも最もリハビリテーションやスポーツ領域で用いられることが多いスタティックストレッチングについてストレッチング強度・時間に着目した研究である。これまでストレッチング強度や時間に着目した研究は多く報告されており、ストレッチング強度が大きい（強い）ほど、もしくは長いほど、効果が大きいことが報告されている。

参考論文においては、この強度に着目し、反復した高強度ストレッチング介入効果が通常の強度のストレッチングよりも関節可動域の改善効果に有効なことを明らかにした(Fukaya et al., Eur J Appl Physiol. 2020)。加えて、ストレッチング強度とストレッチング効果について個人内および個人間での強度の違いの影響を検討した結果、個人間の強度の差、つまり大きな角度でストレッチングを行うほど、筋腱複合体の粘弾性の変化の効果は大きく、また個人内では強度の高いストレッチングを行うほど、関節可動域の増加が大きいことを明らかにした (Fukaya et al., Sports. 2020)。このようにストレッチング強度が重要な影響を及ぼしていることは明らかであるが、これら多くの先行研究においてはストレッチング時間との相互関係については十分、検討できていない。具体的には、ストレッチング介入における強度と時間の積である仕事量を統一した条件での比較を行うことで強度の影響を検討する必要がある。また、近年、先行研究において痛みを伴った高強度ストレッチングの有用性について示されているが、仕事量を統一した条件においても高強度ストレッチングが有効であるか否かについては不明であった。

そこで本研究では仕事量を統一した条件で、高強度・短時間ストレッチングと低強度・長時間ストレッチングの効果を比較検討した。その結果、両ストレッチング法ともに関節可動域を増加させ、筋弾性率（硬度）を減少させることが出来るが、その効果は高強度・短時間ストレッチングの方が有意に大きいことが明らかとなった。加えて、この関節可動域の増加効果には筋弾性率の変化よりも対象者の感覚的な変化（stretch tolerance）が関連している可能性を示すことが出来た。これまでの先行研究はストレッチング仕事量を統一することなく、ストレッチング強度や時間の影響を検討する報告が多く、本研究ではこの仕事量を統一した条件においても、痛みが生じるほどの高強度ストレッチングの有用性を示した初めての研究であり、この点が評価され、Front Physiol に掲載されたと考えられる。

また、学位審査会における質疑応答についてはストレッチング介入における関節可動域増加メカニズムについて筋腱複合体の粘弾性の変化、および感覚的变化（stretch tolerance）の変化の寄与についての試問を行った結果、現在わかっている先行研究での成果、本研究結果から導き出される考察、および現在の研究の問題点などについて回答することが出来、本研究テーマに関する知識・理解度の確認が出来た。また、本研究の今後の展望として、スポーツやリハビリテーション現場においてどのように応用していくかということも議論をされ、実際にストレッチングにより障害発生を減少させる

ことが出来るのか？については、本研究では明らかにできていないため、今後の研究による検討を期待したいと考えている。

本論文はストレッチングというスポーツやリハビリテーション現場において非常に多く用いられる手技について強度と時間という観点より効果を比較検討した論文である。ストレッチング効果のメカニズムやその臨床的な応用については今後の研究で解明を求められる課題は有するが、研究を遂行するために必要な先行研究の十分な探索能力・知識、研究遂行、論文執筆能力は十分あり、かつ本研究の限界点なども含めた議論も述べる事が出来ている。

以上のことから、審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。