

Acute effects of static stretching on flexibility and muscle force for eccentrically-damaged muscle

(スタティック・ストレッチングが伸張性収縮後の筋に与える影響)

Introduction: Acute effects of static stretching have been documented such that static stretching increases range of motion (ROM) and stretch tolerance, decreases stiffness and muscle force. However, it is less clear whether these acute effects of static stretching are the same for eccentrically damaged muscles. Therefore, this study compared responses to static stretching between eccentrically damaged and non-damaged muscles.

Methods: Twelve healthy male students performed 60 times isokinetic and eccentric contractions in unilateral knee flexors. They received a 300-s continuous passive static stretching at tolerable intensity without pain to both knee flexors at 2 and 4 days after the eccentric exercise. ROM and passive stiffness during knee extension, passive torque at onset of pain (PT), maximum voluntary isometric (MVC-ISO) and isokinetic concentric contraction torque (MVC-CON), and visual analogue scale (VAS) for muscle soreness were measured before, immediately after, 60 minutes, 2 and 4 days after exercise as well as before, immediately after, 20 and 60 minutes after the stretching. Changes in these variables after eccentric exercise and stretching were compared between both limbs.

Results: The eccentric exercise decreased MVC-ISO, MVC-CON, ROM and PT, and increased passive stiffness and VAS ($p < 0.05$), suggesting that muscle damage was induced to the knee flexors. ROM and PT increased after stretching for both limbs, however the magnitude of the increase was greater ($p < 0.05$) for the damaged than non-damaged limb. Passive stiffness decreased for both limbs similarly (4-7%) at immediately after stretching ($p < 0.05$). Significant decreases in MVC-ISO torque (7-11%) after stretching were observed only for the non-damaged limb ($p < 0.05$), but MVC-CON torque did not change after stretching for both limbs. VAS decreased for the exercised limb after stretching ($p < 0.05$).

Discussion: It is possible that analgesic effect of the static stretching for the damaged muscle eliminated the post-stretch force loss, and induced the greater increases in the flexibility for the damaged muscle than non-damaged muscle.

Conclusions: These results suggest that the static stretching at tolerable intensity without pain produced greater positive effects on damaged than non-damaged muscles.

スタティック・ストレッチングが伸張性収縮後の筋に与える影響

【緒言】健全な筋を対象にスタティック・ストレッチングの効果を報告した先行研究は多く、ストレッチング後に関節可動域の増加および stiffness の低下といった柔軟性の指標に対するポジティブな効果が生じることが知られている。しかしながら、近年の報告を渉猟してみると、スタティック・ストレッチングは筋力および筋パフォーマンスに対して有害な効果を誘発することが多数報告されている。このように、健全な筋に対するスタティック・ストレッチングの様々な効果が報告される一方で、繰り返しの伸張性収縮 (eccentric contraction; EC) 後の筋に対するストレッチング効果を検討した報告は未だ少ない。EC は、長期にわたる筋力および関節可動域の低下や、遅発性筋痛 (delayed onset muscle soreness; DOMS) および腫脹の発生、クレアチンキナーゼ (creatinase; CK) といった血液マーカーの上昇を特徴とする筋損傷を誘発することが知られている。EC による影響を軽減するために、予防または治療手段としてスタティック・ストレッチングが用いられることがしばしばあるが、その効果について、未だ一定した見解が得られていない。そこで、本研究は、EC 後の筋に対して、伸張部位に痛みを生じる直前の強度にて長時間 (300 秒) のスタティック・ストレッチングを実施した際、どのような反応を示すのかを健全な筋と比較することを目的とした。

【方法】被験者は健全男子学生 12 名 (平均年齢: 21 ± 0.5 歳) とした。対象筋はハムストリングスとし、一侧のハムストリングス (EC 側) に対して EC を行い、対照は EC を行わない反対側の同筋群 (コントロール側) とした。ハムストリングスに対する EC は、等速性運動機器を用い、腹臥位にて合計 60 回行った。スタティック・ストレッチングは、等速性運動機器を用い、膝関節最大伸展位 (痛みが出る直前) の強度にて 300 秒間実施した。なお、ストレッチングは EC 2 および 4 日後に、両側ハムストリングスに対して行った。評価指標は静的トルク、膝関節伸展可動域 (range of motion; ROM)、最大動的トルク、stiffness、等尺性筋力、求心性筋力、疼痛とした。評価は EC 前、EC 直後、1 時間後、および EC 2、4 日後のストレッチング前、直後、20、60 分後の合計 11 回行った。

【結果】EC 側では EC 前と比較して、EC 2 日後および 4 日後に ROM、最大動的トルクおよび等尺性筋力の低下、stiffness の増加、疼痛の発生が確認されたが、一方でコントロール側に EC の影響は認められなかった。ROM は、両側ともにスタティック・ストレッチング直後から 60 分後まで増加した。最大動的トルクは、EC 側ではストレッチング直後から 60 分後まで、コントロール側ではストレッチング直後から 20 分後まで増加した。また、ストレッチング後の ROM および最大動的トルク増加の程度は、コントロール側と比較して EC 側の方が大きかった。Stiffness は、両側ともに EC 2 日後および 4 日後のストレッチング直後に低下したが、ストレッチング後の stiffness 低下の程度は両下肢間で差を認めなかった。等尺性筋力は、コントロール側では

EC 2日後および4日後のストレッチング直後に低下したが、EC側では変化しなかった。一方、求心性筋力は、両側ともにストレッチング後に変化を認めなかった。また、EC側に生じた疼痛は、ストレッチングにより軽減した。

【考察】EC後の各評価指標の変化から、EC側のハムストリングスに対して適切にECが負荷できたこと、また少なくとも筋機能および柔軟性に関しては、一側下肢に対するECは、反対側に影響を及ぼさないことが考えられる。スタティック・ストレッチング後の各評価指標の変化について、EC後の筋では、健常な筋とは異なり、スタティック・ストレッチング後に等尺性筋力低下が生じなかった。先行研究において、筋痛が生じている際には、最大随意発揮筋力が低下することが報告されていること、およびEC側に生じていた疼痛がスタティック・ストレッチング後に軽減したことから、疼痛の軽減がストレッチング後の等尺性筋力低下と打ち消し合い、結果としてEC側ではストレッチング後の等尺性筋力低下が生じなかった可能性が推察される。また、EC後の筋では、健常な筋と比較して、ストレッチング後のROM増加の程度が大きかった。ストレッチング後のROM増加は最大動的トルクの増加とstiffnessの低下によって生じると考えられている。本研究では、両下肢間でストレッチング後のstiffness低下の程度に差を認めなかった一方で、最大動的トルク増加の程度はEC側の方が大きかった。このことから、両下肢間におけるストレッチング後のROM増加の程度の違いは、最大動的トルク増加の程度の違いによって生じた可能性が推察される。最大動的トルクは伸張に対する痛み閾値を反映すること、および疼痛の結果を併せて考えると、ストレッチング後の最大動的トルク増加の程度がEC側でより大きくなったことにも、スタティック・ストレッチングによる鎮痛効果が関与している可能性が考えられる。

【結論】EC後の筋に対するスタティック・ストレッチングは、その施行強度が痛み閾値を超えない場合、ストレッチング後の筋力低下を誘発することなく、ECによって生じる柔軟性低下を改善させる方法として有効であることが示された。