

# 論文の和文要旨

氏名 \_\_\_\_\_ 鴻崎香里奈

(博士論文の題目)

**Strenuous eccentric contractions induce the peripheral nervous injury**

過度な伸張性収縮は末梢神経損傷を誘発する

(博士論文の要旨)

## 第 1 章 過度な伸張性収縮は骨格筋の支配神経損傷を誘発する

骨格筋の収縮運動は等尺性、短縮性、伸張性収縮 (ECs) の 3 様式に大別される。特に ECs は収縮条件によっては筋損傷が誘発され、近年ではラットに過度な ECs を課すと、筋の支配神経に異常が誘発されることが明らかとなった。しかし、ヒトで同様の現象が観察されるか否か、あるいは ECs の条件変化が神経へ及ぼす影響は未解明である。本研究では、3 つの課題を検証した。

## 第 2 章 過度な伸張性収縮は上腕二頭筋支配神経である筋皮神経潜時を遅延させる

本章では ECs 誘発性の神経損傷がヒトにおいて観察されるか否かを検証した。対象者は運動習慣のない 15 名の成人女性 (年齢:  $24.6 \pm 3.5$  歳, 身長:  $160 \pm 5.3$  cm, 体重:  $55.3 \pm 5.5$  kg) とし、非利き手側の上腕二頭筋に ECs を実施した。ECs は先行研究に則り、 $90^\circ$ /秒の関節角速度にて 1 セットあたり 6 回の ECs を 10 セット課した。5 日間の実験期間中、ECs は初日のみ、直後から翌日以降の 4 日間 (1-4 日後) で筋および神経機能を評価した。筋機能は最大等尺性発揮筋力 (MVC)、肘関節可動域 (ROM)、遅発性筋痛 (DOMS) を、神経機能は上腕二頭筋を支配する筋皮神経の潜時測定によって評価した。潜時は複合活動電位が神経を伝導し筋収縮を誘発させるまでの時間を反映する。したがって神経機能が障害された場合、活動電

## 様式 3 号

位の伝導が阻害され潜時が遅延する。筋機能の結果では MVC と ROM が ECs 実施直後に顕著に低下し、DOMS は 2 日後で最も増悪した ( $p<0.05$ )。潜時は 1-2 日後において ECs 実施前より 12-24%有意に遅延した ( $p<0.05$ )。

本実験結果より、ヒト対象の実験においても ECs 誘発性の神経機能低下が示された。

### 第 3 章 ラット腓腹筋に対する繰り返しの伸張性収縮が坐骨神経へ及ぼす影響

過度な伸張性収縮を慢性的に負荷すると、重度な筋損傷が誘発される。本章ではラット腓腹筋に高角速度の ECs を繰り返し、慢性的な ECs が支配神経へ及ぼす影響を検証した。雄性 Wistar 系ラット (9 週齢) の内側腓腹筋に電気刺激を施し、収縮を誘発させながら足関節を背屈させ、ECs を課した。群分けは関節角速度の速い 180°/s 群 (FAST)、遅い 30°/s 群 (SLOW)、未処置群 (CNT) とし、1 日おきに 1-4 セット (1 日あたり 5 回×4 セット) を実施した。神経は腓腹筋支配神経を含む坐骨神経伝導速度 (NCV) を評価した。NCV は複合活動電位が神経から筋へ伝導する際の速度であり、NCV の低下は支配神経における機能障害の発生を反映する。FAST 群では ECs 実施回数の増加に伴い段階的な NCV の低下が誘発された (2 セット: 78%, 3 セット: 78%, 4 セット: 42%,  $p<0.05$ )。特に 4 セット群では、足関節発揮トルクが CNT より 36%低下し、腓腹筋が萎縮した ( $p<0.05$ )。また電子顕微鏡下で坐骨神経線維を観察すると、明らかに変性した神経線維が観察され、ミエリン鞘は狭小化し線維径が減少した ( $p<0.05$ )。

本実験結果から、高角速度の伸張性収縮を繰り返し行くと、重篤な神経損傷が誘発されることが示された。

### 第 4 章 ハムストリングスの肉離れは坐骨神経機能低下をもたらす

肉離れ損傷はスポーツ現場において頻発し、発揮筋力の低下や筋痛、重篤な例では損傷部の線維化や筋萎縮が観察される。さらに高い割合での再受傷が指摘さ

## 様式 3 号

れているが、原因は不明である。肉離れはトップスピードでの疾走や切り返しなど、繰り返しの ECs を主な損傷機転とするため、支配神経異常の関与が考えられる。本章では、肉離れが好発するハムストリングス肉離れ既往者の坐骨神経 NCV を評価した。27 名の肉離れ既往者から成る INJ 群(年齢:  $19.6 \pm 1.4$  歳, 身長:  $167.7 \pm 7.0$  cm, 体重:  $61.9 \pm 7.3$  kg)を対象に、腰部からハムストリングスまでの坐骨神経 NCV を測定し、16 名の非損傷者から成る CNT 群(年齢:  $19.9 \pm 1.1$  歳, 身長:  $170.4 \pm 9.2$  cm, 体重:  $72.7 \pm 16.0$  kg)と比較した。INJ 群では、CNT 群より NCV が有意に 14%低下していた ( $p < 0.05$ )。さらに INJ 群の 27 名全症例において、損傷側の NCV は非損傷側より有意な低値を示した ( $p < 0.05$ )。したがって、ECs を主な起点とした肉離れ損傷においても神経機能の低下が確認された。

## 第 5 章 今後の展望

本研究によって、過度な ECs を単回あるいは繰り返しおこなうと、支配神経の機能・構造異常を誘発することがヒトおよび動物実験によって明らかとなった。ECs が神経へ及ぼす影響の実態が解明されつつある一方で、発生機序や病態の進行過程は不明である。既に幾つかの検証によって、ECs 実施後の筋内神経における血管透過性の亢進（神経損傷を示唆する現象）や、坐骨神経線維の血管透過性の亢進が日数経過に伴い損傷部近傍から遠位（脊髄側）で発生することを確認した。今後は病態メカニズムや発生機序の解明に向けた細胞・分子レベルでの調査が重要課題である。