

題目: A novel categorization of the muscular branches of the tibial nerve within the popliteal fossa

(邦題：ヒト膝窩部脛骨神経筋枝の新しい分類の提案)

医学専攻 基礎医学研究分野 解剖学領域

氏名：石井 貴弥

キーワード：筋枝分岐パターン、脛骨神経筋枝、筋枝分岐の順序、解剖学的変異

【研究の背景と目的】

脛骨神経とは、坐骨神経が大腿後面遠位で総腓骨神経を分岐した後に、その遠位部として脛骨神経と定義される。大腿から膝窩部に侵入し、ヒラメ筋腱弓の前方を走行する。ヒト膝窩部における脛骨神経の筋枝は、腓腹筋内側頭 (MH)、腓腹筋外側頭 (LH)、ヒラメ筋 (So)、足底筋 (Pl)、膝窩筋 (Po) への支配枝からなる。これら筋枝の分岐パターンとその基本的な分岐法則は、個々の骨格筋の発生と形態形成の原則を理解するために重要であると考えられる。しかし、最も頻度が高い分岐のパターンと基本的な分岐法則は明らかではなく、統一された見解が未だ確立していない。著名な解剖学成書にも、それぞれ異なった筋枝分岐パターンが記載されている。

本研究の目的は、膝窩部における脛骨神経の筋枝分岐のパターンとその基本的な法則を明らかにすることである。

【対象・方法】

対象は、本学「献体の会」の会員で、死後献体され正常人体解剖実習にて使用されたご遺体の中で、下肢末梢神経損傷の既往、膝関節周囲に外傷歴、手術歴のある者を除外した 31 体 62 肢 (男性 22 体、女性 9 体、49~95 歳) とした。

肉眼レベルの解剖学的解析として、大腿骨内側上顆・外側上顆の後面上縁を基線とし、近位方向を正、遠位方向を負として設定した。基線から各筋枝の分岐レベルまでの距離 (mm) をデジタルノギスにて 3 回計測し、平均値を算出した。また、脛骨神経本幹からの分岐の方向を記録した。

組織学的解析として、62 肢のうち 8 肢を任意に選択して、MH、LH、So の筋枝、および脛骨神経本幹から分岐した LH と So の共通枝の 4 種類の筋枝を単離した。各筋枝のパラフィンブロックを作成、薄切した後にヘマトキシリン・エオジン染色を行った。取得した顕微鏡像を解析ソフト BZ-H4M (KEYENCE) を使用して、軸索の総断面積 (mm^2) と軸索数を 3 回計測し、その平均値を算出した。統計学的解析には、Free JSTAT (Version 13.0) にて対応のない t 検定を使用して解析した。得られた数値は、有意水準を 5% 未満に設定し、有意差の有無を判定した。

【倫理上の配慮】

本研究は、本学の倫理審査委員会の承認を得ている (20-Im-001)。研究に使用したご遺体は、生前に研究に対する包括的同意を得ている。

【結果】

MH への筋枝は、脛骨神経本幹の後内側から分岐していた。LH と So への筋枝は、脛骨神経本幹の後外側から共通枝として分岐していた。MH への筋枝、LH と So の共通枝の分岐レベルの基線からの距離の平均値は、それぞれ $13.1 \pm 17.4\text{mm}$ 、 $10.1 \pm 19.6\text{mm}$ であった。

MH への筋枝分岐、LH と So の共通枝の分岐パターンは、3 種類に分類された。まず最も頻度

が高かった分岐パターンとして、MH への筋枝の分岐レベルが、LH と So の共通枝の分岐レベルと同じパターンがあった。この分岐パターンを 2 型 (Type 2) とし、62 肢中 39 肢 (62.9%) で見られた。この 2 型における、基線から分岐レベルまでの距離の平均値は 16.9 ± 17.5 mm であった。次に、MH への筋枝分岐レベルが、LH と So の共通枝の分岐レベルよりも近位に位置していたパターンがあった。この分岐パターンを 1 型 (Type1) とし、62 肢中 21 肢 (33.9%) で見られた。この 1 型における MH への筋枝の基線から分岐レベルまでの距離の平均値は 6.8 ± 15.7 mm であり、LH と So の共通枝では -2.3 ± 17.7 mm であった。さらに、3 型 (Type3) として、MH への筋枝の分岐レベルは、LH と So の共通枝の分岐レベルよりも遠位に位置していた分岐パターンが、62 肢中 2 肢 (3.2%) で見られた。この 3 型における MH への筋枝の基線からの分岐レベルまでの距離の平均値は 3.4 ± 19.3 mm であり、LH と So の共通枝では 7.7 ± 20.0 mm であった。この LH と So の共通枝は、62 肢全てで存在を確認することができた。この共通枝の分岐部から LH と So への筋枝それぞれの分岐部までの距離は、 35.1 ± 15.3 mm であった。

Pl と Po の筋枝は、脛骨神経本幹から前方に向かって分岐していた。これらの筋枝は、MH への筋枝や LH と So の共通枝よりも前方および遠位側に位置していた。62 肢から Pl 欠損している肢などを除いた 47 肢の基線から Pl と Po への筋枝分岐レベルまでの距離の平均値は、それぞれ 19.5 ± 15.2 mm と -35.7 ± 25.1 mm であった。

Pl と Po への筋枝分岐パターンは、2 種類に分類された。頻度の高い分岐パターンは、47 肢中 39 肢 (83.0%) 検出されたもので、Pl と Po への分岐は個々に生じていた。このタイプの Pl への筋枝分岐レベルは、Po への筋枝の分岐よりも近位に位置し、基線から Pl への筋枝分岐レベルまでの平均値は、 -17.6 ± 14.1 mm であり、Po への筋枝では、 -39.5 ± 25.3 mm であった。また、47 肢中 8 肢 (17.0%) においては、Pl への筋枝と Po への筋枝は同じレベルから分岐していた。このタイプにおける基線から分岐レベルまでの距離の平均値は、 -29.1 ± 16.8 mm であった。Po への筋枝の分岐レベルが、Pl への筋枝よりも近位にある肢は存在しなかった。

基線から分岐レベルまでの距離の平均値および分岐パターン分類から、主な結果は以下の 2 点である。①MH、LH、So の筋枝は、脛骨神経本幹よりも必ず後面へ分岐し、Pl、Po の筋枝は、必ず前面へ分岐していた。②脛骨神経本幹から LH と So の共通枝として分岐した後に、それぞれの筋枝として分岐していた。以上 2 点が例外なく全ての肢に共通していた。

また、組織学的解析では、MH への筋枝よりも LH と So の共通枝が、軸索の総断面積が大きく (0.4 ± 0.2 mm²、 0.8 ± 0.2 mm²)、軸索数も多かった (1386.0 ± 118.9 、 2817.5 ± 1026.0)。また、LH への筋枝よりも So への筋枝の方が、軸索の総断面積が大きく (0.3 ± 0.2 mm²、 0.7 ± 0.3 mm²)、軸索数も多かった (767.8 ± 283.2 、 1990.8 ± 689.9)。総断面積では、8 肢全ての肢で MH への筋枝よりも LH と So の共通枝が大きく、LH への筋枝よりも So への筋枝の方が大きかった。

【考察】

肉眼レベルの解剖学的解析により、膝窩部の脛骨神経の筋枝は、後方分岐群 (MH、LH、So) と前方分岐群 (Pl、Po) に分類できると考えられた。この分類は、上肢・前腕にある正中神経の後面へ分岐する前骨間神経の分岐パターンと類似していた。また、筋枝分岐の方向は、支配する筋腹との位置関係で説明可能であった。しかし、Pl だけは、この分岐方向と筋腹の位置関係では説明が不十分であった。よって Pl は、後方分岐群と前方分岐群の中間に発生学的原基が存在するのではないかと推察した。

さらに、組織学的解析の結果を合わせて考察すると、LH と So の共通枝の主たる枝の成分は、So であることが明らかとなった。解剖学の成書、または先行研究では、この LH と So の共通枝を「LH の筋枝」として表記するのが一般的であった。しかしながら、本研究の結果から、『LH と So の共通枝』と表記することを提案できる。

【結論】

本研究では、膝窩部の脛骨神経筋枝の新しい分類を 2 つ提案した。まず、筋枝分岐の方向によって後方分岐群 (MH、LH、So) と前方分岐群 (Pl、Po) に新たに分類できた。次に、脛骨神経本幹から近位で外側に分岐した筋枝は、LH の筋枝ではなく、『LH と So の共通枝』と表記することが望ましい、と結論づけた。