

理学療法士の痙性筋に対するストレッチング手技の個人差は何か

—内反尖足に対するストレッチングの場合—

Variation of Physical Therapists' manual stretching for equinovarus

○ 山田南欧美 岡本正吾 奥村宏 河上敬介 山田陽滋 (名古屋大)

Naomi YAMADA, Shogo OKAMOTO, Hiroshi OKUMURA,
Keisuke KAWAKAMI and Yoji YAMADA
Nagoya University

Abstract: For equinovarus, which is a common symptom of stroke survivors, sustained muscle stretching is major treatment, and most of it is manually provided by physical therapists (PTs). It is important to specify the variation of PTs' manual stretching for standardizing the treatment for equinovarus. We analyzed manual stretching of three PTs against one stroke survivor in terms of a foot posture and force and torque applied to the diseased foot. For statistical analysis of the observed stretching motions, we used principal component analysis. The results showed that a large part of the stretching motions was to control the equinovarus foot, whereas individual differences lay in the torque to pull the heel to the direction of dorsiflexion.

Key Words: Stretching, Physical Therapy, Principal Component Analysis

1. はじめに

脳卒中後遺症者の足部にみられる代表的な症状のひとつは内反尖足である。これは、脳卒中後の痙性麻痺の進行に合わせて生じる症状で、立位・歩行に伴って足部の底屈筋群(腓腹筋・ヒラメ筋・後脛骨筋)が過緊張状態になる。立位での足底接地が困難となるため、バランス能力の低下、転倒リスクの増大を引き起こす。こういった症状が退院後も継続する場合があります、日常生活動作の自立や生活の質の維持・向上を阻害する因子となる。

内反尖足に対する治療法として、痙性筋のストレッチングが主に行われる。持続的伸張にて筋・腱などの非反射性要素の硬化を防止することができる。実際に、脳卒中後遺症者に対する足部のストレッチングにより、可動域の改善、筋緊張亢進の緩和といった効果が示されている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

内反尖足に対するストレッチングの多くは、理学療法士が徒手的に行う。内反尖足は、足関節の底屈のみならず、足部の内反、足趾屈曲を伴い、底背屈以外の制動も必要になる。多自由度を有する足部に対し、理学療法士は、一般的に、内反を矯正しながら背屈方向へストレッチングし、痙性筋を伸張する。各方向への動きは連動しており、力を加える方向やタイミングにはある程度の規則性がある。また、足関節の動きを滑らかにするために、踵部を牽引し、足関節を離開しながらストレッチングを行うこともある。さらに、筋を伸張させるために、理学療法士は足底面に十分な力を加えてストレッチングを行う。このような複雑なストレッチングの方法は、数値的に表現されておらず、理学療法士はこれを体得的に身につけている。

その複雑さと定量的表現の困難さから、理学療法士によってストレッチングの方法に違いがあることが予想される。ストレッチング手技を調査しその個人差を明らかにすることは、効果的な手技への統一と、内反尖足の予防・改善につながる。

われわれは、ストレッチング時に足部に加わる力の大きさ・軌跡を計測する装置を開発し、脳卒中後遺症者の麻痺足に対するストレッチング手技の運動学的・力学的特性を調査したので報告する。

2. 理学療法士のストレッチング手技の計測

2-1 実験参加者

対象は、脳卒中後遺症者に対するリハビリの経験が3年以上ある理学療法士3名と脳卒中後遺症者1名とした。この実験は名古屋大学大学院工学研究科倫理部会の承認を得た上で行った。対象者には口頭および書面で実験内容の説明を行い、書面にて実験参加の同意を得た。

2-2 実験装置と計測方法

3次元動作解析装置(株式会社ノビテック製, VENUS3D Ver. 4.0)と力覚センサを用い、ストレッチング時の足部の姿勢および理学療法士が足部に加える力を120 Hzで計測した。力覚センサは、脳卒中後遺症者の足部に装着する装置(以下、測定装具)(Fig. 1)に内蔵した。通常、理学療法士は踵を把持して前腕を足底面に押し当ててストレッチングを行う。よって、踵部に6軸力覚センサを、足底前面に3軸力覚センサを内蔵させ、それぞれの部位に加わる力とモーメントを計測した。また、患者の麻痺側下腿の脛骨上の3点と測定装具上の4点にマーカをつけ、動作解析装置でそれらの動きを計測した。

2-3 実験タスク

脳卒中後遺症者はベッドに横たわり、麻痺側足部に測定装具を装着した。この装置を介して、普段のストレッチングに近い方法で理学療法士が足部をストレッチングした。理学療法士一人につき、10秒のストレッチングを5秒の間隔をあけながら3回行い、これを3セット行った。

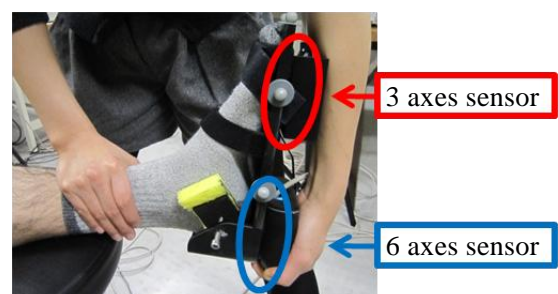


Fig. 1 Foot brace with force sensors

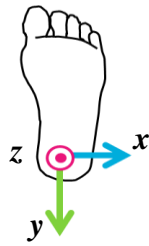


Fig. 2 Coordinate system of force sensor

2-4 データ解析

測定装具上のマーカ4点の座標を、下腿に張られた3点のマーカで定義される下腿座標系へ変換した。そして、測定装具の4点の座標から、足部座標系を定義し、下腿座標系からみた足部座標系のz-y-x系のオイラー角を算出した。これをストレッチング中の、下腿から見た足部の姿勢(θ_x , θ_y , θ_z)とした。6軸力覚センサからは踵部に加わる力の各成分(f_x , f_y , f_z)、およびモーメントの各成分(m_x , m_y , m_z)が得られた。力センサの座標系は足底に固定した(Fig.2)。

得られた各データをストレッチング1回毎に分け、さらに各ストレッチング動作を、初期姿勢から背屈位に至るまでのphase 1と背屈位で持続伸張を行うphase 2とに分割した。こうして得られたphase毎のデータをデータ長100にダウンサンプリングした。

データの解析には、主成分分析を用いた。1回のストレッチングにつき、足部姿勢(θ_x , θ_y , θ_z)、力とモーメントの各成分(f_x , f_y , f_z , m_x , m_y , m_z)の変量毎に100個ずつの時系列データが存在し、それらを並べた列ベクトル $\mathbf{v} = (\theta_x^T \theta_y^T \theta_z^T f_x^T f_y^T f_z^T m_x^T m_y^T m_z^T)^T$ を作成した。有効な試行の数は、25回であったため、これらを用いて行列 \mathbf{D} (900×25) を作成し、これに主成分分析を適用した。

3. 実験結果

phase 1における結果を示す。主成分分析の結果、最大の固有値 λ_1 (第1主成分, 寄与率 59.9%), および次に大きい固有値 λ_2 (第2主成分, 寄与率 20.2%), またそれらに対応する固有ベクトル \mathbf{a}_1 , \mathbf{a}_2 を得た。Fig. 3 と 4 に $\lambda_1^{1/2} \mathbf{a}_1$, $\lambda_2^{1/2} \mathbf{a}_2$ のうち、力の成分とモーメントの成分をそれぞれ示す。なお、モーメントに関して、全試行の平均を確認すると、y および z 軸周りのモーメントはほとんど変化がみられなかったため、議論の対象から除外する。紙面の都合上、足部の姿勢と前腕の力、および phase 2 についての議論は割愛する。

Figs. 3, 4 より、第1主成分は、はじめから一貫して小指側かつ爪先側に力を加えながら、徐々に踵を強く引いて足部を背屈方向へ回転させる方法を表す。これは、多くの試行において、足部を正中位に戻しながらかつ踵を引いて背屈方向へ足部を動かすことを示す。したがって、3名の療法士のストレッチング、もしくは25回のそれぞれのストレッチングのほとんどは、内反の制動から背屈位に至る動作に要する力とモーメントの大小において、主に差があった。これに対し、第2主成分では小指側かつ爪先側への力は途中から加えられ、踵を引く力は概ね一定であり、途中から踵を足底側へ回転させるモーメントが生じる。これは、足部の内反の制動というよりも、単純に背屈方向へ足部を動かし、後半には、踵に足部を背屈させるトルクを加える動作である。すなわち第2主成分は、内反を制動する過程の中盤から後半にて、踵を引く力の大小が、療法士も

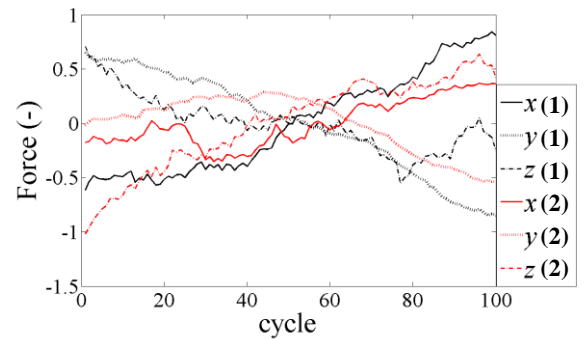


Fig. 3 Principal components of force applied to heel

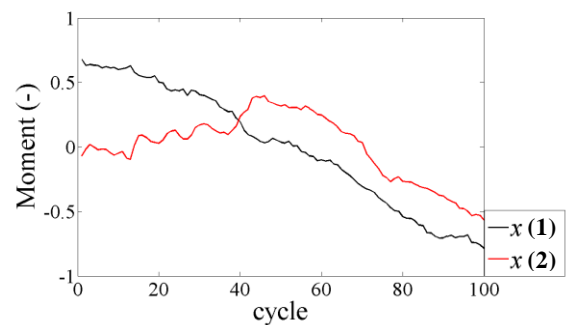


Fig. 4 Principal components of torque applied to heel

しくは試行毎にばらついていていたことを意味する。実際には、それぞれの療法士の再現性は高かったため、これらの主成分に沿った手技のばらつきは、療法士に依存するものであった。

4. 結語

本研究では理学療法士の脳卒中後遺症者足部に対するストレッチングを計測した。主成分分析を行うことで、理学療法士のストレッチングにみられる個人差の成分を確認した。手技の個人差の一つは、内反の制動過程における、踵を引く力の大小であることが示唆された。踵を引く動作は、足関節の離開と、背屈方向へのトルクの両方に関係しており、ストレッチングにおいては重要な意味があると考えられる。この部分に個人差が認められたことは、ストレッチングの効果にも療法士毎に個人差がある可能性を示唆している。

5. 参考文献

- (1) C. Yeh, J. J. Chen, K. Tsai, "Quantifying the effectiveness of the sustained muscle stretching treatments in stroke patients with ankle hypertonia", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol.17, pp.453-461, 2007.
- (2) E. Bressel and P. J. McNair, "The effect of prolonged static and cyclic stretching on ankle joint stiffness, Torque Relaxation, and Gait in People With Stroke", *Physical Therapy*, vol.82, no.9, pp.880-887, 2002.
- (3) R. W. Selles, X. Li, F. Lin, S. G. Chung, E. J. Roth, L. Q. Zhang, "Feedback-controlled and programmed stretching of the ankle plantarflexors and dorsiflexors in stroke: effects for 4-week intervention program", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol.86, pp.2330-2336, 2005.