

論 文 要 旨

Quantitative measurement of resistance force and subsequent attenuation during passive isokinetic extension of the wrist in patients with mild to moderate spasticity after stroke

脳卒中後の軽度から中等度痙縮患者における手関節に対する受動的等速伸展運動中の抵抗と後続する抵抗減衰の定量的評価

河村 健太郎

【序論及び目的】

痙縮は様々な神経疾患や中枢神経系の病変によく認められる合併症であり、脳卒中では発症後 12 ヶ月以内に患者の 17-46% に出現する。肘や手首、手指、足関節などの運動に関連する筋にみられることが多く、疼痛や拘縮、異常姿勢、関節可動域の減少、筋力低下などをきたし、しばしばリハビリテーションの阻害因子となる。したがって、痙縮管理は脳卒中を含む神経疾患のリハビリテーションには不可欠であり、正確な痙縮測定は、患者のよりよい評価や治療のためには必須である。一般に痙縮は、検者による徒手的な関節受動運動に対する抵抗の増加を測定することで評価され、Modified Ashworth Scale (MAS) が評価指標として汎用されている。

日常臨床で痙縮を測定する場合、特に軽度から中等度の痙縮患者では、徒手的な関節受動運動時に検者が筋緊張の増大を感じるだけでなく、増大につづく急激な抵抗の減衰を感じることもあり、これは折りたたみナイフ現象として知られている。また、前述の MAS の定義の中にも "catch and release" や "catch followed by minimum resistance" という用語が用いられており、標的筋の受動伸展において、抵抗増加につづく急激な抵抗の低下は、軽度から中等度の痙縮患者における大きな特徴であり、注目し得る変化であると考えられる。

これまで、手関節屈筋群の痙縮を装置で客観的に測定した報告は少なく、さらに、受動運動による抵抗増大につづく抵抗の低下に注目した研究はみあたらない。本研究の目的は、軽度から中等度の痙縮を有する脳卒中後片麻痺患者の手関節受動伸展時の抵抗を、学位申請者らが独自に開発したモーター制御装置を用いて安全に定量的に評価し、とくに抵抗減衰部分が手関節屈筋痙縮の程度を反映しているかどうかについて、徒手的に評価した MAS との相関などで検討した。

【材料及び方法】

装置は、力センサとしての引張圧縮型ロードセルとサーボ制御 DC トルクモータ、手部および前腕を固定するプレートなどで構成された。位置と力のデータは、サンプリングレート 66Hz で記録された。手部固定部に、スライドガイドを取り付けることにより、手関節部に過大な力が加わらないように工夫し、また、関節への過度な負荷や疼痛誘発を防ぐため、ロードセルで測定した抵抗力が 50N を超えると自動的に装置の回転が停止するようにプログラムされ、さらに被験者には、検査中に不快感や痛みを感じた場合、自身ですぐに装置を停止できるように安全スイッチが渡された。

17 名の脳卒中後片麻痺の各患者において、まずは MAS を用いて 2 名のセラピストにより痙縮が評価された。評価の独立性を確保するため、各評価者は互いの所見を知ることがないように別々に評価した。6 段階に分類される MAS スコアは通常 0~4 (0、1、1+、2、3、4) で評価されるが、データ分

析では、0～5（それぞれ0、1、2、3、4、5）の数値に変換し割り当てた。2名のセラピストによって得られたこれらのMASスコアは、手関節屈筋と手指屈筋でそれぞれ平均し、「平均MAS（最小0～最大5）」とした。つづいて、装置により、手関節屈曲（掌屈20°）から伸展（最大背屈可動域の90%）までの受動伸展運動に対する抵抗力が、30 deg/s、60 deg/s、90 deg/sのそれぞれの角速度で11サイクルずつ測定された。解析には1サイクル目を除く10サイクル分の測定値が用いられた。最大抵抗力とその直後の抵抗力の減衰部分（減衰抵抗力）の計測に加え、減衰部分の力積を算出した。減衰抵抗力（damping force）を最大抵抗力（maximum RF）で除した減衰力比（damping force ratio）、減衰抵抗部分のみの力積（pure damping impulse）を全体の変化も含む減衰部分全体の力積（total damping impulse）で除した減衰力積比（damping impulse ratio）など、比を利用した補正値を算出し、解析に用いた。各計測値ならびに補正値の検者内信頼性や速度依存性、平均MASとの相関、痙縮の重症度として手関節+手指屈筋のMAS（1関節あたりの平均MASが1点以下を軽症、1点より大きく3点以下を中等症と定義）との関係について解析、検討した。

【結果】

10サイクルの測定における、測定値の検者内信頼性は各種抵抗力、力積においては比較的良好であったが、補正値においてはやや低かった。速度依存性について、maximum RFならびにtotal damping impulseは速度増大とともに減少した。一方で、damping force および damping force ratio（damping force/maximum RF）は速度依存性に有意に増大していた。90 deg/sにおける手関節平均MASと減衰部分の補正値（damping force ratio および damping impulse ratio）には、有意な相関（ $\rho = 0.53-0.56$ ）がみられた。また、手関節+手指屈筋の平均MASとの相関については、60 deg/sと90 deg/sにおいて相関が強くなり（ $\rho = 0.50-0.68$ ）、さらに速度依存性に相関は強くなる傾向を示した。

平均MAS（1関節あたりの平均値）により軽症、中等症の2群に分けた場合の各値の差の検討ではmaximum RFには両群間に有意差は認められなかったが、damping force ratio では60 deg/s（ $P=0.004$ ）、90 deg/s（ $P=0.007$ ）において、damping impulse ratio では30 deg/s（ $P=0.03$ ）、60 deg/s（ $P=0.0009$ ）、90 deg/s（ $P=0.0007$ ）において、軽症群に比べて中等症群で有意に高値を示した。

【結論及び考察】

本研究は、装置による等速受動運動で誘発される抵抗力ピーク後につづく減衰に着目して、痙縮の定量的評価を試みた初めての報告であり、本装置が痙縮の定量評価に利用できる可能性があることを示した。また、測定により得られた減衰部分は、日常診療でMAS評価の際に感じられる、抵抗の急激な低下を反映しているかもしれない。特に軽度から中等度痙縮患者においては、受動運動に対する抵抗増大につづく抵抗の減衰部分に注目することで、痙縮の違いを、本装置のように比較的low角速度な受動運動でも、客観的かつ安定的、安全に検出、定量評価できる可能性があると考えられる。リハビリテーションの分野では、軽度から中等度の痙縮を呈する脳卒中後片麻痺患者の手首や手指のコントロール能力を向上させ、高い巧緻性の獲得をめざす必要があるため、痙縮を正確に評価し、治療に活かすことが非常に重要である。本装置は手関節と手指屈筋の痙縮を同時に反映することができ、様々な神経疾患の診断と治療に効果的に使用できる可能性がある。一方、今後の実用化のためには、測定方法や測定回数、デバイスの改良などを検討する必要がある。

本研究はUMIN臨床試験登録システム（UMIN-CTR）に登録されている（UMIN000030672、2018年7月4日、https://center6.umin.ac.jp/cgi-open-bin/ctr_e/ctr_view.cgi?recptno=R000035019）。

（Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation Vol 19, No.110, 2022年掲載）