



札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	脳性麻痺の足関節底屈筋群に対する Modified Tardieu Scale による筋緊張評価と発達・加齢、粗大運動機能の関係
Author(s)	横井, 裕一郎;小塚, 直樹;土岐, めぐみ;松山, 敏勝;石合, 純夫
Citation	札幌保健科学雑誌,第 1 号:71-77
Issue Date	2012 年
DOI	10.15114/sjhs.1.71
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/5388
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n2186621X171.pdf

- コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- 利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- 著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

原 著

脳性麻痺の足関節底屈筋群に対するModified Tardieu Scaleによる筋緊張評価と発達・加齢、粗大運動機能の関係

横井裕一郎^{1,2)}、小塚直樹³⁾、土岐めぐみ⁴⁾、松山敏勝⁵⁾、石合純夫⁴⁾

¹⁾ 札幌医大大学院保健医療学研究科理学療法学・作業療法学専攻 (博士課程後期)

²⁾ 北海道文教大学人間科学部理学療法学科

³⁾ 札幌医科大学保健医療学部理学療法学科

⁴⁾ 札幌医科大学医学部リハビリテーション医学講座

⁵⁾ 北海道立子ども総合医療療育センター整形外科

目的: 痙直型脳性麻痺の足関節底屈筋群に対してModified Tardieu Scale (以下MTS) を用い、筋緊張の特徴、年齢、粗大運動機能との関係を明らかにすること。

対象と方法: 脳性麻痺の両側性麻痺56名 (18才未満24名、18才以上32名、平均年齢 27.3 ± 15.6 才) に対してMTSを測定した。MTSは背臥位、股・膝関節 90° 屈曲で測定し、背屈方向へできるだけ早く動かしてひっかかる時の角度R1、できるだけゆっくり最大背屈位まで動かした角度R2を測定し、 $R2 - R1$ を算出した。また粗大運動機能はGross Motor Function Classification System (以下GMFCS) で評価した。

結果: 18才未満群と18才以上群での比較では、R2と $R2-R1$ は18才以上群の方が有意に低下していた。年齢とMTSの相関は、R2、 $R2-R1$ には有意な負の相関が認められた。GMFCSとMTSの相関は、年齢を制御変数として偏相関分析を行った結果、R1、R2で有意な正の相関が認められた。

結論: 痙直型脳性麻痺の筋緊張は、加齢につれて非反射性要素が強くなり、反射性要素は変化がなかった。また粗大運動機能が良好なほど、反射性要素と非反射性要素が強くなることが示唆された。

キーワード: 脳性麻痺、Modified Tardieu Scale(MTS)、足関節底屈筋群、痙縮、拘縮

Evaluation of the muscle tonus that used Modified Tardieu Scale (MTS) for triceps surae of cerebral palsy : The relationship between MTS and development/aging,Gross Motor Function Classification System(GMFCS)

Yuichirou YOKOI^{1,2)}, Naoki KOZUKA³⁾, Megumi TOKI⁴⁾, Toshikatsu MATSUYAMA⁵⁾, Sumio ISHIAI⁴⁾

¹⁾ Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Human Science, Hokkaido Bunkyo University

³⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Sapporo Medical University

⁴⁾ Department of Rehabilitation, Sapporo Medical University School of Medicine

⁵⁾ Department of Orthopedic surgery, Hokkaido Medical Center for Child Health and Rehabilitation

Purpose:The purpose of this study was to clarify the relationship between age and gross motor function and muscle tone, using the Modified Tardieu Scale (MTS) for spasticity of triceps surae of people with cerebral palsy(CP).

Subjects and Methods:MTS were evaluated for 56 people with bilateral paralysis of cerebral palsy (24 people under 18, and 32 over 18 years old, mean age 27.3 ± 15.6 years old). MTS was measured at 90° flexion of knee and hip joint in supine position. R1 was a measured angle when catches in the moving direction as soon as possible ankle dorsiflexion. R2 was a measured angle when moving slowly as possible to the maximum angle of ankle dorsiflexion. And then $R2-R1$ was calculated. Furthermore, gross motor function was assessed by GMFCS.

Results: $R2-R1$ and R2, were significantly lower in the over 18 group than under 18 group. Correlation between age and MTS, R2, $R2-R1$ was a significant negative correlation. Partial correlation analysis revealed age as control variables, the correlation between GMFCS and MTS, R1, R2 observed a significant positive correlation.

Conclusions:Muscle tone of CP is stronger than non-reflective elements brought with aging. But reflective elements did not change. CP who had better motor function was stronger reflective elements and non-reflective elements.

Key words : cerebral palsy, Modified Tardieu Scale(MTS), triceps surae, spasticity, contracture

Sapporo J.Health Sci.1:71-77(2012)

はじめに

脳性麻痺は厚生省脳性麻痺研究会議（昭和43年）によると、「受胎から新生児期（生後4週以内）のあいだに生じた脳の非進行性病変にもとづく、永続的な、しかし変化しうる運動及び姿勢の異常である」と定義されている。この脳性麻痺の中でも、脳の病変が上位運動ニューロン障害の場合には、筋緊張亢進状態である痙縮、原始反射の残存といった障害が見られる。その脳性麻痺の筋緊張は、発達の段階で、痙縮に筋の短縮や拘縮といった運動器系の障害が加わり、痙縮と拘縮が混在した状態となる¹⁾。

その筋緊張亢進状態である痙縮は、「伸張反射の亢進の結果で生じる、筋伸張速度に依存した受動運動に対する抵抗の増大を主とするもの」²⁾と定義され、筋の収縮要素に含まれる反射性要素による抵抗とされている。同様に拘縮は「関節を構成する軟部組織の可動性低下によるもの」¹⁾と定義され、皮膚性、結合組織性、筋性、神経性、関節性の拘縮による非反射性要素による抵抗とされている³⁾。

これらの筋緊張亢進状態、痙縮の評価指標には、Modified Ashworth Scale（以下MASとする）が臨床・研究で使用されている。MASは簡便な評価法ではあるものの、筋の伸張速度と他動運動の範囲が明確でない。従って、広く受け入れられている痙縮の定義である、「速度依存性のジャーキーな動きが伴う伸張反射の増加」²⁾を反映しておらず、痙縮測定法として捉えることには問題があると指摘されている⁴⁾。これに対してTardieuらが考案したTardieu Scale、Modified Tardieu Scale⁵⁾（以下MTSとする）が、MTSは四肢の関節・筋に対して、速度を変えて他動的に伸張し、筋緊張を反射性要素と非反射性要素に分けて評価できるため臨床・研究で近年、注目されている。MTS⁶⁾は「できるだけ早い速度」（以下V3とする）で筋の伸張を行い、最初に「ひっかかり（catch）」が生じる角度をR1としている。これは速度依存性による反射性要素、つまりジャックナイフ現象と同様であり、痙縮を意味するとされている。また「できるだけゆっくりとした速度」（以下V1とする）で筋の伸張した時の角度をR2としている。これは非反射性要素、つまり拘縮を意味するとされている。さらにR2とR1の差（R2-R1）を算出し、差が小さければ主に関節を構成する軟部組織の粘弾性や伸張性等による非反射性要素の影響が示唆され、差が大きければ主に伸張反射による反射性要素の影響が示唆されると定義している。

MTSは脳性麻痺に対する研究や使用が少ないものの、信頼性、妥当性が証明された評価方法と認識されている⁷⁻⁹⁾。しかし本邦においてMTSを使用した研究は、成人の脳血管障害片麻痺患者に行った研究⁶⁾、成人脳性麻痺者に行った研究¹⁰⁾であり、散見される程度である。特に小児から成人までの年齢層をMTSにて評価した研究や、粗大運動機能と

の関係を調べた研究はほとんど見あたらない。しかし筋緊張亢進をMTSの定義する反射性要素と非反射性要素に分けて評価することは、脳性麻痺の有効な治療方法を選択する上で重要であることは想像に難くない。したがって小児から成人までの脳性麻痺の筋緊張の特徴と粗大運動機能や年齢との関係が明らかになれば、年齢に応じた治療方法の選択や治療効果の判定に使用できる可能性がある。

そこで本研究では、小児から成人の脳性麻痺の足関節底屈筋に対してMTSを用いて、反射性要素と非反射性要素に分けて検討を行った。さらにMTSと年齢の変化・特徴、粗大運動機能との関係を横断的に分析し、脳性麻痺の足関節底屈筋の筋緊張の特徴を検討した。

方 法

1. 対象者

対象者は、肢体不自由児施設、障害者支援施設等に入院・入所している痙直型脳性麻痺と診断されている人で、障害部位は両側性麻痺（両麻痺・四肢麻痺）とした。対象人数は56名（合計56肢）、平均27.3±15.6才（5.6～61.1才）であった。年代内訳は18才未満群24名、18才以上群32名であった。粗大運動能力分類システム¹¹⁾（Gross Motor Function Classification System、以下GMFCSとする）による運動機能の内訳は、レベルⅢ：3名、レベルⅣ：7名、レベルⅤ：14名、レベルⅥ：25名、レベルⅦ：7名であった。

対象者の取り込み基準は、脳性麻痺の確定診断がされており、身体の左右両側性の麻痺を有すること、筋緊張のタイプが痙直型であり足関節底屈筋に筋緊張亢進が見られること、心身機能の変動がなく障害が安定していること、研究者か保護者の説明が理解できる知的レベルで研究の承諾ができること、研究時点から6ヶ月以内に筋骨格系の外科手術、ボツリヌス筋毒素治療が実施されていないこととした。除外基準は筋緊張の亢進、股関節・膝関節の拘縮が原因で股関節・膝関節を90°屈曲位が困難であること、過去に尖足矯正のための足関節固定術を行っていること、重篤な痙攣発作のある人とした。

なお本研究の実施は札幌医科大学倫理委員会の承認後から開始した。対象者は、主治医または担当理学療法士が上記基準を満たした人を選出した。その後、研究者は研究趣旨と方法の説明を、対象者または保護者に対して書面と口頭で行い、研究に対する理解・同意の了承を得た後に研究を実施した。

2. 測定・評価項目

本研究では筋緊張はMTS、粗大運動機能はGMFCSにて評価を行った。年齢は、MTSとGMFCSを行った時点での月齢とした。

1) MTSの測定方法

MTSはTardieu⁵⁾により開発された後、関節可動域(Range of Motion、以下ROMとする)の項目を加えて改変された。MTSは筋の伸張速度(Velocity of Stretch、以下Vとする)を変えることで、その抵抗感やクローヌスの出現から5段階に質的評価するQuality of Muscle Reactionと、ROMから量的評価する方法からなる。今回はMTSのROMを測定する方法を使用した。

MTSのROM測定は、V3にて足関節底屈方向から背屈方向へ動かし、足関節底屈筋群を伸張した際にひっかかる時点の角度R1、V1にて足関節底屈方向から背屈方向へ動かし時の最終時点の角度R2、を測定した。ROM測定は左右両下肢に対して行い、障害が重度である下肢側の値を使用した。この実施は2名で行い、1名は足関節背屈を行い、もう1名は足関節角度を計測した。実施者は脳性麻痺と痙縮筋に対する治療経験のある理学療法士とし、V3とV1の速度で各3回実施し、3度目の値を使用した。また実施者は、評価基準を一定にするために、事前に練習を繰り返した後に実施した。なおMTSの測定肢位は、脳性麻痺は

股関節と膝関節の伸展制限を有する人が多いことから、測定肢位を一定にするために、背臥位での股関節・膝関節90°屈曲とした(図1)。

被験者は筋緊張に影響を与える要因を少なくする配慮として、静かな部屋で行い、頭部は正中位、上肢はリラックスした体側に位置するようにした。また測定時間は、筋緊張に影響を与えるような要因(理学療法、入浴後、過度な疲労後)のない時間帯とした。

ROMは日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会に従い、腓骨への垂直線を基本軸、第5中足骨を移動軸として測定した。測定誤差を少なくするために、腓骨頭、外果、第5中足骨頭にシールを貼付して測定した。また測定の際には国際標準規格角度計(MINATO社製)を使用し、1°単位の計測を行った(図2)。

今回は当研究のパイロット研究として、脳性麻痺児に対して上記方法を用いたMTSの検者内信頼性を調査した。なお信頼性の解析には、級内相関係数Intraclass Correlation Coefficients(以下ICCとする)を使用した。脳性麻痺23名



図1 MTSの測定

背臥位にて股関節と膝関節を90°屈曲させた状態で、足関節背屈角度を測定する。
左図はR1(素早く伸張)、右図はR2(ゆっくり伸張したとき)である。この時の足関節角度を測定する。

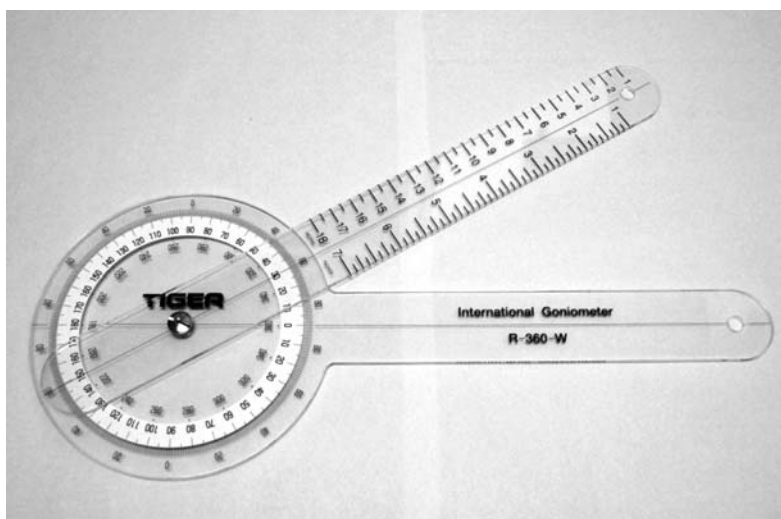


図2 国際標準規格角度計(MINATO社製)

に対して2名の理学療法士で実施したところ、検者内信頼性はR1でICC=0.98 (95%信頼区間0.97~0.99)、R2でICC=0.99 (95%信頼区間0.96~0.99) であり、高い検者内信頼性が確認されている。

2) GMFCSについて

粗大運動機能評価はGMFCSを使用し、対象者を5段階のレベルに分類した。5段階のレベルは年齢によって若干の評価項目が異なるものの、大まかなレベルは、レベル1：制限なしに歩く、レベル2：制限を伴って歩く、レベル3：手に持つ移動器具を使用して歩く、レベル4：制限を伴って自力移動；電動の移動手段を使用しても良い、レベル5：手動車椅子で移送される である。GMFCSは、近年までは12才までの年齢帯であったが、近年18才までの基準¹⁹⁾が定義された。そこで今回は18歳以上の対象者には12歳~18歳までの年齢帯レベルの評価方法を参考として使用し、運動機能レベルを1~5まで分類した。なお年齢は研究実施日の月齢とした。

3) 解析方法

上記方法からR1、R2を測定した後、R2とR1の差であるR2-R1を算出した。さらに全対象者の結果を、18才未満群と18才以上群に分けて比較するとともに、年齢、GMFCSとの相関について解析した。なお18才で分けた理由は、筋緊張は骨格の変化の影響を受けることから、2次成長期が終息する時期であるため、また児童福祉法で18才未満は児童と定められているためである。

18才未満群と18才以上群のMTSの比較は、Leveneの検定で等分散が仮定できたR1とR2はt検定、等分散を仮定できなかったR2-R1はWelchの検定を使用して2群を比較した。

年齢とMTSの関係は、データの正規性の検定にShapiro-Wilk検定を行い、年齢が正規分布していなかったため、Spearmanの順位相関係数を使用した。MTSとGMFCSの関係は年齢を制御変数とした偏相関分析を行い、偏相関係数を算出した¹⁹⁾。なお有意水準は危険率5%未満とし、統計処理にはSPSS ver19を使用した。

結 果

1) 全対象者のMTS (表1)

R1の平均は -2.2 ± 14.4 °、R2の平均は 16.9 ± 18.8 °、R2-R1の平均は 19.1 ± 11.9 °であった。

2) 18才未満群と18才以上群のMTSの比較 (表1)

18才未満群のR1の平均は -0.5 ± 16.4 °、R2の平均は 28.5 ± 18.8 °、R2-R1の平均は 28.9 ± 10.7 °であった。18才以上群のR1の平均は -3.5 ± 12.7 °、R2の平均は 8.3 ± 16.7 °、R2-R1の平均は 11.8 ± 6.0 °であった。18才未満群と18才以上群のMTSを比較した結果、R1は $p = 0.28$ で有意な差が認められなかった。R2は $p = 0.00$ 、R2-R1は $p = 0.00$ であり、有意な差が認められた ($p < 0.01$)。なお平均値の差は、R2で -20.2 °、R2-R1で -17.1 °であった。

3) 年齢とMTSの関係 (図3、図4)

年齢は正規分布していないため、Spearmanの順位相関係数を使用した。年齢とR1は $p = 0.40$ で有意な相関は認められなかった。年齢とR2は $r = -0.58$ ($p = 0.00$) で有意な相関が認められた。また年齢とR2-R1は $r = -0.80$ ($p = 0.00$) で有意な相関が認められた。

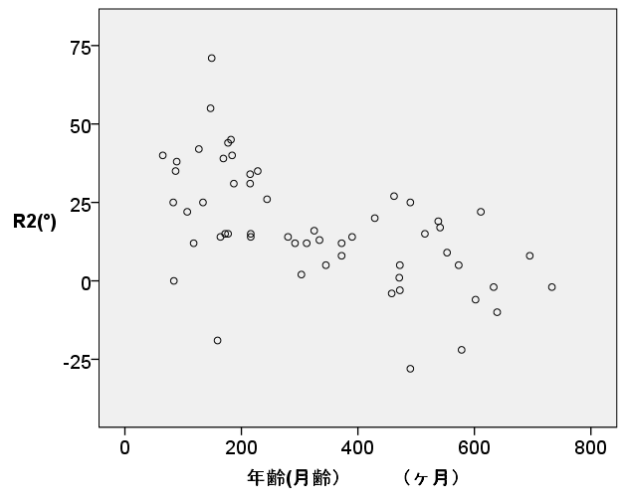


図3 全対象者の年齢 (月齢) とR2の散布図

表1 全対象者、及び18才未満群・18才以上群の平均MTSの結果

	MTS (°)		
	R1	R2	R2-R1
全対象者 (n=56)	-2.2 ± 14.4	16.9 ± 18.8	19.1 ± 11.9
18才未満群 (n=24)	-0.5 ± 16.4	28.5 ± 18.8	28.9 ± 10.7
18才以上群 (n=32)	-3.5 ± 12.7	8.3 ± 16.7	11.8 ± 6.0

R1：反射性要素、R2：非反射性要素 R2-R1：差が大きいほど反射性要素の影響が大きい。
、 の間に有意差あり ($p < 0.01$)

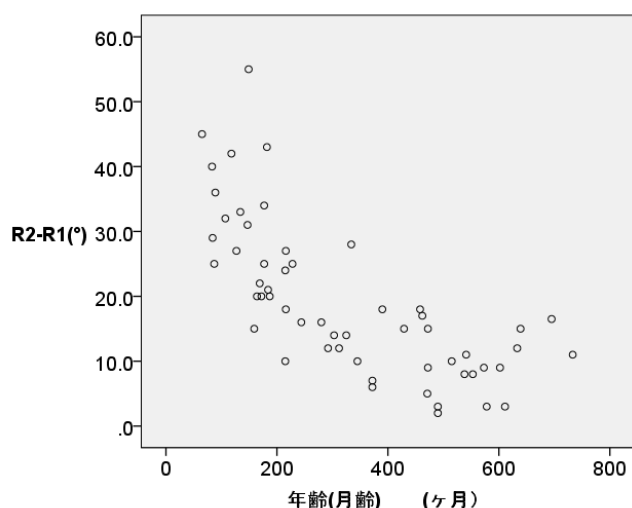


図4 全対象者の年齢（月齢）とR2-R1の散布図

4) GMFCSとMTSの関係

対象者のGMFCSレベルは、レベル 1: 3名、レベル 2: 7名、レベル 3: 14名、レベル 4: 25名、レベル 5: 7名であった。

GMFCSとR1、R2、R2-R1の関係は、GMFCSとR1は偏相関係数 $r=0.28$ ($p=0.04$) で有意な相関が認められた。GMFCSとR2は偏相関係数 $r=0.36$ ($p=0.01$) で有意な相関が認められた。GMFCSとR2-R1は $p=0.16$ ($p>0.05$) で有意な相関は認められなかった。

考 察

今回の研究では痙直型脳性麻痺の足関節底屈筋群に対して、測定肢位を背臥位、股・膝関節屈曲90°にてMTSを用いて筋緊張を評価した。さらにMTSと年齢・粗大運動機能との関係を横断的に検討した。

1. 全対象者、18才未満群と18才以上群のMTS、年齢とMTSの関係について

全対象者のMTSを18才未満群と18才以上群に分けて比較すると、R1では有意な差が認められず、R2は20.2°、R2-R1は17.1°の有意な差が認められた。この結果は18才以上群で有意に非反射性要素が強くなることを示唆している。また年齢とMTSの関係では、年齢とR2では $r=-0.58$ 、R2-R1では $r=-0.80$ と負の相関が認められた。一方でR1は有意な相関が認められなかった。この結果より発達・加齢による足関節底屈筋群の筋緊張亢進は、非反射性要素の変化であることが示唆された。

この二つの研究結果から、痙直型脳性麻痺の足関節底屈筋群は、加齢とともに非反射性要素が強くなることが明らかになった。丸石ら¹⁴⁾の成人脳性麻痺患者に対する、Ashworth scaleを独自に改変した方法による研究によると、

約半数が重度の筋緊張亢進であり、他動運動が困難または拘縮であると報告している。また渡辺らの報告¹⁵⁾の健常成人を対象とした研究では、高齢になるほど関節可動域制限が著しいことを報告しており、加齢による筋・腱などの関節構成要素の変化があることを意味している。以上のことから、脳性麻痺の非反射性要素の変化は、痙縮に拘縮が混在する障害特徴に対して加齢要因も加わり、形成されているものと考えられる。

一方で反射性要素は、本研究においては変化しなかった。Houkら¹⁶⁾報告によると、除脳ネコに対する筋緊張の研究では筋の拘縮が起これば粘弾性が変化し、一定の伸張であってもやや大きな機械的な反応は生ずると報告している。つまり反射性要素は、非反射性要素と比例的関係であることを示している。しかし本研究における反射性要素は、引っかけの時期、時間的経過を角度に置き換えた評価とも考えられ、反応の強さを評価しているとは必ずしもいえない。つまり反射性要素は、V3で機械的に筋、すなわち筋内の筋紡錘を伸張することで、 α 線維が興奮し、単シナプス性の脊髄全角の運動ニューロンを興奮させ、運動神経線維を順行性にインパルスが伝達し、筋が収縮するまでの一連の伸張反射の反応時間を角度で示している¹⁷⁾ともいえる。よって反射性要素の変化が認められないということは、筋伸張反射の神経回路状態及び伸張反射速度の変化が認められないことが考えられる。

2. GMFCSとMTSの関係

GMFCSとR1との間は $r=0.28$ 、R2との間は $r=0.36$ となり、有意な弱い相関が認められた。一方、GMFCSとR2-R1の間には相関が認められなかった。この結果は、粗大運動機能の障害が軽度ならば反射性要素と非反射性要素が強くなり、また障害が重度ならば反射性要素と非反射性要素が低下することを示唆している。Grahamらの報告¹⁸⁾では、脳性麻痺は活動中に筋のリラックスができないことや、痙縮や異常反射活動によって筋の不均衡や異常姿勢、固定された姿勢になりやすいと報告している。また松尾は、多関節筋である腓腹筋は推進として働き、脳性麻痺では過活動性を示し尖足変形をもたらす主体筋と考え、単関節筋であるヒラメ筋は抗重力筋である¹⁹⁾と述べている。この松尾が述べている尖足変形は非反射性要素を示している。以上の報告を踏まえると、本研究では歩行などの粗大運動機能の良好な人は、腓腹筋を推進力として過活動させているために非反射性要素、つまり尖足変形が強くなる可能性が考えられる。また車いす移動で活動量が少ない粗大運動機能の人は、下肢の屈曲姿勢が多く、二関節筋である腓腹筋が弛緩して筋の張力が低下しており、足関節背屈位が多くなるために非反射性要素が低下、つまり足関節背屈で固定化されていると考えられる。

しかし先行研究の中には、今回の結果と異なる報告も見られる。例えば新田らの報告²⁰⁾によると、成人脳性麻痺者

を対象とした関節可動域の研究では、痙直型はアテトーゼ型よりも角度制限が著しいことを報告し、関節の不動が角度制限の原因であると考察している。またBotteらの脳血管障害や頭部外傷を対象にした研究²¹⁾では、痙縮に起因する関節の不動が関節可動域の制限につながると報告している。つまり非反射性要素は関節の不動によって強まると述べており、今回の結果とは異なっている。しかし、今回の研究対象者は小児から成人までの脳性麻痺であるため、神経系や筋・骨格系の未成熟、非反射性要素の発生機序が先行研究とは異なる可能性も考えられる。

さらに反射性要素は、障害が軽度から重度になるにつれて低下していた。前述したように反射性要素は筋伸張反射の反応時間を角度で示しており、また筋の伸張刺激に対する反応性も示しているともいえる。つまり今回の結果からは、粗大運動能力によっては筋の伸張刺激に対する反応性が変化することが考えられる。

一方でR2-R1とGMFCSの間には有意な相関が認められなかった。しかし中ら¹⁰⁾は、成人の痙直型脳性麻痺者に対する研究では粗大運動機能障害が重度化するとR2-R1が低下する、つまり痙縮よりも拘縮が強くなると報告しており、今回の結果との相違が認められた。この理由は、対象者の違いによるものと考えられ、先行研究では成人かつGMFCSレベル ~ が対象であるが、今回の研究対象者は18歳未満の子どもかつGMFCSレベル と が含まれている。粗大運動機能との関係の検討であれば、GMFCSレベル と を含んだ研究結果の方が妥当であると考えられる。しかし今回の対象者もGMFCSレベル が3名、レベル が7名であり、十分であるとはいえない。今後、GMFCSレベルごとの対象者を増やした研究が必要と考えられる。さらに今回の研究では、測定肢位を股・膝関節90°屈曲としており、2関節筋である腓腹筋が弛緩した状態であった。この違いも、結果の相違へ影響している可能性も考えられる。

研究の限界と課題

今回の研究では、脳性麻痺に対してMTSを使用して足関節底屈筋群の筋緊張の特徴を横断的に研究した。しかしながら脳性麻痺の障害像は個人差があるため、小児期から成人期までの個人の筋緊張の変化を捉える縦断的研究が必要である。そのことによって今回の結果をより明確にできると考えられる。

引用文献

- 1) Barnes M. P., Johnson G. R. (ed): Upper Motor Neurone Syndrome and Spasticity. Clinical Management and Neurophysiology (2nd edition). Cambridge Univ Press. 2008. p1-2, p214-217
- 2) Lance J. W. Symposium synopsis. In: Feldman R. G.,

- Young R. R., Koella W. P., editor. Spasticity: disorder of motor control. Year Book Medical Chicago. 1980, p485-494
- 3) 沖田 実: 関節可動域制限. 東京, 三輪書店, 2008, p14-15
- 4) Dietz V, Trippel M, Berger W: Reflex activity and muscle tone during elbow movements in patients with spastic paresis. Ann Neurol, 30 : 767-779, 1991
- 5) Tardieu G, Sheutoub S, Delarue R : Research on a technic for measurement of spasticity . Rev Neural 91: 143-144, 1954
- 6) 竹内伸行, 田中栄里, 桑原岳哉 他: Modified Tardieu Scaleの臨床的有用性の検討 脳血管障害片麻痺患者における足関節底屈筋の評価. 理学療法学. 33(2): 53-61, 2006
- 7) Haugh A. B., Pandyan A. D., Johnson G. R., et al.: A systematic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. Disabil Rehabil, 28(15):899-907, 2006
- 8) Fosang A. L., Galea M. P., McCoy A. T., et al. : Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol, 45(10): 664-670, 2003
- 9) Alhusaini A. A., Dean C. M., Crosbie J., et al. : Evaluation of spasticity in children with cerebral palsy using Ashworth and Tardieu Scales compared with laboratory measures. J Child Neurol, 25(10): 1242-7, 2010
- 10) 中 徹, 船戸正雄, 八田唄子 他: 成人脳性麻痺者の運動機能と痙性評価テストの関連性について - Modified Tardieu ScaleにおけるR2-R1の可能性 -. 理学療法学 34 (Supplement) : 386, 2007
- 11) Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., et al.: Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol, 39(4): 214-23, 1997
- 12) Palisano R., Rosenbaum P., Bartlett D., et al. : Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. Dev Med Child Neurol, 50(10): 744-750, 2008
- 13) 対馬栄輝: SPSSで学ぶ医療系データ解析. 東京, 東京図書, 2007, p45-65
- 14) 丸石正治, 黒瀬靖郎, 片山昭太郎: 成人脳性麻痺の臨床像 - 痙性と筋力の関係 -. リハ医学 42 : 564-572, 2005
- 15) 渡辺英夫, 尾形克己, 天野敏夫 他: 健康日本人における四肢関節可動域について - 年齢による変化. 日整会誌 53 : 275-291, 1979
- 16) Houk J.C. : Participation of reflex mechanisms and reaction-time processes in the compensatory adjustments

to mechanical disturbances In:Cerebral Motor Control in Man : Long Loop Mechanisms. Progress in Clinical Neurophysiology, vol. 4 ed HL by JE Desmedt, Karger, Basel, 1978, p193-215

- 17) 松本英之, 宇川義一 : 痙縮の臨床徴候・神経生理学的評価および薬物治療. No To Shinkei 60 (12) : 1409-1414, 2008
- 18) Graham H.K., Selber P. : Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. J Bone Joint Surg Br, 85(2): 157-199, 2003
- 19) 松尾 隆 : 脳性麻痺の整形外科的治療. 東京, 創風社, 1998, p11-22
- 20) 新田 収, 中嶋和夫, 小野裕次郎 : 脳性麻痺成人の関節可動域の制限に関連する要因の検討. 理学療法学 20 : 347-354, 1993
- 21) Botte M. J., Nickel V. L., Akesson W. H. : Spasticity and contracture. Physiologic aspects of formation. Clin Orthop Relat Res 233 : 7-18, 1988