

Original Article

歩行可能な脳性麻痺児の下肢関節可動域と粗大運動能力との関連

川原田里美,¹ 近藤和泉,² 園田 茂,³ 横山恵里,¹ 田澤優子,¹ 藪中良彦⁴¹青森県立あすなろ医療療育センター²国立長寿医療研究センター病院³藤田保健衛生大学七栗サナトリウム⁴大阪保健医療大学

要旨

Kawarada S, Kondo I, Sonoda S, Yokoyama E, Tazawa Y, Yabunaka Y. Relationship between range of motion of lower extremity and gross motor function in children with cerebral palsy who have walking ability. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2011; 2: 82-88.

【目的】歩行可能な脳性麻痺児の下肢関節可動域と粗大運動能力との関連を調査した。

【方法】対象は脳性麻痺児の粗大運動能力分類システム (GMFCS) でレベル I ~ III に分類される歩行可能な脳性麻痺児 30 名 (平均年齢 9.27 ± 4.31 歳)。対象児の下肢関節可動域 (①トーマス肢位での股関節伸展, ②膝関節伸展, ③膝関節伸展位での足関節背屈) を測定し, 同時期に粗大運動能力尺度 (GMFM) の立位領域, 歩行・走行とジャンプの領域を評価した。

【結果】股関節伸展可動域は GMFCS レベル I・II と GMFCS レベル III との間に有意差が認められ, 粗大運動能力と高い相関が認められた。膝関節伸展可動域は, GMFCS レベル I と II の群よりも GMFCS レベル III の群で制限が大きく, 粗大運動能力との相関は中等度であった。足関節背屈可動域は GMFCS レベル間の差がみられず, 粗大運動能力との相関も弱かった。

【考察】下肢関節可動域は脳性麻痺児の粗大運動能力に関連する一つの因子であることが示唆された。

キーワード: 脳性麻痺児, 下肢関節可動域, 粗大運動能力

はじめに

関節可動域制限 (以下, ROM 制限) は, 脳性麻痺児 (以下, CP 児) にみられる機能障害として一般的なものである。CP 児の ROM 制限は年齢とともに進

行し, Bell らの検討では, 7 歳頃から 12 歳頃にかけて股関節外転, 膝関節伸展および足関節背屈などが有意に減少するとされている [1]。この ROM の減少には, 痙縮筋の成長が骨の成長に追いつかないことが作用しているのではないかと示唆されており, 痙縮マウスのモデルでの知見 [2, 3] がその裏付けになっている。CP 児の痙縮は生後 6 ヶ月から 18 ヶ月に出現し, 正常な解剖学的構造に変化を引き起こすとされている [4]。Kilgour ら [5] は, 粗大運動能力分類システム (Gross Motor Function Classification System, 以下 GMFCS) [6] レベル I ~ II に分類される軽度の CP 児でも, 健常児と比較すると学童期には膝関節伸展, 足関節背屈の ROM が有意に低下していると報告している。

一方, Hanna ら [7] は, CP 児の粗大運動能力に関して GMFCS で層別化した検討を行い, GMFCS レベル III ~ V の中等度から重度の CP 児で, 7 歳頃から粗大運動能力の低下が起こることを明らかにしている。加えて, Bartlett ら [8] は, 同じく GMFCS レベル III ~ V の児での検討を行い, 粗大運動能力が低下する要因として, 痛みとともに ROM 制限が関わっている可能性があることを示唆している。Day ら [9] は, さらに成人期の CP 患者の検討を加えて, 軽症例でも一定の比率で粗大運動能力の低下が起こることを示している。

我々は, 歩行可能な CP 児でも ROM 制限が粗大運動能力にある程度の影響を及ぼしているのではないかと考えている。今回の研究の目的は, 軽症の歩行可能な CP 児における下肢の ROM 制限と粗大運動能力との関係を検討し, 今後の縦断的な研究の基礎となる知見を得ることである。さらに我々は, 股, 膝および足関節の各関節で ROM 制限と粗大運動能力の関係に差異があるのではないかと予想し, 併せて検討を行った。

方法

この研究は 2009 年 10 月 ~ 11 月に青森県の医療療育センターで実施した。この研究の参加対象は歩行可能な CP 児とし, 除外基準は過去 10 年以内に整形外科手術を受けている児, 1 年以内にボツリヌス毒素の投与を受けている児, ジスキネティック型の CP 児とした。対象となったのは 30 名 (男子 18 名, 女子 12

著者連絡先: 川原田里美
青森県立あすなろ医療療育センター
〒038-0003 青森県青森市石江江渡 101
E-mail: satomi_kawaharada@pref.aomori.lg.jp
2011 年 11 月 22 日受理

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はありません。

名)であり, GMFCS のレベル I が 11 名, レベル II が 9 名, レベル III が 10 名であった。年齢は 4 歳~18 歳 (平均 9.27 ± 4.31 歳) であり, 30 名の児の麻痺型は片麻痺 4 名, 両麻痺 26 名であった。対象児は知的障害がないか軽度であり, 全員が口頭指示に従うことが可能であった。対象の概要を表 1 に示した。装具の使用は GMFCS レベル I で最も少なく, レベル III では短下肢装具を使用している児が最も多かった。

下肢の ROM はゴニオメーター (タイガー医療器株式会社, R-377) を使用して測定した。我々は下肢 ROM 制限の指標として股関節伸展, 膝関節伸展および足関節背屈の三つの ROM を測定した。これらの ROM は, 臨床で, しばしば制限されることが多いことを我々が経験しているのがその理由である。背臥位で①トーマス肢位での股関節伸展 (以下, 股関節伸展), ②膝関節伸展, ③膝関節伸展位での足関節背屈 (以下, 足関節背屈) の 3 項目を他動運動により測定し, 片麻痺児を含めて左右の ROM の平均値を測定値とした。下肢 ROM 測定は理学療法士 2 名で実施し, 対象児の担当の理学療法士が下肢の固定および他動運動を行い, もう 1 名の理学療法士がゴニオメーターによる測定および記録を行った。担当の理学療法士が下肢の他動運動を行ったのは, 通常の訓練時の環境と近くなり, 児がリラックスし, 最大 ROM が測定できると考えたためである。

粗大運動能力は, 粗大運動能力尺度 (Gross Motor Function Measure, 以下, GMFM) [10] の立位領域 (以下, D 領域) と歩行・走行とジャンプの領域 (以下, E 領域) を評価した。GMFM による評価は子どもを担当する理学療法士が実施した。下肢 ROM 測定と GMFM による評価は同時期に行うこととし, 2 週間以上の期間を空けずに実施した。

この研究は藤田保健衛生大学七栗サナトリウム倫理委員会の承認を得た。

下肢の各関節の ROM と GMFM および年齢との関連は Spearman の順位相関係数を算出した。また, GMFCS レベルごとの年齢および ROM の比較については Kruskal Wallis 検定および多重比較検定を行い, いずれの検定も有意水準を 5% とした。これらの統計学的分析には PASW Statistic version 17.0 を使用した。

結果

下肢 ROM 測定の結果および GMFM の平均値を表 2 に示した。GMFCS レベルごとの年齢には有意差はなかった ($F(2, 27) = 0.541, p = 0.558$)。GMFCS レベルごとの下肢 ROM を図 1 に示した。股関節伸展は GMFCS レベル I・II とレベル III との間に有意差が認められた。GMFCS レベル III の群では股関節伸展 ROM が -10° 以下の症例が多い傾向にあった。膝関節伸展は GMFCS レベル I とレベル II で殆ど差がみられず, GMFCS レベル III で ROM 制限が有意に大きかった。足関節背屈は 3 群間の統計学的な有意差は認められなかったが, GMFCS レベル I の群では足関節背屈 ROM が 0° 以上の症例が 11 例中 9 例と多く, GMFCS レベル III の群は足関節背屈 ROM が 0° 以上の症例が 1 例のみであった。

ROM と粗大運動能力の関係については, 股関節伸展 ROM と GMFM の D 領域 ($r_s = 0.680, p = 0.000$) および E 領域 ($r_s = 0.710, p = 0.000$) との間に相関が認められ (図 2), 膝関節伸展 ROM と GMFM の D 領域 ($r_s = 0.559, p = 0.001$), GMFM の E 領域 ($r_s = 0.530, p = 0.003$) との間に相関が認められた (図 3)。足関節背屈 ROM では GMFM の D 領域 ($r_s = 0.393, p = 0.032$) および GMFM の E 領域 ($r_s = 0.414, p = 0.023$) との相関は弱いものであった (図 4)。足関節背屈 ROM については, 足関節背屈 ROM 0° 以上の群では ROM が大きいほど GMFM

表 1. 対象者の背景

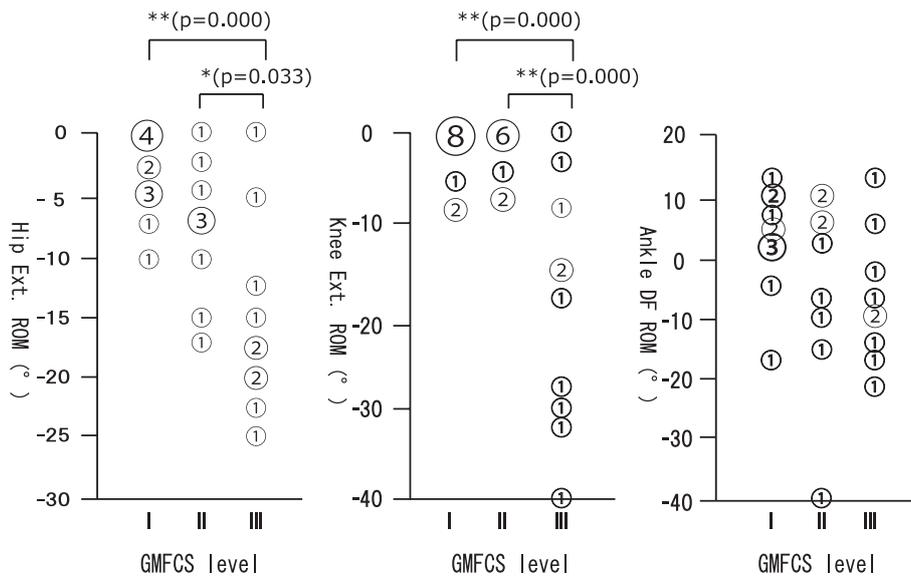
Characteristics	Total Group	GMFCS I	GMFCS II	GMFCS III
n	30	11	9	10
Mean age \pm SD	9.27 ± 4.31	8.45 ± 4.46	9.0 ± 4.47	10.4 ± 4.20
range	4~18	4~17	4~17	6~18
Type of CP	All Spastic			
Spasticity distribution	Diplegia 26	Diplegia 8	Diplegia 8	Diplegia 10
	Hemiplegia 4	Hemiplegia 3	Hemiplegia 1	Hemiplegia 0
	AFO 14	AFO 1	AFO 4	AFO 9
Using Orthosis	FO 7	FO 3	FO 3	FO 1
	NO 9	NO 7	NO 2	NO 0

GMFCS; Gross Motor Function Classification System, CP; cerebral palsy

AFO; Ankle Foot Orthosis, FO; Foot Orthosis

表 2. 下肢 ROM の平均値および GMFM D, E の平均スコア

Groups	GMFCS I	GMFCS II	GMFCS III	p (by GMFCS level)	F-value
Hip Ext. ROM ($^\circ$)	-3.41 ± 3.40	-8.06 ± 5.56	-15.5 ± 7.80	0.000	11.468
Knee Ext. ROM ($^\circ$)	-1.59 ± 3.02	-1.39 ± 2.20	-18.75 ± 13.40	0.000	15.345
Ankle D/F(KE) ROM ($^\circ$)	3.18 ± 8.37	-4.44 ± 16.05	-7.00 ± 10.53	0.139	2.128
GMFM D (%)	94.6 ± 3.88	79.0 ± 13.61	45.0 ± 20.26	0.000	33.705
GMFM E (%)	89.7 ± 8.36	69.9 ± 14.09	28.6 ± 14.74	0.000	64.019



**Significant at $p < 0.01$, *significant at $p < 0.05$.

図1. GMFCS レベルごとの下肢 ROM

○の中の数字は人数を示す。

股関節伸展 ROM と膝関節伸展 ROM は GMFCS レベル I・II と GMFCS レベル III の間で有意差が認められた。

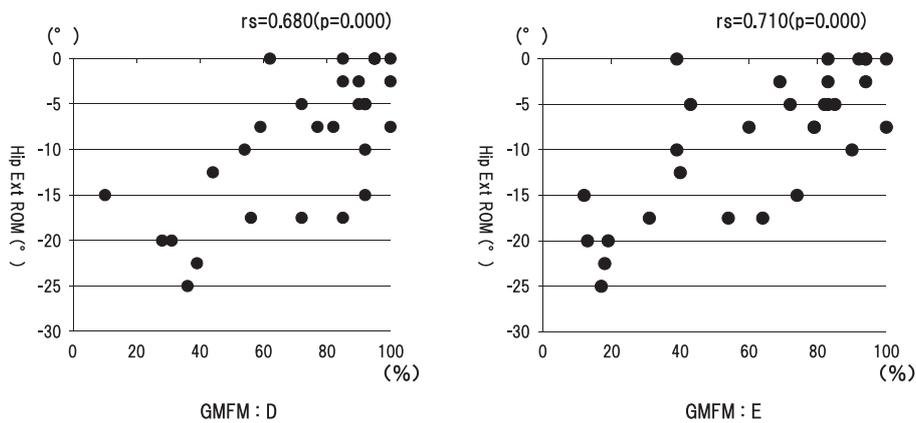


図2. 股関節伸展 ROM と GMFM D, E との関連

股関節伸展 ROM と GMFM の D 領域および E 領域との間に相関が認められた。

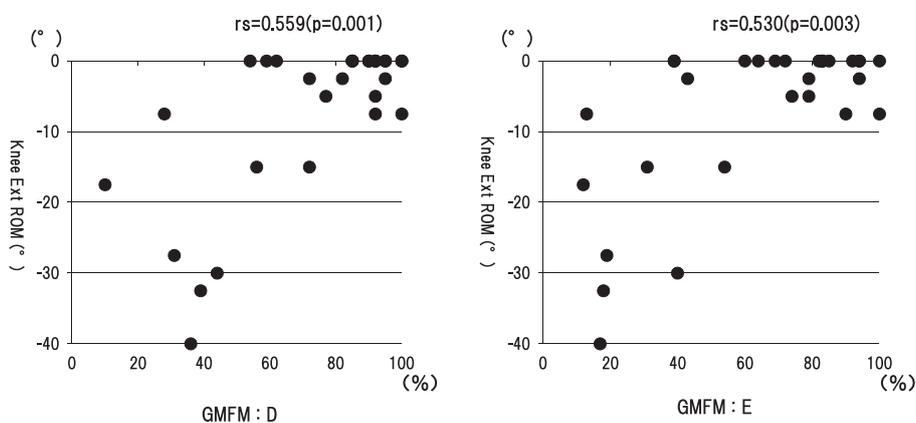


図3. 膝関節伸展 ROM と GMFM D, E との関連

膝関節伸展 ROM と GMFM の D 領域および E 領域との間に相関が認められた。

のスコアが高く、足関節背屈 ROM 0°以下の群では ROM が制限されている症例ほど GMFM のスコアが高い傾向がみられた。しかし、足関節背屈 ROM が 0°以上の群の足関節背屈 ROM と GMFM の D 領域 ($r_s=0.218, p=0.417$)、および E 領域 ($r_s=0.170, p=0.381$) との間には有意な相関はみられず、足関節背屈 ROM が 0°以下の群においても足関節背屈 ROM

と GMFM の D 領域 ($r_s=-0.364, p=0.201$)、E 領域 ($r_s=-0.231, p=0.362$) の間には有意な相関はみられなかった (図 5)。

年齢と各関節の ROM の関係に関しては、股関節伸展が $r_s=-0.367 (p=0.023)$ 、膝関節伸展が $r_s=-0.530 (p=0.003)$ 、足関節背屈が $r_s=-0.439 (p=0.015)$ といずれも有意な相関を示した (図 6)。

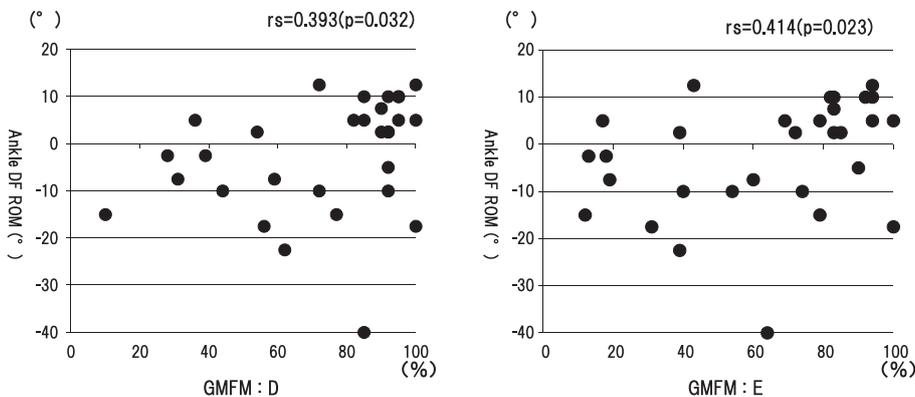


図 4. 足関節背屈 ROM と GMFM D, E との関連
足関節背屈 ROM では GMFM の D 領域および E 領域との相関は弱かった。

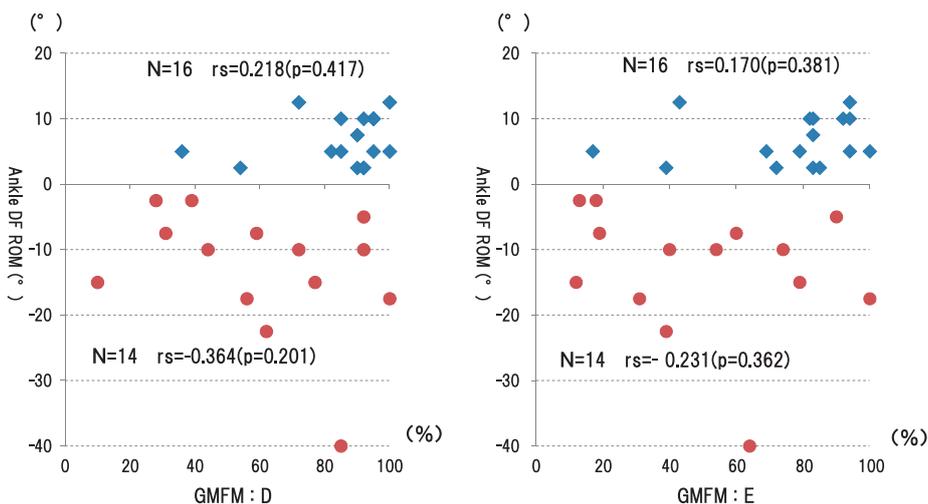


図 5. 足関節背屈 0°以上の群と 0°以下の群における足関節背屈 ROM と GMFM D, E との関連

足関節背屈 ROM 0°以上の群では ROM が大きいほど GMFM のスコアが高く、足関節背屈 ROM 0°以下の群では ROM が制限されている症例ほど GMFM のスコアが高い傾向がみられたが、各群の足関節背屈 ROM と GMFM の D 領域および E 領域の間には有意な相関はなかった。

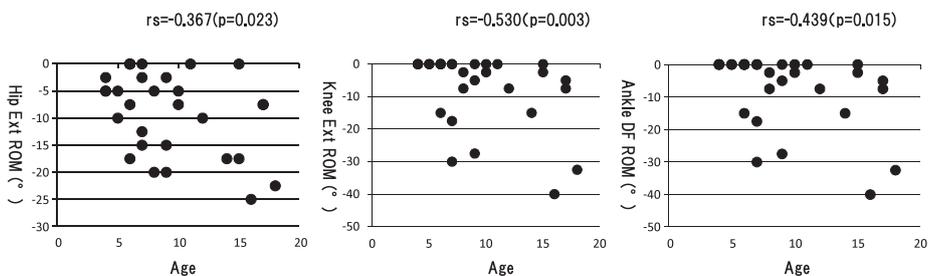


図 6. 年齢と下肢 ROM との関連
対象児の年齢と股関節伸展 ROM、膝関節伸展 ROM、足関節背屈 ROM との間には有意な相関がみられた。

考察

ROM 制限は CP 児にみられる一般的な機能障害であるにもかかわらず、何歳から生じ、どの時期に最も進行するかなどの経時的な変化、重症度や痙縮の程度により発生部位や進行度に差はあるのかなどについて明らかにされていない。ただし、少なくとも CP 児の ROM 制限は年齢とともに進行することがわかっており [1]、また本研究の検討でもその傾向があることが示された。

一方、CP 児の歩行能力の低下についての報告では、独歩している場合でも 40% 以上が成人期以降に歩行能力が低下する [11, 12]。20 歳以上の成人脳性麻痺者を対象とした湊らの調査では、変形・拘縮の程度と GMFCS による重症度との間には関連があり、変形・拘縮がある一定のレベルまで進行していると最も良かった時期と比べて粗大運動能力が低下するケースが多いとされている [13]。

本研究の歩行可能な CP 児における検討では、股・膝関節の伸展制限が少ないほど粗大運動能力が高い傾向にあった。一般的に、CP 児の粗大運動能力の経時的変化は筋力、selective motor control、hamstrings の痙縮など多数の機能障害の影響を受けているとされている [14]。ROM 制限もその一因子であることは否定できないが、それを確認するために縦断的な検討が必要である。

本研究における GMFCS レベルごとの下肢 ROM の検討では、股・膝関節伸展 ROM は GMFCS レベル III で有意に低下していた。GMFCS レベル III の説明では GMFCS レベル I・II の児と比較して、長距離や速度を要する移動では車椅子を使用する場合があると記載されており [6]、レベル III の児は日常生活で下肢を伸展する活動が少なくなりやすい。また股関節の伸展に関して、Eek らは GMFCS レベル III の児では重力に抗して股関節伸展をすることができず、股関節伸展筋力の測定すらもできない児がいることを報告している [15]。GMFCS レベル III の児では、日常生活上、頻繁にとられる肢位および抗重力的な姿勢をとるのが困難であることなどが複合的に影響して、股関節および膝関節の伸展 ROM を狭くしていると推察できる。

また、足関節背屈 ROM の検討では、GMFCS レベル間での有意差は認められず、粗大運動能力との関連は弱いものであった。しかし、足関節背屈 ROM は 0° を境にして相反する傾向があることが示され、これには CP 児にみられるいくつかの典型的な歩行時の姿勢が影響していると考えられる。歩行時の姿勢は crouching や尖足反張膝、尖足膝屈曲などがあり、足関節の肢位はそれぞれの歩行時姿勢で異なる。尖足位で立位保持や歩行をしている児は活動性が高くなるほど足関節背屈制限が強くなる傾向があるが、crouching が強い児では身長伸びや体重増加、その他の要因で股・膝関節の屈曲が強くなり、足関節は背屈位となることがある。このため今回は、足関節背屈 0° を境界値として 2 群に分けて分析を行ってみた。Abel らの研究 [16] においても、運動能力の高い児ほど股・膝関節の ROM 制限は少なかったが、足関節背屈 ROM だけは機能の低い患者でより大きい傾向にあったと述べられている。

したがって足関節の ROM 訓練に際しては、尖足で足関節背屈 ROM 制限が粗大運動能力を低下させる場合には可動域を改善することが有効と考えられるが、立位、歩行時の crouching により股・膝関節が屈曲し、足関節が背屈位となる症例では、足関節背屈 ROM を過剰に拡大しないよう考慮される必要があると考えられる。

CP 児の下肢の ROM 制限に対する治療としてはストレッチング、装具療法、整形外科的手術などがあげられる。CP 児に対する長時間の持続ストレッチングは痙縮を軽減し、ROM を拡大するのに適しているといわれているが、徒手的ストレッチングが ROM を拡大するというエビデンスは限定されている [17]。装具療法では、前向きに検討で短下肢装具は歩行時の尖足には効果があるとされているが、筋の短縮や変形予防の効果は明らかになっていない [18, 19]。下肢の筋腱離断延長術では ROM が改善するが [20, 21]、術後 ROM の長期経過については示されていない [22]。このように ROM 制限の進行を停止させる治療法に関しては、一定の結論が出ていない。

近年、歩行可能な CP 児では下肢筋力が粗大運動能力に影響することが示され [15]、一定の方法で行われる筋力強化は CP 児の機能改善に役立つことが知られており、RCT における効果の実証がなされている [23]。Gage [24] は筋短縮や筋骨格変形が関節のレバーアームの長さを変化させ、それが筋出力、すなわち関節トルクを減少させることを示唆している。したがって関節の運動範囲の減少は筋力発揮を妨げ筋力を低下させるという意味合いでも、ROM の維持が必要となるが、現時点では ROM 制限が筋力訓練の効果にどのような影響を及ぼすかについての知見はない。

今回の研究結果の解釈を限定する要因は、対象者が 30 名と少ないため、統計学的な検出力が十分ではない点、縦断的な検討ではないため ROM 制限が直接的に粗大運動能力に及ぼす影響を検討できなかった点が挙げられる。加えて、本研究では対象に 4 名の片麻痺児が含まれたが下肢 ROM の左右の平均値を測定値とし、両麻痺児と区分しなかった。粗大運動能力の指標とした GMFM に「大きなベンチに片手でつかまって右足を持ち上げる、3 秒間」などの左右の下肢の能力を別に評価する項目が含まれており、片麻痺児では、いずれかの下肢でそのどちらかの項目が可能である場合が多いことも考慮して、ROM の測定値を左右の平均値としたが、今後より大きな集団での分析を行う際は、片麻痺児と両麻痺児を分けて検討する必要があると考えられる。さらに GMFM と ROM の評価において、児を担当する理学療法士が関わっており、それが結果に影響を及ぼしている点などがあげられる。ただし、担当療法士の関与に関しては、対象児ができるだけ良いパフォーマンスを発揮してもらいたいという配慮からではあった。

今回の研究の結論として、横断的な検討ではあるものの股関節・膝関節伸展 ROM は粗大運動能力と関係していることが示された。今後の課題としては、ROM 制限を防止するための有効な治療方法の確立、および縦断的な検討による ROM 制限の長期的な影響の検討さらに ROM 制限の有無によって筋力訓練の効果が左右されるかどうかに関して等の検討が必要と思

われる。

文献

1. Bell KJ, Ounpuu S, DeLuca PA, Romness MJ. Natural progression of gait in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2002; 22: 677-82.
2. Wright J, Rang M. The spastic mouse. *Clin Orthop* 1990; 253: 12-9.
3. Ziv I, Blackburn N, Rang M, Koreska J. Muscle growth in normal and spastic mice. *Dev Med Child Neurol* 1984; 26: 941-8.
4. Beals RK. Developmental changes in femur and acetabulum in spastic paraplegia and diplegia. *Dev Med Child Neurol* 1969; 11: 303-13.
5. Kilgour GM, McNair PJ, Stott NS, Polytechnic C. Range of motion in children with spastic diplegia, GMFCSI-II compared to age and gender matched controls. *Phys Occup Ther Pediatr* 2005; 25: 61-79.
6. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Develop and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 214-33.
7. Hanna SE, Rosenbaum PL, Bartlett DJ, Palisano RJ, Walter SD, Avery L, et al. Stability and decline in gross motor function among children and youth with cerebral palsy aged 2 to 21 years. *Dev Med Child Neurol* 2009; 51: 295-302.
8. Bartlett DJ, Hanna SE, Avery L, Stevenson RD, Galuppi B. Correlates of decline in gross motor capacity in adolescents with cerebral palsy in Gross Motor Function Classification System levels III to V: an exploratory study. *Dev Med Child Neurol* 2010; 52: 155-60.
9. Day SM, Wu YW, Strauss DJ, Shavelle RM, Reynolds RJ. Change in ambulatory ability of adolescents and young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49: 647-53.
10. Russell D, Rosenbaum P, Gowland C, Hardy S, Lane M, Plews N, et al. Gross Motor Function Measure (GMFM-66 and GMFM-88), User's Manual. London : Mac Keith Press; 2002.
11. Bottos M, Feliciangeil A, Sciuto L, Gericke C, Vianello A. Functional states of adults with cerebral palsy and implications for treatment of children. *Dev Med Child Neurol* 2001; 43: 516-28.
12. Jahnsen R, Villien L, Egelamnd T, Stanghelle JK, Holm I. Locomotion skills in adults with cerebral palsy. *Clin Rehabil* 2004; 18: 309-16.
13. Minato J, Okayasu T, Aizawa S. Evaluation of deformity and contracture—modified measure and analysis of long term change, Fast stretch test—. Report of the comprehensive research for effect of treatment and evaluation for the children and patients with cerebral palsy and related diseases and its evaluation 2005; 71-5.
14. Voorman JM, Dallmeijer AJ, Knol DL, Lankhorst GJ, Becher JG. Prospective longitudinal study of gross motor function in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 871-6.
15. Eek MN, Beckung E. Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2008; 28: 366-71.
16. Abel MF, Damiano DL, Blanco JS, Conaway M, Miller F, Dabney K, et al. Relationships among musculoskeletal impairments and functional health status in ambulatory cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2003; 23: 535-41.
17. Pin T, Dyke P, Chan M. The effectiveness of passive stretching in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 855-62.
18. Autti-Ramo I, Suoranta J, Anttila H, Malmivaara A, Makela M. Effectiveness of upper and lower limb casting and orthoses in children with cerebral palsy: an overview of review articles. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85: 89-103.
19. Morris C. A review of the efficacy of lower-limb orthoses used for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44: 205-11.
20. Nene AV, Evans GA, Patrick JH. Simultaneous multiple operations for spastic diplegia. Outcome and functional assessment of walking in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75: 488-94.
21. Saraph V, Zwick E, Zwick G, Steinwender C, Steinwender G, Linhart W. Multilevel surgery in spastic diplegia: evaluation by physical examination and gait analysis in 25 children. *J Pediatr Orthop* 2002; 22: 150-7.
22. Saraph V, Zwick E, Auner C, Schneider F, Steinwender G, Linhart W. Gait improvement surgery in diplegic children how long do the improvements last? *J Pediatr Orthop* 2005; 25: 263-7.
23. Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2003; 45: 652-7.
24. Gage JR, Schwartz M. Pathological gait and lever-arm dysfunction. In: Gage JR, editor. *The treatment of gait problems in cerebral palsy*. London : Mac Keith Press; 2004. p.187-8.