

Original Article

フェノール運動点ブロックの治療効果に影響する患者因子の検討
—足関節底屈トルクを用いて前田寛文,¹ 園田 茂,^{1,2} 富田 豊,² 水野志保,¹ 武田湖太郎,²
宮坂裕之,² 谷野元一,² Orand Abbas,² 大野健介²¹ 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学II講座² 藤田保健衛生大学藤田記念七栗研究所

要旨

Maeda H, Sonoda S, Tomita Y, Mizuno S, Takeda K, Miyasaka H, Tanino G, Orand A, Ohno K. Factors influencing the therapeutic effectiveness of phenol motor point block on using ankle plantar flexion torque. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2015; 6: 118-123.

【目的】下肢痙縮患者に対するフェノール運動点ブロックの治療効果を、足関節底屈トルク測定で定量評価し、治療効果に影響を及ぼす患者因子を検討した。

【方法】脳血管障害による下肢痙縮患者12名を対象とした。下腿屈筋群へのフェノール運動点ブロックの治療前後に、5度/秒と90度/秒の角速度での足関節他動背屈時の底屈トルクを測定した。治療前後のトルク値変化を効果指標として、治療効果へ影響を及ぼす患者因子について検討した。

【結果】治療効果は、治療前の5度/秒での底屈トルク値 ($\rho = -0.741$, $p = 0.006$)、発症からの日数 ($\rho = -0.680$, $p = 0.015$) と有意に負の相関を示し、自主訓練の実施 ($\rho = 0.661$, $p = 0.019$) と有意な正の相関を示した。

【結論】下肢痙縮患者に対するフェノール運動点ブロック治療では、5度/秒での底屈トルク値が小さい、または自主訓練を実施していて不動の影響が少ない患者において治療効果が期待できる。

キーワード：痙縮、底屈トルク、定量評価、フェノール運動点ブロック、不動

はじめに

痙縮は速度依存性の筋緊張亢進と定義され [1],

著者連絡先：前田寛文
藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学II講座
〒514-1295 三重県津市大鳥町424番地1
E-mail: isaac_g_nw@yahoo.co.jp
2015年9月23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。

脳血管障害患者の日常生活活動の妨げとなる。その治療法としてフェノール運動点ブロック(以下、フェノールブロック)やボツリヌス療法が行われている。これらの治療法がどのような症状の患者にどの程度有効なのかを明らかにすべきであるが、検証は進んでいない。筋緊張の評価法の選択の幅が狭いことがこの一因であろう。

臨床での筋緊張増加の評価には、動作観察や痙縮による疼痛、クローヌスの有無、腱反射などの一般的診察や、Modified Tardieu Scale(MTS) [2-4], Modified Ashworth Scale(MAS) [5, 6] といった数値化された主観的指標が用いられる。主観的評価法は簡便であるものの検者間信頼性が低い [6-9]。

筋緊張の定量化の試みの一つとして足関節他動背屈時の抵抗トルク測定がある [10-17]。しかし、筋緊張亢進に対する治療効果判定に抵抗トルクを用いた報告となると、測定機器が市販されていないこともあり、脳卒中患者の肘関節 [18, 19], 脳性麻痺患者の足関節 [20], 脳性麻痺患者の膝関節 [21, 22] へのボツリヌス療法の治療効果の報告など少数にとどまる。

われわれは、この抵抗トルクを痙縮の評価指標としてフェノール運動点ブロックの治療効果に影響を及ぼす患者因子を検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

方法

1. 対象

2013年4月から2015年4月に当院に入院あるいは外来通院していた脳血管障害による下肢痙縮患者のうち、痙縮治療として主治医がフェノールブロックを必要と判断し、腓腹筋を含む下腿の屈筋群に治療を施した患者12名を対象とした。12名の構成は男性9名、女性3名、平均年齢57.6±9.2歳(中央値58歳)、入院患者11名、外来患者1名、疾患は脳梗塞後遺症7名、脳出血後遺症5名、発症から治療までの平均期間は361.6±849.0日(中央値73.5日)であった。本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て(承認番号97)、被験者からは文書による同意を得た。

2. トルク測定装置

測定装置は富田らにより開発された足関節硬さ測定装置 [23] を用いた。装置は両側金属支柱付き短下肢装具 (Double Upright Ankle Foot Orthosis : DU-AFO), モータ, 足関節を一定角速度で底背屈させる制御装置により構成される (図 1)。モータの駆動力はラックとピニオンにより足関節底背屈力に変換される。足関節回転軸にはポテンショメータを取り付けて背屈角度を測定し, 底屈トルクはモータを DU-AFO に固定している金具にストレインゲージを貼付し測定した。

3. フェノールブロックとトルク測定手順

測定はフェノールブロックの治療前後に実施した。フェノールブロックはポール針を用いた電気刺激にて最適部位を探索し, 5% フェノールを注入し行った。

治療前の測定は治療前日または当日に実施し, 治療後は治療後 2 日以内に測定した。被験者を背もたれのある椅子または車椅子に体幹が 30 度後傾した状態で

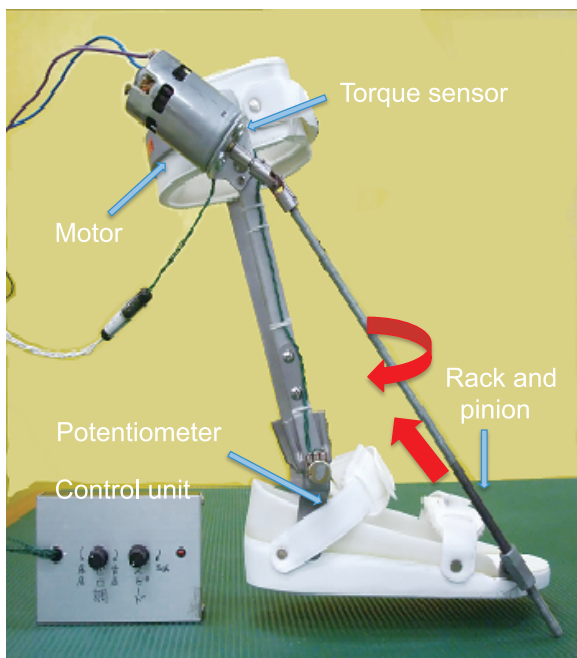


図 1. 足関節硬さ測定装置

富田らの作製した装置を使用した。詳細は文献 23 に記載されている。

座らせ, 台座により膝関節を屈曲 60 度に保持した状態で, 測定装置を装着した。足関節を底屈 20 度から背屈 10 度の範囲で, 背屈角速度 5 度/秒と 90 度/秒の順に他動させ, 背屈 10 度での底屈トルク値を評価対象とした。以下, 各角速度について治療前後のトルク値をそれぞれ T10SlowPre, T10SlowPost, T10FastPre, T10FastPost, 治療前後における両角速度間のトルク値の差 (T10Fast-T10Slow) をそれぞれ T10SubPre, T10SubPost, さらに治療前後でのその差 (T10SubPre-T10SubPost) を T10SubDiff と表す (表 1)。

4. その他の評価

治療前のトルク測定時の Functional Independence Measure (FIM), Modified Ashworth Scale (MAS), Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) の下肢運動麻痺項目 (SIAS-mLE), 足関節クローヌスの程度 (0 : なし, 1 : 非持続性, 2 : 持続性), 下肢装具使用 (0 : なし, 1 : あり), 療法士とのリハビリテーション時間以外の自主訓練 (0 : なし, 1 : あり) を記録した。自主訓練は, 介助者 (家族, 看護師, 介護福祉士等) の有無にかかわらず, 定期的に立ち上がり訓練, 歩行訓練をしている場合を「あり」とした。FIM では運動項目合計点 (FIM-m) と歩行項目得点 (FIM-gait) を, SIAS では足パット・テスト (SIAS-foot pat) と下肢運動麻痺 3 項目合計点 (SIAS-mLE total) を以下の統計処理に用いた。患者の特性を表 2 に示す。

5. 統計処理

治療効果の判定指標として T10SubDiff を用い, 各患者因子 (年齢, 発症から治療までの期間, T10FastPre, T10SlowPre, T10SubPre, SIAS-foot pat, SIAS-mLE total, MAS, クローヌス, FIM-m, FIM-gait, 下肢装具使用の有無, 自主訓練の有無) との Spearman の順位相関係数を算出した。

T10SubDiff の数値が大きい上位 6 例を効果大群, 他 6 例を効果小群として対象を 2 群に分け, 各群と患者因子との関係を Wilcoxon 順位和検定と χ^2 乗検定を用いて分析した。統計学的処理には, JMP[®] 11 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を用い, 有意水準は 5% とした。

表 1. 略語リスト

SIAS-mLE total	Stroke Impairment Assessment Set の下肢運動麻痺 3 項目合計点
FIM-m	Functional Independence Measure の運動項目合計点
FIM-gait	Functional Independence Measure の歩行項目点数
T10Slow	角速度 5 度/秒での他動的背屈運動時の背屈 10 度時の底屈トルク値
T10Fast	角速度 90 度/秒での他動的背屈運動時の背屈 10 度時の底屈トルク値
T10SlowPre	フェノールブロック治療前の T10Slow
T10FastPre	フェノールブロック治療前の T10Fast
T10SlowPost	フェノールブロック治療後の T10Slow
T10FastPost	フェノールブロック治療後の T10Fast
T10SubPre	T10FastPre-T10SlowPre
T10SubPost	T10FastPost-T10SlowPost
T10SubDiff	T10SubPre-T10SubPost

表2. 患者の特性

対象	年齢 (歳)	性別	発症から治療までの期間 (日)	疾患	SIAS-mLE	MAS [0-4]	clonus	FIM-m [13-91]	FIM-gait [1-7]	下肢装具 [0 or 1]	自主訓練 [0 or 1]
S1	69	男性	65	脳出血	4/4/3	1 +	1	65	5	1	1
S2	64	女性	60	脳梗塞	2/2/1	2	2	56	3	1	1
S3	59	女性	81	脳梗塞	3/3/1	2	2	78	6	1	1
S4	40	男性	75	脳出血	2/2/0	2	2	51	4	1	0
S5	48	女性	72	脳出血	1/1/1	2	1	50	5	1	1
S6	51	男性	3,030	脳梗塞	4/3/3	1 +	2	69	2	0	0
S7	57	男性	475	脳出血	4/4/3	2	1	88	6	0	0
S8	67	男性	72	脳梗塞	3/3/2	2	2	66	5	0	0
S9	71	男性	54	脳梗塞	2/2/0	3	0	34	3	1	0
S10	51	男性	218	脳出血	3/2/0	3	2	67	5	1	0
S11	60	男性	59	脳梗塞	4/3/1	2	2	77	5	1	1
S12	54	男性	78	脳梗塞	1/1/0	1 +	2	27	2	1	0

※ SIAS-mLE: hip[0-5]/knee[0-5]/ankle[0-5], 下肢装具 なし: 0, あり: 1, 自主訓練 なし: 0, あり: 1とした。

表3. 治療効果指標 (T10SubDiff) と患者因子とのSpearmanの順位相関係数

	T10SubDiff	
	ρ	p
年齢	0.445	0.147
発症からの期間	-0.680	0.015*
T10FastPre	-0.490	0.106
T10SlowPre	-0.741	0.006**
T10SubPre	0.406	0.191
SIAS foot-pat	0.037	0.910
SIAS-mLE total	0.021	0.948
MAS	0.039	0.903
クローヌス	0.256	0.421
FIM-m	0.000	1.000
FIM-gait	0.201	0.532
下肢装具	0.307	0.332
自主訓練	0.661	0.019*

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

結果

治療効果の判定指標の T10SubDiff と各患者因子との順位相関係数を表3に示す。発症からの日数 ($\rho = -0.680, p = 0.015$), T10SlowPre ($\rho = -0.741, p = 0.006$), 自主訓練の有無 ($\rho = 0.661, p = 0.019$) で有意な相関が認められた。その他の関係因子とは有意な相関が認められなかった。

T10SubDiffの効果大群、効果小群の区切りは5 Nmとなった。図2に効果大群と効果小群に色分けした治療前後の底屈トルク値の散布図を示す。効果大群は効果小群よりも T10SlowPre, T10FastPre が有意に低かった (順に $p = 0.005, p = 0.013$, 表4a)。特に T10SlowPre ではその傾向が顕著であった。年齢、発症などの患者因子との2群間比較では、前述の

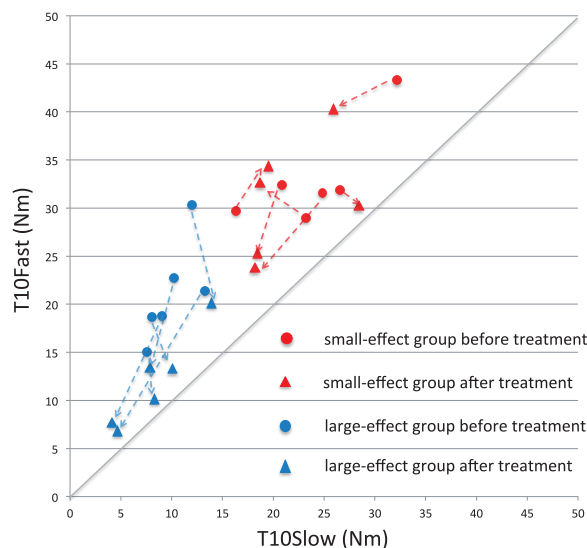


図2. 治療前後の底屈トルク値
横軸が角速度5度/秒の他動背屈時、縦軸が角速度90度/秒の他動背屈時の背屈10度でのトルク値を示す。同一患者の治療前後の変化を矢印で示した。

T10SlowPre, T10FastPre 以外では有意差が認められなかった (表4a)。効果大群、効果小群との χ^2 乗検定で $p < 0.05$ であったのは SIAS foot-pat ($p = 0.005$), 自主訓練の有無 ($p = 0.001$) であった (表4b)。この2項目とのクロス表を表4cに示す。

考察

本研究では治療前の角速度5度/秒での底屈トルク (T10SlowPre), 自主訓練の有無がフェノールブロックの効果に関連していることが示された。

本研究において、フェノールブロックの効果を示すために他動背屈時底屈トルクを用いたことにより、効

表 4a. 治療効果指標 (T10SubDiff) により分けた 2 群間比較

	(Wilcoxon 順位和検定の結果)		
	効果小群	効果大群	p
年齢	52.5	62	0.229
発症からの日数	148	68.5	0.128
T10FastPre	31.76	20.11	0.013 *
T10SlowPre	24.01	9.62	0.005 **
T10SubPre	8.66	10.67	0.471
SIAS-mLE total	4.5	7.5	0.573
FIM-m	59	65.5	0.689

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$ 表 4b. 治療効果指標 (T10SubDiff) との χ^2 二乗検定

	χ^2 二乗値	p
SIAS foot-pat	12.816	0.005 **
MAS	4.441	0.109
クローヌス	1.726	0.422
FIM-gait	6.086	0.193
下肢装具	0.451	0.502
自主訓練	10.894	0.001 **

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

表 4c. 治療効果指標 (T10SubDiff) と SIAS foot-pat, 自主訓練とのクロス表.

		SIAS foot-pat			
		0	1	2	3
T10SubDiff	効果小群	4	0	0	2
	効果大群	0	4	1	1

		自主訓練	
		なし	あり
T10SubDiff	効果小群	6	0
	効果大群	1	5

※ χ^2 二乗検定で有意差のあった組合せのクロス表のみを示した.

果の定量化が可能になった。他動運動が低速である時の底屈トルク (本研究の T10Slow) は距離依存性成分 (弾性成分), 他動運動が高速である時の底屈トルク (本研究の T10Fast) は弾性成分と速度依存性成分 (粘性成分, 神経性成分) の和を示すとされている [23, 24]. Lance の “A motor disorder characterized by a velocity-dependent increase in tonic stretch reflexes with exaggerated tendon jerks, resulting from hyperexcitability of the stretch reflex, as one component of the upper motor neuron syndrome” [1] という定義から, 痙縮は速度依存性成分に分類され, T10Fast と T10Slow との差, すなわち T10Sub のなかに含まれることになる。そこで本研究では治療前後の T10Sub の差である T10SubDiff を効果判定の指標とした。

Modified Ashworth Scale などの筋緊張の評価には, 速度依存性の神経性成分の増強による影響だけでなく, 筋線維変化や結合組織の変化による非神経性成分の影響も含まれている [25, 26]. 不動により筋や関節組織の粘弾性が増加すると報告されており [27-30], 片麻痺による下腿三頭筋の不動が, 足関節の他動背屈運動における非神経性成分を増強させることが示唆されている。本研究におけるフェノールブロックの効果に関連した自主訓練の有無は, この不動による粘弾性増加の程度の指標であった可能性がある。このことは弾性成分を示すとされる T10Slow [23, 24] とフェノールブロックの治療効果とに負の相関が認められたことから支持される。T10Fast も同様に治療効果と負の相関が認められたが, T10Fast に含まれる弾性成分の影響を受けた結果と考えられる。

発症から治療までの期間とフェノールブロックの効果にも負の相関が認められたことに関しては, 本研究では治療までの期間が極端に長い症例が含まれており, その外れ値による影響と考えているが, 不動, 粘弾性の増加に関係していた可能性もある。

上記の考察を踏まえると, 単に他動背屈時の底屈トルクが大きいのみでフェノールブロックの治療効果を期待するのではなく, T10Slow が小さい, または療法士とのリハビリテーション時間以外に自主訓練を行って不動の影響が少ない患者をブロック好適者とみなすべきであると考えられる。

本研究の対象患者 12 名のうち 2 名 (表 2 の S7, S10) は, 治療後に T10Fast が上昇した。この原因の特定は困難であるが, 疼痛・侵害刺激による筋緊張の亢進が考えられる。S7 は外来患者で治療に時間的な制約があり, 治療後短時間での他動的背屈により疼痛を誘発しやすい状況にあった。S10 はフェノールブロック以前から疼痛の訴えが強く, 治療による疼痛の影響が出やすかった。

最後に本研究の今後の課題を 2 点述べたい。本研究で用いた測定装置は研究目的のものであり, フェノールブロックの治療効果に関係する T10SlowPre の測定が一般的な臨床場面では困難である。ハンドヘルドダイナモメータ (Hand-Held Dynamometry: HHD) を脳性麻痺患者の足関節他動背屈時の関節抵抗測定に用いた報告もあり [31, 32], HHD による T10Slow の推定が解決策のひとつであろう。ただし検者の腕力や固定方法の違いによる HHD 測定値の再現性 [33-35], T10Slow 値との直線性の確認等の課題を順に解決する必要がある。

本研究で用いた他動背屈時底屈トルクと速度依存性成分を表す T10Sub には, 神経性成分以外に, 非神経性の速度依存性成分である粘性も含まれていると考えられている [25, 26]. 近年, 肘, 手, 足関節の他動的運動時の抵抗トルクを神経性成分と非神経性成分に分ける方法が報告されている [14, 16, 17, 36]. 今後, 底屈トルクから神経性成分のみを分離してフェノールブロックの効果判定することも検討していきたい。

文献

1. Lance JW. Symposium synopsis. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP, editors. Miami, FL, Synopsis

- Specialists; 1980. p. 485–9.
2. Tardieu G, Shentoub S, Delarue R. Research on a technic for measurement of spasticity. *Rev Neurol (Paris)* 1954; 91: 143–4.
 3. Held JP, Pierrot-Deseilligny E. Reeducation motrice des affections neurologiques. *JB Bailiere et Fils* 1969; 31–42.
 4. Boyd RN, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *Eur J Neurol* 1999; 6 (Suppl. 4): 23–35.
 5. Ashworth B. Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. *Practitioner* 1964; 192: 540–2.
 6. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1985; 67: 206–7.
 7. Haugh AB, Pandyan AD, Jonson GR. A systematic review of the Tardieu scale for measurement of spasticity. *Disabil Rehabil* 2006; 28: 899–907.
 8. Ansari NN, Naghdi S, Moammeri H, Jalaie S. Ashworth Scales are unreliable for the assessment of muscle spasticity. *Physiother Theory Pract* 2006; 22(3): 119–25.
 9. Fleuren JF, Voerman GE, Erren-Wolters CV, Snoek GJ, Rietman JS, Hermens HJ, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010; 81(1): 46–52.
 10. Gottlieb GL, Agarwal GC, Penn R. Sinusoidal oscillation of the ankle as a means of evaluating the spastic patient. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978; 41(1): 32–9.
 11. Weiss PL, Kearney RE, Hunter IW. Position dependence of ankle joint dynamics--II. Active mechanics. *J Biomech* 1986; 19(9): 737–51.
 12. Toft E, Sinkjaer T, Andreassen S, Larsen K. Mechanical and electromyographic responses to stretch of the human ankle extensors. *J Neurophysiol* 1991; 65(6): 1402–10.
 13. Chung SG, Van Rey E, Bai Z, Rymer WZ, Roth EJ, Zhang LQ. Separate quantification of reflex and nonreflex components of spastic hypertonia in chronic hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 700–10.
 14. de Vlugt E, de Groot JH, Schenkeveld KE, Arendzen JH, van der Helm FC, Meskers CG. The relation between neuromechanical parameters and Ashworth score in stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 2010; 7(35): 1–16.
 15. de Gooijer-van de Groep KL, de Vlugt E, de Groot JH, van der Heijden-Maessen HC, Wielheesen DH, van Wijlen-Hempel RM, et al. Differentiation between non-neural and neural contributors to ankle joint stiffness in cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil* 2013; 10: 81–8.
 16. Bar-On L, Desloovere K, Molenaers G, Harlaar J, Kindt T, Aertbelien E. Identification of the neural component of torque during manually-applied spasticity assessments in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2014; 40(3): 346–51.
 17. Sloot LH, van der Krogt MM, de Gooijer-van de Groep KL, van Eesbeek S, de Groot J, Buizer AI, et al. The validity and reliability of modelled neural and tissue properties of the ankle muscles in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2015; 42(1): 7–15.
 18. Chen JJ, Wu YN, Huang SC, Lee HM, Wang YL. The use of a portable muscle tone measurement device to measure the effects of botulinum toxin type A on elbow flexor spasticity. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 1655–60.
 19. Lee HM, Chen JJ, Wu YN, Wang YL, Huang SC, Piotrkiewicz M. Time course analysis of the effects of Botulinum toxin type A on elbow spasticity based on biomechanic and electromyographic parameters. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 692–9.
 20. Alhusaini AA, Crosbie J, Shepherd RB, Dean CM, Scheinberg A. No change in calf muscle passive stiffness after botulinum toxin injection in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011; 53(6): 553–8.
 21. Bar-On L, Aertbelien E, Molenaers G, Van Campenhout A, Vandendoorent B, Nieuwenhuys A, et al. Instrumented assessment of the effect of Botulinum toxin-A in the medial hamstrings in children with cerebral palsy. *Gait Posture* 2014; 39(1): 17–22.
 22. Bar-On L, Van Campenhout A, Desloovere K, Aertbelien E, Huenaerts C, Vandendoorent B, et al. Is an instrumented spasticity assessment an improvement over clinical spasticity scales in assessing and predicting the response to integrated botulinum toxin type A treatment in children with cerebral palsy? *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95(3): 515–23.
 23. Tomita Y, Tanino G, Mizuno S, Maeda H, Miyasaka H, Abbas O, et al. Development of a stiffness measurement system and biomechanical model of ankle joint to evaluate viscoelasticity and muscle contraction. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2014; 5: 147–55.
 24. Phillips CA, Repperger DW, Neidhard-Doll AT, Reynolds DB. Biomimetic model of skeletal muscle isometric contraction: I. an energetic-viscoelastic model for the skeletal muscle isometric force twitch. *Comput Biol Med* 2004; 34(4): 307–22.
 25. Thilmann AF, Fellows SJ, Garms E. The mechanism of spastic muscle hypertonus. Variation in reflex gain over the time course of spasticity. *Brain* 1991; 114: 233–44.
 26. Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferent input. *Physiol Rev* 1992; 72(1): 33–69.
 27. Okita M, Yoshimura T, Nakano J, Saeki A. The pathophysiology of joint contractures and stretching. *J Invest Phys Ther* 2000; 3: 29–36. Japanese.
 28. Okita M. Pathomechanics for Limitation Range of Joint Motion. *J Phys Ther* 2003; 20(6): 603–11. Japanese.
 29. Okita M, Nakano J, Kataoka H, Sakamoto J, Origuchi T, Yoshimura T. Effects of therapeutic ultrasound on joint mobility and collagen fibril arrangement in the endomysium of immobilized rat soleus muscle. *Ultrasound Med Biol* 2009; 35(2): 237–44.
 30. Trompetto C, Marinelli L, Mori L, Pelosin E, Curra A, Moluffetta L, et al. Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. *Biomed Res Int* 2014; 2014: 354906.
 31. Boiteau M, Malouin F, Richards CL. Use of a hand-held dynamometer and a Kin-Com dynamometer for evaluating spastic hypertonia in children: a reliability study. *Phys*

- Ther 1995; 75(9): 796–802.
32. Bénard MR, Jaspers RT, Huijing PA, Becher JG, Harlaar J. Reproducibility of hand-held ankle dynamometry to measure altered ankle moment-angle characteristics in children with spastic cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2010; 25(8): 802–8.
33. Deones VL, Wiley SC, Worrell T. Assessment of quadriceps muscle performance by a hand-held dynamometer and an isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994; 20(6): 296–301.
34. Bohannon RW. Intertester reliability of hand-held dynamometry: A concise summary of published research. *Percept Mot Skills* 1999; 88(3): 899–902.
35. Wang CY, Olson SL, Protas EJ. Test-retest strength reliability: Hand-held dynamometry in community-dwelling elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83(6): 811–5.
36. Lindberg PG, Gaverth J, Islam M, Fagergren A, Borg J, Forssberg H. Validation of a new biomechanical model to measure muscle tone in spastic muscles. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 25(7): 617–25.