

前腕浴が片麻痺上肢機能と痙縮に与える影響

衛藤誠二¹⁾、砂永彩子²⁾、林 良太³⁾、鬼塚祐人³⁾、松元秀次¹⁾、
下堂蘭恵¹⁾、川平和美¹⁾

1) 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科リハビリテーション医学

2) 鹿児島大学病院霧島リハビリテーションセンター

3) 鹿児島大学大学院理工学研究科機械工学専攻

Effects of Forearm Bathing on Function and Spasticity of Hemiplegic Hands

Seiji ETOH¹⁾, Ayako SUNANAGA²⁾, Ryota HAYASHI³⁾, Yuto ONITSUKA³⁾, Shuji MATSUMOTO¹⁾,
Megumi SHIMODOZONO¹⁾, Kazumi KAWAHIRA¹⁾

1) Department of Rehabilitation and Physical Medicine, Kagoshima University Graduate School of Medicine

2) Kirishima Rehabilitation Center, Kagoshima University Hospital

3) Department of Mechanical Engineering, Kagoshima University Graduate School of Science and Engineering

Summary

Purpose

Forearm bathing is considered beneficial for the hands of patients with spastic hemiplegia, but the effect has not been investigated comprehensively. This study investigated the effectiveness of forearm bathing for patients with hemiplegic hands.

Subjects and Methods

In total, nine hemiplegic patients participated in the study (mean±standard deviation age=56.9±16.6 years; mean±standard deviation period from onset=21.1±21.2 months). Participants sat in a relaxed position on a chair, and dipped the affected forearms into 40 °C warm water for 15 mins. The Simple Test for Evaluating Hand Function (STEF) score was evaluated before and after forearm bathing as an indicator of hemiplegic hand function. The Modified Ashworth Scale (MAS) score for the biceps brachii muscle, and both the resistance power of elbow extension and the F/M ratio (F-wave amplitudes/ M wave amplitudes) for the abductor pollicis brevis muscle, were evaluated as indicators of hemiplegic hand spasticity. The device used to measure the resistance power of elbow extension comprised a motor, cuffs to fix the hemiplegic arm and forearm in place, and a control system. The axis of rotation of the device was positioned over the axis of rotation of the elbow joint. The device induced passive elbow flexion and extension movements at an angular velocity of 60°/sec or 90°/sec.

Results

After forearm bathing, the STEF score increased significantly ($p<0.05$) from 42.9 ± 28.0 to 47.8 ± 28.4 ($n=9$), the resistance power of elbow extension at $90^\circ/\text{min}$ decreased significantly ($p<0.01$) from 4.0 ± 1.8 N to 3.0 ± 1.9 N, and the MAS score and F/M ratio were unchanged ($n=6$).

Conclusions

Forearm bathing appeared to improve function and decrease spasticity in hemiplegic hands. This treatment might facilitate hand rehabilitation.

Key words : forearm bathing, hemiplegic hand, spasticity, Modified Ashworth Scale, F-wave

I 緒言

渦流浴は温熱効果と水圧による圧迫効果をもち、片麻痺上肢の浮腫や痙縮に対する治療として広く行われている。渦流浴による痙縮抑制のメカニズムとして、温熱が筋紡錘の二次終末の活動を減少させ¹⁾、また筋組織の粘弾性を高めること²⁾、筋伸張時の反射が抑制されることが考えられる。

全身浴や足浴での麻痺肢の痙縮軽減については、表面筋電図や³⁾、脊髄レベルの興奮性を反映するF波を用いて^{4,5)}客観的に評価した報告がある。しかし、前腕浴については、健常人の身体変化や⁶⁾、脳卒中患者の健側温浴での体温、痙縮変化の報告はあるが⁷⁾、上肢機能や痙縮の変化を客観的に測定した報告は少ない。脳卒中ガイドライン2009の痙縮に対するリハビリテーションの項目では、痙縮筋に対する冷却または温熱の使用を考慮しても良いが、十分な科学的根拠はない(グレードC1)とされており、温熱療法の治療効果については、更なる根拠を示す必要がある。

我々は、前腕浴の片麻痺上肢機能と痙縮に対する効果を、簡易上肢機能検査 (Simple test for evaluating hand function, STEF)、Modified Ashworth Scale (MAS)、自作の痙縮測定装置での評価やF波を用いて客観的に評価し、前腕浴の有効性について検討したので報告する。

II 対象と方法

対象は、麻痺肢の上肢機能がBrunnstrom stage IV以上の中枢神経障害による片麻痺患者9名で、年齢が 56.9 ± 16.6 歳(平均 \pm 標準偏差)、罹病期間が 21.1 ± 21.2 ヵ月(平均 \pm 標準偏差)、麻痺側が右側4名、左側5名であった(Table 1)。全員に、研究について十分な説明を行い、同意を得た。

前腕浴は座位で、麻痺側上肢の肘より遠位部に、 40°C の単純泉を用いた渦流浴に15分間浸して、その前と直後に評価を行った。片麻痺上肢の物品操作能力をSTEFで評価した。また、9名中6名の患者で、前述の検査から10日以内の別の日に麻痺側上肢の痙縮を評価した。これは、前腕浴の前と直後に、麻痺側上腕二頭筋のMAS、痙縮測定装置による測定、F波測定を、この順番で行った。

STEFは、積み木、円盤、布など、大きさの違う10種類の対象物をつまみ、移動する動作に要する時間を測定し、得点を算出する検査である。100点満点で、上肢、手指機能を細かく評価することができる^{8,9)}。

痙縮測定装置は、上肢と前腕の固定装置、前腕固定装置を肘屈伸方向に動かす駆動用モーター、力センサー、パソコンで構成されている(Fig.1)。麻痺側上肢の前腕部と上腕部を肩の高さで固定した状態で、前腕固定装置を駆動用

モーターで一定の速さで肘関節60度の範囲で屈伸させ、その屈伸に対する抵抗力を前腕部で測定した。前腕部にかかる力の測定は、肘角度 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 、 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ から $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ のように、 10° ごとに設定できる。今回の検討では、肘の屈曲、伸展が切り替わる際の慣性力の影響を除くため、 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の抵抗力を痙縮の指標

として用いた。測定は、肘屈伸の角速度 $60^{\circ}/\text{秒}$ で10回反復を2回、次に $90^{\circ}/\text{秒}$ で10回反復を2回行った。肘伸展時に $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ と $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の範囲で、前腕にかかる力(肘伸展時抵抗力)を痙縮の指標とした。痙縮測定装置の妥当性を検討するため、肘伸展時抵抗力と上腕二頭筋のMASとの相関も検討した。尚、本装置は異常な力がか

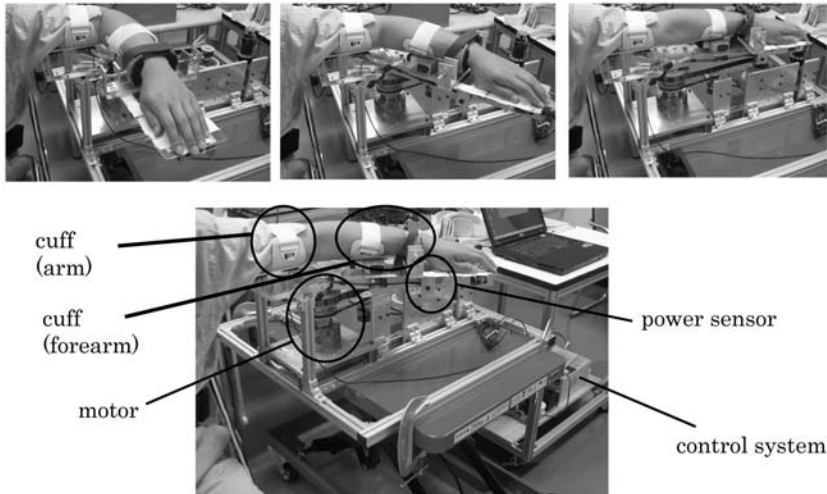


Fig.1 The device for measuring spasticity

The device was used to measure the resistance power of elbow extension. The axis of rotation of the device was positioned over the axis of rotation of the elbow joint. The device induced passive elbow flexion and extension movements.

Table 1 Characteristics of the subjects

case	age (years old)	sex	disease	paretic side	Br. stage (upper limb)	period from onset (weeks)
1	20	male	brain injury	right	V	19
2	48	female	infarction	right	V	17
3	52	female	infarction	right	IV	28
4	56	male	hemorrhage	right	V	9
5	61	male	infarction	left	IV	74
6	73	female	infarction	left	V	7
7	59	female	hemorrhage	left	V	5
8	68	male	infarction	left	V	21
9	75	male	hemorrhage	left	V	10

Br. stage: Brunnstrom stage

かった時には自動停止し、検者が異常を感じた時には、ボタンひとつで緊急停止できる。

F波は痙縮測定装置での測定後、安静座位の状態記録した。麻痺側の手関節で正中神経を電気刺激し、母指外転筋においた表面電極よりF波を記録した。記録には日本光電製ニューロパックを用い、フィルターは20Hzから5kHzとした。刺激には0.2msの矩形波を用い、最大上刺激で、頻度1Hz、刺激回数80回で、F波の平均

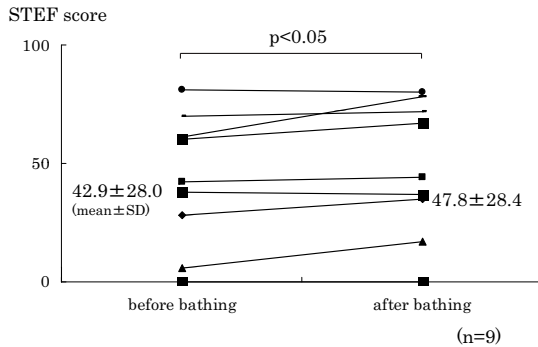


Fig.2 Changes in STEF score before and after bathing STEF score was increased significantly ($p < 0.05$) after forearm bathing (n=9). STEF: Simple Test for Evaluating Hand Function

振幅とM波振幅の比であるF/M比を算出した。

統計学的検定にはSTEF、MASはWilcoxon t-test、肘伸展時抵抗力、F/M比はpaired t-testを用いた。肘伸展時抵抗力とMASとの相関にはSpearman順位相関係数を用いた。

III 結果

前腕浴による熱傷や痛み等の副作用はなかった。STEFは前腕浴前は 42.9 ± 28.0 点(平均 \pm 標準偏差)、前腕浴後は 47.8 ± 28.4 点と有意に改善した(Fig.2)。MAS、痙縮測定装置による測定、F波測定は9名中6名(Table 1の症例1-6)で行ったが、肘伸展時抵抗力と上腕二頭筋のMASとの間には、角速度 60° /秒、 90° /秒とも有意な相関はなかった(Fig.3)。しかし、MAS1+や2の痙縮の明らかな症例では、肘伸展時抵抗力が増大する傾向があった。前腕浴後の肘伸展時抵抗力は、角速度 60° /秒では有意な変化はなかったが、角速度 90° /秒では有意な減少を認めた(Fig. 4)。MASは前腕浴後に減少する傾向を認めたが、MAS、F/M比の有意な変化はなかった(Fig.5)。

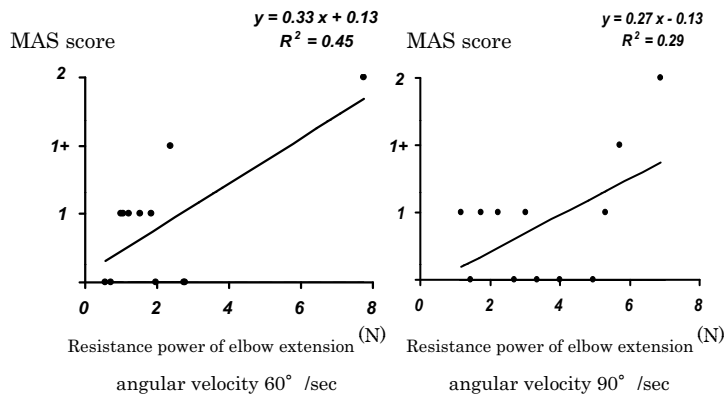
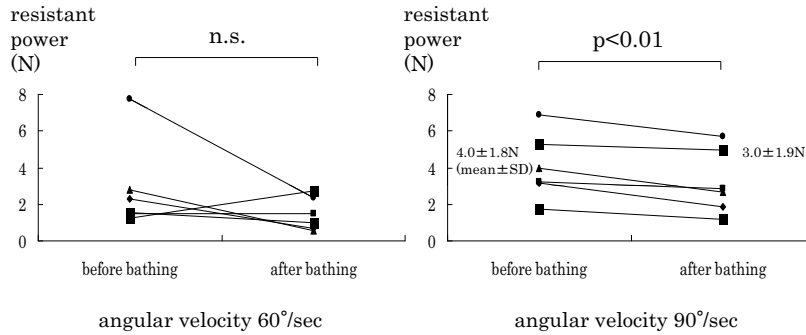


Fig.3 Relationship between resistance power of elbow extension and MAS score

There were no correlation between resistance power of elbow extension and MAS for the biceps brachii muscle. But MAS 1+ or 2 indicated high resistance power.

MAS: Modified Ashworth Scale



(n=6, case 1-6)

Fig.4 Changes in resistance power of elbow extension before and after bathing
Resistance power of elbow extension (90°/sec) was decreased significantly (p<0.01) after forearm bathing (n=6).

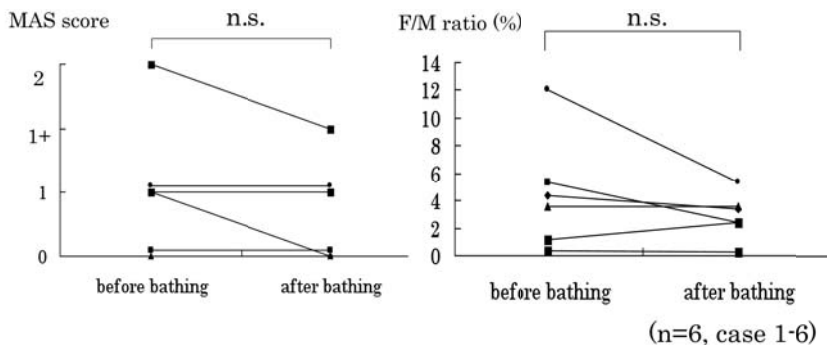


Fig.5 Changes in MAS score and F/M ratio before and after bathing
MAS score for the biceps brachii muscle and F/M ratio were not changed (n=6).
MAS: Modified Ashworth Scale, F/M ratio: F wave amplitude/ M wave amplitude

IV 考察

片麻痺患者の麻痺側上肢に前腕浴 (40℃、15分) を行い、STEFの得点と角速度90°/秒の肘伸展時抵抗力の有意な改善を認めた。MASとF/M比は有意な変化はなかったが改善例もあった。

STEFは、上肢の動作能力を客観的に短時間で把握する目的で開発されたテストで、その再現性、妥当性は確認されている^{8,9)}。短時間でSTEFが約5点上昇しており、これは前腕浴が痙性の減少やコラーゲン線維の伸張を促したため

と考えられる。STEFの改善は、15分程度の間隔で2回評価することによる学習効果による可能性もあるが、多くの例は、速い物品操作を行うことで痙縮が増大し、STEFの得点低下をきたす。今後、同一被験者で前腕浴なしの安静15分をコントロールとして前腕浴の効果を検討する必要がある。

痙縮測定装置は、肘関節を他動的にモーターで屈伸させることにより、前腕部につけたセンサーにかかる抵抗力を指標として、固縮や痙縮

を定量的に測定する装置である。60°/秒より90°/秒の速い角速度で屈伸させたときの方が、伸張反射を誘発しやすいため、痙縮の評価の感度が上がると考えられる。

この装置で測定した肘伸展時抵抗力とMASとは有意な相関はなかったものの、角速度90°/秒のとき、MAS 0, 1のときの肘伸展時抵抗力は1.17～5.29Nと幅広いが、MAS 1+, 2のときの肘伸展時抵抗力は、それぞれ5.72N, 6.88Nと増大する傾向があったことから、今後、器材の改良と、重症例を含めた多数例での検討が必要である。前腕浴後の抵抗力の変化は、角速度60°/秒では統計学的に有意には至らなかったが6例中5例で減少し、90°/秒で有意に減少したことは、上腕二頭筋の痙縮が軽減したことを示唆している。

F波は、運動神経末梢からの逆行性インパルスによって脊髄前角運動ニューロンが発火し、順行性インパルスを生じた筋電位であるが、脊髄レベルの興奮性を反映し、麻痺肢の筋緊張度と関連することが報告されている^{10,11)}。痙縮に対する温熱療法については、全身浴で、表面筋電図による筋放電率の減少³⁾ F/M比の減少⁴⁾の報告、脳卒中健側上肢の温浴で、患側の深部体温上昇、脛骨神経H波の減弱が見られたとの報告⁷⁾、足浴でMASの低下とともに脛骨神経のF/M比が減少したとの報告がある³⁾。本研究では、前腕浴後のF/M比減少はなかったが、F波測定前に痙縮測定装置での測定を行ったため、肘屈伸を他動的に数十回繰り返したことによる脊髄レベルの興奮性増大を招いた可能性がある。また、F/M比と上腕二頭筋のMASで有意な低下がなかったのは、対象患者が6例と少ないこと、肘関節のMAS 0の痙縮の少ない2症例が入っていることが関与していると考えられる。

温水を用いた片麻痺上肢の前腕浴は、上肢機能の改善、痙縮の抑制の効果が期待でき、簡単に副作用もないことから、これを日々の麻痺肢の訓練の前に行うことで、治療効果を高めることが可能と考えられる。

V まとめ

今回の研究で、片麻痺上肢の前腕浴で痙縮が軽減し、上肢機能が改善する可能性が示された。前腕浴による上肢機能改善、痙縮軽減については、今後、上肢機能や痙縮の程度を一定にした多数例での検討が必要と考えられる。

VI 謝辞

本研究は、日本温泉気候物理医学会第1回研究奨励賞を受けて行われた。

参考文献

- 1) Mense S: Effects of temperature on the discharges of muscle spindles and tendon organs. *Pflugers Arch* 1978 ; 374 : 159-166.
- 2) Mutungi G, Ranatunga KW: Temperature-dependent changes in the viscoelasticity of intact resting mammalian (rat) fast- and slow-twitch muscle fibers. *J Physiol* 1998 ; 508 : 253-265.
- 3) 泉 從道、藤田 勉、柳澤信夫: 脳血管障害片麻痺患者の患側上肢の筋緊張亢進に対する高温浴と赤外線照射の効果—表面筋電図による解析. *日温気物医誌* 1997; 60 : 209-220.
- 4) Matsumoto S, Kawahira K, Etoh S, et al: Short-term effects of thermotherapy for spasticity on tibial nerve F-waves in post-stroke patients. *Int J Biometeorol* 2006 ; 50 : 243-250.
- 5) Matsumoto S, Shimodozono M, Etoh S, et al: Beneficial effects of footbaths in controlling spasticity after stroke. *Int J Biometeorol* 2010, Online First.
- 6) Ohshige T: Comparison between thermal effects of forearm and lower-thigh bathing -Effectiveness of bathing forearms as a partial bathing method. *J Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med* 2005 ; 68 : 155-165.
- 7) Maeda M, Nakamura M, Tanaka Y, et al: Effect of body temperature and H wave of affected side by local warm bathing of unaffected side in the

- hemiplegic stroke patients. *J Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med* 1999 ; 62 : 178-184.
- 8) 金子 翼 : 簡易上肢機能検査 (STEF) — 検査者の手引き, 酒井医療株式会社, 1986
- 9) 金子 翼 : 片麻痺の上肢機能検査法. 総合リハ 1994 ; 22 : 1025-1032.
- 10) Milanov IG : F-wave for assessment of segmental motoneurone excitability. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1992 ; 32 : 11-15.
- 11) Milanov IG : Clinical and neurophysiological correlations of spasticity. *Funct Neurol* 1999 ; 14 : 193-201.