

抵抗量を考慮した下部体幹筋群と下肢筋群の抵抗運動による
静止性収縮がヒラメ筋 H 反射に及ぼす影響の差異The different effects of resistive static contraction in mid-range pelvic
motion and Cross-education with different degrees of resistance on the
unexercised soleus H-reflex

| | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 竹澤美穂 ¹⁾ Takezawa Miho | 新井光男 ²⁾ Arai Mitsuo | 井手夏葵 ³⁾ Ide Natsuki | 重田有希 ⁴⁾ Shigeta Yuki |
| 白谷智子 ⁵⁾ Shiratani Tomoko | 保原塁 ⁵⁾ Hobara Rui | 榎本一枝 ⁶⁾ Masumoto Kazue | |

- 1) すずき病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Suzuki Hospital
- 2) 首都大学東京 健康福祉学部
School of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 3) つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科
Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University
- 4) 介護老人保健施設やすらぎ リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Yasuragi Geriatric Health Services Facility
- 5) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 6) しげのぶ整形外科リウマチ・リハビリクリニック リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Shigenobu Orthopedics Rheumatism Rehabilitation Clinic

要旨

右骨盤前方挙上筋群の抵抗運動（以下、右 RSCAE）による下行性の遠隔効果と左足関節底屈筋群の抵抗運動（以下、左 CRSC）による交叉性教育における負荷量の差異が、右ヒラメ筋 H 反射の経時的変化に及ぼす神経生理学的効果を検証した。健常成人 16 名に、抵抗運動（右 RSCAE・左 CRSC）× 負荷量（軽負荷・重負荷）の 4 通りの組み合わせを無作為に行わせ、右ヒラメ筋 H 反射を経時的に計測した。H/Mmax を指標とし、四元配置分散分析と多重比較検定を行った結果、抵抗運動と時間間に交互作用を認め、右 RSCAE と比較し左 CRSC の抵抗運動時において有意な H/Mmax の増大を認めた。しかし、両抵抗運動後に H/Mmax の漸減傾向を示した。交叉性教育の方が抵抗運動時の促通効果が大きく、抵抗運動後に緩徐な抑制効果をもたらすことが示唆された。

キーワード

ヒラメ筋 H 反射, 負荷量, 抵抗運動, 交叉性教育, 下行性の遠隔効果

はじめに

患側の部位を固定している時や患部の疼痛が強く直接筋力強化や関節可動域訓練をすることができない場合、健常な部位への抵抗運動により患肢へアプローチする方法（間接的アプローチ）、固有受容性神経筋促通法（Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: 以下、PNF）の PNF 運動パターンの中間域での静止性収縮促通（Static Contraction Facilitation: 以下、SCF）手技が有効であると報告している

^{1,2,3,4,5)} SCF 手技は遠隔部位に抵抗運動による静止性収縮を行うことで、遠隔部位の即時的な抑制作用または促通作用・遠隔部位への後効果を促す^{1,2,3)}。SCF 手技の一つである骨盤の前方挙上方向への抵抗運動による静止性収縮（Resistive Static Contraction of Anterior Elevation: 以下、RSCAE）は脳卒中後片麻痺患者の歩行速度の改善に即時的効果⁴⁾ や整形外科疾患患者の股関節伸展自動関節可動域の増大⁵⁾ が報告

されており、神経生理学的機序として下行性の脊髄固有反射や歩行反射の関与が推察されているが明らかでない^{4,5)}。

一方、Cross-education^{6,7,8,9,10)}とは対側への遠隔効果で、一肢の抵抗運動時(Contralateral resistive static contraction: 以下、CRSC)¹¹⁾に反対側の非運動肢に筋活動が生じる現象であり⁶⁾、足関節底屈筋群の抵抗運動により対側ヒラメ筋H反射の振幅値が増大し、その効果は収縮強度が増大すると大きくなることから、抵抗運動の負荷量の差異による影響が示唆されている¹¹⁾。

RSCAEによる遠隔部位への効果や^{1,2,3,4,5)} Cross-educationによる対側肢への効果^{6,7,8,9,10,11)}についての報告は散見されるが、負荷量の差異を考慮した神経生理学的効果や経時的効果の差異については明らかにされていない。

そこで、右骨盤の抵抗運動による右下肢の神経生理学的効果(下行性の遠隔効果)よりも、左下肢の抵抗運動による右下肢の神経生理学的効果(Cross-educationによる反応)の方が大きく、抵抗運動後は経時的に抑制傾向となり、その効果は抵抗運動時の負荷量により影響されると仮説を立てて検証した。

右骨盤の抵抗運動とは右RSCAE、左下肢の抵抗運動とは左足関節底屈筋群の左CRSCとした。右下肢の神経生理学的効果とは右ヒラメ筋H反射の振幅値を基準化した値(H反射振幅値/最大M波振幅値比: 以下、H/Mmax)¹²⁾の増減、抑制とはH反射振幅値の減弱とした。抵抗運動時の負荷量の差異は、各抵抗運動の最大随意収縮(maximum voluntary contraction: 以下、MVC)の10%(軽負荷)と30%(重負荷)とした。

対象と方法

1. 対象

対象者は健康成人21名からH反射とM波を誘発できなかった5名を除外した16名(男性10名、女性6名)で、平均年齢(標準偏差)は23.4(3.2)歳で20~28歳であった。組み入れ基準は、神経学的・整形外科的に既往がなく、利き足(ボールを蹴る足)¹³⁾が右足の者とした。本研究は、首都大学東京荒川キャンパス研究安全倫理委員会の承認(承認番号:16010)を得て、全対象者に実験の趣旨を説明し、参加の同意を文書に署名を得て実施した。

2. 使用機器と測定方法

1) 抵抗運動

抵抗運動は右RSCAEと左CRSCの2種類とした。実験肢位は、ベッド上左側臥位(体幹中間位、両股関節60°屈曲位、両膝関節60°屈曲位、左足関節20°底屈位)とし、右上肢を体幹の前に置いたクッションに乗せ、両手はリラックスさせた。右RSCAEは、右上前腸骨棘に抵抗がかかるように重り付きの牽引ロープを骨盤ベルトに付け、右肩峰と右大転子を結んだ線(基準線)に対して30°のラインで尾側方向に牽引を行い、右骨盤前方拳上の中間域で保持させた(図1-1)¹⁴⁾。左CRSCは、左前足部に重り付きの牽引ロープが付いたストラップをかけ、基準線に対して30°の左前足部を通る線上で頭側方向に牽引を行い、左足関節底屈20°で保持させた(図1-2)¹⁴⁾。

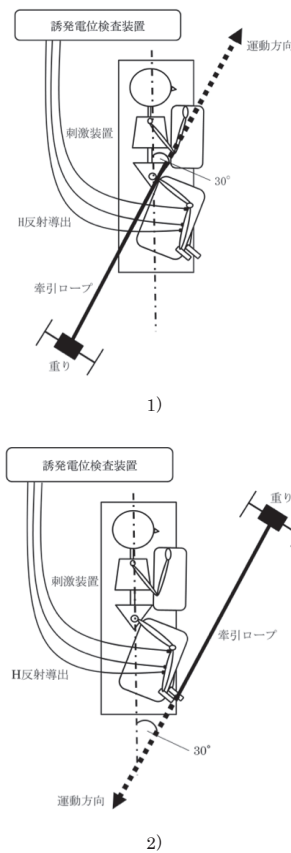


図1. 抵抗運動による静止性収縮の方法と機器設定

- 1) 右RSCAEの抵抗運動方法
 - 2) 左CRSCの抵抗運動方法
- 右RSCAE: 右骨盤前方拳上の抵抗運動(静止性収縮)
左CRSC: 左足関節底屈筋群の抵抗運動(静止性収縮)

2) MVCの測定・負荷量の設定

MVC測定肢位は抵抗運動時と同様の肢位で右RSCAEと左CRSCを徒手筋力計(酒井医療株式会社、モービィ)で測定した。それぞれ3回ずつ測定し、最も高い数値を採用した。

負荷量は、右RSCAEと左CRSCのMVCの10%(軽負荷)・30%(重負荷)とした。負荷量を一定にするために重り付きの牽引ロープを使用した。

3) 抵抗運動と負荷量の組み合わせ

対象者に、4通りの抵抗運動と負荷量の組み合わせ(右RSCAE×軽負荷、右RSCAE×重負荷、左CRSC×軽負荷、左CRSC×重負荷)の施行順を乱数表を用いて無作為に割り付けた。

4) 右ヒラメ筋H反射の測定

誘発電位検査装置(日本光電工業株式会社、Neuropack X1, MEB-2312)にて右ヒラメ筋H反射・M波を誘発し記録した。導出用電極を貼付する部位の皮膚表面を剃毛した後、皮膚処理用ジェル(日本光電工業株式会社、スキンピュア)で処理し、皮膚インピーダンスを5kΩ以下に減弱させた。直径10mmの銀-塩化銀電極(日本光電工業株式会社、NE-132B)を使用し、導出用電極は右ヒラメ筋の筋腹に電極間距離2.0cmで貼付し、接地電極は右外果に貼付した(図2)。刺激装置(日本光電工業株式会社、表面刺激電極、NM-420S)を使用し膝窩部で経皮的に右脛骨神経を刺激した。電

気刺激は、刺激時間 1 msec, 刺激頻度 1 Hz の矩形波とした。筋電位は周波数帯域 10 Hz ~ 5 kHz で増幅し記録した。刺激強度の定常性を保つために、M 波の振幅値が最大 M 波の 4 ~ 8% となるように測定した¹⁵⁾。測定時間は抵抗運動前の安静 40 秒間と抵抗運動 20 秒間、抵抗運動後の安静 120 秒間の計 180 秒間とした。

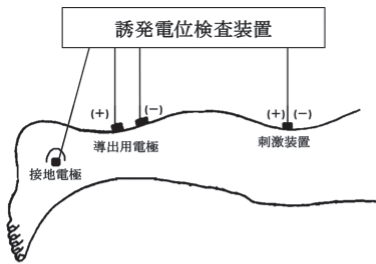


図 2. 誘発電位検査装置の電極配置

5) 抵抗運動 × 負荷量の主観的努力度

主観的努力度は 11 段階の数値評価スケール (Numerical Rating Scale: 以下, NRS)¹⁶⁾ で、MVC 測定時に聴取した最も努力度が大きかった抵抗運動の努力度を NRS の 10、まったく努力を必要としない状態を NRS の 0 とし、右ヒラメ筋 H 反射測定終了直後に聴取した。

3. 実験手順

- 4 通りの抵抗運動 × 負荷量の施行順を乱数表を用いて無作為に割り付けた。
- 右 RSCAE と左 CRSC の抵抗運動方法を対象者に説明し、数秒間の練習を各 1 回行った。
- 各抵抗運動の MVC を測定して 10%MVC と 30%MVC を算出し、負荷量を決定した。
- 2 種類の抵抗運動の MVC 測定直後に努力度が大きかった抵抗運動を聴取した。
- 1 番目の抵抗運動 × 負荷量の施行前に安静時の最大 M 波を誘発・記録した。
- 抵抗運動前の安静時 40 秒間、抵抗運動時 20 秒間、抵抗運動後の安静時 120 秒間の右ヒラメ筋 H 反射を測定した。
- 右ヒラメ筋 H 反射の測定終了直後に、NRS を用いて抵抗運動時の主観的努力度を聴取した。
- 必要最小限の休憩後、次の抵抗運動 × 負荷量での H 反射の測定を行った。

4. 右ヒラメ筋 H 反射・M 波の解析方法

得られた波形を 10 回加算平均して振幅値を peak-to-peak で計測し、H/Mmax を算出し、抵抗運動開始直前の安静時 10 秒間 (以下, C1)・抵抗運動時の 1 ~ 10 秒間 (以下, C2)・抵抗運動時の 11 ~ 20 秒間 (以下, C3)・抵抗運動後の安静時の 10 秒間毎 (以下, C4 ~ C15) に表した。

5. 統計処理

統計解析には SPSS (IBM SPSS Statistics23, IBM 社製) を用いた。有意水準はすべて 5% とした。

- 1) 抵抗運動前の安静時の H/Mmax の再現性を検証するた

めに、抵抗運動前の安静時の 40 秒間から 10 秒間毎に得た H/Mmax の級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficients: 以下, ICC) を求めた。

- 2) 要因が H/Mmax に及ぼす影響を比較するために、H/Mmax を指標として抵抗運動・負荷量・時間・個人を要因とした四元配置分散分析を行い、有意な主効果を認められたものについては多重比較検定 (Bonferroni 法) を行った。有意な交互作用を認めた場合の事後検定は、その要因間の組み合わせで多重比較検定 (Bonferroni 法) を行った。
- 3) H/Mmax の経時的变化の予測のために、H/Mmax を目的変数、時間を説明変数とした回帰分析により整次多項式を求めた。
- 4) 主観的努力度 (NRS) を指標として抵抗運動 × 負荷量を要因とした Kruskal-Wallis 検定を行い、有意差が認められた場合には多重比較検定 (Bonferroni 法) を行った。
- 5) 主観的努力度と抵抗運動時の H/Mmax との相関をみるため、Spearman の順位相関係数を求めた。

結果

1) 抵抗運動前の安静時 H/Mmax の再現性

抵抗運動前の安静時の H/Mmax の ICC (1,4) は 0.99 ($p = 0.00$) と高い再現性を示した。

2) 抵抗運動・時間・負荷量・個人の要因が H/Mmax に及ぼす影響

時間経過と抵抗運動 × 負荷量の H/Mmax の平均値 (標準偏差) を表 1 に示した。四元配置分散分析の結果、抵抗運動 ($F_{1,885} = 31.36, p = 0.00$)・時間 ($F_{14,885} = 14.50, p = 0.00$)・個人 ($F_{15,885} = 593.88, p = 0.00$) の要因に有意な主効果があり、抵抗運動と時間の組み合わせ ($F_{14,885} = 2.27, p = 0.01$) に有意な交互作用があった。多重比較検定の結果、右 RSCAE の抵抗運動前の安静時 (C1) より右 RSCAE の抵抗運動後の安静時 (C7, C11, C13, C14) に有意な H/Mmax の減弱が認められた ($p < 0.05$) (図 3-1)。また、左 CRSC の抵抗運動前の安静時 (C1) より左 CRSC の抵抗運動時 (C2, C3) に有意な H/Mmax の増大 ($p < 0.01$) と、抵抗運動後の安静時 (C5, C6, C7, C8, C9, C10, C12, C13) に有意な H/Mmax の減弱が認められた ($p < 0.05$) (図 3-2)。また、右 RSCAE の抵抗運動時 (C2, C3) より左 CRSC の抵抗運動時 (C2) に有意な H/Mmax の増大が認められた ($p < 0.05$) (図 3-3)。

3) H/Mmax の回帰分析

回帰分析の結果、左 CRSC のみ有意な整次多項式 $y = -0.004x + 0.242$ が得られ ($p < 0.01$)、漸減傾向であった。

4) 各抵抗運動 × 負荷量の主観的努力度の比較 (表 2, 図 4)

Kruskal-Wallis 検定の結果、有意差が認められた ($\chi^2 = 35.16, p = 0.00$)。多重比較検定の結果、左 CRSC × 重負荷は左 CRSC × 軽負荷と右 RSCAE × 軽負荷と比較し主観的努力度が有意に大きく ($p = 0.00$)、右 RSCAE × 重負荷は右 RSCAE × 軽負荷よりも主観的努力度が有意に大きかった ($p = 0.00$)。

5) 主観的努力度と抵抗運動時 H/Mmax の関係

Spearman の順位相関係数を求めた結果、C2 では $\rho = -0.03$ ($p = 0.84$)、C3 では $\rho = 0.02$ ($p = 0.90$) であり、主観的努力度と抵抗運動時の H/Mmax に有意な相関はなかった。

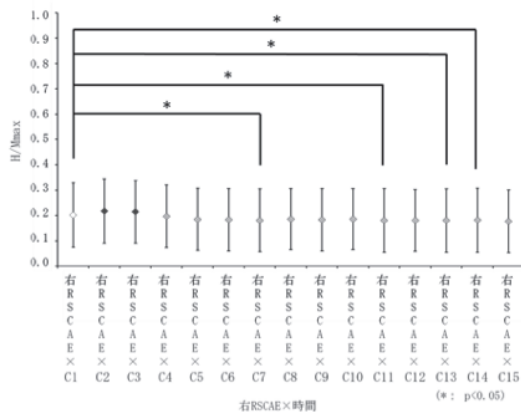


図 3-1. 多重比較検定の結果
 右 RSCAE の抵抗運動前安静時 (C1) と
 抵抗運動時・抵抗運動後安静時の比較

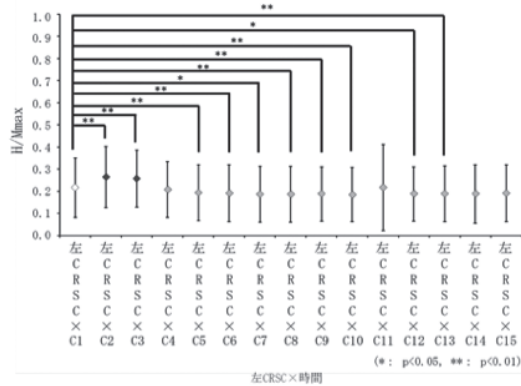


図 3-2. 多重比較検定の結果
 左 CRSC の抵抗運動前安静時 (C1) と
 抵抗運動時・抵抗運動後安静時の比較

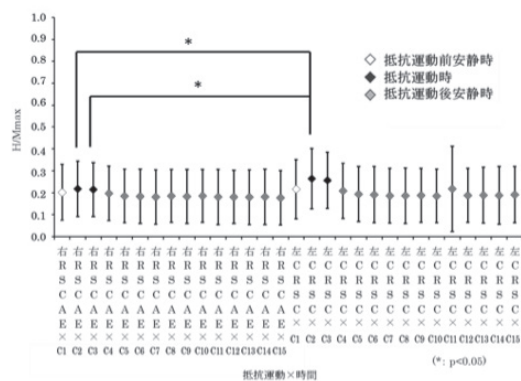


図 3-3. 多重比較検定の結果
 右 RSCAE と左 CRSC の抵抗運動時の比較

表 1. 時間経過と抵抗運動 × 負荷量の H/Mmax

| 時間経過 | 右 RSCAE × 軽負荷 | 右 RSCAE × 重負荷 | 左 CRSC × 軽負荷 | 左 CRSC × 重負荷 |
|------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| C1 | 0.20 (0.13) | 0.20 (0.12) | 0.21 (0.13) | 0.22 (0.13) |
| C2 | 0.22 (0.13) | 0.21 (0.12) | 0.26 (0.13) | 0.27 (0.14) |
| C3 | 0.22 (0.12) | 0.21 (0.12) | 0.25 (0.13) | 0.26 (0.13) |
| C4 | 0.20 (0.12) | 0.19 (0.12) | 0.21 (0.13) | 0.20 (0.12) |
| C5 | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.13) | 0.19 (0.12) |
| C6 | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.13) | 0.19 (0.13) |
| C7 | 0.18 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.13) | 0.18 (0.12) |
| C8 | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.18 (0.13) | 0.19 (0.12) |
| C9 | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.12) | 0.19 (0.12) |
| C10 | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.12) | 0.18 (0.12) |
| C11 | 0.18 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.25 (0.24) | 0.19 (0.12) |
| C12 | 0.18 (0.12) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.12) | 0.19 (0.12) |
| C13 | 0.18 (0.13) | 0.18 (0.12) | 0.19 (0.13) | 0.19 (0.12) |
| C14 | 0.19 (0.13) | 0.18 (0.12) | 0.18 (0.13) | 0.20 (0.13) |
| C15 | 0.18 (0.12) | 0.17 (0.12) | 0.19 (0.12) | 0.19 (0.13) |

平均値 (標準偏差)
 右 RSCAE: 右骨盤前方拳上の抵抗運動 (静止性収縮)
 左 CRSC: 左足関節底屈筋群の抵抗運動 (静止性収縮)
 軽負荷: 10% MVC, 重負荷: 30% MVC
 C1: 抵抗運動前の安静時 10 秒間
 C2・C3: 抵抗運動時 20 秒間 (各 10 秒間)
 C4~C15: 抵抗運動後の安静時 120 秒間 (各 10 秒間)

表 2. 抵抗運動 × 負荷量の主観的努力度

| 抵抗運動 × 負荷量 | 主観的努力度 |
|---------------|-----------|
| 右 RSCAE × 軽負荷 | 1.8 (0.6) |
| 右 RSCAE × 重負荷 | 4.4 (1.6) |
| 左 CRSC × 軽負荷 | 3.0 (1.0) |
| 左 CRSC × 重負荷 | 5.7 (1.8) |

平均値 (標準偏差)
 右 RSCAE: 右骨盤前方拳上の抵抗運動
 左 CRSC: 左足関節底屈筋群の抵抗運動
 軽負荷: 10% MVC, 重負荷: 30% MVC
 主観的努力度: Numerical rating scale (NRS) を用い, 下記の基準で評価した。
 (0: まったく努力を必要としない状態の努力度
 10: 最大随意収縮力の測定時に最も努力度が大きかった抵抗運動の努力度)

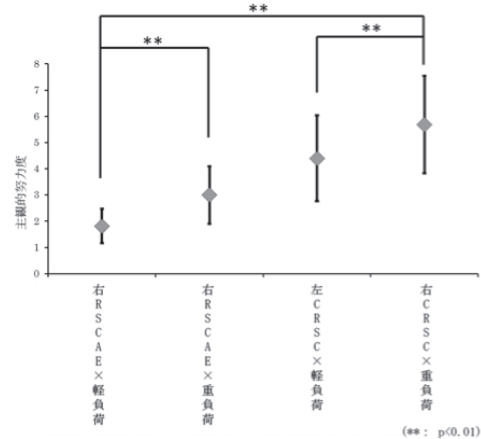


図 4. 要因間における主観的努力度の比較

右 RSCAE: 右骨盤前方拳上の抵抗運動 (静止性収縮)
 左 CRSC: 左足関節底屈筋群の抵抗運動 (静止性収縮)
 軽負荷: 10% MVC, 重負荷: 30% MVC
 主観的努力度: Numerical rating scale (NRS)

考察

本研究結果から Cross-education の方が抵抗運動時の促通効果が大きく、抵抗運動後に緩徐な抑制効果をもたらすことが示唆されたことから、右骨盤の抵抗運動による右下肢の神経生理学的効果（下行性の遠隔効果）よりも左下肢の抵抗運動による右下肢の神経生理学的効果（Cross-education による反応）の方が大きく、抵抗運動後は経時的に抑制傾向となるという仮説は肯定された。一方、負荷量が及ぼす効果に差異はなかったことから、抵抗運動による神経生理学的効果は負荷量に影響されるという仮説は否定された。

Cross-education による神経生理学的効果は促通を示したことから先行研究と一致しており¹¹⁾、その機序としては運動している筋群の神経分枝から直接生じるインパルスのオーバー・フロー効果や⁶⁾、同側の皮質脊髄路の非交叉性分枝を通る中枢制御の拡散が考えられる¹⁰⁾。Gellhorn (1949) は、サルの大脳皮質に電気刺激を加え、関節固定時と非固定時の誘発筋電図を比較した結果、関節固定時で筋放電が著しく増大するが、脊髄後根を切断して行うとこの現象が消失することから、関節固定による固有受容感覚の刺激が皮質刺激による運動に促通効果を与えることを報告した¹⁷⁾。また、四肢が関与する反射は脊髄反射経路と運動皮質を含む長経路反射によって仲介されることが報告されている¹⁸⁾。本研究においても左 CRSC による触覚・固有受容感覚が対側（右）の脳に影響し、右の運動皮質から皮質脊髄路の非交叉性分枝によって H 反射が促通された可能性がある。

一方、Cross-education 効果による神経生理学的後効果は抑制傾向であった。一側下肢の運動により非運動肢の筋に筋活動が不随意的に生じるため¹⁹⁾、抑制効果の機序としてシナプス前抑制の関与が推察される²⁰⁾。

右 RSCAE による神経生理学的後効果は抑制であった。先行研究において、RSCAE の臨床的效果として脳卒中後片麻痺患者における歩行速度の短縮が報告されており、歩行の遊脚相における骨盤前方回旋運動の改善により前方推進機能が増加し、歩幅が増大したと推察されている⁴⁾。今回、RSCAE により同側のヒラメ筋 H 反射が経時的に抑制傾向となったことから、脳卒中後片麻痺患者のヒラメ筋のリラクゼーション効果により足関節背屈運動が可能となり、歩行速度の増加につながった可能性が推察される。

本研究では負荷量を一定にするために持続牽引により抵抗を加えたが、臨床的には徒手で行うため、今回の結果とは異なる可能性がある。今後、徒手による刺激の再現性を確認し、検証を行う必要がある。また、抵抗運動の課題によって発散現象が異なることが示唆されているため²¹⁾、抵抗運動方法や負荷量を変えた更なる検証が必要である。

引用文献

- 1) 新井光男. モビライゼーション PNF. p10-41. メディカルプレス. 東京. 2009. 新井光男, 清水一, 柳澤健, 他: 骨盤抵抗運動による総指伸筋長脊髄反射の潜時に及ぼす影響 - ケース・スタディー -. PNF リサーチ, 3: 52-59, 2003.
- 2) Arai M, Shiratani T: The remote after-effects of a resistive static contraction of the pelvic depressors on the improvement of active hand-behind-back range of motion in patients with symptomatic rotator cuff tears. Biomed Res 23 (3): 415-419, 2012.
- 3) 新井光男, 清水一, 柳澤健, 他: 骨盤抵抗運動による総指伸筋長脊髄反射の潜時に及ぼす影響 - ケース・スタディー -. PNF リサーチ, 3: 52-59, 2003.
- 4) 柳澤真純, 白谷智子, 新井光男, 他: 脳卒中後片麻痺患者に対する骨盤抵抗運動パターンの中間域での抵抗運動方向が歩行時間に及ぼす効果の差異. PNF リサーチ, 11: 9-14, 2011.
- 5) 住田哲昭, 住田ちひろ, 原田恭宏: 下部体幹筋群の抵抗運動が整形外科疾患患者の股関節伸展自動関節可動域に及ぼす効果の検証. PNF リサーチ, 15: 33-38, 2015.
- 6) Pink M.: Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. Phys Ther 61: 1158-1162, 1981.
- 7) Hellebrandt FA, Parrish AM, Houtz SJ.: Cross education The influence of unilateral exercise on the contralateral limb. Arch. Phys. Med, 28: 76-85, 1947.
- 8) Rothwell JC.: Control of human voluntary movement second edition. 2: 218-251, Chapman & hall, London, 1994.
- 9) Kanouchi T, Yokota T, Isa F, et al.: Role of the ipsilateral motor cortex in mirror movements. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 62: 629-632, 1997.
- 10) Weir JP, Housh DJ, Housh TJ, et al.: The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity. J Orthop Sports Phys Ther 25: 264-270, 1997.
- 11) 稲田剛久, 船越浩志, 東登志夫, 他.: 足関節底屈・背屈による対側ヒラメ筋運動ニューロン興奮性への促通効果. 理学療法学, 29: 123-127, 2002.
- 12) Tucker KJ, Tuncer M, Türker KS, et al.: A review of the H-reflex and M-wave in the human Triceps surae. Human Movement Science 24: 667-688, 2005.
- 13) 石津希代子: 利きの発達と左右差. 日本大学大学院総合社会情報研究科紀用, 12: 157-161, 2011.
- 14) Shiratani T, Arai M, Kuruma H, et al.: Neurophysiological remote rebound effects of a resistive static contraction using a proprioceptive neuromuscular facilitation pattern in the mid-range of pelvic motion of posterior depression on the soleus H-reflex. PNF リサーチ, 15: 24-32, 2015.
- 15) Knikou M.: The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls. Journal of Neuroscience Methods 171: 1-12, 2008.
- 16) Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, et al.: Studies with pain rating scales. Ann Rheum Dis 37:378-381, 1978.
- 17) Gellhorn E.: Proprioception and the motor cortex. Brain 72: 35-62, 1949.
- 18) Matthews PBC: The human stretch reflex and the motor cortex. Trends Neuosoci 14: 87-90, 1991.

- 19) Panzer S, Schinowski D, Kohle D.: Cross-education and contralateral irradiation. *Journal of Human Kinetics* 27: 66-79, 2011.
- 20) Moore MA, Kukulka CG.: Depression of hoffmann reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. *Phys Ther* 71: 321-333, 1991.
- 21) Arai M, Shimizu H, Shimizu ME, et al: Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and setting of the length of the affected muscles, *Hiroshima J. Med. Sci*, 50: 65-73, 2001.
-

Abstract:

When direct approach is difficult to use for improving the active and passive range of motion of severely restricted joints because of agonist muscle pain or weakness, indirect approaches can be useful in clinical practice. Indirect approaches often use a resistive static contraction of the pelvic anterior elevators (RSCAE) as descending effects or a contralateral resistive static contraction (CRSC) as Cross-education. The purpose of this study was compare the neurophysiological remote effect and after-effects of right RSCAE and CRSC with different degrees of load on the unexercised soleus H-reflex. Ordering effects were controlled for by randomizing the order of the resistive static contraction (RSCAE and CRSC) with different degrees of load [light (10%) or heavy (30%)] for each of the 16 normal subjects. The right soleus H-reflex was measured at rest (condition-BE) , during resistive static contraction phase (condition-DE) , and rest phase after resistive static contraction (condition-AE) . Each H-reflex amplitude was normalized to the corresponding maximum M-waves (Mmax) and H-reflexes, which was expressed as the ratio of H/Mmax. The results of four-way analysis of variance showed significant interaction between the resistive static contraction and the H/Mmax time course. Post-hoc analysis revealed that CRSC in condition-DE showed significantly greater effects on H-reflex than RSCAE in condition-DE. However, inhibitory effects occurred as remote after-effects in condition-AE compared to those in both CRSC and RSCAE in condition-BE. These results indicated that CRSC induced contralateral effects act as Cross-education on the soleus H-reflex, which initially caused a reflexive facilitation during CRSC followed by a gradual inhibition after CRSC.

Key words:

soleus H-reflex, degrees of load, resistive exercise, cross-education, descending remote effects