

日本PNF学会会誌
PNF Research

Vol.21 No.1 2022

目次

- | | | | |
|---|--|----------|----|
| 1 | 肩甲骨の抵抗運動が対側ヒラメ筋 H 波に及ぼす経時的影響 ～運動方向の差異による検討～ | 沼尾 夏葵 他 | 1 |
| 2 | 健常者に対する骨盤運動の中間位での静止性収縮が同側の膝関節伸筋群と膝関節屈筋群の筋力に及ぼす影響 | 保原 塁 他 | 8 |
| 3 | 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動の部位の相違が歩行速度に及ぼす経時的遠隔効果 ～シングルケーススタディによる検証～ | 白谷 智子 他 | 13 |
| 4 | 下部体幹筋群への静止性収縮手技が足関節背屈筋群の筋力に及ぼす経時的効果 ～人工膝単顆置換術後～ | 村崎 由希子 他 | 17 |

原著
Original肩甲骨の抵抗運動が対側ヒラメ筋 H 波に及ぼす経時的影響
～運動方向の差異による検討～The effects of opposite directional resistive static contraction of the muscles of
around the scapulae on the unexercised contralateral soleus H-reflex沼尾 夏葵¹⁾
Natsuki Numao
新井 光男³⁾
Mitsuo Arai保原 塁²⁾
Rui Hobara白谷 智子²⁾
Tomoko Shiratani

- 1) 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
- 2) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 3) カラダコンディショニングスタジオ i-Potential Ginza
KARADA conditioning studio i-Potential Ginza

要旨

右肩甲骨の抵抗運動方向の差異が対側下肢に及ぼす神経生理学的遠隔効果・後効果を、左ヒラメ筋 H 波を指標として検証した。右利き健常成人 12 名を対象に、3 種類の課題（前方挙上の抵抗運動による静止性収縮と運動後安静（SCAE 課題）・後方下制の抵抗運動による静止性収縮と運動後安静（SCPD 課題）・安静課題）を無作為に各被験者に実施した。左ヒラメ筋 H 波を課題前安静 20 秒・課題時 190 秒の計 210 秒間誘発し、10 秒ごとに相分けした。H/Mmax を指標とした多重比較検定の結果、SCPD 課題・安静課題と比較して SCAE 課題において有意に抑制した。また、安静課題と比較して SCPD 課題において有意な促進を示した。時間要因に有意な主効果は認められなかったが、SCAE 後の神経生理学的遠隔後効果として抑制傾向を示すことから、遠隔の特定の方向への抵抗運動による静止性収縮によりリラクセーション効果が得られる可能性が示唆された。

キーワード

ヒラメ筋 H 波, 遠隔後効果, 肩甲骨, 運動方向, PNF

はじめに

臨床現場において、筋力低下により十分な筋収縮が得られない場合、健常な部位の抵抗運動によりアプローチを行う間接的アプローチがある。間接的アプローチの例として、神経生理学的には下行性の遠隔効果¹⁻⁸⁾が報告されており、その有効性が検証されている。下行性の遠隔効果とは、目的とする筋よりも頭側の筋の抵抗運動により得られる遠隔効果である。下行性の遠隔効果の一つであるジェンドラシク法は、上肢の随意収縮による下肢の腱反射増強法であるが、先行研

究では手関節伸筋群の選択的な随意収縮により、遠隔のヒラメ筋の運動ニューロンの促進と反射の亢進を認めたと報告されている^{1,2)}。また、上肢の神経への電気刺激による下肢筋群の筋電図値の増大³⁾やヒラメ筋 H 波の促進⁴⁾が報告されている。

下行性の遠隔効果を応用した例として、固有受容性神経筋促進法（Proprioceptive Neuromuscular Facilitation：以下、PNF）による方法がある。脳卒中後片麻痺患者を対象とし

た肩甲骨への抵抗運動による下肢への下行性の遠隔効果として、肩甲骨前方挙上とその拮抗パターンである後方下制の中間域での静止性収縮後に、足関節底・背屈の関節可動域 (range of motion: 以下, ROM) が改善したという報告や^{5,6)}、肩甲骨後方下制により足関節の自動運動速度の向上⁷⁾を認めたという報告がある。

運動方向が拮抗する抵抗運動により遠隔効果に差異が生じることも報告されている。PNFの拮抗する肩甲骨の抵抗運動(前方挙上・後方下制の中間域での静止性収縮)による下行性の遠隔効果の神経生理学機序として、抵抗運動時に同側ヒラメ筋H波振幅値比が増大し、前方挙上では抵抗運動後3分において促進傾向を示したと報告されている⁸⁾。しかし、対側への影響は明らかではない。

拮抗する抵抗運動が及ぼす両側への下行性の遠隔効果として、上肢PNFパターン(負荷量:最大筋力(Maximum voluntary contraction: 以下, MVC)の50%)の運動方向の違いが両側ヒラメ筋H波(最大M波(Mmax)により基準化したH/Mmaxを指標)に及ぼす影響が検証されており、運動肢と同側のヒラメ筋H波に及ぼす影響は運動方向に依存するが、対側ヒラメ筋H波は運動方向に依存しないと報告されている^{9,10)}。さらに、上肢PNFパターン(屈曲・内転・外旋)の運動により、同側・対側ヒラメ筋の経時的なリラクゼーション効果を認めることが示唆されている^{9,10)}。

このように、遠隔部位の抵抗運動がヒラメ筋H波に及ぼす効果は抵抗運動の方向に依存し、同側肢と対側肢に及ぼす影響が異なる可能性がある。臨床的にも下行性の遠隔効果を応用して健側肩甲骨の抵抗運動による患側下肢の促進を行うが、肩甲骨の運動方向の違いが対側ヒラメ筋H波に及ぼす差異は明らかとなっていない。本研究の目的は、健常者を対象に右肩甲骨の抵抗運動の方向の差異により、対側の遠隔部位における神経生理学的遠隔効果・後効果を対側ヒラメ筋H/Mmaxを指標として検証することである。

なお、本研究は首都大学東京大学院の修士学位論文として申請した内容である。

対象と方法

1. 対象

対象は整形外科的・神経学的既往のない利き手と利き脚が右の健康成人19名で、利き手はエディンバラ利き手テスト¹¹⁾にて右利きであることを確認した。利き脚はボールを蹴る脚¹²⁾が右側であることを確認した。被験者19名中、実験を通して小さなM波が誘発できなかった4名・最大M波を痛みのため誘発できなかった2名・H波を誘発できなかった1名を除外し、最終的な被験者は12名(男性6名、女性6名)となった。平均年齢±標準偏差は23.7±3.4歳であった。

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17013)を得た上で、全ての被験者に実験の趣旨を説明し、参加することの同意を得て実施した。

2. 測定方法・使用機器

1) 課題

姿勢は左側臥位で、肩関節中間位・肘関節90°屈曲位とし、脊柱が屈曲・伸展中間位となるよう股関節・膝関節を屈曲させ、枕を置いて調節した。以下の3つの課題を、乱数表を用いて無作為に実施した。

1 右肩甲骨前方挙上の抵抗運動による10秒間の静止性収縮(Static Contraction of Anterior Elevation: 以下, SCAE)と抵抗運動後の安静180秒間: SCAE課題(図1-A)

右肩峰に錘付きの滑り止めの付いたロープをかけ、後方下制方向に牽引して、10秒間の静止性収縮を実施した。負荷量は50%MVCとした。

2 右肩甲骨後方下制の抵抗運動による10秒間の静止性収縮(Static Contraction of Posterior Depression: 以下, SCPD)と抵抗運動後の安静180秒間: SCPD課題(図1-B)

右肘部に錘付きの滑り止めの付いたロープをかけ、前方挙上方向に牽引して10秒間の静止性収縮を実施した。負荷量は50%MVCとした。

3 左側臥位安静保持(以下、安静課題)

左側臥位を190秒間保持させた。

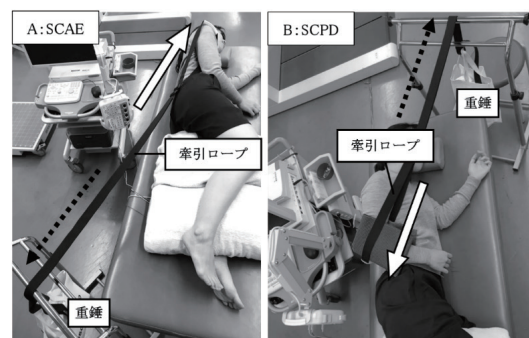


図1. 実験風景

図A: SCAE (前方挙上の静止性収縮)

図B: SCPD (後方下制の静止性収縮)

白線矢印: 運動方向, 点線矢印: 牽引方向

2) 最大筋力の測定と負荷量の決定

徒手筋力計(酒井医療株式会社製, モービィ)を用いて、各課題のMVCを3回測定し最大値を採用した。測定肢位は各課題の姿勢と同様にし、測定の順番は乱数表を用いて無作為に実施した。各抵抗運動のMVCに50%を乗じて、100g未満を四捨五入した値を負荷量とした。

3) 左ヒラメ筋H波・M波の誘発と記録

誘発電位・筋電図検査装置(日本光電社製, NeuropackX1 MED-2312)を用いて、M波を伴うH波を導出した。導出用電極を貼付する部分を剃毛し、皮膚処理用ジェル(日本光電社製, スキンピュア)で皮膚処理しアルコール綿で清拭後、インピーダンスが1kΩ以下であることを確認した。記録電極を左ヒラメ筋筋腹上、基準電極を左外果に貼付し、左膝窩

より脛骨神経を電気刺激した（刺激時間 1msec の矩形波，刺激頻度 1Hz）。

最初に最大 M 波を決定し，刺激強度はわずかに M 波が観察できる強度¹³⁾とし，実験中は M 波の定常性を確保するよう調整した。測定時間は，課題前安静 20 秒間・課題時 190 秒間（SCAE 課題・SCPD 課題では抵抗運動時 10 秒間と運動後 180 秒間）の計 210 秒間とした。各課題間で休憩を取り，H 波振幅値が安静時の振幅値に戻ったことを確認し，次の課題を開始した。

4) 抵抗運動による静止性収縮の主観的運動強度

11 段階の数値評価スケール（Numerical Rating Scale：以下 NRS）を用いて，各運動課題（SCAE 課題・SCPD 課題）終了直後に主観的運動強度を評価した。基準は，MVC 測定直後に聴取した「最も運動強度が大きかった抵抗運動による静止性収縮」を NRS の 10 とし，「全く努力を必要としない状態」を NRS の 0 とした。

3. 実験手順

- 1) 3 課題（SCAE 課題・SCPD 課題・安静課題）の施行順を，乱数表を使用して無作為に決定した。
- 2) 課題を被験者に説明し，練習を行った。
- 3) 2 種類の抵抗運動（SCAE・SCPD）の MVC を測定し，負荷量を決定した。
- 4) 主観的運動強度の基準を決定するために，2 種類の抵抗運動の MVC 測定直後に最も運動強度が大きかった課題を聴取し，主観的運動強度の NRS の 10 とした。
- 5) 1 番目の課題施行前に，左ヒラメ筋の最大 M 波を誘発・記録した。
- 6) 左ヒラメ筋の H 波・M 波を，課題前安静 20 秒間・課題時 190 秒間（SCAE 課題・SCPD 課題では抵抗運動時 10 秒間と抵抗運動後 180 秒間）の計 210 秒間誘発・記録した。
- 7) SCAE 課題もしくは SCPD 課題の場合，抵抗運動時の主観的運動強度を NRS で聴取した。
- 8) H 波が安静時の振幅値に戻ったことを確認して次の課題を開始した。

4. 左ヒラメ筋 H 波・M 波の解析方法

得られた波形を 10 秒毎に相分けし，各相の 10 本の波形を加算平均した。振幅値は頂点間振幅（peak-to-peak）で計測し，H 波振幅値を最大 M 波振幅値で除して基準化し指標とした（H/Mmax）。各相は，課題前安静 1～10 秒・11～20 秒，課題時 190 秒間を 10 秒毎に C1～C19（SCAE 課題・SCPD 課題：抵抗運動時 10 秒間を C1，抵抗運動後 180 秒間を C2～C19）とした。

5. 統計解析方法

統計解析には SPSS Statistics version 23（IBM 社製）を用い，有意水準は 5% とした。

1) 課題前安静における H/Mmax の差異の検証

課題前安静における H/Mmax の差異を検証するために，H/Mmax を指標とし，課題（SCAE 課題・SCPD 課題・安静課題）・時間（1～10 秒・11～20 秒）・個人を要因とした三元配置分散分析を行った。また，課題前安静（1～10 秒・11～20 秒）に得た H/Mmax の級内相関係数（Intraclass correlation coefficients：以下，ICC）を求めた。

2) 課題・時間・個人の要因における抵抗運動時・運動後の H/Mmax の差の検証

抵抗運動時・運動後における H/Mmax の差異を検証するために，課題・時間（C1～C19）・個人を要因とし，H/Mmax を指標とした三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。

3) 抵抗運動時の主観的運動強度と H/Mmax の関係

各運動課題（SCAE 課題・SCPD 課題）における抵抗運動時（C1）の主観的運動強度と H/Mmax の相関を検証するために，Spearman の順位相関係数を求めた。

また，各運動課題（SCAE 課題・SCPD 課題）の主観的運動強度の差を検証するために，Wilcoxon の符号付順位和検定を行った。

4) 各課題における H/Mmax の変化率

各課題の経時的な H/Mmax の変化を検証するために，各相（C1～C19）における H/Mmax の変化率を次式により算出した。

$$\text{変化率 (\%)} = (\text{各課題における各相の H/Mmax} - \text{課題前安静時の H/Mmax}) / (\text{課題前安静時の H/Mmax}) \times 100$$

結果

1. 各課題前安静における H/Mmax の差異の検証

各課題前安静の H/Mmax を指標とし，課題・時間・個人を要因とした三元配置分散分析を行った結果，課題（F 2,55 = 1.78, p = 0.18）・時間（F 1,55 = 0.04, p = 0.84）・個人（F 11,55 = 106.21, p = 0.00）で，課題間に有意差は認められなかった。また，各課題前安静の H/Mmax の ICC（1,2）は，0.99（p=0.00）と高い信頼性を認めた。

2. 課題・時間・個人の要因が H/Mmax に及ぼす影響

H/Mmax を指標とし，課題・時間・個人を要因とした三元配置分散分析の結果，課題（F 2,616=31.55, p=0.00）・個人（F 11,616=679.54, p=0.00）に有意な主効果を認め，交互作用は認められなかった。時間の要因に有意な主効果はな

く、H/Mmaxの経時変化は認められなかった。多重比較検定 (Bonferroni 法) の結果、SCPD 課題・安静課題と比較し SCAE 課題において H/Mmax が有意に減少し (p=0.00)、安静課題と比較して SCPD 課題において H/Mmax の有意な増大を認めた (p=0.02) (図 2)。

3. 抵抗運動時 (C1) の主観的運動強度と H/Mmax の関係

各運動課題 (SCAE 課題・SCPD 課題) における抵抗運動時 (C1) の主観的運動強度と H/Mmax について Spearman の順位相関係数を求めた結果、 $\rho = -0.23$ (p=0.27) であり、有意な相関は認められなかった。また、各運動課題間の NRS の差について Wilcoxon の符号付順位検定を行った結果、有意な差は認められなかった (p=0.62)。

4. 各課題における H/Mmax の変化率 (表 1)

課題前安静の H/Mmax を基準とした各相の H/Mmax の変化率を表 1 に示した。抵抗運動時 (C1) は SCAE 課題・SCPD 課題ともに促通し、抵抗運動直後 (C2) に抑制した。また、経時変化として、SCAE 課題においては抵抗運動後 (C3 ~ C19) の平均値 (標準偏差) は -10.78 (29.48) で抑制傾向を示した。SCPD 課題においては、課題前安静と比較して抵抗運動後 (C2 ~ C19) の平均値は 6.39 (38.85) で促通傾向を示した。

表 1. 各課題における H/Mmax の変化率

時間	SCAE	SCPD	安静
C1	24.54	26.12	-1.77
C2	0.89	6.70	-4.23
C3	-8.18	6.04	-0.10
C4	-8.70	10.41	4.30
C5	-7.92	7.90	8.15
C6	-6.77	5.71	9.25
C7	-10.55	11.60	8.36
C8	-5.78	10.79	9.99
C9	-5.61	14.16	8.52
C10	-9.03	13.54	9.18
C11	-7.81	13.33	15.52
C12	-7.71	11.05	14.43
C13	-4.95	14.48	11.13
C14	-8.09	16.05	4.08
C15	-9.34	12.40	9.04
C16	-11.97	19.23	5.51
C17	-10.92	13.79	-0.08
C18	-12.50	14.26	4.72
C19	-7.10	18.74	5.91

$$\text{変化率 (\%)} = (\text{各相の H/Mmax} - \text{課題前安静時の H/Mmax}) / (\text{課題前安静時の H/Mmax}) \times 100$$

C1: 抵抗運動時 1 ~ 10 秒間, C2 ~ 19: 抵抗運動後安静時 1 ~ 180 秒間 (10 秒毎に相分け)

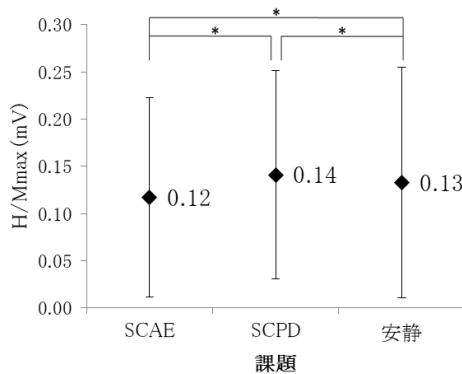


図 2. 各課題における H/Mmax の比較 (mV)

Bonferroni 法による多重比較検定の帰過、有意差のあるものを*で示した (*: p < 0.05)。

- H/Mmax: H 波振幅値 / 最大 M 波振幅値
- SCAE: 前方拳上の抵抗運動による静止性収縮
- SCPD: 後方下制の抵抗運動による静止性収縮
- 安静: 左側臥位保持

考察

本研究の目的は、健常者における拮抗する肩甲骨の抵抗運動による対側ヒラメ筋への神経生理学的遠隔効果・後効果の差異を検証することであった。結果より、抵抗運動時は同側ヒラメ筋への影響⁸⁾と同様に SCAE・SCPD ともに H/Mmax が促通し、抵抗運動後においては、SCAE では抑制効果・SCPD では促通効果が認められた。H/Mmax は、運動発現に関与する下位運動中枢とそれを制御する上位中枢の影響により変化するとされている^{13,14)}。したがって、肩甲骨の抵抗運動により下位運動中枢や上位中枢のいずれかの部位の興奮性に変化が生じ、下行性の遠隔後効果として対側の遠隔部位 (ヒラメ筋) の神経生理学的効果に差異が生じた可能性が示唆された。

1. 抵抗運動による神経生理学的遠隔効果・後効果とアプローチ方法の差異による影響

肩甲骨の抵抗運動による経時的な効果について有意差は認められなかったものの、安静課題と比較して、SCAE 課題では抑制傾向であることから、直接的アプローチの一つであるホールド・リラックス手技 (Hold relax: 以下、HR) と同様の効果が得られる可能性が示唆された。下肢に対して行うアプローチ方法として、HR 等を用いる直接的アプローチと、今回の研究と同様に、健常な遠隔部位の抵抗運動により患側肢へアプローチを行う間接的アプローチがある。HR とは、PNF 運動パターンを用い、リラクゼーションさせたい筋 (拮抗筋) を伸張し、拮抗筋を 2 ~ 3 秒間最大静止性収縮させ、その後の弛緩後に主動筋の自動運動を行わせる手技で

ある¹⁵⁾。HRの神経生理学的効果・後効果は抵抗運動時に促進し、抵抗運動後に抑制が生じるとされ^{16,17)}、先行研究では、下腿三頭筋の求心性収縮後に抵抗運動前と比較してヒラメ筋H波の抑制が10～60秒間持続したという報告や^{16,18)}、足関節底屈筋群の10%MVCでの随意収縮直後はH/Mmaxが有意に低下しその後の後効果として1分後にはベースラインに戻った¹⁹⁾と報告されている。また、その機序として、Ib抑制により拮抗筋の脊髄レベルの興奮性が抑制していると推察されている^{20,21)}。Ib抑制はHRのような最大静止性収縮よりも弱い負荷量の抵抗運動でも認められ²²⁾、さらに、交連介在ニューロンがIb群線維の介在ニューロンの興奮性を減弱することにより、運動ニューロンの興奮性を抑制することが示唆されている²³⁾。本研究では、SCAEにおいてH/Mmaxに緩徐な抑制傾向を認めていることから、HRより弱い負荷量のSCAEにおいても遠隔部位である対側ヒラメ筋にリラクセーション効果が生じ、対側足関節背屈自動ROMが増大すると考えられる。また、SCAE後の神経生理学的遠隔後効果として、SCAE実施後180秒(C19)でもベースラインに戻らずに抑制傾向が継続している。抵抗運動後の後発射が終了するには15秒間は必要とされており²⁴⁾、さらに遠隔部位への後効果は潜在時間が長くなると考えられることから、抑制性の効果が持続した可能性があり、HR等の直接的アプローチと同等またはそれ以上のリラクセーション効果として抵抗運動後60秒後以降も抑制が持続する可能性が示唆された。今回の研究では直接的アプローチとの比較を行っていないため、今後検証していく必要がある。

一方、今回の研究では安静課題においても経時的にH/Mmaxに変化が認められている。運動刺激がない状態ではH波に経時的な変化はなく再現性があるが、特殊な抵抗運動後のH波は経時的に変化することが示唆されている²⁵⁾。H波が安静時の振幅値に戻ったことを確認して次の課題を開始したが、安静時のH波の振幅値に一時的に戻っても、安静課題はSCPD後やSCAE後の経時的な影響で促進や抑制が経時的に生じたことが推察される。

2. 神経生理学的遠隔効果・後効果に関する機序の仮説と運動方向による差異

今回の研究では、両手技(SCAE・SCPD)ともに抵抗運動時は発散効果^{1,2)}に伴うH/Mmaxの促進傾向を認め、抵抗運動後の神経生理学的遠隔後効果では手技間に差異が生じ、SCAEの抑制効果が顕著であった。主観的運動強度と抵抗運動時のH波に有意な相関が認められないことから、抵抗強度ではなく肩甲骨の運動方向の差異により対側下肢の脊髄レベルの興奮性にも差異が生じている可能性が考えられる。

まずは、神経生理学的機序として上行性(求心路)の影響を推察する。先行研究では、抵抗運動により遠隔部位の皮質脊髄興奮性の促進をもたらすことが多く報告されており²⁶⁻³²⁾、この促進効果は近位から遠位、遠位から近位の両方向に起こるとされている。抵抗運動による体性感覚入力は運動遂行のためのフィードバックを提供するとされ、体性感覚刺激は脊髄または延髄で交叉し体性感覚野に伝達される。固有受容感覚が及ぼす神経生理学的効果として、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研究により、固有受容感覚系の刺激が皮質刺激による運動時に促進効果を与えることが示唆されている³³⁾。固有受容性の感覚は脊髄小脳路により上行し、その後小脳からの伝達は一次運動野だけでなく、前頭前皮質や頭頂葉皮質および側頭皮質に投射し、相互関係を通じて行為の多面的な様相を制御しているといわれている³⁴⁾。

また、体性感覚野と一次運動野にも連絡があり、サル大脳皮質において、体性感覚野と一次運動野の間の情報の流れが、運動のフィードバック制御などの筋収縮調節の重要な要素になっている可能性が示唆されている³⁵⁾。顔面や体幹領域など身体の正中部には脳梁結合が多く存在し両側が統合されていることから³⁶⁾、体性感覚野への刺激が一次運動野から脳梁を介して対側に抑制性の影響を及ぼす可能性がある³⁷⁻³⁹⁾。これらの知見から、ヒトでも同様に、固有受容感覚系の刺激が脊髄小脳路を通り上行性に情報が伝達し、脳梁を介して対側の体性感覚野にも伝わることで、一次運動野からの筋の興奮状態の制御に影響していることが推察される。さらに、一側肢の運動時に一次運動野以外にも神経活動が生じる脳のエリア(運動前野、補足運動野、後頭頂葉、小脳)があることや^{40,41)}、高次中枢の共通入力経路の一つとして、背側運動前野から両側一次運動野への抑制性入力があることが多く報告されており⁴²⁻⁴⁶⁾、対側下肢の脊髄興奮性に関与している可能性がある。

次に、神経生理学的機序として下行性(遠心路)の影響を推察する。ヒトが随意的に筋収縮を行う場合、まず一次運動野の神経細胞が興奮し、その興奮が皮質脊髄路を經由して脊髄に伝わる。皮質脊髄路の75～90%は外側皮質脊髄路で延髄の錐体を經由する際に交叉して対側の脊髄を下行し、5～15%は前皮質脊髄路として交叉せずに下行する⁴⁷⁾。この交叉しない前皮質脊髄路によって対側下肢に影響を与えたことが考えられる。

上記のように、下肢の自発的な制御を行う神経活動が皮質運動回路において互いに作用し、皮質脊髄興奮性に影響を及ぼすことが示唆されており、SCAEにおいて対側ヒラメ筋H/Mmaxに緩徐な抑制傾向を認めたのは、これらの上位中枢からの抑制性の制御が関与した可能性が推察される。

今回の研究では、肩甲骨の抵抗運動が対側ヒラメ筋に及ぼす影響として、脊髄レベルの興奮性を検証することができた。その機序は明らかでないが、肩甲骨の抵抗運動方向の差異により上位中枢の制御にも差異が生じ、神経生理学的遠隔効果・後効果に影響を及ぼす可能性が示唆された。

引用文献

- 1) Delwaide PJ, Toulouse P: Jendrassik maneuver vs controlled contractions conditioning the excitability of soleus monosynaptic reflexes. *Arch Phys Med Rehabil* 61: 505-10, 1980.
- 2) Delwaide PJ, Toulouse P: Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscles in remote parts of the body. *Brain* 104: 704-719, 1981.
- 3) Zehr EP, Collins DF, Chua R: Human interlimb reflexes evoked by electrical stimulation of cutaneous nerves innervating the hand and foot. *Exp Brain Res* 140: 495-504, 2001.
- 4) Kagamihara Y, Hayashi A, Masakado Y, et al.: Long-loop reflex from arm afferents to remote muscles in normal man. *Exp Brain Res* 151: 136-144, 2003.
- 5) 立石和子, 清水一, 新井光男, 他: 肩甲骨の抵抗運動が足関節の関節可動域におよぼす影響. *PNF リサーチ* 3 (1): 43-47, 2003.
- 6) 崎野祐吾, 白谷智子, 植田良, 他: 肩甲骨への抵抗運動による静止性収縮促進手技が足関節背屈自動関節可動域に及ぼす効果. 第18回日本PNF学会抄録集, 2017.
- 7) 金本まゆみ, 清水一, 新井光男, 他: 肩甲骨の抵抗運動が同側足関節の自動運動速度に及ぼす影響. *PNF リサーチ* 3 (1): 48-51, 2003.
- 8) 田中良美, 清水千穂, 久和田敬介, 他: 一側肩甲骨に対する抵抗運動が同側ヒラメ筋 H 波に及ぼす影響. *PNF リサーチ* 15 (1): 46-53, 2015.
- 9) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他: 異なる上肢 PNF パターンが対側ヒラメ筋 H 波に及ぼす影響. *理学療法学* 43 (2) 第51回日本理学療法学会学術大会抄録集, 2016.
- 10) Shiratani T, Arai M, Kuruma H, et al.: The effects of opposite-directional static contraction of the muscles of the right upper extremity on the ipsilateral right soleus H-reflex. *J Bodyw Mov Ther* 8: 528-533, 2017.
- 11) Oldfield RC: The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia* 9: 97-113, 1971.
- 12) 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要* 12: 157-161, 2011.
- 13) Knikou M: The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls. *Journal of Neuroscience Methods* 171: 1-12, 2008.
- 14) 島村宗男: 運動の解析—基礎と臨床応用—, 249-250, 医歯薬出版, 東京, 1980.
- 15) Voss DE, Ionta MK, Myers BJ: Proprioceptive neuromuscular facilitation; Patterns and techniques, Third ed.: 291-311, Harper & Row, New York, 1985.
- 16) Crone C, Nielsen J: Methodological implications of the post activation depression of the soleus H-reflex in man. *Exp Brain Res* 78 (1): 28-32, 1989.
- 17) Moore MA, Kukulka CG: Depression of Hoffmann reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. *Phys Ther* 71 (4): 321-329, 1991.
- 18) Trimble MH, Harp SS: Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Med Sci Sports Exerc* 30 (6): 933-941, 1998.
- 19) Xenofondos A, Patikas D, Koceja DM, et al.: Post-activation potentiation: The neural effects of post-activation depression. *Muscle Nerve* 52 (2): 252-259, 2015.
- 20) Tanigawa MC: Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther* 52: 725-735, 1972.
- 21) 武富由雄, 村木敏明: 健常者における肩関節内旋筋に対する HOLD-RELAX 手技による外旋可動域拡大の効果. *理学療法* 19 (5): 457-460, 1992.
- 22) Yanagawa S, Shindo M, Nakagawa S: Increase in Ib inhibition by antagonistic voluntary contraction in man. *Physiology* 440: 311-323, 1991.
- 23) Cabaj A, Stecina K, Jankowska E: Same spinal interneurons mediate reflex actions of group Ib and group II afferents and crossed reticulospinal actions. *J neurophysiol* 95: 3911-3922, 2006.
- 24) Till D: The uses of reflexes in the restoration of normal movement. *Physiotherapy* 55: 2-8, 1969.
- 25) 新井光男, 清水一: 肩・肘関節の肢位と負荷量の違いによる手関節自動運動改善の即時効果の比較検討. *廣大保健学ジャーナル* 4: 27-34, 2004.
- 26) Kawakita H, Kameyama O, Ogawa R, et al.: Reinforcement of motor evoked potentials by remote muscle contraction. *J Electromyogr Kinesiol* 1: 96-106, 1991.
- 27) Péréon Y, Genet R, Guihéneuc P: Facilitation of motor evoked potentials: timing of Jendrassik maneuver effects. *Muscle Nerve* 18: 1427-1432, 1995.
- 28) Hortobágyi T, Taylor JL, Petersen NT, et al.: Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. *J Neurophysiol* 90: 2451-2459, 2003.
- 29) Tazoe T, Sakamoto M, Nakajima T, et al.: Effect of remote muscle contraction on transcranial magnetic stimulation-induced motor evoked potentials and silent periods in humans. *Clin Neurophysiol* 118: 1204-1212, 2007.
- 30) Tazoe T, Sakamoto M, Nakajima T, et al.: Remote facilitation on supraspinal motor excitability is dependent on the level of effort. *Eur J Neurosci* 30: 1297-1305, 2009.
- 31) Chiou SY, Wang RY, Liao KK, et al.: Homologous muscle contraction during unilateral movement does not show a dominant effect on leg representation of the ipsilateral primary motor cortex. *PLoS One* 8: e72231, 2013.
- 32) Chiou SY, Wang RY, Liao KK, et al.: Co-activation of primary motor cortex ipsilateral to muscle contracting in a unilateral motor task. *Clin Neurophysiol* 124: 1353-1363, 2013.
- 33) Gellhorn E: Proprioception and the motor cortex. *Brain* 72: 35-62, 1949.
- 34) Bostan AC, Strick PL: The cerebellum and basal ganglia are interconnected. *Neuropsychol* 20: 261-270, 2010.
- 35) Tsujimoto T, Mima T, Shimazu H, et al.: Directional orga

- nization of sensorimotor oscillatory activity related to the electromyogram in the monkey. *Clinical Neurophysiology* 120: 1168-1173, 2009.
- 36) Iwamura Y, Iriki A, Tanaka M: Bilateral hand representation in the postcentral somatosensory cortex. *Nature* 369: 554-556, 1994.
- 37) Veldman MP, Maffiuletti NA, Hallett M, et al.: Direct and crossed effects of somatosensory stimulation on neuronal excitability and motor performance in humans. *Neurosci Biobehav Rev* 47: 22-35, 2014.
- 38) Ferbert A, Priori A, Rothwell JC, et al.: Interhemispheric inhibition of the human motor cortex. *J Physiol* 453: 525-546, 1992.
- 39) Daskalakis ZJ, Christensen BK, Fitzgerald PB, et al.: The mechanisms of interhemispheric inhibition in the human motor cortex. *J Physiol* 543: 317-326, 2002.
- 40) Rijntjes M, Dettmers C, Büchel C, et al.: A blueprint for movement: functional and anatomical representations in the human motor system. *J Neurosci* 19: 8043-8048, 1999.
- 41) Ehrsson HH, Naito E, Geyer S, et al.: Simultaneous movements of upper and lower limbs are coordinated by motor representations that are shared by both limbs: a PET study. *Eur J Neurosci* 12: 3385-3398, 2000.
- 42) Gerschlag W, Siebner HR, Rothwell JC: Decreased corticospinal excitability after subthreshold 1 Hz rTMS over lateral premotor cortex. *Neurology* 57: 449-455, 2001.
- 43) Munchau A, Bloem BR, Irlbacher K, et al.: Functional connectivity of human premotor and motor cortex explored with repetitive transcranial magnetic stimulation. *J Neurosci* 22: 554-561, 2002.
- 44) Mochizuki H, Huang YZ, Rothwell JC: Interhemispheric interaction between human dorsal premotor and contralateral primary motor cortex. *J Physiol* 561: 331-338, 2004.
- 45) Baumer T, Bock F, Koch G, et al.: Magnetic stimulation of human premotor or motor cortex produces interhemispheric facilitation through distinct pathways. *J Physiol* 572: 857-868, 2006.
- 46) Koch G, Franca M, Del Olmo MF, et al.: Time course of functional connectivity between dorsal premotor and contralateral motor cortex during movement selection. *J Neurosci* 26: 7452-7459, 2006.
- 47) Sung Ho Jang: The corticospinal tract from the viewpoint of brain rehabilitation. *J Rehabil Med* 46 (3) : 193-199, 2014.

Abstract:

An indirect approach can be useful in clinical practice when it is difficult to use a direct approach without enough muscle contraction due to muscle weakness.

The purpose of this study was to compare the neurophysiological remote effects and after-effects of the resistive static contraction of the muscles of around the scapulae, considering the resistant direction.

The participants included 12 normal subjects with a mean (SD) age of 23.7 (3.4) years. A 10-s SC of the muscles around the scapula utilizing resistive static contraction of scapular anterior elevation (SCAE) and scapular posterior depression (SCPD) using the proprioceptive neuromuscular facilitation. The subjects were asked to maintain scapular position against the traction force, at a level of resistance that was 50% of the maximum voluntary contraction. The left soleus H-reflexes were elicited sequentially without interruption for a period of 210 s. The period of 210 s was divided into 3 conditions (condition-1 represented the rest phase, 20 s; conditions-2 represented the task phase, 10 s; and condition-3 represented the rest phase after each task, 180 s) .

For comparison, each H-reflex amplitude during and after each resistive exercise was normalized to the corresponding maximal M wave (Mmax) , as expressed by the ratio of H/Mmax. The data were obtained from a randomized block experiment with three tasks (SCAE, SCPD, resting) for each subject (individual factor) over a period of 190 s (19 conditions [time course]: condition C1 ~ C19) .

Three-way analysis of variance for the H/Mmax ratio was used with Bonferroni's post-hoc analysis revealed that the SCAE task showed significantly smaller results than both the SCPD and resting tasks, and the SCPD task showed significantly larger results than the resting task ($p < 0.05$) . SCAE may induce the neurophysiological inhibitory effects as the remote after-effects, which may induce the relaxation of the remote muscles.

Key words:

Key words: soleus H-reflex, remote after-effects, scapulae, resistant direction, PNF

原著
Original

健常者に対する骨盤運動の中間位での静止性収縮が同側の膝関節伸筋群と膝関節屈筋群の筋力に及ぼす影響

Effects of resistive static contraction of the lower trunk muscles on strength of the knee flexor and knee extensor muscles in healthy subjects

保原 塁 ¹⁾	白谷 智子 ¹⁾
Rui Hobara	Tomoko Shiratani
沼尾 夏葵 ²⁾	新井 光男 ³⁾
Numao Natsuki	Mitsuo Arai

- 1) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 2) つくば国際大学 医療保健学部
Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University
- 3) KARADA コンディショニングスタジオ i-Potential Ginza
KARADA Conditioning studio i-Potential Ginza

要旨

骨盤後方下制の中間域での抵抗運動による静止性収縮促通手技 (Sustained contraction of posterior depression; SCPD 手技) と骨盤前方挙上の中間域での抵抗運動による静止性収縮促通手技 (Sustained contraction of anterior elevation; SCAE 手技) が膝関節伸筋群と膝関節屈筋群に及ぼす影響を比較検証した。対象者は健常者 9 名 (男性 5 名, 女性 4 名, 平均年齢 (標準偏差) は 25.9 (4.7) 歳) であった。方法は, 同一被験者に SCPD 手技と SCAE 手技を無作為に実施し, 各手技による膝関節屈筋群と伸筋群の最大筋力変化率を比較検証した。二元配置分散分析の結果, 筋群要因に有意差が認められ, 膝関節伸筋群と比較して膝関節屈筋群の筋力変化率が高かった。手技要因および交互作用に有意差は認められなかったが, SCAE 手技では膝関節伸筋群は抑制傾向, 膝関節屈筋群は促通傾向であった。SCPD 手技では膝関節伸筋群・屈筋群どちらも促通傾向であり, 膝関節伸筋群と比較し膝関節屈筋群で促通傾向を示した。SCPD 手技では, 手技時に抑制を生じる可能性があるが, 随意運動後は, 膝関節伸筋群・屈筋群ともに筋力増強効果が得られる可能性が示唆された。

キーワード

SCPD 手技, SCAE 手技, 膝関節伸筋力, 膝関節屈筋力, 健常者

はじめに

痛みやギプス固定により患部へ直接アプローチが行えない場合, 患部から離れた部位にアプローチを行う間接的アプローチがある。間接的アプローチのひとつである骨盤後方下制の中間域での抵抗運動による静止性収縮促通手技 (Sustained contraction of posterior depression; SCPD 手技) は骨盤の PNF パターンの後方下制の中間域で静止性収縮を促通する手技であり¹⁾, SCPD 手技後の遠隔部位への効果 (遠

隔後効果) は先行研究でも数多く報告されている²⁻⁷⁾。臨床的な即時的効果として膝伸展自動可動域 (Active range of motion; AROM) の増大^{2,3)} や筋力の改善⁴⁾, ADL では歩行時間⁵⁾ や階段昇段能力^{6,7)} の改善などが報告されている。

一方, SCPD 手技の拮抗パターンである骨盤前方挙上の中間域での抵抗運動による静止性収縮促通手技 (Sustained contraction of anterior elevation; SCAE 手技) は骨盤の

PNF パターンの前方挙上の中間域で静止性収縮を促通する手技であり¹⁾、臨床的な即時効果として腹臥位での股関節伸展 AROM の改善⁸⁾ や脳卒中後片麻痺患者の歩行時間^{9,10)}、階段昇段能力^{6,7)} の改善などが報告されている。

SCPD 手技と SCAE 手技の効果の比較検証を行った先行研究では、股関節伸展 AROM への効果の検証のために、整形外科疾患患者に対し SCPD 手技と SCAE 手技と持続的ストレッチを実施した結果、持続的ストレッチと比較し SCPD 手技と SCAE 手技で有意に改善が認められたことが報告されている⁸⁾。ADL については、歩行時間に及ぼす効果の検証のために、脳卒中後片麻痺患者に対し SCPD 手技と SCAE 手技と歩行反復練習を実施した結果、歩行反復練習と比較し SCAE 手技で有意な歩行時間の改善が認められている⁹⁾。また、階段昇段能力について検証した先行研究では、脳卒中後片麻痺患者・整形外科疾患患者に対し SCPD 手技と SCAE 手技と階段昇段反復練習で検証した結果、階段昇段反復練習と比較し SCPD 手技と SCAE 手技で有意な改善が認められ^{6,7)}、脳卒中片麻痺患者では、SCAE 手技と比較し SCPD 手技で有意に改善したことが報告されている⁷⁾。

これらの SCPD 手技と SCAE 手技による AROM の改善や脳卒中片麻痺患者の ADL・歩行時間の改善は、神経生理学的効果の影響の関連性が推測されている。神経生理学的効果として、SCPD 手技をヒラメ筋 H 波により検証した結果、運動時と比較し運動後に抑制傾向であった報告¹¹⁾ や、運動前の安静と比較し運動後の安静で有意に抑制したことが報告されている¹²⁾。また、橈側手根屈筋 H 波により検証した結果、運動時には抑制したが、運動後には促通するリバウンド効果が得られたことが報告されている¹³⁾。SCAE 手技においては、ヒラメ筋 H 波により検証した結果、手技後の安静は経時的な抑制傾向を示したことが報告されている¹⁴⁾。骨盤の随意収縮による脊髄α運動細胞の興奮性の変化については、下行性脊髄固有反射¹⁵⁾ やリバウンド効果¹³⁾ が影響していることが推察されている。

神経学的変化による中枢の抑制や促通による運動単位の抑制・促通が筋出力の変化に及ぼす影響を検証した先行研究では、SCPD 手技が下肢筋力に及ぼす影響について、脊椎圧迫骨折患者を対象に SCPD 手技と直接的アプローチである筋力増強訓練 (Static contraction; SC 手技) が膝関節伸筋群へ及ぼす影響を検証した結果、SC 手技と比較し、SCPD 手技で筋力の改善傾向を認めたことが報告されている¹⁶⁾。また、膝関節伸筋群の拮抗筋である膝関節屈筋群への影響について脊椎圧迫骨折患者を対象に検証した結果、SC 手技と比較し SCPD 手技で有意に即時的な筋力の改善が認められたことが報告されている¹⁷⁾。SCPD 手技により膝関節筋力の改善が認められていることから、SCPD 手技の拮抗パターンである SCAE 手技においても膝関節筋群への遠隔後効果が認められ、その効果は骨盤の抵抗運動方向により異なると考えられるが明らかでない。本研究では、SCPD 手技とその拮抗パターンである SCAE 手技が膝関節屈筋群と膝関節伸筋群に及ぼす遠隔後効果を比較検証することを目的とした。また、疼痛や疲労は筋力に影響することから、各手技や測定による疼痛や疲労が筋力に影響を及ぼしていないかを検証した。

対象と方法

1. 対象

対象者は健常者 9 名 (男性 5 名, 女性 4 名, 平均年齢 (標準偏差) 25.9 (4.7) 歳) であった。対象者には利き足が右であることを確認した¹⁸⁾。除外基準は、神経疾患の既往がある者とした。なお、本研究は苑田会倫理審査委員会において承認 (承認番号: 第 129 号) を得て行い、研究同意書に署名を得たものを対象とした。

2. データ収集

1) 骨盤後下方制筋群の最大筋力値 (Maximum voluntary contraction; MVC) の測定

測定肢位は左側臥位で股関節・膝関節軽度屈曲位とし、右坐骨結節に徒手筋力計 (モービィ MT-100, 酒井医療製) を測定者が固定し骨盤後下方制筋群の MVC を測定した。約 3 秒間の MVC を 30 秒間の休憩をはさみ 2 回測定した。

2) 骨盤前方挙上筋群の MVC の測定

測定肢位は骨盤後下方制筋群の MVC 測定時と同様とし、右上前腸骨棘に徒手筋力計を測定者が固定し骨盤前方挙上筋群の MVC を測定した。約 3 秒間の MVC を 30 秒間の休憩をはさみ 2 回測定した。

3) 膝関節伸筋群の MVC の測定 (図 1)

測定肢位は端座位で股関節屈曲 75°・膝関節屈曲 90° とし、両上肢でベッドを把持し体幹を固定した。徒手筋力計を右足首の前に固定し、足の後方の支柱とベルトで連結し約 3 秒間の MVC を 30 秒間の休憩をはさみ 2 回測定した。

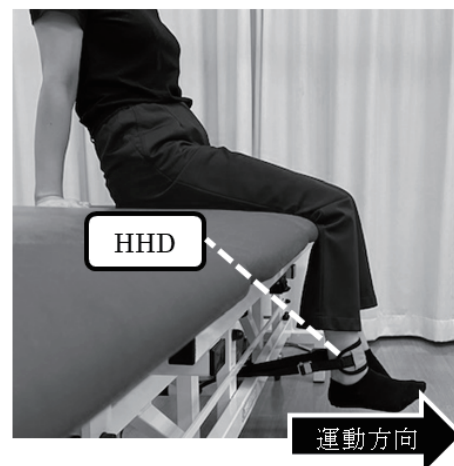


図 1. 膝関節伸筋群筋力測定

4) 膝関節屈筋群の MVC の計測 (図 2)

測定肢位は膝関節伸筋群の MVC 測定時と同様とし、徒手筋力計を右足首の後ろ側に固定し、前方の支柱とベルトで連結した。約 3 秒間の MVC を 30 秒間の休憩をはさみ 2 回測定した。

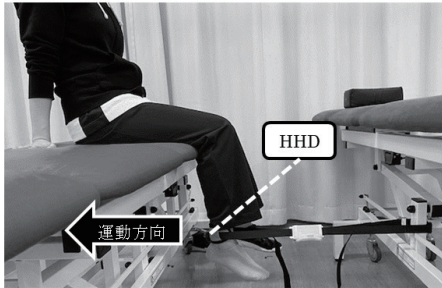


図 2. 膝関節屈筋群筋力測定

5) 主観的運動強度

抵抗運動（介入）が確実に実施できているか、また、抵抗運動（介入）により疲労が強すぎると筋力に影響するため、骨盤後方下制筋群・前方挙上筋群の MVC 測定直後と SCPD 手技・SCAE 手技後に主観的運動強度を 11 段階の数値評価スケール（Numerical rating scale; NRS）にて聴取した。MVC 測定直後を最も運動強度が大きい抵抗運動時の主観的運動強度 NRS の 10 とし、全く努力を必要としない状態の主観的運動強度を NRS0 とした。

6) 背中、膝の痛みの評価

疼痛は筋力に影響するため、手技による介入や各 MVC 測定時に疼痛の出現がないか NRS にて聴取した。最悪な痛みを NRS の 10 とし、全く痛みがない状態を NRS0 とした。

3. 介入方法

1) 手技

抵抗運動時は、バイオフィードバック計（マイオトレース 400, EM-501）を使用し 30%MVC 前後（誤差が 5% 以内）になるよう抵抗量を調整した。肢位は左側臥位で股関節・膝関節軽度屈曲位とし、骨盤は運動範囲中間位保持とした。

1) SCPD 手技（図 3）

検者は骨盤後方下制筋群の 30% MVC 前後（5% の誤差になるように抵抗量を調整する）で右坐骨結節に対し骨盤前方挙上方向へ抵抗をかけ、被験者は後方下制方向へ静止性収縮を実施した。5 秒間の保持と休息を 1 セットとし、10 セット施行した。



図 3. SCPD 手技

2) SCAE 手技（図 4）

検者は骨盤前方挙上筋群の 30%MVC 前後（5% の誤差に

なるように抵抗量を調整する）で右上前腸骨棘に対し骨盤後方下制へ抵抗をかけ、被験者は前方挙上方向へ静止性収縮を実施した。5 秒間の保持と休息を 1 セットとし、10 セット施行した。

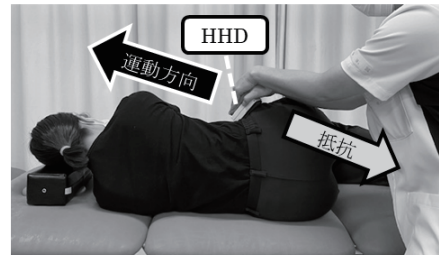


図 4. SCPD 手技

2) 介入手順

同一被験者に① SCPD 手技と② SCAE 手技を実施し介入前後に膝関節伸筋群・膝関節屈筋群の MVC を 2 回測定した。手技・測定する筋力の順番は乱数表にてランダムに決定した。持越し効果の影響を除外するために 2 日間に分けて実施し、また、筋力測定と手技を行う検者は異なる検者が行った。

4. データ解析方法

統計解析には IBM SPSS Statistics27 を使い、有意水準は 5% とした。

1) 介入前の膝関節伸筋群・膝関節屈筋群の MVC の再現性の検証

膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の MVC の測定の再現性を検証する為、介入前の 2 回の測定値を基に級内相関係数 ICC (1,2) を求めた。

2) 膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の変化率

介入前の膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力を基準値とし、以下の式で筋力変化率を求めた。

$$\text{変化率} = (\text{介入後の筋力} - \text{介入前の筋力}) / \text{介入前の筋力} \times 100$$

3) 各手技における膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力への効果の検証

変化率を指標とし、手技、筋群を要因として二元配置分散分析を実施し検証した。有意水準は 5% とした。

4) 抵抗運動時の主観的運動強度と膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の関係

抵抗運動時の主観的運動強度と膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の相関を検証するために、Spearman 順位相関係数を求めた。また、抵抗運動時の主観的運動強度の差を比較するために Wilcoxon の符号付順位検定を実施した。

5) 背中・膝の痛みの数値評価スケールと膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の関係

背中・膝の痛みと膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の相関

を検証するために、Spearman 順位相関係数を求めた。

結果

1) 介入前の膝関節伸筋群・膝関節屈筋群 MVC の再現性の検証

級内相関係数は膝関節伸筋群で ICC (1,2) =0.97, 膝関節屈筋群で ICC (1,2) =0.99 と高い信頼性を認めた。

2) 各手技における膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力への効果の検証

二元配置分散分析の結果、筋群要因に有意差が認められ ($F(1,32) = 17.61, p < 0.01$)、膝関節伸筋群と比較して膝関節屈筋群の筋力変化率が高かった (図 5)。手技要因および手技 × 筋群の交互作用に有意差は認められなかったが、SCAE 手技では膝関節伸筋群は抑制傾向・膝関節屈筋群は促進傾向であり、SCPD 手技では膝関節伸筋群・屈筋群どちらも促進傾向であり、膝関節伸筋群と比較し膝関節屈筋群で促進傾向を示した (図 6)。

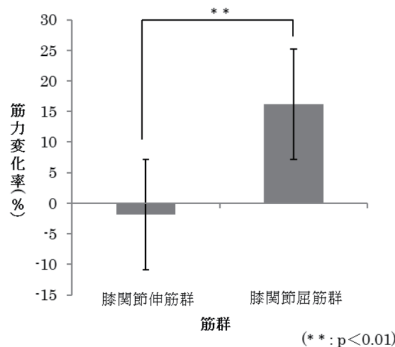


図 5. 各筋群の筋力変化率

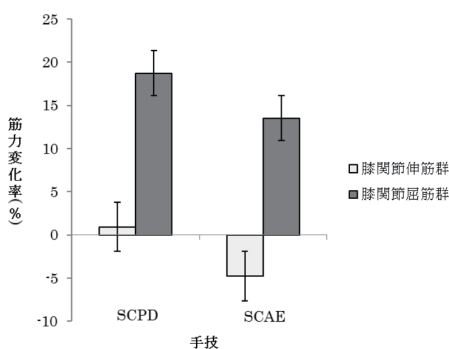


図 6. 各手技による筋力変化率

3) 抵抗運動時の主観的運動強度と膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の関係

Spearman 順位相関係数は、SCPD 手技 ($p=0.96$)、SCAE 手技 ($p=0.33$) 共に有意差は認められなかった。また、Wilcoxon の符号付順位検定は ($p=0.39$) で有意差は認められなかった。

4) 背中・膝の痛みの数値評価スケールと膝関節伸筋群・膝関節屈筋群筋力の関係

手技時、筋力測定時に疼痛の訴えは認められなかった。

考察

抵抗運動時の主観的運動強度に有意差はなく、手技による運動強度の差は認められなかった。また、運動部位や背中などの運動時の固定筋にも痛みを誘発することなくデータを収集できた。

SCAE 手技では膝関節伸筋群は抑制傾向・膝関節屈筋群は促進傾向を示した。SCPD 手技では膝関節伸筋群・屈筋群どちらも促進傾向を示し、膝関節伸筋群と比較し膝関節屈筋群で促進傾向を示した。主観的運動強度と介入後の筋力に有意な相関が認められなかったことから、骨盤の抵抗運動方向の差異により膝関節伸筋群・屈筋群へ及ぼす効果が異なる可能性が推察された。

SCAE 手技では、膝関節伸筋群は抑制傾向、膝関節屈筋群は促進傾向を示した。SCAE 手技がヒラメ筋 H 波へ及ぼす影響を検証した研究において、竹澤らは¹⁴⁾、手技前の安静時と比較し手技後の安静では経時的な抑制傾向を示したことを報告している。また、大城ら¹⁹⁾は、同側の H 波は有意に抑制し、同時に測定した表面筋電図では同側のハムストリングス、腹斜筋、縫工筋の筋放電が認められ、屈筋支配の運動細胞の活動性が上昇したことを推察している。臨床的研究では、SCAE 手技が脳卒中片麻痺患者の歩行時間に及ぼす影響について検証されており、柳澤ら⁹⁾は歩行反復練習群と比較し SCAE 手技群で有意な歩行時間の短縮を認めたことを報告している。また、新井ら¹⁰⁾も同様に歩行反復群と比較し SCAE 手技群で有意に歩行時間の短縮を認めたことを報告している。SCAE 手技は股関節の PNF パターン屈曲・内転・外旋の要素の一つであり歩行遊脚相に活動する主動筋群の運動単位が促進する可能性が推察されており^{9,10)}、本研究結果からも遊脚相に活動する膝関節屈筋群が促進され、その拮抗筋である膝関節伸筋群が抑制されたことが推察される。

一方、SCPD 手技では膝関節屈筋群・伸筋群ともに促進傾向を示した。SCPD 手技による神経生理学的な効果を検証した先行研究では、SCPD 手技後に同側ヒラメ筋 H 波の抑制が生じることが報告されているが^{11,12)}、白谷^{20,21)}らは、足関節骨折後患者に SCPD 手技を実施し、足関節底屈最大筋力の増大と歩行時間の短縮が認められとことを報告しており、SCPD 手技後に脊髄レベルで抑制が生じていても随意運動を行うことにより中枢の促進に転換し筋力が増大した可能性を推察している。また、Arai ら¹³⁾は、SCPD 手技が同側橈側手根屈筋 H 波振幅に及ぼす経時的効果を検証した結果、手技中は抑制し、手技後に促進するリバウンド効果を報告している。本研究結果から SCPD 手技では、運動時には脊髄レベルでの抑制が生じる可能性があるが、随意運動後は膝関節伸筋群・屈筋群ともに筋力増強効果が得られる可能性が示唆された。

今後の課題として、今回は健常者を対象とした研究であったため、今後は整形外科疾患患者や脳卒中片麻痺患者を対象とした臨床的な検証が必要である。

引用文献

- 1) 新井光男：モビライゼーションPNF. 10-41. メディカルプレス東京. 2009.
- 2) 清水千穂, 新井光男, 黒田剛一, 他. : ホールド・リラックスおよび骨盤後下方制に対する抵抗運動が高齢者膝関節伸展可動域に及ぼす影響. PNFリサーチ7 (1), 79-84. 2007.
- 3) 白谷智子, 新井光男, 小畑順一, 他. : 健常者におけるホールド・リラックス手技と下部体幹筋群の静止性収縮側通手技が膝関節伸展可動域及び自動可動域に及ぼす効果の比較. PNFリサーチ8 (1). 14-20. 2008.
- 4) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. : 固有受容性神経筋促進法の骨盤パターンの静止性収縮が足関節骨折後の足関節底屈筋群の筋力に及ぼす効果. PNFリサーチ18 (1). 13-16. 2018.
- 5) 新井光男, 白谷智子, 清水ミシェルアイズマン, 他. : 下肢に整形外科的疾患を有する患者に対する固有受容性神経筋促進法の骨盤のパターンの中間域での抵抗運動による静止性収縮が歩行時間に及ぼす効果. PNFリサーチ12 (1). 21-25. 2012.
- 6) 田中敏之, 新井光男, 野崎祐吾, 他. : 下肢に整形外科疾患を有する患者の骨盤への中間域での静止収縮手技が階段昇段能力に及ぼす影響. PNFリサーチ18 (1). 17-21. 2018.
- 7) 田中敏之, 白谷智子, 榎本一枝, 他. : 脳卒中後片麻痺患者に対する骨盤への中間域での静止性収縮が昇段能力に及ぼす影響. PNFリサーチ17 (1). 1-5. 2017.
- 8) 住田哲昭, 住田ちひろ, 原田恭宏. : 下部体幹筋群の静止性収縮が整形外科疾患患者の股関節伸展自動可動域に及ぼす効果の検証. PNFリサーチ15 (1). 33-38. 2015.
- 9) 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運動パターン中間域での静止性収縮方向が歩行時間に及ぼす効果の差異. PNFリサーチ11 (1). 9-14. 2011.
- 10) 新井光男, 白谷智子, 原田恭宏, 他. : 脳卒中後片麻痺患者に対する固有受容性神経筋促進法の骨盤運動パターンの中間域での抵抗運動による静止性収縮が歩行時間に及ぼす効果. PNFリサーチ11 (1). 15-20. 2011.
- 11) 清水千穂, 田中良美, 久和田敬介. : 骨盤への抵抗運動が同側ヒラメ筋 H 波に及ぼす影響. PNFリサーチ15 (1). 54-61. 2015.
- 12) 重田有希, 新井光男, 白谷智子, 他. : 抵抗運動による間接的アプローチが非運動肢ヒラメ筋 H 反射に及ぼす影響. PNFリサーチ18 (1). 1-6. 2018.
- 13) Arai Mitsuo, Shiratani Tomoko, Michele Eisemann Shimizu, et al. : Reproducibility of the neurophysiological remote rebound effects of resistive static contraction using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation pattern in the mid-range of pelvic motion of posterior depression on the flexor carpi radialis H-reflex. PNFリサーチ12 (1). 13-20. 2012.
- 14) 竹澤美穂, 新井光男, 井手夏葵, 他. : 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. PNFリサーチ18 (1). 7-12. 2018.
- 15) 新井光男：骨盤の抵抗運動が遠隔の上肢関節可動域改善に及ぼす遠隔後効果の神経生理学的仮説. 医療保健学研究1巻. 3-13. 2010.
- 16) 井手夏葵, 白谷智子, 保原壘. : 脊椎圧迫骨折患者に対する下部体幹筋群への抵抗運動による静止性収縮促進手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす後効果. PNFリサーチ17 (1). 20-24. 2017.
- 17) 保原壘, 白谷智子, 新井光男, 他. : 脊椎圧迫骨折患者に対する骨盤運動の中間域での静止性収縮が膝関節屈筋群に及ぼす遠隔後効果. PNFリサーチ20 (1). 16-21. 2020.
- 18) 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12. 157-161. 2011.
- 19) 大城昌平, 龜山富太郎, 佐々木和人, 他. : 抵抗に対する一側骨盤の前方回旋運動が H 波振幅に及ぼす影響. 長崎大学医療術学部紀要. 5. 79-85. 1991.
- 20) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. : 固有受容性神経筋促進法の骨盤パターンの静止性収縮が足関節骨折後の足関節底屈筋群の筋力に及ぼす効果. PNFリサーチ18 (1). 3-16. 2018.
- 21) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. : 足関節骨折患者に対する抵抗運動の部位の差異が歩行時間に及ぼす継続的効果〜シングルケーススタディによる検証〜. PNFリサーチ20 (1). 1-4. 2020.

Abstract:

The purpose of this study was to determine the effects of sustained contraction using anterior elevation (SCAE) and posterior depression (SCPD) on knee extensor and knee flexor strengths in healthy people. The subjects were 9 healthy persons (5 men, 4 women; mean (SD) age: 25.9 (4.7) years) who underwent SCPD and SCAE in a random order. Two-way ANOVA showed significant improvement in the strength of the knee extensor compared to the knee flexor, but the technique showed no significant effect. SCAE tended to inhibit knee extensor strength, but facilitate knee flexor strength, whereas both knee extensor and knee flexor strength tended to be facilitated by SCPD.

Key words:

SCAE, SCPD, Knee extensor strength, Knee flexor strength, Healthy subject

脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動の部位の相違が歩行速度に及ぼす継時的遠隔効果 ～シングルケーススタディによる検証～

A study of the remote after-effects of resistive static contractions of the lower trunk depressors on gait speed of a patient post-stroke ~ A single-subject experimental design ~

白谷 智子¹⁾
Tomoko Shiratani

保原 壘¹⁾
Rui Hobara

沼尾 夏葵²⁾
Hironobu Kuruma

- 1) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 2) 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

要旨

臨床で麻痺などにより麻痺側上下肢に直接的アプローチが困難な場合、機能的な運動単位の動員を賦活化する方法として、障害部位より遠隔の部位に抵抗運動を加える間接的アプローチであるモビライゼーション PNF 手技の一つである骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Sustained Contraction of Posterior Depression; SCPD) 手技が 5m 歩行に及ぼす継時的効果の有効性を検証した。本研究は脳梗塞(左片麻痺)と診断された 1 名を対象にシングルケーススタディ ABAB 法にて検証した。対象者は 70 歳代の男性であった。方法は、A 期(基礎水準測定期)は壁を利用した立位での下腿三頭筋の静止性収縮(Sustained Contraction Facilitation Technique in the middle range of motion; SCF) 手技を、B 期(操作導入期)は SCPD 手技を施行した期間とした。SCF 手技(A1,A2)は歩行速度が遅延したが SCPD 手技(B1,B2)において歩行速度の短縮が認められた。SCF 手技は下腿三頭筋の静止性収縮による筋力強化が期待されたが歩行速度の改善は認められず改悪した。その原因として SCF 手技では Ib 抑制による影響で下腿三頭筋の筋力が低下し歩行速度が遅くなった可能性が推察される。SCPD 手技において歩行速度短縮の継時的遠隔効果が示されたのは、麻痺側の筋緊張の低下により動的柔軟性が増大した可能性と麻痺側の中枢抑制後の随意運動時のリバウンド効果により促通され麻痺側筋群の運動単位の動員が増大し歩容に影響を与えた可能性が推察された。

キーワード

PNF, 片麻痺患者, SCPD 手技, 静止性収縮

はじめに

脳卒中後片麻痺患者の起居動作や歩行速度の改善に対し、モビライゼーション PNF 手技の一つである、固有受容性神経筋促通法 (Proprioceptive neuromuscular facilitation technique; PNF) 運動パターンの骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Sustained contraction of posterior depression;

SCPD) 手技により起居動作時間や歩行速度が改善することが報告されている^{1,2,3,4)}。上広ら¹⁾は、脳卒中後片麻痺患者を対象に、起き上がり反復練習群と SCPD 手技群が起き上がり時間に及ぼす即時的効果を検証した結果、SCPD 手技群において起き上がり時間が有意に短縮し、起き上がり時

間短縮について即時的に効果があることが報告されている。また、シングルケーススタディ ABAB 型で検証した結果、SCPD 手技が起き上がり時間短縮について継続的効果がある可能性についても報告されている²⁾。平下ら³⁾は、脳卒中後片麻痺患者を対象に、起居移動動作（背臥位から立ち上がりまで）群と SCPD 手技群が背臥位から起居移動動作の遂行時間に及ぼす継続的効果を検証した結果、SCPD 手技群において起居移動動作の遂行時間が有意に短縮したことが報告されている。田中ら⁴⁾は、脳卒中後片麻痺患者を対象に日常生活活動練習と SCPD 手技が歩行速度に及ぼす継続的効果をシングルケーススタディ ABAB 型で検証した結果、SCPD 手技において歩行速度の有意な短縮が認められたことが報告されている。

筋力についても SCPD 手技による効果が報告されている。井手ら⁵⁾は脊椎圧迫骨折患者に対し SCPD 手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす効果を検証した結果、SCPD 手技後に膝関節伸筋群の筋力が増大し、遠隔後効果として運動単位の動員が得られ促進効果が生じる可能性が示唆されたことが報告している。しかし、SCPD 手技の生理学的効果としては、ヒラメ筋 H 波に抑制効果を誘発する可能性が報告^{6,7)}されており、リラクセーションが生じ筋力低下が生じる可能性がある。そこで白谷ら⁸⁾は、足関節骨折患者 5 名を対象に SCPD 手技と SS (Sustained Stretch; SS) 手技の足関節底屈筋力の及ぼす即時的効果を検証した結果、SS 手技より SCPD 手技において有意に筋力の増強を認めたことを報告している。SCPD 手技後に筋力の増大が認められた理由として、運動後に脊椎レベルで抑制が生じていても随意的な努力（意図）を行うことにより中枢の促進が生じ、筋力増大が生じた可能性が推察されたと報告している。また、白谷ら⁹⁾は、整形外科疾患患者 1 例を対象に、下腿三頭筋の静止性収縮と SCPD 手技が 5 メートル歩行に及ぼす継続的効果を検証した結果、下腿三頭筋の静止性収縮より SCPD 手技において歩行速度の短縮が認められ、SCPD 手技後は足関節底屈筋群の最大筋力が増大し、萎縮筋の運動単位の動員の増大が推察されたことが報告されている。脳卒中後片麻痺患者においても同様な効果が期待されるが、足関節底屈筋群の静止性収縮と SCPD 手技が脳卒中後片麻痺患者に対する歩行速度の短縮に及ぼす継続的効果については検証されていない。

本研究の目的は、脳卒中後片麻痺患者に対する SCPD 手技が歩行速度に及ぼす継続的遠隔効果をシングルケーススタディにて検証することである。

対象と方法

1. 対象

対象は脳梗塞（左片麻痺）と診断された 70 歳代の男性であった。当院での外来理学療法は発症後 5 カ月目より開始し、本研究は発症後 8 カ月目に行った。既往歴はなし。本研究への参加については、ヘルシンキ宣言に基づき、本研究の参加者には事前に研究の趣旨、個人情報の扱いに対して十分に説明し書面で参加への同意を得た。

2. 方法

方法は、患側骨盤に対して SCPD 手技を施行し、5m 歩行速度に及ぼす継続的効果をシングルケース実験方法 ABAB 型で検証した。A 期（基礎水準測定期）は壁を利用した立位での下腿三頭筋の静止性収縮（Sustained Contraction Facilitation Technique in the middle range of motion; SCF）手技（図 1-a）を実施した期間とし、B 期（操作導入期）は SCPD 手技（図 1-b）を施行した期間とした。



図 1-a. 各手技の技法 - SCF 手技



図 1-b. 各手技の技法 - SCPD 手技

【手技の方法】

SCF 手技は麻痺側を後方、非麻痺側を前方となるように前後に開き、後方に接地した、麻痺側の足底が床に全面接地する程度の背屈角度とし、踵を浮かさず足趾を 10 秒間蹴るように指示した（図 1-a）。SCPD 手技は、麻痺側を上にした側臥位にて、骨盤の後下方性の中間域での静止性収縮を 2～3kg の抵抗量で行った（図 1-b）。

各運動は 10 秒間の静止性収縮、10 秒間の安静を 1 セットとし 3 回繰り返して行った。発症後 8 カ月目より A 期と B 期を 1 週ずつ、計 4 週間実施（リハ実施回数 1 回/週）した。

【5m 歩行の計測方法】

5m 歩行を用いて歩行速度の測定を行った。開始線を 5m 区間の手前 2m とし、終了線は 5m 区間後 2m とし、対象者にはできるだけ早く歩くように指示し、5m 区間のタイムを計測した。ストップウォッチは前側足が 5m の開始線を跨い

だあるいは踏んだ時点で開始し、後ろ側の足が5mの終了線を跨いだ時点でストップした。5m歩行は手技の前後に各々2回計測し、手技後の歩行速度の計測は、手技終了後すぐに計測を行った。時間の測定は同一検者が行った。

【データの分析方法】

データの分析は、A1期前に測定した歩行速度の平均を基準値とし、次式により各期の変化率を算出した。

$$\text{歩行速度変化率 (\%)} = (\text{各期の運動後の歩行速度} - \text{A1期前に測定した歩行速度}) / (\text{A1期前に測定した歩行速度}) \times 100$$

結果

(歩行速度の平均値)

歩行速度の各期の平均値 (SD) は、第1基礎水準測定期 (A1期) は 6.32 (0.23) 秒、第1操作導入期 (B1期) は 5.07 (0.09) 秒、第2基礎水準期 (A2期) は 5.60 (0.18) 秒、第2操作導入期 (B2期) は 4.87 (0.42) 秒であった (図2)。

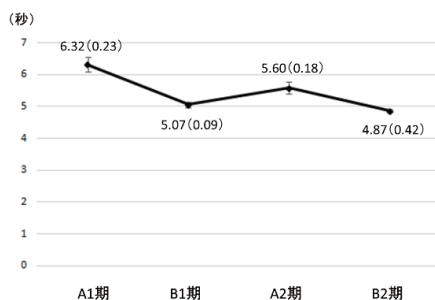


図2. 歩行速度の平均値

(歩行速度の変化率)

A1期開始前の歩行速度の平均値を基準値として変化率を算出した結果、変化率は、A1期は 13.06%と悪化し、B1期は -9.39%と改善が認められた。A2期は 0.09%と再び悪化を認め、B2期は -12.88%と改善が認められた (図3)。

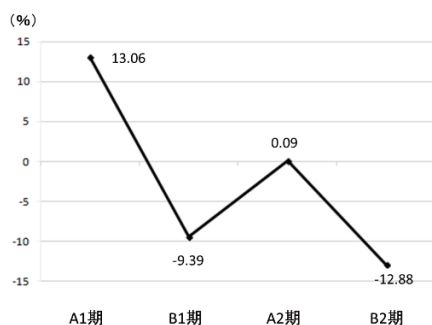


図3. 歩行速度の変化率

考察

A1期 (SCF手技) よりB1期 (SCPD手技) では5m歩行速度の短縮が認められ、B1期 (SCPD手技) よりA2期 (SCF手技) では同歩行速度の延長が認められた。A2期よりB2期 (SCPD手技) では歩行速度の短縮が認められ、A期 (SCF手技) により歩行速度が延長 (歩行速度が遅くなる) した。

SCF手技により歩行速度が延長 (歩行速度が遅くなる) する理由としては、Kayら¹⁰⁾は、60秒のアキレス腱の持続的なストレッチ後に筋力低下が生じることを報告しており、Fowlesら¹¹⁾は、33分間に5~10秒のストレッチを13回、足関節底屈筋に痛みが生じない程度に最大ストレッチを行った後の足関節底屈筋の最大静止性収縮力は、コントロール群と比較しストレッチ群では有意に筋力が低下したことを報告している。今回行ったSCF手技は、足底を接地し足関節背屈位を保持し下腿三頭筋を伸張した状態で静止性収縮を行った。このため生理学的機序としては筋を伸張した状態で静止性収縮を行うホールド・リラクセスと同様にIb抑制¹²⁾が生じた結果、収縮後にリラクセーション (ストレッチ効果) が生じたことで下腿三頭筋の筋力が低下し歩行速度が延長した可能性が推察された。

一方、B1期・B2期 (SCPD手技) はA1期・A2期 (SCF手技) より歩行速度の短縮が認められた。歩行速度が短縮した理由としては麻痺側の筋力の増大または動的柔軟性の増大が推測できる。SCPD手技の脊髄レベルでの生理学的効果として、清水ら⁶⁾、重田ら⁷⁾は、SCPD手技実施側による同側のヒラメ筋H波における検証では、運動後に抑制が生じることを報告している。一方、Shirataniら¹³⁾は、SCPD手技実施側と対側のヒラメ筋H波における検証では、運動時より漸増的な促進効果が認められたことを報告している。SCPD手技により、麻痺側の筋緊張の低下により動的柔軟性が増大した可能性が推察された。一方、非麻痺側は運動単位の動員により筋力が増大した可能性も推察される。Araiら¹⁴⁾は、SCPD手技が同側腕側手根屈筋H波振幅に及ぼす経時的効果を検証した結果、手技中は抑制し、手技後に促進するリバウンド効果を報告している。本研究でのSCPD手技により麻痺側の中枢抑制後の随意運動時のリバウンド効果により促進され麻痺側筋群の運動単位の動員が増大し歩容に影響を与えた可能性も推察される。動的柔軟性の増大により歩幅が増大したのかりバウンド効果による促進効果なのかは本研究では明らかにできないが、今後の検証により明らかにしたい。

今回は一症例を対象としたシングルケーススタディ ABAB法での検証であったが、SCPD手技により5m歩行速度を短縮できる継時的遠隔効果を示すことができた。今後は対象者を増やし、継時的遠隔効果について検証する必要がある。

引用文献

- 1) 上広晃子, 新井光男, 清水幸恵, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動の介入が起き上がり動作に及ぼす影響. PNF リサーチ. 8 (1) . p34-39. 2008.
- 2) 上広晃子, 新井光男, 村上恒二, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動の介入が起き上がり動作に及ぼす効果. PNF リサーチ. 7 (1) . p23-27. 2007.
- 3) 平下聡子, 新井光男, 榎本一枝, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する骨盤への抵抗運動が背臥位からの立位動作に及ぼす影響. PNF リサーチ. 8 (1) . p27-33. 2008.
- 4) 田中敏之, 新井光男. 脳卒中後片麻痺患者の骨盤への抵抗運動が起き上がり動作と歩行速度に及ぼす影響. PNF リサーチ. 7 (1) . p56-60. 2007.
- 5) 井手夏葵, 白谷智子, 保原壘. 脊椎圧迫骨折患者に対する下部体幹筋群への抵抗運動による静止性収縮促進手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす後効果. PNF リサーチ. 17 (1) . p20-24. 2017.
- 6) 清水千穂, 田中良美, 久和田敬介, 他. 骨盤への抵抗運動が同側ヒラメ筋 H 波に及ぼす影響. PNF リサーチ. 15 (1) . p54-61. 2015.
- 7) 重田有希, 新井光男, 白谷智子, 他. 抵抗運動による間接的アプローチが非運動肢ヒラメ筋 H 反射に及ぼす影響. PNF リサーチ. 18 (1) . p1-6. 2018.
- 8) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. 固有受容性神経筋促進法の骨盤パターンの静止性収縮が足関節骨折後の足関節底屈筋群の筋力に及ぼす効果. PNF リサーチ. 18 (1) . p13-16. 2018.
- 9) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. 足関節骨折患者に対する抵抗運動の部位の差異が歩行時間に及ぼす継時的効果～シングルケーススタディによる検証～. PNF リサーチ. 20 (1) . p1-4. 2020.
- 10) Anthony DK, Anthony JB. Isometric contractions reduce plantar flexor moment, Achilles tendon stiffness, and neuromuscular activity but remove the subsequent effects of stretch. J Appl Physiol. 107 (4) . p1181-9. 2009.
- 11) Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. J Appl Physiol. 89 (3) . p1179-88. 2000.
- 12) 柳澤 健, 乾 公美. PNF マニュアル. 第 2 版, p107-111. 南江堂. 東京. 2005.
- 13) 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 (1) . p24-32. 2015.
- 14) Arai M, Shiratani T, Shimizu ME, et al. Reproducibility of the neurophysiological remote rebound effects of resistive static contraction using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation pattern in the mid-range of pelvic motion of posterior depression on the flexor carpi radialis H-reflex. PNF リサーチ. 12 (1) . p13-20. 2012.

Abstract:

The use of a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation pattern in the mid-range of posterior depression pelvic motion (SCPD) as a resistive static contraction facilitation technique may have successive effects for increasing the gait speed of an after-stroke patient. The purpose of this study was to investigate the successive effects of SCPD on the gait ability of an after-stroke patient. A single-subject experimental design was used of an after-stroke patient. (age: 70's, sex: male) . One-day period of baseline measurements was taken once in a week at various intervals in phase A1. Phase A1 was followed by one-day period, phase B1. Phase B1 was followed by one-day period, phase A2. Phase A2 was followed by one-day period, phase B2. In phase A1 and A2, the subject was treated with the Sustained Contraction Facilitation Technique in the middle range of motion (SCF) of the triceps surae. In phase B1 and B2, the subject was treated with the SCPD. The measurement of the 5m gait time was used to evaluate the effect of each phase. We found that, as compared to the SCF, the SCPD had successive effects for the reduction of the gait time.

Key words:

PNF, ankle fracture, SCPD, sustained contraction

下部体幹筋群への静止性収縮手技が足関節背屈筋群の筋力に及ぼす
経時的効果 ～人工膝単顆置換術後～Effects of resistive static contraction of the lower trunk muscles on ankle dor-
siflexion strength after unicompartment knee arthroplasty fracture村崎 由希子¹⁾
Yukiko Murasaki白谷 智子²⁾
Tomoko Shiratani崎野 祐吾³⁾
Yugo Sakino

- 1) 真星病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Mahoshi Hospital
- 2) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 3) 河北病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Kahoku Hospital

要旨

モビライゼーション PNF 手技は、障害部位より遠隔の部位に抵抗運動を加える間接的アプローチである。我々は、術後 3 か月経過した人工膝単顆置換術後の 60 代後半の女性一症例に対して、骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Static Contraction of Posterior Depression ; SCPD) 手技を行い、術後膝関節の痛みと足関節背屈筋群の筋力に及ぼす効果を検証した。検証方法は、シングルケース実験法 ABAB 法とした。A 期は足関節底屈筋群の持続伸張刺激とし、B 期は SCPD 刺激とした。結果、A 期では、健側・患側筋力、右膝痛において即時的効果、経時的効果ともに認めなかった。B 期では健側・患側筋力、右膝痛において即時的効果、と経時的効果を認めた。SCPD 刺激は骨盤に抵抗を加えて体幹筋群の持続的な静止性収縮を促進する手技であるが、遠隔部位の患側膝関節の痛みの軽減と健側と患側の足関節背屈筋力の増大が即時的にも経時的効果が認められ、SCPD 刺激の遠隔効果が示唆された。

キーワード

モビライゼーション PNF, 足関節背屈筋群, 経時的効果, 痛み

はじめに

日本における変形性膝関節症の有病者数は約 2530 万人、有症状患者数は約 800 万人と推定されており、超高齢社会の進行とともに患者の対総人口比は今後さらに上昇すると予想されている。また、日本人女性においては、50 歳代では 20%、80 歳以上では 80%以上が変形性膝関節症を有しているとされる。変形性膝関節症の危険因子としては、加齢、性別、外傷歴、膝関節への習慣的過負荷、肥満、筋力低下などが報告されている。健康寿命の維持や生活の質 (Quality Of Life : QOL) 向上を求める高齢者も確実に増えてきており、人工膝関節置換術の手術件数も年々増加傾向にある¹⁻⁶⁾。我々は、疼痛が強く障害部位に直接アプローチ出来ない症例を多く経験

した。これに対して固有受容性神経筋促進法 (Proprioceptive-Neuromuscular Facilitation technique ; PNF) における間接的アプローチでは、疼痛緩和や基本動作能力、下肢筋力が向上することを経験している。

PNF における間接的アプローチの方法は、疼痛が強く障害部位に直接アプローチ出来ない症例に対する方法とされている。我々は、モビライゼーション PNF 手技により、障害部位より遠隔の部位に抵抗運動を加える。運動は、PNF における骨盤帯パターンである後方下制を用い、中間域での静止性収縮 (Static Contraction of Posterior Depression ; SCPD) 手技を用いた。この方法は諸家により即時的効果に有効との報

告がされている⁷⁻¹⁰⁾。

SCPD 手技は遠隔部位に対して抵抗運動による静止性収縮を行うことで、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手技である⁷⁾。先行研究として、新井らは、下肢に障害を有する整形疾患患者 22 名を SCPD 手技群と歩行反復練習群に無作為に配置し比較した結果、SCPD 手技群において有意差を認め、歩行に及ぼす即時効果について報告している⁸⁾。また、清水らは、痛みにより一側下肢への荷重が困難な体幹・下肢の整形外科患者 18 名を荷重練習群、SCPD 手技群、骨盤の前方挙上の中間域での静止性収縮 (SCAE) 手技群に無作為に配置し比較した結果、SCPD 手技群は他の 2 群よりも有意に増加しており荷重量増大が得られる即時効果を認めた⁹⁾。白谷らは、足関節骨折患者 5 名に SCPD 手技と足関節底屈筋群の持続伸張 (Sustained Stretch; SS) 手技を無作為に行い比較した結果、足関節底屈筋群の筋力強化などの即時効果が報告されている¹⁰⁾。

このように臨床において下肢に障害を有する患者に対して、SCPD 手技を施行することで、疼痛緩和や基本動作能力、下肢筋力が向上することを経験するが、人工膝単顆置換術後の患者に対して SCPD 手技を用いた経時的効果は明らかではない。

本研究の目的は術後 3 か月経過した人工膝単顆置換術後患者に対して SCPD 手技を行い、足関節背屈筋群の筋力に及ぼす即時的効果および経時的効果を検証することである。

対象と方法

1. 説明と同意

本研究は研究実施施設の倫理委員会において承認を得て行い、対象者には事前に研究の趣旨を文書と口頭にて説明し、研究同意書に署名を得た上で実施した。

2. 対象

対象者は口頭指示の理解が良好で心疾患および神経疾患の既往がない、人工膝単顆置換術後の外来患者とした。右変形性膝関節症と診断された 60 代後半の女性で、関節注射にて保存的加療を行っていたが疼痛軽減が見られなくなったため、右人工膝単顆置換術を施行された。当院にて実施されている人工膝単顆置換術の術後パスにもとづき、術後 4 週で自宅退院となり、退院後は週 2 回の外来通院の経過となった。導入期間は術後 11 週～16 週の 6 週間で、基本動作および日常生活動作ともに自立レベルであった。また、Timed Up and Go test は 6.32 秒であった。仕事は自営業である豆腐屋を夫婦でおこなっており、主に洗い物や油揚げを揚げる作業を実施している。

3. 方法

シングルケース実験法 ABAB 法の変法を実施した。足関節底屈筋群の持続伸張を A 期 (ストレッチ刺激)、骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮を B 期 (SCPD 刺激) として実施した。刺激前後に指標として足関節背屈筋力 (健側・患側)

と右膝痛を測定した。導入期間は週 2 回の外来リハ (不定期、中 2 日で実施) 時にストレッチ刺激と SCPD 刺激を交互に 6 週間実施した。

4. 指標の測定方法

①足関節背屈筋力の測定方法

足関節背屈筋群の最大筋力の測定方法は、膝関節を屈曲位に保持した背臥位にて健側および患側の筋力を徒手筋力計 (酒井医療社製徒手筋力計モービィ・MT-100) を用い測定した。徒手筋力計を足背の中足骨部にあて、足関節底屈および背屈の中間位にて行った (図 1)。最大筋力の測定は刺激前後に健側および患側ともに 3 回測定し、3 回の平均値を測定値とした。



図 1. 足関節背屈筋力の測定方法

徒手筋力計を足背の中足骨部にあて、足関節背屈の最大筋力の測定を実施した。

②右膝痛の測定方法

右膝痛の測定方法は、視覚的評価スケール (visual Analogue Scale; VAS) を用い測定した。紙面上の 10cm の両端を「痛みが全くない」と「想像できる最高の痛み」とし、安静時の右膝痛の状態をチェックしてもらう。「痛みが全くない」を 0 とし、0 からチェックされた点の距離 (mm) を測定した。評価は刺激前後に行った。

5. 各刺激の実施方法

①ストレッチ刺激

肢位は背臥位とした。膝関節伸展位にて患側の足関節底屈筋群のストレッチを行った (図 2)。1 回 10 秒間のストレッチ、10 秒間の安静を 1 セットとし、5 セット実施した。またこの時のストレッチの強さは痛みが出現しない程度とした。



図 2. ストレッチ刺激

膝関節伸展位で患側下肢のストレッチ刺激を行った。1 回 10 秒間のストレッチ、10 秒間の安静を 1 セットとし、5 セット実施した。

② SCPD 刺激

肢位は患側を上にした側臥位とした。セラピストは上側の腸骨殿筋粗面上部に用手接触を行い、被検者に骨盤後方下制の中間域で体重の2～3%の抵抗量で10秒間の静止性収縮、10秒間の安静を1セットとし、5セット実施した(図3)。抵抗量は体重計で施行前トレーニングし、ICCで相関が高いことを確認して行った^{11,12)}。



図3. SCPD 刺激

患側の腸骨殿筋粗面上部に用手接触を行った。体重の2～3%の抵抗量で10秒間の静止性収縮、10秒間の安静を1セットとし、5セット実施した。

6. 変化率の算出方法

指標は足関節背屈筋力、右膝痛とし、各刺激前の測定値を基準値として即時の効果と経時的効果の変化率を求めた。

変化率(%)は即時の効果の変化率(%) = $\frac{\text{刺激後の測定値} - \text{刺激前の測定値}}{\text{刺激前の測定値}} \times 100$ 、経時的効果の変化率(%) = $\frac{\text{刺激後の測定値} - \text{刺激前の測定値}}{\text{初回の刺激前の測定値}} \times 100$ で算出した。

足関節背屈筋力は改善が見られた場合の変化率は+で表記され、+での数値が高いほど改善している。右膝痛は改善が見られた場合の変化率は-で表記され、-での数値が高いほど改善している。

結果

健側筋力は、A期(ストレッチ刺激)はA3期で即時効果として筋力の増大が認められたがA1期、A2期、A4期、A5期、A6期では認めなかった(図4)。一方、B期(SCPD刺激)ではB1期では筋力増大が認めなかったが、B2期、B3期、B4期、B5期、B6期では即時に改善していた(図4)。

また、健側筋力の経時的効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期、A3期で経時的効果を認められたが、A2期、A4期、A5期、A6期では認めなかった(図4)。一方、B期(SCPD刺激)では経時的効果を認められた(図4)。

患側筋力は、A期(ストレッチ刺激)はA1期～A6期で即時の効果は認めなかった(図5)。一方、B期(SCPD刺激)ではB1期～B6期で即時に改善していた(図5)。

また、患側筋力の経時的効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期～A6期で経時的効果を認めなかったが、B期(SCPD刺激)では経時的効果を認められた(図5)。

右膝痛の即時の効果での結果は、図6のようにA期(ストレッチ刺激)はA3期までは変化がなかったが、A4期で即時効果が認められた。しかしA5期では認めなかった。

一方、B期(SCPD刺激)ではB3期で即時効果が生じB4期、B5期、B6期と安定して即時に改善した。

また、右膝痛の経時的効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期～A3期までは変化がなかった。が、A4期で経時的効果が認め、A5期で増悪した。

一方、B期(SCPD刺激)ではB3期より右膝痛が減弱し、ストレッチのA4期で増悪したがB5期で痛みが減弱し即時かつ経時的に痛みの軽減効果が認められた(図6)。

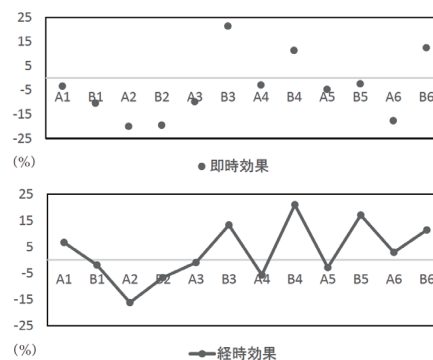


図4. 健側筋力の変化率

即時の効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA3期のみで即時効果を認められたがA1期、A2期、A4期、A5期、A6期では認めなかった。一方、B期(SCPD刺激)ではB1期では即時効果が認めなかったが、B2期、B3期、B4期、B5期、B6期では即時に改善していた。

経時的効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期、A3期で経時的効果を認められたが、A2期、A4期、A5期、A6期では認めなかった。一方、B期(SCPD刺激)ではB1～B6期において経時的効果を認められた。

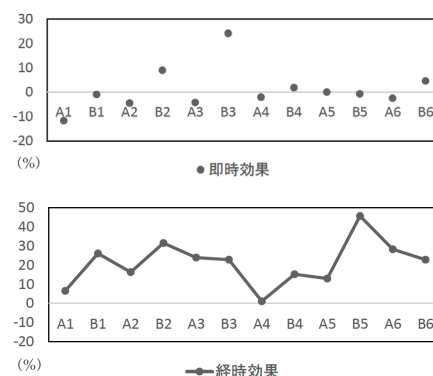


図5. 患側筋力の変化率

即時の効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期～A6期で即時の効果は認めなかった。一方、B期(SCPD刺激)ではB1期～B6期で即時に改善していた。

経時的効果での結果は、A期(ストレッチ刺激)はA1期～A6期で経時的効果を認めなかった。一方、B期(SCPD刺激)ではB1～B5期で経時的効果を認められたがB5期でピークを示し、B6期で減弱した。

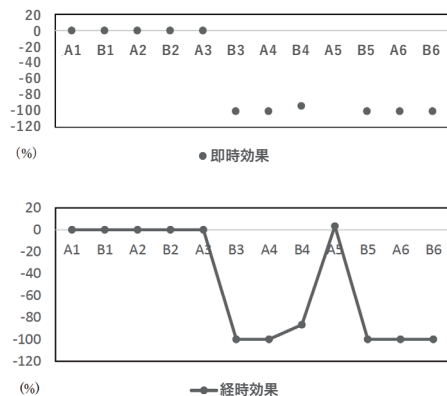


図 6. 右膝痛の変化率

即時的效果での結果は、A 期（ストレッチ刺激）は A3 期までは変化がなかったが、B3 期で即時的效果が認められた。しかし A5 期では仕事量が増大し増悪したが B5 期、A6 期、B6 期と安定して経時的な改善を示した。

考察

右膝痛は 3 週後の SCPD 刺激後に改善傾向を経時的に示していた。A5 では仕事量増大などにより一時的に増悪したが B5 に痛みが軽減し経時的な痛みの軽減が認められた。

3 週以降で健側筋力は SCPD 刺激により即時的效果を得ることができ改善を認めた。SCPD 刺激の生理的根拠として新井ら¹³⁾は、SCPD 手技時の反射性抑制により筋スパズムが緩和された後運動単位の動員が増員されるリバウンド効果を明らかにした。今回の症例も運動時の反射性抑制により筋スパズムが緩和されリバウンド効果によって痛みによる運動制御戦略の変容が修正され運動単位の動員が増大し筋力が改善された可能性が推察される。

また、今回は患側の骨盤に SCPD 刺激を行ったが健側へのオーバーフローによる神経生理学的効果（Cross-education）により、健側の筋力の即時・経時的効果が生じ筋力が増大したと推察される。

患側筋力は SCPD 刺激で即時的效果を認めた。SCPD 刺激の生理学根拠として、白谷らは、足関節骨折患者 5 名に対して SCPD 手技と足関節底屈筋群の SS 手技を行い、手技前後の足関節底屈筋群の最大筋力値を比較検証した結果、SCPD 手技で有意な最大足関節底屈筋群の増大が認められたと報告している¹⁰⁾。また、井出らは、脊椎圧迫骨折患者 5 名に対して SCPD 手技と膝関節伸展抵抗運動を無作為に行い、手技後の膝関節伸筋群筋力値を比較検証した結果、SCPD 手技後に下行性の遠隔後効果として運動単位の動員が得られる促進効果を報告している¹⁵⁾。今回の患側筋力の向上の結果も SCPD 手技後に下行性の遠隔後効果として運動単位の動員が得られる促進効果が推察される。

健側筋力、患側筋力では即時的效果、経時的効果ともにストレッチ刺激よりも SCPD 刺激で改善を認めた。先行研究では SCPD 手技によるリラクゼーション効果が多く報告されているが、本研究ではストレッチ刺激にもリラクゼーション効果を認めた。

結語

人工膝単顆置換術後の 60 代後半の女性一症例に対して、シングルケース実験法 ABAB 法を用いて SCPD 手技の術後膝関節の痛みと足関節背屈筋群の筋力に及ぼす効果を検証した。SCPD 手技の SCPD 刺激は骨盤に抵抗を加え体幹筋群の持続的な静止性収縮を促進する手技であるが、遠隔部位の患側膝関節の痛みの軽減と健側と患側の足関節背屈筋力の増大が即時的にも経時的効果が認められ、SCPD 刺激の遠隔効果が示唆された。

引用文献

- 1) 大森豪. 内側型変形性膝関節症の発生危険因子. 日本リハビリテーション医学会誌. 45 (2) .p85-89.2008
- 2) Felson DT, Zhang Y, Anthony JM, et al. Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study. Ann Intern Med. 116 (7) . p535-539.1992
- 3) Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, et al. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. Ann Intern Med. 127 (2) .p97-104.1997
- 4) 川口浩. 変形性膝関節症の国内外のガイドライン. 日関病誌. 35 (1) .p1-9.2016
- 5) 涌井元博, 山本康行, 後藤真一, 他. 高齢者 (80 歳以上) の変形性膝関節症に対する人工膝関節置換術. 東北膝関節研究会誌. 14.p67-71.2004
- 6) 春田みどり, 水田洋平, 伊藤隆安, 他. 内側型変形性膝関節症患者における身体アライメントの分析. 理学療法科学. 31 (5) .p661-666.2016
- 7) 新井光男. モビライゼーション PNF. メディカルプレス. 東京. 2009
- 8) 新井光男, 白谷智子, 清水ミシェル・アイズマン, 他. 下肢に整形外科的疾患を有する患者に対する固有受容性神経筋促進法の骨盤のパターンの中間域での抵抗運動による静止性収縮が歩行時間に及ぼす効果. PNF リサーチ 12 (1) . p21-25.2012
- 9) 清水歩, 榎本一枝, 赤木聡子, 他. 骨盤への抵抗運動が整形外科疾患患者の荷重量に及ぼす即時的効果. PNF リサーチ 14 (1) .p35-39.2014
- 10) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他. 固有受容性神経筋促進法の骨盤パターンの静止性収縮が足関節骨折後の足関節底屈筋群の筋力に及ぼす効果. PNF リサーチ. 18 (1) p13-16.2018
- 11) Arai M, Shiratani T. The Effect of different force direction and resistance levels during resistive static contraction of the lower trunk muscles on the soleus H-reflex. J Rehabil Med (suppl 54) .S416.2015
- 12) Arai M, Shiratani T. The remote after-effects of a resistive static contraction of the pelvic depressors on the improvement of hand-behind-back range of motion in patients with symptomatic rotator cuff tears. Biomed Res 23(3). p415-419. 2012
- 13) 新井光男. 手関節自動関節可動域改善のアプローチ法の検討 - 上肢静止性収縮と下部体幹の静止性収縮が手関節自動関節可動域に及ぼす影響. 学位請求論文および参考論文(広島大学), 2004
- 14) 竹澤美穂, 新井光男, 井出夏葵, 他. 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 波反射に及ぼす影響の差異. PNF リサーチ. 18 (1) p7-12.2018
- 15) 井出夏葵, 白谷智子, 保原墨. 脊椎圧迫骨折患者に対する下部体幹筋群への抵抗運動による静止性収縮促進手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす後効果. PNF リサーチ. 17 (1) p20-24. 2017

Abstract:

The purpose of this study was to examine the effects of resistive sustained contraction using the proprioceptive neuromuscular facilitation pattern for pelvic posterior depressors in the middle range of motion (SCPD). The patient was a woman in her late 60s who underwent treatment three months after single-condylar artificial knee replacement surgery. A single case ABAB study was performed alternately two times a week on non-dialysis days for a period of 3 weeks. In phase A, sustained stretch (SS) of the ankle plantar flexor muscle group was performed, and in phase B, SCPD was performed five times. The strengths of the ankle dorsiflexors on the healthy and affected sides and a visual analogue scale (VAS) for pain on the affected side were measured before and after use of each technique. The ankle dorsiflexors on the healthy and affected sides were stronger and pain relief was obtained after SCPD. These results suggest that the indirect approach of SCPD of muscle contraction of the trunk muscle group can decrease pain of an affected knee joint and improve the muscle strength of dorsiflexors in the immediate phase and over time.

Key words:

PNF, mobilization PNF, Unicompartmental Knee Arthroplasty, Pain, ankle dorsiflexion strength