

日本PNF学会会誌
PNF Research

Vol.20 No.1 2020

目 次

- | | | | |
|---|--|---------|----|
| 1 | 足関節骨折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～ | 白谷 智子 他 | 1 |
| 2 | 重複整形疾患罹患女性高齢者に対する骨盤の中間域での後方下制の静止性収縮が歩行時間と疲労度に及ぼす影響 | 植田 良 他 | 5 |
| 3 | 若年健常者に対する下部体幹筋群への静止性収縮が足関節底屈筋出力に及ぼす影響 | 高橋 雅人 他 | 11 |
| 4 | 脊椎圧迫骨折者に対する骨盤運動の中間位での静止性収縮が膝関節屈筋群に及ぼす遠隔後効果 | 保原 壘 他 | 16 |

原著
Original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～Cumulative effects of resistive static contraction of the lower trunk depressors
on gait speed after ankle fractures白谷 智子¹⁾
Tomoko Shiratani
保原 壘¹⁾
Rui Hobara新井 光男²⁾
Mitsuo Arai
榎本 一枝⁴⁾
Kazue Masumoto来間 弘展³⁾
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) 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
- 3) 首都大学東京 健康福祉学部
Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 4) しげのぶ整形外科 リウマチ・リハビリクリニック
Department of Rehabilitation, Shigenobu Orthopedics Rheumatism Rehabilitation Clinic

要旨

関節固定後の萎縮筋の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。本研究は足関節骨折と診断された 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 52 歳の男性であった。方法は、A 期 (基礎水準測定期) は壁を利用した立位での蹴り出しの練習 (下腿三頭筋の静止性収縮 (Sustained contraction Facilitation Technique in the middle range of motion; SCF)) を、B 期 (操作導入期) は SCPD 手技を施行した期間とした。下腿三頭筋 SCF (A1,A2) は歩行時間が遅延したが SCPD 手技 (B1,B2) において歩行時間の短縮が認められた。下腿三頭筋 SCF 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時間の改善は認められず改悪した。SCF では Ib 抑制による影響で歩行時間が遅くなった可能性が推察される。SCPD 手技において歩行時間短縮の継時的効果が示されたのは、脊髄の興奮性の増大により固定後に萎縮している足関節底屈筋の運動単位の動員の増大が促進され歩行能力が改善した可能性が推察された。

キーワード

PNF, 足関節骨折, SCPD 手技, 静止性収縮

はじめに

臨床で痛みなどにより傷害部位に直接的アプローチが困難な場合、傷害部位より遠隔の部位より間接的にアプローチする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^{1,2)}を用いることが多く、臨床的效果も検証されている^{3,4)}。

SCPD 手技の臨床的效果としては、即時的に自動関節可動域 (Active range of motion; AROM)³⁾ や筋力⁴⁾ が改善する

ことが報告されている。

AROMについては、Shirataniら³⁾は下肢に整形外科的疾患を有する患者を対象に SCPD 手技が膝関節伸展 AROM に及ぼす効果を検証した結果、持続伸張 (Sustained stretch: SS) 手技より有意に SCPD 手技において膝関節伸展 AROM の改善が認められたことを報告している。

筋力については、井手ら⁴⁾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通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^{5,6)}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。

白谷ら⁷⁾は、足関節骨折患者 5 名を対象に SCPD 手技と 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、運動後に脊髄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通が生じ、筋力増大が生じた可能性が推察されたと報告している。

これらの報告のように SCPD 手技は臨床的には即時的な促通効果を認めているが継続的効果は検証されていない。本研究の目的は、SCPD 手技が歩行時間に及ぼす継続的効果を検証することである。

対象と方法

1. 対象

対象はバイクにて転倒し右足関節骨折と診断された 52 歳男性であった。受傷後 3 日目に A 病院にて骨接合術施行した。手術後 4 週目より当院での外来リハビリが開始となった。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 歩行時間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蹴り出しの練習 (下腿三頭筋の静止性収縮; Sustained contraction Facilitation Technique in the middle range of motion; SCF) (図 1) を実施した期間とし、B 期 (操作導入期) は SCPD 手技 (図 2) を施行した期間とした。

【手技の方法】

下腿三頭筋 SCF は骨折側を後方、非骨折側を前方となるように前後に開き、後方に接地した骨折側の足底が床に全面接地する程度の背屈角度とした (図 1-a)。SCPD 手技は、骨折側を上にした側臥位にて、骨盤の後方下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 秒の静止性収縮、10 秒の安静を 1 セットとし 3 回繰り返して行った。手術後 2 か月目より A 期と B 期を 1 週ずつ、計 4 週間実施 (リハ実施回数 2 回/週) した。

【5m 歩行の計測方法】

5m 歩行を用いて歩行時間の測定を行った。開始線を 5m 区間の手前 2m とし、終了線は 5m 区間 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、手技後の歩行時間の計測は、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。



a. 下腿三頭筋 SCF



b. SCPD 手技

図 1. 各手技の方法

【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時間の平均を基準値とし、次式により各期の改善率を算出した。

$$\text{歩行時間改善率 (\%)} = (\text{各期の運動後の歩行時間} - \text{A1 期前に測定した歩行時間}) / (\text{A1 期前に測定した歩行時間}) \times 100$$

結果

(歩行時間の平均値)

歩行時間の各期の平均値 (SD) は, 第 1 基礎水準測定期 (A1 期) は 4.19(0.13) 秒, 第 1 操作導入期 (B1 期) は 3.79(0.03) 秒, 第 2 基礎水準期 (A2 期) は 4.15 (0.19) 秒, 第 2 操作導入期 (B2 期) は 3.61 (0.11) 秒であった (図 2) .

(歩行時間の変化率)

A1 期開始前の歩行時間の平均値を基準値として改善率を算出した結果, 改善率は, A1 期は 3.97% と悪化し, B1 期は -5.96% と改善が認められた. A2 期は 2.98% と再び悪化を認め, B2 期は -10.42% と改善が認められた (図 3) .

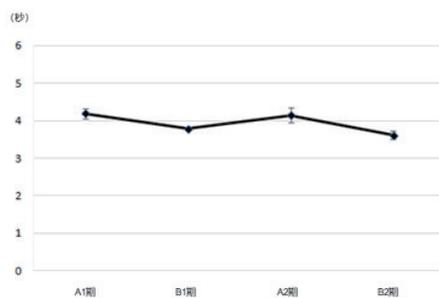


図 2. 歩行時間の平均値

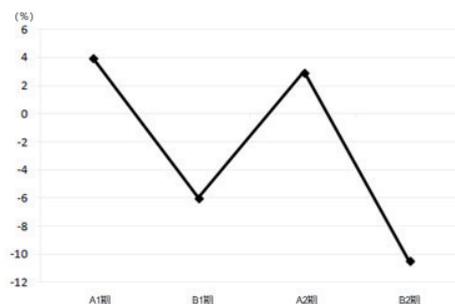


図 3. 歩行時間の変化率

考察

下腿三頭筋 SCF では歩行時間の悪化を認め, SCPD 手技においては歩行時間の短縮が認められた.

下腿三頭筋 SCF 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時間の改善は認められなかった. 下腿三頭筋 SCF は足底を全面設置した足関節背屈位で行い, 下腿三頭筋を伸張位の状態での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⁸⁾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) が生じたことで筋力が低下し歩行時間が遅延した可能性が考えられる.

一方, SCPD 手技では歩行時間の短縮が認められた. SCPD 手技については, 整形外科疾患患者⁷⁾ や脳卒中後片麻痺患者⁹⁾ を対象とした歩行時間に及ぼす即時的効果が検証されており, 繰り返し歩行練習をする群より SCPD 手技を行った群において有意に歩行時間が短縮することが即時的効果として報告されている.

本研究は一症例による検証であったが, 下腿三頭筋 SCF より SCPD 手技において継続的に歩行時間の短縮が認められた. 白谷ら⁷⁾ は足関節骨折患者を対象に SCPD 手技が底屈筋力に及ぼす影響を検証した結果, SS 手技より SCPD 手技において有意に筋力の増大が認められたことを報告している.

しかし, SCPD 手技によるヒラメ筋 H 波に及ぼす影響は, 健常者を対象に清水ら⁵⁾ や重田ら⁶⁾ は SCPD 手技後に同側ヒラメ筋 H 波が抑制することを報告しているので筋力が低下する可能性が推察される.

今回, 筋力の増大が認められた理由として, 運動後に脊髄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通が生じ, 筋力増大が生じた可能性が推察された⁷⁾. また, 継続的な効果として歩行時間の短縮が認められたことも, SCPD 手技後に脊髄の興奮性の増大したことにより, 固定後に萎縮している足関節底屈筋の運動単位の動員⁷⁾ が即時的に増大し, 4 週間の経時的効果として筋肥大が生じたことで歩行速度改善した可能性が推察された.

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 手技により歩行時間を短縮できる継続的な効果を示すことができた. 今後は対象者を増やし, 継続的な効果について下腿の筋肥大の増減を検証する必要がある.

引用文献

- 1) Arai M, Shiratani T, Kuruma H.: The Effects of Different Force Directions and Resistance Levels during Unilateral Resistive Static Contraction of the Lower Trunk Muscles on the Ipsilateral Soleus H-reflex in the Side-lying Position. *J Nov Physiother* 6 (3) .10002900. 2016.
- 2) Arai M, Shiratani T.: Effect of remote after-effects of resistive static contraction of the pelvic depressors on improvement of restricted wrist flexion range of motion in patients with restricted wrist flexion range of motion. *J Bodyw Mov Ther* 19. p.442-446, 2015.
- 3) Shiratani T, Arai M, Shimizu ME, et al.: Effects of a resistive static contraction of the pelvic depressors technique on the active range of motion of the knee joints in patients with lower extremity orthopedic conditions. *PNF Res*14(1) , p.1-10, 2014.
- 4) 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), p. 20-24, 2017.
- 5) 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), p.54-61, 2015 .
- 6) 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), p.1-6, 2018.
- 7) 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), p.13-16, 2018.
- 8) 柳澤 健, 乾 公美. *PNF マニュアル*. 第 2 版. p107-111. 南江堂. 東京. 2005.
- 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), p9-14, 2011.

Abstract:

Resistive static contraction in the mid-range of the pelvic posterior depressors (SCPD) for proprioceptive neuromuscular facilitation may have successive effects on increasing gait speed after ankle fracture. The purpose of this study was to investigate the cumulative effects of SCPD on gait ability after such a fracture. A single-subject experimental design was used for a patient aged 52 years old in recovery from an ankle fracture. In phases A1 and A2, the subject was treated with sustained contraction facilitation (SCF) in the middle range of motion of the triceps surae. In phases B1 and B2, the subject underwent SCPD. Baseline measurements were taken over a 2-day period twice per week at various intervals in phase A1. Phase A1 was followed by similar measurements in 2-day periods for phases B1, A2, and B2.. Measurement of the 5m gait time was used to evaluate the effect of each phase. We found that SCPD had cumulative effects on reduction of the gait time, compared to SCF.

Key words:

PNF, ankle fracture, SCPD, sustained contraction

重複整形疾患罹患女性高齢者に対する骨盤の中間域での後方下制の静止性収縮が歩行時間と疲労度に及ぼす影響

Effects of static contraction in the mid-range of the pelvic posterior depressors for proprioceptive neuromuscular facilitation on gait time and fatigue in elderly females with orthopedic disorders

植田 良 ¹⁾	崎野 祐吾 ¹⁾
Ryo Ueda	Yugo Sakino
白谷 智子 ²⁾	柳澤 健 ³⁾
Tomoko Shiratani	Ken Yanagisawa

- 1) 河北病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Kahoku 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) 城西国際大学 福祉総合学部 理学療法学科
Department of Physical Therapy, Faculty of General Welfare, Josai International University

要旨

重複整形疾患高齢者は虚弱状態であり、筋力低下や易疲労性を考慮した効率的な手技が必要である。PNFパターンを利用した骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮促進手技 (SCPD 手技) が疲労を伴わず歩行能力を高めることができるか検証した。対象は通所リハビリテーション利用中の脊柱と下肢に重複整形疾患を有する高齢女性 7 名、平均年齢 (SD) 85.5 (7.6) 歳であった。対象者に無作為に SCPD 手技、Hip Lift (HL) を 10 秒運動、20 秒安静を 2 セット行い、各手技後に 5m 歩行時間と疲労度を計測した。各手技後の変化率を求め、繰り返しのない二元配置分散分析を行った。歩行時間平均変化率 (SD) は SCPD 手技 -14.6 (12.8) %、HL -9.5 (10.6) % であり主効果を認め、多重比較検定 (Scheffé 法) を行い、SCPD 手技に有意な歩行時間の改善が認められた ($P < 0.05$)。疲労度平均変化率 (SD) は SCPD 手技 7.8 (65.3) %、HL は 54.0 (78.3) % であり、主効果は認めなかった。重複整形疾患高齢女性に対し、SCPD 手技は疲労を伴うことなく、歩行時間を改善する可能性を示唆した。

キーワード

PNF, SCPD 手技, 重複整形疾患, 歩行時間, 疲労度

はじめに

我が国は、2025 年に全人口の 30% 以上が 65 歳以上の高齢者となる見込みである¹⁾。高齢者が要介護状態になった際に通所リハビリテーション (以下; 通所リハ) を利用し、心身機能の維持、改善を図ることが重要である。通所リハの利用原因として、加齢による衰弱、骨関節疾患、転倒・骨折による

運動機能低下による虚弱が上位を占めており^{2,3)}、加齢や不動による筋萎縮や運動単位減少による筋力低下が進行し、歩行能力低下や易疲労性を呈しやすい^{4,5)}。特に、女性の歩行能力の低下は男性より深刻である^{6,7,8)}。高齢者の歩行の特徴として、歩行速度や歩幅、歩調の減少などが生じ、転倒しやすく⁹⁾

骨折などの障害発生リスクがある⁹⁾。重複整形疾患高齢者の転倒リスクは単一整形疾患より高く¹⁰⁾、重複整形疾患患者における歩行能力の維持・改善は重要である。しかし、重複整形疾患高齢者は虚弱状態であり、筋力低下や易疲労性を考慮した効率的な手技が必要である。

筋力低下や易疲労性を考慮した効率的な手技として新井¹¹⁾は、高齢者において伸張域での筋収縮は筋腱接合部の損傷が生じやすく¹²⁾、中間域での静止性収縮が安全で¹³⁾疲労を生じさせにくいことから、罹患部位より遠位での固有受容性神経筋促通法 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF) パターンを用いた骨盤の中間域での後方下制の静止性収縮手技 (Sustained Contraction of Posterior Depression in the middle range of motion Technique; SCPD 手技) を用い、下肢整形疾患患者を対象に反復歩行練習と比較し歩行時間の改善を報告¹⁴⁾している。また、単一整形疾患への SCPD 手技の効果として、下肢の可動域^{15,16,17)}や柔軟性¹⁸⁾の改善や荷重量の増大^{19,20)}、筋力の増大^{21,22)}などが報告されている。しかし、临床上、重複整形疾患罹患患者に対して SCPD 手技が疲労を伴わず歩行能力を高めることができるか明らかではない為、検証を行った。

対象と方法

1. 対象

当院関連通所リハビリ中の脊柱整形疾患と下肢整形疾患を重複する女性 7 名、平均年齢 (標準偏差; SD) 85.5 (7.6) 歳であった。対象疾患の内訳は脊柱整形疾患; 変形性脊椎症 2 名、腰椎圧迫骨折 2 名、腰部脊柱管狭窄症 3 名、下肢整形疾患: 人工股関節置換術 2 名、人工膝関節置換術 1 名、変形性膝関節症 4 名であった。平均歩行速度 (SD) は 0.8 (0.2) m/sec、平均最大下腿周径 (SD) は 30.0 (2.7) cm であり虚弱状態であった。なお、対象者には医療法人河北会倫理委員会の承認を得た内容であり、本研究の概要と侵襲やリスクの程度、公表の有無や形式、いつでも撤回が可能であることを示した書面と口頭説明にて署名と同意が得られた者とした。(表-1)

表-1 対象者

	年齢	介護度	Friedらによる評価 基準該当数	判定
対象1	72	要支援1	3	虚弱
対象2	82	要支援2	3	虚弱
対象3	84	要支援2	4	虚弱
対象4	86	要支援1	4	虚弱
対象5	87	要支援2	3	虚弱
対象6	92	要支援2	3	虚弱
対象7	96	要介護1	3	虚弱

2. 方法

対象者に歩行に影響を及ぼすと考えられる SCPD 手技と対照刺激として臀部挙上ブリッジ (Hip Lift; 以下 HL) を行い、5m 歩行時間と疲労度の即時効果の検証を行った。SCPD 手技と HL は乱数表を用いて無作為に実施した。介入前に歩行時間の計測と疲労度の計測を行った。手技を実施し、直後に疲労度の計測と歩行時間の計測を行い、残った他方の手技を実施し、直後に疲労度と歩行時間の計測を行った。歩行時間の計測は 5m 歩行時間とし、測定区間前後 2m に助走区間を設け、なるべく早く歩くように指示した。足部が計測区間の線を跨ぐあるいは踏んだ時点を開始・終了としストップウォッチを用いて同一検者が測定を実施した。測定は介入前、各手技直後に各 2 回測定を行った。疲労度は 100mm の直線の左端を 0: 全く疲れのない楽な状態、右端を 10: 考える最大の疲労とし、介入前と各手技直後に対象本人に線分させ、mm にて算出した。

【各手技の方法】

① SCPD 手技

障害側を上にした側臥位で腸骨殿筋粗面上部に対し用手接触を行い、骨盤の後方下制の静止性収縮を仙腸関節への圧縮を加えながら 2~3kg の抵抗量で実施した。抵抗量は事前に体重計を用いて複数回演習を行い、習熟を行った同一検者が実施した。

用手接触について、本来坐骨結節に対して行われるが、重田ら²³⁾は、脳卒中後片麻痺患者の歩行速度において用手接触を坐骨結節と腸骨殿筋面上部で比較検証した結果有意差はなく、腸骨殿筋面上部への用手接触はオムツ等で坐骨結節に用手接触困難な場合や不快に感じる場合にも有効であることを示唆しており、本研究においても用手接触を腸骨殿筋面上部とした。(図 1-a)

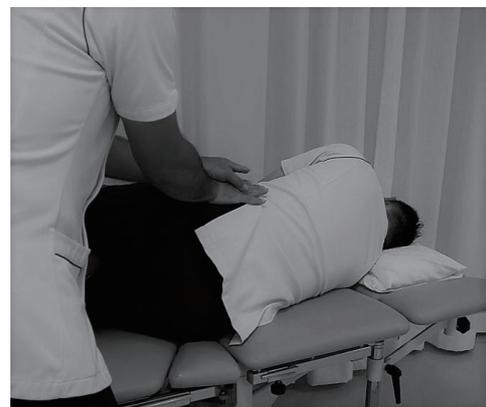


図 1-a SCPD 手技

② HL

両上肢腕組み，両膝関節 90° 屈曲位にて可能な範囲臀部を挙上し，保持するよう指示した。（図 1-b）



図 1-b 臀部挙上ブリッジ (Hip Lift ; HL)

各運動は 10 秒間運動・20 秒間安静を 2 セット行った。

【データ解析方法】

①歩行時間の信頼性

介入前，各手技後に 2 回計測した値で級内相関係数 (ICC) を求めた。

②変化率

介入前の歩行時間と疲労度を基準値として各手技後の変化率を以下の式にて算出した。

$$\text{変化率 (\%)} = ((\text{手技後測定値} - \text{手技前測定値}) / \text{手技前測定値}) \times 100$$

③統計解析

各手技後の変化率を指標とし，個人と手技を要因とする繰り返しのない二元配置分散分析を行った。有意差があったものには多重比較検定 (Scheffé 法) を行った。有意水準は 5% とした。統計分析は JSTAT (Ver. 16. 1) を用いた。

結果

1. 級内相関係数 (ICC)

介入前歩行時間 ICC (1, 1) = 0.95, SCPD 手技歩行時間 ICC (1, 1) = 0.95, HL 歩行時間 ICC (1, 1) = 0.97 と各測定において 0.9 以上の高い信頼性があった。

2. 実測値

実測平均歩行時間 (SD) は介入前 6.5 (1.7) 秒, SCPD 手技 5.5 (1.5) 秒, HL 5.8 (1.4) 秒であった。実測平均疲労度 (SD) は介入前 1.7 (1.9), SCPD 手技 1.9 (2.2), HL 2.4 (2.2) であった。

3. 変化率

歩行時間平均変化率 (SD) は SCPD 手技 -14.6 (12.8) % , HL -9.5 (10.6) % であった。疲労度平均変化率 (SD) は SCPD 手技 7.8 (65.3) % , HL 54.0 (78.3) % であった。

4. 統計解析結果

個人と手技を要因とした繰り返しのない二元配置分散分析の結果，歩行時間の変化率において，主効果が認められたため，多重比較検定 (Scheffé 法) を行い HL より SCPD 手技において有意な歩行時間の改善が認められた ($p < 0.05$)。（図 2-a）

疲労度の変化率において，主効果は認められなかった。（図 2-b）

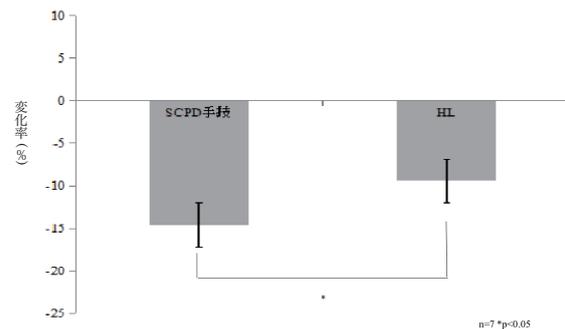


図 2-a 各手技後の歩行時間変化率

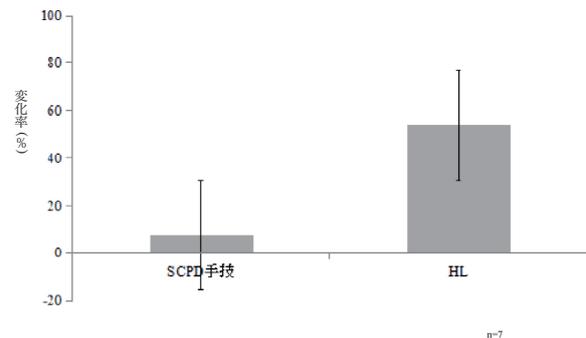


図 2-b 各手技後の疲労度変化率

考察

疲労度について有意な差はみられなかった。SCPD 手技の抵抗量は 2 ~ 3kg と軽い抵抗量で行われており，手技直後の疲労度を大きく増加させることがなかったと考えられる。市橋ら²⁴⁾は HL における大殿筋や中殿筋，大腿筋膜張筋などの筋活動は最大筋力の 20% 以下の低い筋活動であると報告しており，両手技とも負担の少ない運動であり，有意な差がみられなかったと推察される。重複整形疾患罹患高齢女性において，SCPD 手技は疲労を伴うことなく，HL と比較し歩行時間改善の即時効果が得られた為，疲労を伴うことなく歩行能力を高めることができる有効な手技である可能性が示唆された。

虚弱について，Freid らは，体重減少，易疲労性，握力低下，歩行速度の低下，活動度の低下の 3 項目以上該当する状態としており，簡易的な評価方法として歩行速度や下腿周径を用いて評価されている²⁵⁾。西ら²⁶⁾は地域在住高齢者を対象

に調査を行い、非虚弱群の歩行速度は 1.2m/sec であり、虚弱群は 0.9m/sec であったと報告し、佐竹ら²⁷⁾は歩行速度が 1.0m/sec 以下の場合を虚弱の該当要因としている。年齢別歩行速度においても中原ら²⁸⁾は 85 歳以上の平均歩行速度は 1.2m/sec と報告しており、本研究対象者の介入前平均歩行速度 (SD) は 0.8 (0.2) m/sec という結果から虚弱状態であった。また、本研究対象者の平均最大下腿周径 (SD) は 30.0 (2.7) cm であった。川上ら²⁹⁾は下腿周径が 33cm 未満でサルコペニアの可能性が高まるとしており、Rolland ら³⁰⁾は下腿周径が 31cm 未満の場合、身体機能障害を示唆する報告をしている。これらのことより、筋萎縮による身体機能低下を有する虚弱状態においても、SCPD 手技を行うことにより運動単位の動員が改善され、廃用性や加齢性による筋力低下や萎縮に対し即時的な筋出力の増大により、歩行時間の改善に影響した可能性が推察される。

SCPD 手技による効果の生理学的根拠として、新井ら³¹⁾や清水ら³²⁾は、脊髄レベルでの興奮性増大が得られ、遠隔後効果による促進により運動単位が増員することを報告している。また、白谷ら²²⁾は SCPD 手技後に足関節底屈筋群の筋力が増大し、萎縮筋の運動単位の動員の増大が推察されたことを報告しており、立脚後期における蹴り出しの改善などに繋がり、今回の研究における歩行時間改善に影響を及ぼしたことが推察される。

高齢者の筋力について、Young³³⁾らや Moritani ら³⁴⁾は筋量や筋断面積の減少より神経-筋機能の低下による運動単位の減少³⁵⁾により筋力低下が引き起こされている割合が大きいことを推察していることに加え、重複整形疾患を罹患する高齢者においては健常な高齢者と比較し、易疲労性や活動量の減少による筋萎縮の程度が重度であることが考えられる。Sale ら³⁶⁾は固定筋による筋萎縮は解剖学的損失よりも機能的運動単位の動員の賦活化が困難であること、運動単位を活性化する能力が低下していると報告している。

また、高齢者の歩行特性として、上肢の腕の振りの減少や体幹の左右移動量の増加、体幹の回旋や股関節の伸展可動域が減少することが報告されている⁵⁾。新井¹¹⁾は骨盤から脊柱に広がる胸腰筋膜が手技時に筋の収縮力を上行性・下行性に力学的に伝達する神経筋膜効果により遠隔の反応を生じさせることを示唆している。これは機能的に重要な下肢・脊柱・上肢の連結を行っているため、遠隔反応が促進されることが推測されている。SCPD 手技は直接的には骨盤の後方下制時に働く腸腰筋、胸最長筋、腰方形筋 (下部) の収縮が得られ、下肢の伸展・外転・内旋パターン時に生じる動きである。これは歩行時の立脚相での下肢や体幹に対する安定性向上に有効であることが示唆されており^{16, 17)}、柔軟性¹⁸⁾や支持性³⁷⁾、リーチ動作³⁸⁾などの動的なバランスが改善することが報告されており、歩行時における下部体幹や下肢の安定性の改善や立脚相での下肢伸展活動の促進に繋がったことが推察される。遠隔への反応として、白谷ら³⁹⁾は機能的 MRI による脳活動の検証を行い、SCPD 手技での手の領域の脳活動の賦活化を確認している。臨床的にも上肢の自動関節可動域改善^{40, 41)}や上肢協調性の改善⁴²⁾に有効である可能性を示唆しており、歩行時の立脚相における骨盤後方下制に伴い、上肢の交互運動である屈曲・内転・外旋パターンと肩甲骨の前方挙上への遠隔反応が促進された可能性があり、上肢の振りや体幹の回旋が増大し歩行時間の改善に影響を及ぼした可能性がある。田中ら⁴³⁾は脳卒中後片麻痺患者に対し SCPD 手技を行い、起き上がり動作時間と歩行時間について継続的な改善を認め、体幹や上肢の自動運動や協調性向上の可能性を示唆しており、重複整形疾患を有する高齢者を対象とした本研究においても直接的なアプローチとして下部体幹筋の柔軟性の改善と運動単位の増員が行われたことと、間接的

なアプローチとして上行性・下行性への脊髄レベルの興奮性増大による上肢や下肢の運動範囲の向上や筋出力の増大が得られたことによる歩行時間改善の即時効果が得られたと推察される。

本研究の意義として、疲労度の変化率に差異はなく、SCPD 手技において有意な歩行時間の改善が認められたことは HL のような筋力強化法より効率的なアプローチであることが推察された。また、先行研究では単一疾患のみでの検証が行われていたが、通所リハを利用する重複整形疾患による筋萎縮を有する虚弱高齢女性に対しても歩行時間改善の即時効果があり、臨床場面において有用であることが示唆された。

本研究の限界として、中島ら⁴⁴⁾や村田ら⁴⁵⁾は 5m 歩行時間が高齢者での下肢筋力や荷重量、片脚立位時間、10 秒間いす立ち座りテストと関連し、虚弱高齢者において下肢機能を強く反映するとしている。また、Shinkai ら⁴⁶⁾は歩行速度が遅いほど ADL 動作障害の発生リスクが高まるとしており、歩行時間が転倒リスクや筋力、バランス能力、ADL 能力に影響を及ぼすと考えられる。しかし、本研究は歩行時間改善の即時効果についての検証であり、効果の持続や継続的に観察を行ったものではないため ADL 能力や転倒リスクに及ぼす関連性を検証していない。そのため、他のテストバッテリーを用いることや期間を設定した上での継続的な効果の検証などを行っていく必要がある。

引用文献

- 1) 総務省統計局. 人口推計 (令和元年5月確定値、10月概算値). 2019
- 2) 一般財団法人医療経済研究機構. 通所介護・通所リハビリテーションに関する調査研究. P3-6. 2005
- 3) 厚生労働省. 生活期リハビリテーションに関する実態調査. 2013
- 4) 出村慎一, 佐藤進. 高齢者の筋機能特性. 日本生理人類学会誌. 第5巻2号. p5-10. 2000
- 5) 柳川和優. 高齢者の歩行動作特性. 広島経済大学研究論集. 第28巻2号. p29-33. 2005
- 6) Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD et al. Sex modifies the relationship between age and gait: A population-Based Study of older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 63. p165-170. 2008
- 7) Doyo W, Kozakai R, Kim H-Y et al. Spatiotemporal components of the 3-D gait analysis of community-dwelling middle-aged and elderly Japanese: Age-and sex-related differences. *Geriatr Gerontol Int.* 11. p39-49. 2011
- 8) 中島弘貴, 武末慎, Loh Ping Yeap, 他. 日本人女性における歩行中の下肢関節運動の加齢変化. 日本生理人類学会誌. 第24巻1号. p9-18. 2019
- 9) 鈴木芽久美, 島田裕之, 牧迫飛雄馬, 他. 要介護高齢者における転倒と骨折の発生状況. 日本老年医学会雑誌. 第46巻4号. p334-340. 2009
- 10) 和田崇, 松本浩美, 尾崎まり, 他. 地域在住高齢者における診断された運動器疾患数と転倒発生の関連についての横断的研究. 日本転倒予防学会雑誌. 第3巻3号. p37-45. 2017
- 11) 新井光男, 柳澤健. モビライゼーション PNF. メディカルプレス. 2009
- 12) Garrett WE Jr. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med.* 24 (6). 2-8. 1996
- 13) Ferber NM, Osterring L, Graevell D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 12(5). 391-397. 2002
- 14) 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. 第12巻1号. p21-24. 2012
- 15) 錦織卓実, 新井光男, 田原知佳, 他. 脊椎圧迫骨折のある患者に対する骨盤の抵抗運動と臀部挙上運動が下肢伸展挙上可動域に及ぼす影響. PNFリサーチ. 第6巻1号. p30-34. 2006
- 16) 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関節可動域に及ぼす効果の検証. PNFリサーチ. 第15巻1号. p33-38. 2015
- 17) 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方下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. 第7巻1号. p79-84. 2007
- 18) 道祖悟史, 新井光男, 清水一, 他. 骨盤の抵抗運動が腰痛に及ぼす即時的効果. PNFリサーチ. 第7巻1号. p1-4. 2007
- 19) 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. 第14巻1号. p35-39. 2014
- 20) 榎本一枝, 新井光男, 赤木聡子, 他. 異なる側臥位での骨盤の静止性収縮が立位での患側の荷重量に及ぼす影響. PNFリサーチ. 第15巻1号. p39-45. 2015
- 21) 井出夏葵, 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展筋群筋力に及ぼす後効果. PNFリサーチ. 第17巻1号. p20-23. 2017
- 22) 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影響. PNFリサーチ. 第18巻1号. p13-16. 2018
- 23) 重田有希, 白谷智子, 新井光男, 他. 骨盤パターンにおける静止性収縮が脳卒中後片麻痺患者の歩行速度に及ぼす影響～用手接触による比較～. PNFリサーチ. 第13巻1号. p44-49. 2013
- 24) 市橋則明, 池添冬芽, 羽崎完, 他. 各種ブリッジ動作中の股関節周囲筋の筋活動－MMT3との比較－. 理学療法科学. 第13巻2号. p79-83. 1998
- 25) 山田陽介, 山縣恵美, 木村みさか. フレイルティ&サルコペニアと介護予防. 京府医大誌. 121 (10). p535-547. 2012
- 26) 西真理子, 新開省二, 吉田祐人, 他. 地域在住高齢者における「虚弱 (Frailty)」の疫学的特徴. 日本老年医学会誌. 第49巻3号. p344-354. 2012
- 27) 佐竹昭介, 荒井秀典, 遠藤直人, 他. フレイル進行にかかわる要因に関する研究. 長寿医療研究開発費 平成26年度 総括報告書. p1-15. 2014
- 28) 中原凱文, 北川淳, 樋口雄三. 高齢者の歩行速度に関する検討. デサントスポーツ科学. 16. p160-170. 1995
- 29) 川上諒子, 宮地元彦. ふくらはぎの大きさとサルコペニア (筋減弱症) を簡易評価する. 独立行政法人国立健康・栄養研究所, 健康・栄養ニュース. 第13巻2号. p5. 2014
- 30) Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cournot M, et al. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc.* 51. p1120-1124. 2003
- 31) 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髓反射の潜時に及ぼす影響－ケース・スタディー－. PNFリサーチ. 第3巻1号. p52-59. 2003
- 32) 清水千穂. 田中良美, 久保田敬介, 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. 第15巻1号. p54-61. 2015
- 33) Young A, Stokes M, Crowe M. The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin. Physiol.* 26. P145-154. 1985
- 34) Moritani T, deVries H. A Potential for gross muscle hypertrophy in old men. *J. Gerontol.* 35. p672-682. 1980
- 35) Brown W. Methods for estimating numbers of motor units in biceps-brachialis muscle and losses of motor units with aging. *Muscle Nerve.* 11. P423-432. 1988

- 36) Sale DG, McComas AJ, MacDougall JD et al. Neuromas-
cular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J Appl Physiol.* 53. p419-424. 1982
- 37) 高野匠子, 新井光男, 竹澤美穂. 脳卒中後片麻痺患者の骨盤への抵抗運動が片脚立位時間に及ぼす影響. *PNF リサーチ.* 第 16 巻 1 号. p25-31. 2016
- 38) 竹澤美穂, 白谷智子, 新井光男, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する骨盤後方下制のアプローチが座位前方リーチテストに及ぼす経時的影響. *PNF リサーチ.* 第 13 巻 1 号. p56-62. 2013
- 39) 白谷智子, 新田収, 新井光男, 他. 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手運動野の脳活動に及ぼす影響—機能的 MRI における検討—. *PNF リサーチ.* 第 12 巻 1 号. p39-45. 2012
- 40) 新井光男, 清水一, 清水ミシェル・アイズマン, 他. 固有受容性神経筋促進法の骨盤の後方下制のホールド・リラクセスが上肢障害関節に及ぼす効果. *PNF リサーチ.* 第 2 巻 1 号. p22-26. 2002
- 41) 上広晃子, 新井光男, 清水一, 他. 脳卒中後片麻痺患者の骨盤の抵抗運動パターンの相違が患側肩関節可動域に及ぼす効果. *PNF リサーチ.* 第 4 巻 1 号. P24-27. 2004
- 42) 岡村繁男, 新井光男, 西浦健蔵, 他. 骨盤後方下制の中間域での静止性収縮の遠隔後効果としての上肢協調性に及ぼす影響. *PNF リサーチ.* 第 16 巻 1 号. p12-17. 2016
- 43) 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.* 第 7 巻 1 号. p56-60. 2007
- 44) 中島大喜, 村田伸, 飯田康平, 他. 活動的な高齢者の 5m 最速歩行時間と身体・認知・精神機能との関連. *Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy.* 第 6 巻 3 号. p111-116. 2016
- 45) 村田伸, 大田尾浩, 村田潤, 他. 虚弱高齢者における Timed Up and Go Test. 歩行速度, 下肢機能との関連. *理学療法科学.* 第 25 巻 4 号. p513-516. 2010
- 46) Shoji Shinkai, Shuichirou Watanabe, Shu Kumagai et al. 5m-Walking Speed as a Good Predictor for Active Life Expectancy in Older Adults. *Research in Exercise Epidemiology.* Vol.2. p32-38. 2000

Abstract:

Elderly patients with orthopedic diseases have a weak condition, and therapy that considers muscle weakness and rapid fatigue is necessary. The purpose of this study is to examine whether static contraction in the mid-range of the pelvic posterior depressors (SCPD) for proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) can improve gait ability without causing fatigue. The subjects were seven elderly females with orthopedic disease in the spine and lower limbs who attended daycare with rehabilitation. Their average age (SD) was 85.5 (7.6) years. SCPD and hip lift (HL) were conducted in random order for the subjects, with two periods of 10 s of exercise and 20 s of rest. Immediately after each procedure, the 5m gait time and fatigue were measured. The change in gait time was calculated based on the gait time before the intervention. A two-way ANOVA without replication for technique and individual was performed. The mean (SD) changes in gait time were -14.6 (12.8) % after SCPD, and -9.5 (10.6) % after HL. A main effect was shown, and a multiple comparison test (Scheffé method) was performed. SCPD had a more significant effect than HL, but both significantly reduced the gait time ($P < 0.05$). The mean (SD) changes in fatigue (SD) were 7.8 (65.3) % after SCPD, and 54.0 (78.3) % after HL. No main effect was observed. These results show that SCPD may improve gait time in elderly females with double orthopedic diseases without placing a burden on the patient.

Key words:

PNF, SCPD, orthopedic disorders, gait time, fatigue

原著
Original

若年健常者に対する下部体幹筋群への静止性収縮が足関節底屈筋出力に及ぼす影響

Remote aftereffects of resistive static contractions of the lower trunk depressors on strength of the plantar flexor muscles in young adults

高橋 雅人 ¹⁾	白谷 智子 ²⁾
Masato Takahashi	Tomoko Shiratani
来間 弘展 ³⁾	河村 美波 ⁴⁾
Hironobu Kuruma	Miwa Kawamura

- 1) 医療法人社団 英志会 富士整形外科病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Fujiseikeigeka Hospital
- 2) 医療法人社団 苑田会 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 3) 首都大学東京 健康福祉学部
Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 4) 独立行政法人 労働者健康安全機構 東京労災病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Tokyorousai Hospital

要旨

骨盤後方下制の中間域での静止性収縮 (SCPD) 手技の遠隔部位への効果の検討を行った。若年健常成人 14 名 (男性 11 名, 女性 3 名), 平均年齢 (標準偏差) 21.2 歳 (0.9) を, 骨盤 SCPD 手技と足関節底屈筋群の持続伸張 (SS) 手技の 2 群に無作為に分けた。対照群として安静時の足関節底屈最大筋出力を計測し, 各手技後に手技直後, 5 分後, 10 分後の足関節底屈最大筋出力を計測し, 比較検証した。二元配置分散分析の結果, 骨盤 SCPD 手技群で安静時と手技直後において有意な足関節底屈筋出力の低下を認めた。また, 両群ともに経時的な有意な変化を認めなかった。足関節底屈筋群は SS 手技によって有意な筋出力低下を示さなかったが, 骨盤 SCPD 手技において有意な筋出力低下を示した。若年健常者では脊髄レベルでの足関節底屈筋群の出力の抑制が推察され, パフォーマンスは落ちるがリラクゼーション効果があるためクールダウンに有効な可能性がある。

キーワード

固有受容性神経筋促進法, SCPD 手技, 足関節底屈筋出力, 静止性収縮

はじめに

直接アプローチが困難な場合に廃用性症候群を予防する際に, 運動単位の動員を促進する方法として, 骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Sustained contraction of posterior depression: SCPD) 手技の間接的アプローチがある¹⁾。骨盤 SCPD 手技は膝関節自動可動域 (Active ROM: AROM) の改

善^{2,3)}や, 上肢筋群への遠隔部位への効果として肩内旋筋群の筋出力の改善⁴⁾が報告されている。静止性収縮は抵抗運動時に発散現象による促進効果だけでなく, 抵抗運動後の安静保持で遠隔部位に強い抑制または興奮性の増大を誘発することが可能である^{5,6)}。神経生理学的な根拠として, Arai ら⁷⁾は骨

盤 SCPD 手技により遠隔部の橈側手根屈筋 H 波は抑制傾向を生じ、その後の安静保持に H 波の増大が生じさせ、リバウンド現象を報告した。このリバウンド現象は再現性も認められた⁸⁾。また、抵抗運動の方向や強さにより安静時よりも強い抑制効果が得られることが報告されている^{5,6)}。

一方、持続伸張 (Sustained Stretch : SS) 手技は、筋出力を低下させることが報告されている。Fowles ら⁹⁾は、10 人の成人を対象に、33 分かけて 135 秒の 13 回の足関節底屈筋群への最大他動トレッチング群と、コントロール群に分かれて行い、足関節底屈筋出力への影響を検証した。結果、他動ストレッチングにおいて、足関節底屈筋の最大静止性収縮力が経時的に有意に減少したと報告している。また、Kay ら¹⁰⁾は、15 人の健常人を対象に、静的ストレッチが筋肉及び腱の機械的特性と筋活動への影響を検査した。その結果、自動的・他動的足関節底屈筋モーメントを減少させた。これらのストレッチングによる筋出力低下の神経生理学的根拠として、ヒラメ筋 H 波の抑制が報告されている。Moore ら¹¹⁾は、健常の女性 16 名を対象に、H-波の振幅低下を時間経過的に用いて、腹臥位で自動的足関節底屈の等尺性収縮 (最大収縮の 65%~75%) を行い、収縮後の H 波の変化を検証した。その結果、H 波は抑制状態になった。Robertson ら¹²⁾は、他動的ストレッチによりヒラメ筋 H 波が有意に減少したことを報告した。

骨盤 SCPD 手技でもヒラメ筋 H 波において抑制効果を誘発することが報告されている。骨盤 SCPD 手技での同側ヒラメ筋 H 波の影響を検証し、経時的に抑制傾向となった¹³⁾。SS 手技と同様に神経生理学的にヒラメ筋 H 波の抑制が生じるため、骨盤 SCPD 手技の効果として筋出力低下を生じることが推察される。だが、白谷ら¹⁴⁾は足関節骨折患者を対象に骨盤 SCPD 手技が足関節底屈筋出力に及ぼす効果を検証し、足関節底屈筋出力が即時的に増大したと報告した。しかし、白谷ら¹⁴⁾の検証は、整形外科疾患患者を対象にした研究であり、健常者を対象とした効果は明らかでない。また、骨盤 SCPD 手技によりヒラメ筋 H 波が経時的に抑制傾向を生じることが報告されているため¹³⁾、筋出力の経時的な低下が生じる可能性も考えられるが明らかでない。本研究では、安静時とその後骨盤 SCPD 手技と SS 手技による経時的な神経生理学的効果を足関節底屈筋出力で検証した。仮説として、骨盤 SCPD 手技は、経時的な遠隔部位への促進または抑制効果が生じるとした。筋出力が増大した場合は生理学的効果として運動単位の増大が生じる促進効果、低下した場合は運動単位の動員が減少した抑制効果とした。

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脚が右¹⁵⁾の若年健常成人 14 名 (男 11 名, 女 3 名), 平均年齢 (標準偏差) は 21.2 歳 (0.9) 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によって承認され (承認番号 18601), 本研究の参加に対して、事前に研究の趣旨, 内容および研究結果の取り扱いに関して説明し同意を得た。また, 本研究は開示すべき利益相反関係にある企業はなく, 「ヘルシンキ宣言」を遵守した。

2. 方法

対象者に対して, 対照群として安静時の足関節底屈最大筋出力を徒手筋力計 (酒井医療株式会社, モービィ) で測定し, その後に ①骨盤 SCPD 手技群 ② SS 手技群を無作為に分けた。各手技後に, 手技直後 (0 分後), 5 分後, 10 分後に再び足関節底屈最大筋出力を 1 回ずつ測定した。

【各課題の実施方法】

① 骨盤 SCPD 手技群: 姿勢は左側臥位で股関節屈曲 80°, 膝関節屈曲 80°とし, 脊柱が屈曲・伸展中間位となるようにした。頭部は枕を置いて頸椎が中間位になるよう調節した。右骨盤にコルセットを巻きつけ, 滑り止めが付いたテープを坐骨結節にあって, 骨盤前方挙上方向に体長軸に対して斜め 30°になるよう牽引した。負荷量は骨盤 SCPD 最大筋出力の 30% MVC で行った。右骨盤後下方制の中間位での抵抗運動による 30 秒間の静止性収縮と抵抗運動後に 10 秒間の安静を 5 セット行った (図 1-a)。

② SS 手技群: 背臥位で膝関節 10°屈曲位にて, 足関節底屈筋に対して 30 秒間の静的ストレッチと 10 秒間の安静を 5 セット行った。強さは痛みが出現しない程度とした (図 1-b)。



a 骨盤 SCPD 手技



b SS 手技

図 1. 各手技の方法

【足関節底屈最大筋出力の測定方法】

背臥位にて右足関節底屈最大筋出力を、徒手筋力計を用い測定した。徒手筋力計を足底 (MP 関節下) に当て、最大背屈と最大底屈の中間域にて行った。最大筋出力の測定は、安静時、手技直後 (0 分後)、5 分後、10 分後の計 4 回行う。安静時は 3 回実施し、課題後の測定は 1 回のみとした (図 2)。測定はすべて同一検査者が行った。



図 2. 足関節底屈最大筋出力測定方法

【骨盤 SCPD 最大筋出力の測定方法と負荷量の決定】

徒手筋力計にて骨盤 SCPD 最大筋出力を、2 回練習 3 回本番の計 5 回測定した。測定肢位は骨盤 SCPD 手技群の姿勢と同様にした。坐骨結節に徒手筋力計をあて、右骨盤後方下制の中間位で骨盤後方下制に運動させ、等尺性収縮で筋力を測定した。負荷量の決定は、骨盤 SCPD 最大筋出力の最大値を使用し、最大値の 30% を負荷量とした (図 3)。



図 3. 骨盤 SCPD 最大筋出力の測定方法

【データの解析】

1) 足関節底屈最大筋出力測定と骨盤 SCPD 最大筋出力測定の再現性を検証するために、対象者から得られた各々 3 回の測定値を基に級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) を求めた。

2) 足関節底屈筋出力の値は、安静時は 3 回の測定の平均値、課題後は 1 回の結果を使用した。

3) 安静時と課題後の経時的変化の比較をするため、元データを指標とし、手技の効果の差について手技・時間を要因とした二元配置分散分析を行った。また有意差を認めた場合、Bonferroni を用いた多重比較検定を行った。有意水準は 5% とし、統計解析には IBM SPSS Statistics 24 を使用した。

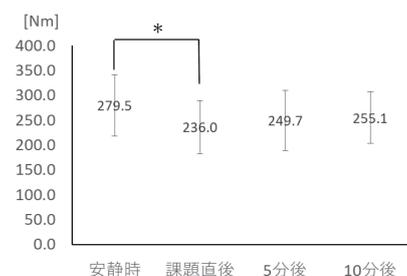
結果

1) ICC(1, 3) は骨盤 SCPD 最大筋力の測定で 0.87、足関節底屈最大筋出力の測定で 0.95、と高い信頼性を認めた。

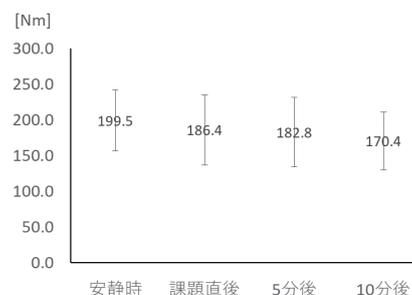
2) 各手技による足関節底屈筋出力の平均値は、骨盤 SCPD 手技群の安静時 279.5 (62.1)Nm, SCPD 手技実施後 246.9 (56.1) Nm, SS 手技群の安静時 199.5 (45.9)Nm, SS 手技実施後 179.9(49.9)Nm であった。

3) 各群の足関節底屈筋出力の手技後の平均値 (SD) は、SCPD 手技直後 236.0(53.5)Nm, 5 分後 249.7(60.4)Nm, 10 分後 255.1(52.1)Nm, SS 手技後直後 186.4(52.6)Nm, 5 分後 182.8(52.0)Nm, 10 分後 170.4(43.1)Nm であった (図 4-a,b)。

4) 手技・時間を要因とした二元配置分散分析の結果、手技と時間に交互作用は認めなかった。時間と手技で主効果を認めた。Bonferroni による多重比較検定の結果、骨盤 SCPD 手技群の安静時と手技直後において有意な足関節底屈筋出力の低下を認めた (図 4-a)。



a 骨盤 SCPD 手技



b SS 手技

図 4. 各手技の時間と足関節底屈筋出力の平均と標準偏差 (* P<0.05)

考察

若年健常者を対象にした、骨盤への抵抗運動による下部体幹筋群への静止性収縮である骨盤 SCPD 手技は、遠隔部位である足関節底屈筋群の即時的な筋出力低下を誘発することが示唆された。仮説である抑制傾向は肯定されたが、促進傾向は認められず、仮説は一部否定された。したがって、骨盤の抵抗運動により、中枢神経系の興奮性に変化が生じ、下行性の遠隔部位への効果として、足関節底屈筋出力抑制の神経生理学的効果に影響を及ぼした可能性が示唆された。

今回の実験では、SS 手技による足関節底屈筋出力への影響は認められなかった。先行研究において SS 手技後に筋出力低下が見られたと報告されている¹⁶⁾。ストレッチ後の筋出力低下の生理学的根拠としては H 波の抑制が推察されている¹⁷⁾。H 波の抑制は、筋紡錘の感度低下や固有受容器の機能低下を示しており、それに伴い運動単位の活動性やインパルスの発射頻度の減少、伸張反射の感受性低下を引き起こす¹⁸⁾。また、腱の張力を感知するゴルジ腱器官からの I b 抑制は、ストレッチ中の腱の伸張を感じとり、I b 群線維から運動ニューロンの興奮性の低下を働きかける重要な役割を果たし得る¹⁹⁾。つまり、SS 手技により中枢神経系へ抑制作用が働き、運動ニューロンの興奮性の低下によって筋出力低下が生じたことが推察される。今回の結果では、SS 手技後の筋出力への有意な変化は見られなかった。先行研究では、SS は伸張持続時間の総量が大きいほど筋出力低下は大きいと言われている²⁰⁾。筋出力低下の報告も 180 秒を超える持続伸張時間で実施しているものが多く、本実験では 150 秒と先行研究より下回っている。それにより筋力への変化が認められなかった可能性がある。

一方で、骨盤 SCPD 手技による遠隔部位への効果においても SS 手技と同様に H 波の抑制傾向が報告されている^{13,21)}。また、下行性の遠隔部位への効果として 井出²²⁾ は健常成人を対象に肩甲骨への抵抗運動により対側ヒラメ筋 H 波の遠隔部への影響を検証し、特定の方向によって H 波抑制が生じた報告している。機能的な効果として、白谷ら²³⁾ は、健常者に対してハムストリングスへの SS 手技と矢状面方向のホールドリラックス手技 (HR)、PNF 運動パターン方向の HR 手技、骨盤 SCPD 手技が膝関節伸展他動可動域 (Passive ROM : PROM) に及ぼす効果を比較検討した。結果、骨盤 SCPD 手技群において有意な改善が認められ、ハムストリングスへの抑制効果による可能性を推察している。つまり骨盤 SCPD 手技は健常者において、遠隔部位の足関節底屈筋群に対して運動単位の動員や発射頻度の神経性因子による筋出力の減少を引き起こし、リラクゼーション効果を生じさせることが考えられる。そのため、若年健常者に対して運動時のパフォーマンス能力の低下に繋がることが推測されるが、運動後のクールダウンにリラクゼーション効果として有効な一助になる可能性がある。

先行研究において、白谷ら¹⁴⁾ は足関節骨折患者への骨盤 SCPD 手技が足関節底屈筋出力改善の有意な即時的効果を報告した。これは疼痛の軽減による筋出力の改善が推察される。侵害刺激による中枢神経活動抑制などにより筋出力に影響を及ぼすことが報告されており、筋出力低下や関節可動域制限などの機能低下を生じやすい²⁴⁾。また術後では疼痛の軽減が

筋出力の回復に影響を及ぼす一因と報告されている²⁵⁾。骨盤 SCPD 手技の疼痛への効果として、田中ら²⁶⁾ は整形外科疾患に対して、視覚的評価スケール (Visual Analogue Scale : VAS) を用いた疼痛の変化と昇段能力に対する骨盤 SCPD 手技の即時的な効果を検証した。その結果、介入前後の変化率において、有意な疼痛軽減と昇段速度の改善を認めた。つまり、今回の実験から患者に対しての骨盤 SCPD 手技は、脊髄レベルでの抑制効果が生じ、リラクゼーション効果を引き起こすことで、疼痛が軽減し、筋出力の改善に繋がる可能性が考えられる。

本研究の臨床的意義として、骨盤からの下部体幹筋群への持続的な抵抗運動は、若年健常者に対して、リラクゼーション効果によるパフォーマンス能力低下が推測されるが、運動後のクールダウンに対して有効な一助になる可能性が示唆された。

実際の臨床では、骨盤 SCPD 手技の静止性収縮の時間はバルサルバ現象が生じないよう 5 秒以内であることが多い。また、SS 手技では施行時間の違いによる影響が示唆されているが、骨盤 SCPD 手技では、健常者に対して今回の実験より短い収縮時間の骨盤の抵抗運動が、遠隔部への効果によって筋出力が増大したという報告もある⁴⁾。収縮時間の違いにより、脊髄レベルに対する効果に差異が生じる可能性が示唆されるため今後も検証が必要である。

引用文献

- 1) 新井光男・柳澤健監修・モビライゼーション PNF. 第 1 版. 10~39. メディカルプレス. 東京. 2009.
- 2) 住田哲昭, 住田ちひろ, 原田泰宏. 下部体幹筋の静止性収縮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(1). 33-38. 2015.
- 3) 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方下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.
- 4) 道祖悟史, 新井光男, 吉開浩之他. 骨盤抵抗運動が肩関節内旋筋力に及ぼす影響. PNF リサーチ. 16(1). 18-24. 2016.
- 5) Arai M, Shiratani T. The Effects of Different Force Directions and Resistance Levels during Unilateral Resistive Static Contraction of the Lower Trunk Muscles on the Ipsilateral Soleus H-reflex in the Side-lying Position. J Nov Physiother 6(3). 100090 Jun. 2016.
- 6) 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. 21(3). 528-533. 2017.
- 7) Arai M, Shiratani T. Neurophysiological study of remote rebound-effect of resistive static contraction of lower trunk on the flexor carpi radialis H-reflex. Current Neurobiology 3(1). 25-29. 2012.
- 8) Arai M, Shiratani T, Michele ES et al. Reproducibility of the neurophysiological remote rebound effects of a resistive static contraction using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation pattern in the mid-range of pe

- lvic motion of posterior depression on the flexor carpi radialis H-reflex. PNF Res. 12. 13- 20. 2012.
- 9) Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. J Appl Physiol. 89. 1179–1188. 2000.
 - 10) Kay AD, Blazevich AJ. Moderate-duration static stretch reduces active and passive plantar flexor moment but not Achilles tendon stiffness or active muscle length. J Appl Physiol. 106. 1249-1256. 2009.
 - 11) Moore MA, Kukulka CG. Depression of Hoffmann reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. Phys Ther. Jun;71(6). 321-333. 1991.
 - 12) Robertson CT, Kitano K, Kocaja DM et al. Temporal depression of the soleus H-reflex during passive stretch. Exp Brain Res (2012). 219. 217–225. 2012.
 - 13) 重田有希, 白谷智子, 保原壘他. 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.
 - 14) 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.
 - 15) 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.
 - 16) Hatano G, Suzuki S, Matsuo S et al. Hamstring Stiffness Returns More Rapidly After Static Stretching Than Range of Motion, Stretch Tolerance, and Isometric Peak Torque. J Sport Rehabil. 1;28(4):325-331. 2019.
 - 17) Budini F, Tilp M. Changes in H-reflex amplitude to muscle stretch and lengthening in humans. Reviews in the Neurosciences. Volume 27. Issue 5. 511–522. 2016.
 - 18) Weir DE, Tingley J, Elder GC. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. Eur J Appl Physiol. 93(5-6). 614-623. 2005.
 - 19) Guissard N, Duchateau J, Hainaut K. Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. Exp Brain Res. 137(2). 163-169. 2001.
 - 20) Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. Appl Physiol Nutr Metab. Jan; 41(1):1-11. 2016.
 - 21) 保原壘, 井出夏葵, 白谷智子他. 運動方向を考慮した上肢筋群による抵抗運動がヒラメ筋 H 波に及ぼす影響. PNF リサーチ . 19(1). 1-6. 2019.
 - 22) 井出夏葵. 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. 首都大学東京 . 2018-03-25. 修士 (理学療法学)
 - 23) 白谷智子, 村上恒二, 新井光男, 清水一他. 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促進手技がハムストリングス伸張度に及ぼす効果の比較. PNF リサーチ . 7(1). 17-22. 2007.
 - 24) 平川善之. 筋機能, 痛みを考慮した筋力トレーニング. 理学療法ジャーナル . 52(8). 749-755. 2018.
 - 25) 山田英司, 森田伸, 田仲勝一, 内田繁博他. 膝関節術後早期の筋力回復に伴う運動単位の活動様式の変化. 理学療法科学 . 25(3). 317-321. 2010.
 - 26) 田中敏之, 新井光男, 崎野祐吾他. 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性収縮手技が昇段能力に及ぼす影響. PNF リサーチ . 18(1). 17-21. 2018.

Abstract:

Previous studies have shown that application of resistive static contraction with manual resistance in the mid-range of the pelvic posterior depressors (RSCPD) using proprioceptive neuromuscular facilitation improves temporary loss of function of a motor unit. The purpose of this study was to investigate the temporal aftereffects of RSCPD on the strength of the plantar flexor muscles compared with sustained stretch (SS) of these muscles in healthy adults. The subjects were 14 healthy adults (11 men and 3 women, mean (SD) age 21. 2 (0.9) years) who underwent RSCPD and SS in a random order. The strength of the plantar flexor muscles was measured at 0, 5, and 10 min after the intervention. Two-way ANOVA showed a significant difference in the strength of these muscles among the time points. There was a significant decrease in strength at 0 min after RSCPD compared to at rest in healthy adults. This finding suggests that RSCPD might be effective for cool-down in young healthy people.

Key words:

proprioceptive neuromuscular facilitation, pelvic posterior depression, strength of the plantar flexor muscle, static contraction

脊椎圧迫骨折患者に対する骨盤運動の中間位での静止性収縮が膝関節屈筋群に及ぼす遠隔後効果

Cumulative effect of resistive static contraction of the lower trunk muscles on the strength of knee flexor muscles in patients with vertebral compression fracture

保原 塁 ¹⁾ Rui Hobara	白谷 智子 ¹⁾ Tomoko Shiratani
新井 光男 ²⁾ Mitsuo Arai	榎本 一枝 ³⁾ Kazue Masumoto

- 1) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 2) KARADA コンディショニングスタジオ i-Potential Ginza
KARADA Conditioning studio i-Potential Ginza
- 3) しげのぶ整形外科 リウマチ・リハビリクリニック
Department of Rehabilitation, Shigenobu Orthopedics Rheumatism Rehabilitation Clinic

要旨

脊椎圧迫骨折患者に対し、直接的アプローチである筋力増強訓練（SC 手技）を対照群とし、間接的アプローチである SCPD 手技が膝関節屈筋群に及ぼす遠隔後効果（膝関節屈筋群の筋力に及ぼす効果）について検証した。対象者は、脊椎圧迫骨折患者 4 名（平均年齢 80.8（±9.3）歳）であった。検証方法はシングルケーススタディ AB 型で、A 期を SC 手技、B 期を SCPD 手技とし、介入順序は乱数表を用いて決定し、各手技を週 5 日間ずつ計 2 週間実施した。SC 手技では介入 5 日間すべて筋力が低下し、生理学的な抑制傾向が推察された。SCPD 手技では SC 手技と比較し、有意に即時的な促通効果を認めた。また、経時的効果は介入 2 日目では初日より筋力が低下し抑制傾向を示したが、SC 手技よりも平均筋力変化率が高く、3～5 日目は筋力が増加し生理学的な促通傾向が推察された。SCPD 手技により遠隔部位である膝関節屈筋群の筋出力を増大させる可能性が示唆された。

キーワード

SCPD 手技、膝関節屈筋力、静止性収縮

はじめに

脊椎圧迫骨折は高齢者に多い骨折のひとつであり、保存療法による長期臥床や疼痛による廃用症候群や筋力低下を招くことがあるため、早期離床により廃用症候群を予防し日常生活動作の自立を獲得することが必要である。起立や歩行では大腿四頭筋の作用が重要とされる一方、ハムストリングスも

膝関節伸展¹⁾や骨盤を水平に保ち体重を持ち上げる作用があるとされる²⁾。そのため起立や歩行などの日常生活動作自立のためにはハムストリングスの筋力訓練が必要である。しかし、ハムストリングスの筋力増強訓練は腹臥位で行われることが多く、脊椎圧迫骨折患者の場合、骨折部が完全に修復さ

れないまま運動を行うと骨折部の骨の癒合に影響を及ぼす可能性がある。そのため、早期に腹臥位でハムストリングスの筋力増強訓練を行うことはリスクが高く、効率的な筋力増強訓練を行うことは困難なことが多い。

リハビリテーションのアプローチ方法には障害部位に直接アプローチする直接的アプローチと障害部位から離れた遠隔部位にアプローチする間接的アプローチがある。直接的アプローチは、動きにくい関節や筋力低下をきたした筋に直接アプローチする方法であり、主にストレッチやその筋の筋力増強訓練を行うことが多い。筋力増強訓練は過負荷の原則として60～70% MVCでの筋力トレーニングが高いエビデンスで推奨されており^{3,4)}、筋力増強のための負荷の最低基準は最大筋力の40%以上とされている^{5,6)}、等尺性収縮による筋力増強訓練の場合には最大筋力の40～50% MVCで15～20秒、60～70% MVCで6～10秒が必要とされている⁵⁾。また、高齢者でも筋力増強訓練により筋力増強効果が得られるとされるが、臨床では疼痛や疲労の影響を考慮すると高負荷での筋力訓練が困難であることが多い。先行研究では、6週間の介入の結果、低負荷でも疲労困憊になるまで反復することで、高負荷(75% MVC × 3セット)のトレーニングと同等の効果が得られることが報告されている⁷⁾。しかし、臨床では疲労困憊まで訓練を行うことが困難なことが多くリスクを考慮し負荷量を調整しながら筋力増強訓練を実施するため、筋力増強効果を得るためには時間が必要である。

一方、間接的アプローチは、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介入を行う方法である。間接的アプローチのひとつとして、骨盤後下方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)がある。SCPD手技は、モビライゼーションPNFのSCF手技(中間域での静止性収縮促通手技)のひとつで、骨盤のPNFパターンの後下方制の中間域で静止性収縮を促通する手技である⁸⁾、SCPD手技による遠隔後効果は先行研究でも数多く報告されており、即時的効果として自動可動域の増大⁹⁾や筋力の改善^{10,11)}などが報告されている。また、経時的効果として脳卒中片麻痺患者の麻痺側への荷重の改善¹²⁾、起き上がりに要する時の短縮¹³⁾、片脚立位保持時間の増大¹⁴⁾、起立に要する時間の短縮¹⁵⁾などの報告がある。SCPD手技により自動関節可動域や筋力、基本動作能力の改善が報告されているが、脊椎圧迫骨折患者に対する膝関節屈筋群の筋力に及ぼす遠隔後効果については明らかでない。SCPD手技による膝関節自動可動域改善の生理学的機序として、手技後にハムストリングスの抑制効果が生じる可能性が推察されている^{16,17)}。しかし、脊椎レベルに抑制が生じていても随意的な努力を行うことで中枢の促通に転換し筋力増大が生じることが報告されている¹⁸⁾。

本研究では指標を膝関節屈筋群の筋力とし、膝関節屈筋群への直接的アプローチである筋力増強訓練(Static contraction; SC手技)を対照とし、間接的アプローチであるSCPD手技後の遠隔の膝関節屈筋群の筋出力に及ぼす後効果(遠隔後効

果)について検証した。筋出力が増大した場合は生理学的効果として運動単位の増大が生じる促通効果、低下した場合は運動単位の動員が減少した抑制効果とした。

対象と方法

1. 対象

対象は当院入院中の脊椎圧迫骨折患者4名(女性4名、平均年齢80.8(±9.3)歳)で、医師より離床の許可を得た受傷日より3ヶ月以内の者でコルセットを所有している者とした。除外基準は、口頭指示の理解が良好でない者、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87号)を得て行い、研究同意書に署名を得た人を対象とした。

2. データ収集

1) 膝関節屈筋群 MVC (Maximum voluntary contraction; MVC) の計測

ハンドヘルドダイナモメーター(以下HHD、ミュータスF-1、アニマ社製)を使用し介入前後に2回最大筋力を計測した。測定肢位は背臥位で測定肢の下腿をベッドから下ろし、骨盤が安定するよう反対側下肢はベッド上膝立て位とした。

ハンドヘルドダイナモメーターのセンサーパッドを下腿遠位部に固定して、前方の支柱とベルトで連結し膝関節屈筋群の最大筋力を2回計測した。

2) 骨盤後下方制筋群 MVC の測定

測定肢位は、側臥位で脊柱・骨盤後下方制中間位、股関節・膝関節軽度屈曲位とした。坐骨結節にHHDを接触させ、検者が固定し、骨盤後下方制筋群のMVCを2回計測した。

3. 介入方法

検証方法はシングルケーススタディ(AB型)とし、A期(基礎水準測定期)を直接的アプローチであるSC手技、B期(操作導入期)を間接的アプローチであるSCPD手技とし週5日間、計2週間実施し、A期とB期の介入順は乱数表を用いてランダムに決定した。

1) SC手技(直接的アプローチ)

運動肢位は膝関節屈筋群のMVC計測時と同様とし、牽引台とロープと重錘を使用し、膝関節屈筋群への抵抗運動を実施した(図1)。本研究での被験者4名は円背は認められず背臥位保持が可能であった。負荷量は60%MVCとし、3秒間の静止性収縮後10秒間の休息をとることを1セットとして10セット実施した。



図1. SC手技

2) SCPD手技

運動肢位は骨盤下制筋群のMVC測定時と同様とし、HHDのセンサーパッドを坐骨結節に検者が固定し30%MVC(5%の誤差になるように抵抗量を調整)の抵抗量で骨盤後方下制筋群への抵抗運動を実施した(図2)。負荷量は30%MVCとし、骨盤後方下制中間域での静止性収縮を3秒間実施後10秒の休息をとることを1セットとして10回実施した。

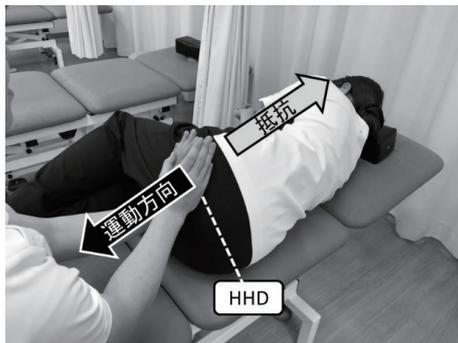


図2. SCPD手技

4. データ解析方法

統計解析にはEZRVersion 1.40を用い、有意水準は5%とした。

1) 介入前の膝関節屈筋群MVCの再現性の検証

介入前の膝関節屈筋群MVCの再現性を検証するために、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) 膝関節屈筋群の変化率

膝関節屈筋群の変化率は、各週の初回介入前の膝関節屈筋力を基準値とし以下の式より求め指標とした。

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

3) 各期における膝関節屈筋群への効果の検証

各期における膝関節屈筋群への効果を検証するために、介入期間と手技を要因とした反復測定二元配置分散分析を実施し、有意差を認めたものについては多重比較検(Bonferroni法)を実施した。

結果

1) 介入前の膝関節屈筋群MVCの再現性の検証

級内相関係数ICC(1,2) = 0.92と高い信頼性を認めた。各介入による筋力の生データの変化を表1に示す(表1)。

2) 膝関節屈筋群の変化率

SC手技では介入5日間すべて筋力が低下し、生理学的な抑制傾向が推察された。SCPD手技ではSC手技と比較し、介入1日目に有意に即時的な促進効果を認めた。また、経時的効果はSC手技よりも平均筋力変化率が高く、介入2日目は初日より筋力が低下し抑制傾向を示したが、3~5日目は筋力が増加し生理学的な促進傾向が推察された(表2)。

3) 各期における膝関節屈筋群への効果の検証

反復測定二元配置分散分析の結果、介入期間と手技間に交互作用が認められた(p<0.05)。Bonferroni法による多重比較検定の結果、介入1日目においてSC手技と比較しSCPD手技で平均筋力変化率の増大が認められた(p<0.05)。(図3)

表 1. 介入による筋力の変化

手技 被験者	1日目				2日目				3日目				4日目				5日目				
	Pre1	Pre2	Post1	Post2																	
SC	A	2.1	2.4	1.4	2.1	1.6	1.9	2.1	1.5	1.9	1.7	2.1	1.9	1.7	2.3	1.6	1.7	2.3	2.1	2.1	1.7
	B	3.4	3.5	3.3	3.1	3.5	2.9	2.9	3.6	3.3	3.2	3.6	4.2	3.8	4.0	3.5	3.6	3.6	3.4	3.7	3.5
	C	2.5	2.6	2.3	2.3	2.6	2.0	2.1	2.4	2.0	2.5	2.1	2.6	2.5	2.2	2.4	2.1	2.4	2.5	3.1	2.8
	D	5.3	4.2	3.4	3.6	3.7	3.3	3.6	3.4	3.8	3.2	3.6	3.6	3.8	3.4	3.7	3.7	4.2	5.6	4.0	4.3
SCPD	A	1.2	1.2	2.1	1.9	2.3	1.7	1.4	2.0	1.7	1.7	1.7	1.9	1.6	2.0	2.1	1.6	1.2	1.7	1.7	1.8
	B	3.1	4.0	2.9	4.0	3.4	3.5	2.4	3.0	2.6	2.8	2.7	2.2	2.6	2.3	2.5	3.0	3.0	3.7	3.0	3.6
	C	2.4	2.2	3.1	2.4	2.9	2.6	1.9	2.0	1.8	2.1	2.5	2.8	2.3	3.0	2.6	2.4	2.8	2.5	3.6	2.4
	D	4.5	3.4	4.3	4.8	4.6	4.5	2.5	2.7	2.3	2.9	3.7	3.9	3.4	4.2	4.9	4.6	5.8	5.4	5.6	5.6

単位 : Kg

表 2. 各期の膝関節屈筋群の平均変化率 (標準偏差)(%)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
SC	-16.40 (8.05)	-15.97 (7.82)	-7.53 (13.36)	-14.41 (11.36)	-2.04 (12.75)
SCPD	24.65 (25.67)	-7.92 (29.40)	7.61 (29.47)	15.15 (27.43)	27.75 (20.86)

平均値 (± 標準偏差)

変化率 (%) = (介入後の筋力 - 初回介入前の筋力) / 初回介入前の筋力 × 100

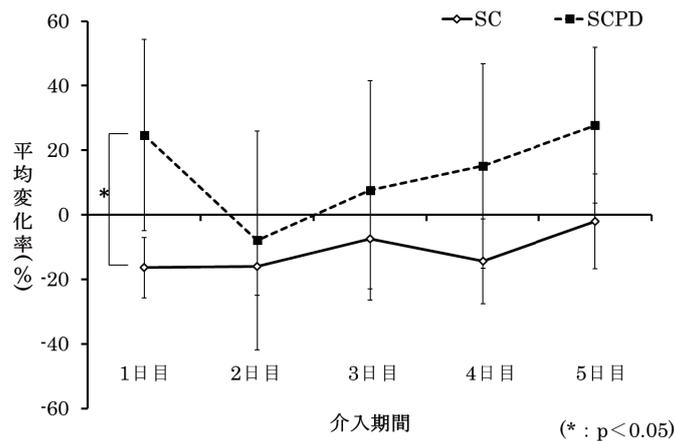


図 3. 膝関節屈筋群平均変化率と標準偏差

考察

脊椎圧迫骨折患者に対し SC 手技及び SCPD 手技を週 5 日間ずつ計 2 週間介入した結果、SC 手技では、介入 5 日間すべて筋力が低下し、生理学的な抑制傾向が推察された。SCPD 手技では SC 手技と比較し、有意に即時的な促進効果を認めた。また、介入 2 日目では初日より筋力が低下し抑制傾向を示したが、経時的効果は、SC 手技よりも平均筋力変化率が高く、3～5 日目は筋力が増加し生理学的な促進傾向が推察された。

SC 手技では膝関節屈筋群の静止性収縮を用いた抵抗運動により筋力増強を図ったが、筋力は抑制傾向であった。抑制傾向であった生理学的機序として I b 抑制が考えられる。I b 抑制は最大静止性収縮よりも弱い抵抗でも認められるが¹⁹⁾、膝関節屈筋群の静止性収縮によりリラクゼーション効果が得られた可能性が推察された。

一方、SCPD 手技では SC 手技と比較し有意に即時的な促進効果が認められた。また、経時的効果として SC 手技よりも平均筋力変化率が高く、介入 2 日目では抑制傾向を示したが、3～5 日目は促進傾向であった。SCPD 手技による神経生理学的効果の検証として、清水ら²⁰⁾は、SCPD 手技群、持続的伸張群、安静群で、各手技を 20 秒間実施した時とその後の同側ヒラメ筋 H 波を測定した結果、SCPD 手技中においてヒラメ筋 H 波の促進効果が認められたことを報告している。遠隔部位の随意収縮が下肢に及ぼす神経生理学的効果については脊髄固有反射の影響が推察されており²¹⁾、本研究でも、SCPD 手技による遠隔の筋出力の増大傾向は遠隔の後効果として中枢神経系の興奮性が増大した可能性が示唆される。また、Arai ら²²⁾は、対側のハンドグリップと同側 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、SCPD 手技中は抑制したが、SCPD 手技後の安静時に遠隔後効果として中枢の促進効果を報告している（リバウンド効果）。SCPD 手技がハムストリングスに及ぼす遠隔後効果に及ぼす先行研究では SCPD 手技後に膝関節伸展自動可動域が増大したことよりハムストリングスの抑制効果が生じる可能性が示唆されている^{16,17)}。本研究での SCPD 手技により遠隔部のハムストリングスが安静時より深く抑制され（遠隔効果）、その後の遠隔後効果として興奮性が高まり運動単位の動員が増大したりバウンド効果が生じた可能性が推察される。

本研究の新規性は、直接的アプローチである SC 手技と間接的アプローチである SCPD 手技が脊椎圧迫骨折患者の膝関節屈筋群に及ぼす効果は、SC 手技と比較し SCPD 手技で遠隔後効果として有意な筋出力の増大が得られたことである。痛みやギプス固定により患部へ直接アプローチが困難な場合、SCPD 手技の遠隔後効果により膝関節屈筋群の筋力増大が得られ、廃用性の下肢筋力低下を防止するための一助となる可能性が示唆された。

今後の課題として、今回は 5 日間という短期的な介入であったため被験者数を増やし長期的な介入による筋力増強の影響を検証する必要がある。

引用文献

- 1) 吉澤隆志, 松永秀俊, 藤沢しげ子. Strength Ergo による下肢伸展トルクと膝関節屈曲筋力との関係 - 閉鎖運動連鎖における膝関節屈曲筋の働きについて -. 理学療法科学 25 (1), 33-36, 2010.
- 2) 河村顕治, 変形性膝関節症における温熱と CKC 運動の効果. Jpn J Rehabil Med47, 862-866, 2010.
- 3) 市橋則明, 臨床理学療法領域におけるコア・パラダイム - 筋力トレーニングにおけるパラダイムシフト -. 理学療法学 42 (8), 695-696, 2015.
- 4) 木藤伸宏, 金口瑛典, 小澤純也. 筋力増強運動の基本と実際. Jpn J Rehabil Med54, 746-751, 2017.
- 5) Hettinger T (著), 猪飼道夫, 松井秀治 (訳). アイソメトリックトレーニング - 筋力トレーニングの理論と実際 -. 79-139, 大修館書店, 東京, 1970.
- 6) 対馬栄輝, 自重による筋力増強. 理学療法 24 (7), 923-931, 2007.
- 7) Riki Ogasawara, Jeremy P. Loenneke, Robert S. Thiebaud, et al, Low-Load Bench Press Training to Fatigue Results in Muscle Hypertrophy Similar to High-Load Bench Press Training, Int J Clin Med2013, 4, 114-121
- 8) 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.
- 9) 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関節可動域に及ぼす効果の検証. PNF リサーチ 15, 33-38, 2015.
- 10) 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, 20-24, 2017.
- 11) 白谷智子, 保原 壘, 新井光男, 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, 13-16, 2018.
- 12) 榊本一枝, 新井光男, 村上恒二, 他, 骨盤後方下制が麻痺側への荷重に及ぼす影響 - 脳卒中片麻痺患者での検討 -. PNF リサーチ 7, 6-16, 2007.
- 13) 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, 23-27, 2007.
- 14) 高野匠子, 新井光男, 竹澤美穂, 脳卒中後片麻痺患者の骨盤への抵抗運動が片脚立位時間に及ぼす影響. PNF リサーチ 16, 25-31, 2016.
- 15) 村崎由希子, 白谷智子, 血液透析患者に対する抵抗運動による下部体幹筋群の静止性収縮の促進手技が椅子からの立ち上がり時間に及ぼす影響. PNF リサーチ 17, 16-19, 2017.
- 16) 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方下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, 79-84, 2007.
- 17) 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, 14-20, 2008.
- 18) 白谷智子, 新井光男, 来間弘展, 他.: 固有受容性神経筋促通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, 13-16, 2018.
- 19) Sohei Yanagawa, Masaomi Shindo, Shinichi Nakagawa. Increase in Ib inhibition by antagonistic voluntary contraction in man. *J. Physiology* 440, 311-323, 1991.
- 20) 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, 54-61, 2015.
- 21) 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.
- 22) 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, 13-20, 2012.
-

Abstract:

The purpose of this study was to examine the cumulative effects of resistive static contraction of the lower trunk muscles for 3 sec (SC), as a direct approach, and proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) in the mid-range of the pelvic posterior depressors for 3 sec (SCPD), as an indirect approach, on knee flexor muscles in patients with vertebral compression fracture. The subjects were 4 patients with a mean (SD) age of 80.8 (9.3) years who had this fracture. A single-subject experimental design was used with SC and SCPD performed in random order. The intervention period was 2 weeks for each procedure, for 5 days a week. Regarding the immediate effects, a Bonferroni post-hoc test showed that the change in average muscle strength on the first day of each intervention was significantly greater after SCPD than after SC. However, on the second day, the change in average muscle strength was significantly reduced after SCPD compared to that after SC. This suggests that muscle strength was increased by a rebound effect on the excitability of motor units of the knee flexor muscles.

Key words:

SCPD, Knee flexor strength, Static contraction