

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

Remote after-effects of resistive static contractions of the lower trunk depressors on strength of the plantar flexor muscle after ankle fracture

白谷智子 ¹⁾ Shiratani Tomoko	新井光男 ²⁾ Arai Mitsuo	来間弘展 ²⁾ Kuruma Hironobu
保原 塁 ¹⁾ Hobara Rui	井手夏葵 ³⁾ Ide Natsuki	榎本一枝 ⁴⁾ Masumoto Kazue

- 1) 苑田第二病院 リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital
- 2) 首都大学東京 健康福祉学部
School of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 3) つくば国際大学 医療保健学部
Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International 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

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) 手技の有効性を検証した。SCPD 手技は遠隔のヒラメ筋 H 波に遠隔後効果として抑制が生じ足関節底屈筋群の筋力を低下させる可能性があるため足関節骨折と診断された 5 名を対象に検証した。平均年齢 (SD) は 45.8 (2.8) 歳であった。方法は同一被験者に SCPD 手技と足関節底屈筋群の持続伸張 (SS) 手技を無作為に行い、各手技後の足関節底屈筋群の最大筋力値を比較検証した。二元配置分散分析の結果、SS 手技より SCPD 手技で有意な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。最大足関節底屈筋群の増加により SCPD 手技による遠隔後効果は抑制ではなく促通である可能性が推察され、遠隔部位の萎縮の予防・筋力強化の適応の可能性が示唆された。

キーワード

PNF, 足関節骨折, SCPD 手技, 静止性収縮

はじめに

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) 手技がある^{1,2)}。

直接アプローチが困難な段階で廃用症候群を予防する場合は運動単位の動員の促通が必要であるが³⁾、SCPD 手技の神経生理学的効果として、ヒラメ筋 H 波に抑制効果を誘発する可

能性が報告されており^{3,4)} リラクゼーションが生じ筋力低下が生じる可能性がある。リラクゼーションが生じる手技としては持続的伸張 (Sustained Stretch; SS) 手技があり、ヒラメ筋 H 波による検証では SS 手技後の効果として抑制が認められている^{5,6)}。SS 手技により筋力低下が認められるが^{7,8)}、その原因としてこの抑制効果が推察される。

SCPD 手技は SS 手技と同様に神経生理学的にはヒラメ筋 H 波の抑制が生じ遠隔後効果としてリラクゼーションが生じることにより筋力の低下が生じる可能性が推察される。健常者を対象に足関節底屈筋群の SS 手技と SCPD 手技をランダ

ムに 10 秒行い、手技後の足関節背屈自動関節可動域 (Active range of motion; AROM) に及ぼす効果について検証した結果、SS 手技より SCPD 手技において有意に足関節背屈 AROM が改善した報告されているが⁹⁾、下腿三頭筋の抑制により足関節背屈 AROM が増大したか、前脛骨筋の運動単位の増大による影響なのか明らかでない。SCPD 手技の H 波の抑制から推察すると下腿三頭筋の抑制により AROM が増大した可能性があるが、臨床的には下腿三頭筋の筋力は増大することを経験している。SCPD 手技の遠隔後効果としての足関節底屈筋群の筋力の増減を検証することにより、下腿三頭筋への抑制効果の有無が明らかになる。もし抑制であれば SCPD 手技により下腿三頭筋の筋力が低下したら萎縮を助長することになるので禁忌的な手技になる。

足関節骨折と診断された患者を対象に SCPD 手技の足関節底屈筋群の筋力の増減を検証することにより SCPD 手技の遠隔後効果を明らかにすることは、抵抗運動の効果の検証として臨床的な意義があると考えられる。

本研究の目的は、SCPD 手技の遠隔後効果が、SS 手技と同様にリラクゼーション効果か運動単位の動員を促進する手技なのかを明らかにすることである。

対象と方法

1. 対象

対象は本研究に同意を得た 5 名 (男性 2 名、女性 3 名、平均年齢 (SD) 45.8 (2.8) 歳、手術療法 4 名、保存療法 1 名) の足関節骨折と診断された患者であった。取り込み基準は、口頭指示の理解が良好で心疾患・神経疾患の既往のない、自動関節可動域訓練、体重全負荷が許可されたものとした。

本研究は医療法人社団苑田会倫理委員会の承認を得て行い、研究同意書に署名を得た人を対象とした。また、対象者には研究同意の撤回がいつでも可能なことを説明した。

2. 方法

全対象者に 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を測定し、各手技前の最大筋力を基準値として変化率を求め指標とした。

【足関節底屈筋群最大筋力の測定方法】

足関節底屈筋群の最大筋力の測定方法は、背臥位にて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。徒手筋力計を足底 (MP 関節下) にあて、最大背屈と最大底屈の中間域にて行った (図 1)。最大筋力の測定は、手技前・手技後に測定した。



図 1. 足関節底屈筋群最大筋力測定方法

【各手技の実施方法】

① SCPD 手技：被験者を側臥位 (股関節 80° 屈曲位、膝関節 80° 屈曲位) にし、坐骨結節に徒手筋力計をあて、骨盤の後方下制の中間域で頭側方向に抵抗を加えた。運動方向は、体長軸に対し斜め 30° となるように行った。抵抗量は最大筋力の 20% とし、抵抗量の確認は、徒手筋力計 (酒井医療社製徒手筋力計モービィ・MT-100, ノラクソン社製マイオトレース 400) を用い、検者は抵抗量のフィードバックを行いながら抵抗した (図 2-a)。

SCPD 手技の最大筋力の測定方法は、側臥位で、徒手筋力計 (酒井医療社製徒手筋力計モービィ・MT-100) を坐骨結節にあて測定した。

② SS 手技 (コントロール)：肢位は背臥位とした。膝関節伸展位にて足関節底屈筋群のストレッチを行った。ストレッチの強さは痛みが出現しない程度とした (図 2-b)。



図 2-a SCPD 手技



図 2-b SS 手技

図 2. 各手技の方法

運動の順番は乱数表を用い決定し、対象者はすべての運動を患側で実施した。運動 20 秒と安静 20 秒を 1 セットとし 3 セット実施した。

【データ解析方法】

統計解析は手技前の足関節底屈筋群の最大筋力を基準値とし、手技前の 1 回目と 2 回目の平均値を基準値として、各手技後の 1 回目と 2 回目の平均値の足関節底屈筋群最大筋力の変化率を算出した。

$$\text{変化率} = ((\text{運動後} - \text{運動前}) / \text{運動前}) \times 100$$

足関節底屈筋群最大筋力の変化率を指標とし、手技と個人を要因とした繰り返しのある二元配置分散分析を行った。有意差の認められた要因については多重比較検定を行った。有意水準は 5% とした。統計分析は SPSS for Windows (version 21) を用いた。

結果

- 1) 介入前の足関節底屈筋群 MVC 値 (2 回) の級内相関係数は、 $ICC(1, 2) = 0.82$ で高い信頼性を認めた。
- 2) 手技前と各手技後の平均変化値 (SD) は、手技前は 16.94 (3.67) kg, SCPD 手技後は 17.69 (4.43) kg, SS 手技後は 15.84 (4.05) kg であった。
- 3) 足関節底屈筋群筋力の平均変化率 (SD) は、SCPD 手技は 4.60 (13.66) %, SS 手技は -6.60 (8.73) % であった。
- 4) 足関節底屈筋群最大筋力の変化率について、手技と個人を要因とした繰返しのある二元配置分散分析の結果、手技の要因 ($F(1, 56) = 22.53, p = 0.01$), 個人の要因 ($F(4, 56) = 17.88, p = 0.01$) において有意差が認められた。
- 5) 多重比較検定 (図 3) を行った結果、SS 手技より SCPD 手技において有意な筋力の増大が認められた ($p < 0.05$)。

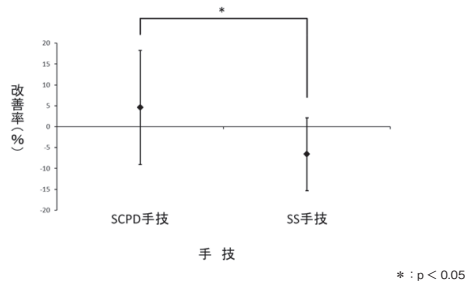


図 3. 多重比較検定

考察

今回の結果より、個人差はあるが SS 手技と比較し SCPD 手技では有意な最大足関節底屈筋群の増大が認められたことは遠隔後効果として運動単位の動員の促通が示唆された。固定による萎縮筋は解剖学的損失よりも機能的に運動単位を動員することが一時的に困難になった状態に陥ることが主な問題点であることが報告されている¹⁰⁾。骨折後の患者を対象とした今回の研究により、SCPD 手技による下行性の遠隔後効果による促通により、運動単位の動員が得られことにより筋力が増大したことが推察される。SCPD 手技においても、同側下肢に及ぼす効果としては抑制効果が生じている可能性が報告されているが^{3,4)}、筋力が増強された今回の研究から推察すると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に転換し筋力増大が生じた可能性が推察される。

また、SCPD 手技において有意に足関節背屈 AROM が改善した⁹⁾ 生理学的機序は、下腿三頭筋の抑制ではなく前脛骨筋の運動単位の増大による影響の可能性が推察できる。安静時より深い抑制後に随意的収縮が生じると運動単位が増大できる可能性が推察される。整形外科疾患を有する患者で歩行反復練習群より SCPD 手技群において有意に歩行能力が改善したことが報告されているが^{11,12)}、本研究で示唆されたような足関節底屈筋群最大筋力の増大が生じたことにより歩行能力が改善した可能性が推察される。

持続伸張後の筋力の抑制の生理学的背景としては、Ib 抑制の可能性が示唆されており¹³⁾、健常者だけでなく整形外科疾患患者においても同様に持続伸張後に静止性収縮力が低下

する可能性が示唆された。SS 手技の場合は随意的努力によっても抑制が転換されず筋力が発揮されにくいことが推察される。SCPD 手技は間接的ではあるが随意的努力により外力に抗する運動であり、運動時に中枢性の促通性が生じた後に抑制された状態なので、SS 手技のような受動的な刺激でなかったことが今回の結果の差異の理由として考えられる。

以上より、痛みなどにより障害部位に直接アプローチが困難な場合、障害部位より遠隔の骨盤部位を操作し、下部体幹筋群の抵抗運動により足関節底屈筋群の最大筋力の改善を図ることが有効であることが示唆され、萎縮予防の有効性と筋力強化の可能性が期待される。

足関節骨折は下肢の中でも受傷頻度の高い骨折である。治療は保存的治療 (ギプス固定) または手術的治療が行われる。保存的治療ではギプス固定により足関節を動かすことは困難であり、手術後は早期に関節可動域訓練が開始されるが、足関節背屈可動域制限により立ち上がり動作やししゃがみ込み動作、歩行や階段昇降に支障を来す患者が多い。今回の結果より、骨折後の固定された部位の萎縮予防・筋力強化に遠隔の部位の抵抗運動が有効である可能性のエビデンスの一端を呈示できた。

SCPD 手技の上行性の遠隔部位の反応として、橈側手根屈筋 H 波の影響は、SCPD 手技による抵抗運動時には興奮 (発散現象) は生じないで抑制傾向を示し、その後の安静保持時に H 波の増大 (促通) が生じるリバウンド現象が示唆され¹⁴⁾、再現性も確認されている¹⁵⁾。また、抵抗運動の方向や強さにより後効果として安静時よりも深い抑制効果が得られることが明らかになってきている^{16,17)}。

研究の限界としては、骨折の部位・抵抗運動の部位・抵抗量・方向の相違による効果の差異は明らかでないので一般化のためには検証する必要がある。また、本研究では手術の様式の相違による影響や手術と保存療法による影響の差異を考慮していないので今後検証していく必要がある。

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) 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*. vol 15 (1) . p.54-61. 2015
- 4) 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. 第 17 回日本 PNF 学会抄録. p.4. 2017.
- 5) Robertson CT, Kitano K, Kocejka DM, Riley ZA. Temporal depression of the soleus H-reflex during passive stretch. *Exp Brain Res*. 219 (2) . p.217-225. 2012.

- 6) Budini F, Tilp M. Changes in H-reflex amplitude to muscle stretch and lengthening in humans. *Rev Neurosci.* 27 (5) . p.511-522. 2016.
- 7) Kay AD, Blazeovich AJ.: Isometric contractions reduce plantar flexor moment, Achilles tendon stiffness, and neuromuscular activity but remove the subsequent effects of stretch. *J Appl Physiol* 107. p.1181-1189. 2009.
- 8) 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. p.614-623. 2005.
- 9) 清水 千穂, 黒田 剛一, 新井 光男, 柳澤 健, 木森 研治. 骨盤への抵抗運動が足関節自動関節可動域に及ぼす即時的効果. 第42回日本理学療法学会大会抄録集. 34 (2) . 2007.
- 10) Sale DG, McComas AJ, MacDougall JD, Upton AR. Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J Appl Physiol.* 53. p.419-424. 1982.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) Guissard N, Duchateau J.: Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar flexor muscles. *Muscle Nerve* 29. p.248-255. 2004.
- 14) 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) . p.25-29. 2012.
- 15) Arai M, Shiratani T, Michele ES, et al.: Reproducibility of the neurophysiological remoterebound effects of a 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 Res.* 12 (1) .p13-20. 2012.
- 16) 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. 2016.
- 17) Shiratani T, Arai M, Kuruma H, Masumoto K. 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) . p.528-533. 2017.

Abstract:

Previous studies have shown that application of resistive static contraction with manual resistance using proprioceptive neuromuscular facilitation in mid-range pelvic posterior depression (RSCPD) improves temporary loss of functioning motor units. The purpose of this study was to investigate the after-effects of RSCPD on the strength of the plantar flexor muscle compared with static stretch (SS) of the plantar flexor after ankle fracture. The subjects were 5 patients with ankle fractures (2 men and 3 women, mean (SD) 45.8 (72.8) years) who underwent RSCPD and SS in a random order. The mean percentage changes of the maximal ankle plantar flexors (SD) were 4.60 (13.66) % after RSCPD and -6.60 (8.73) % after SS. Two-way ANOVA showed a significant difference between the techniques based on the percentage improvement in the strength of the plantar flexor muscle ($F(1, 56) = 22.53, p = 0.01$). RSCPD showed a significant improvement compared to SS in patients with ankle fracture, which suggests a remote after-effect on impairment of the ability to activate motor units.

Key words:

PNF, ankle fracture, pelvic posterior depression, static contraction