

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
静止性収縮促通手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす後効果A study of the remote after-effects of resistive static contractions of the
lower trunk depressors on muscle strength of knee extensors in vertebral
compression fracture patients井手夏葵¹⁾ 白谷智子²⁾ 保原塁²⁾
Ide Natsuki Shiratani Tomoko Hobara Rui

- 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

要旨

モビライゼーション PNF 手技の一つである骨盤運動パターンの中間域での静止性収縮促通 (RSCPD) 手技が、遠隔の関節可動域や ADL 能力の改善に有効であることが報告されている。今回、RSCPD 手技が遠隔の膝関節伸筋群筋力に及ぼす後効果について検証した。対象は脊椎圧迫骨折患者 5 名で、平均年齢は 76.6±7.3 歳であった。課題は RSCPD 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に及ぼす効果を検証した。二元配置分散分析の結果、手技間に有意差は認められなかったが、両抵抗運動ともに変化率の改善傾向が認められ、RSCPD 手技後に遠隔後効果として運動単位の動員が得られる促通効果が生じる可能性が示唆された。しかし、個人差が大きく、抵抗運動後に筋力値が低下した症例もあり、RSCPD 手技の遠隔後効果による抑制効果が生じる可能性も示唆された。

キーワード

固有受容性神経筋促通法 (PNF), RSCPD 手技, 膝関節伸筋群筋力, 遠隔後効果, モビライゼーション PNF

はじめに

社会の高齢化に伴い骨粗鬆症性骨折は増加しており、その中でも脊椎圧迫骨折は最も頻発する骨粗鬆症性骨折である。その治療方針はいまだ確立されていないが、多くの場合は安静臥床とコルセットの装用による保存療法が行われる。正常の骨折治癒が起らず椎体圧潰が進行することにより高度な後弯変形や偽関節化が生じることから^{1,2)}、保存療法を選択した場合、一定期間ベッド上での安静臥床が強いられ、廃用性の下肢筋力低下を呈する症例を臨床で多く経験する。安静による筋力低下に関する報告は多数なされており、絶対安静の状態で筋収縮を行わないと 1 週間で 10～35% の筋力低下が生じると報告されている³⁾。安静臥床期間が長くなると、その後に強固な外固定を併用しても椎体の変形率が高くなるため、早期からの離床が必要であるという報告もあるが⁴⁾、最低でも 1～2 週間前後の臥床期間を設けている施設が多い⁵⁻⁷⁾。また、装具治療に関してのエビデンスは乏しく、治療方法の

標準化はされていないが、偽関節形成率が低い硬性コルセットの使用が望ましいという報告もあり⁸⁾、3～4 か月程度はコルセットによって日常生活に制限が生じる。

一方、近年の報告では遷延治療や偽関節になる率は一般に 10～20% とされており^{9,10)}、骨癒合が得られず、数か月以上も疼痛が遷延し保存治療が困難な場合もある¹¹⁾。進行すると背部痛のみならず、遅発性運動麻痺を合併するようになることから^{12,13)}、手術治療の適応とされることが少なくない^{14,15)}。このように、手術が適応される症例に関しては術前の臥床期間が長く、廃用性の筋力低下が生じている可能性が高い。そのため、臥床に伴う廃用性の下肢伸筋群の筋力低下を予防するには、臥床期間中から臥位で実施可能な運動を行う必要があり、また離床後も脊椎運動を極力生じない肢位や方法を選択して筋力強化を行うことが重要である。

筋力強化の方法として、強化したい筋に直接アプローチ

を行う方法と、健常な部位への抵抗運動により間接的にアプローチを行う方法がある。間接的アプローチの代表例として、生理学的にはジェンドラシック法の応用としても用いられる下行性の遠隔効果の応用¹⁶⁻¹⁹⁾が報告されており、これらの方法は臨床上で疼痛や麻痺を有する患者に有効であると言われている。ジェンドラシック法とは、上肢の随意収縮による下肢の腱反射増強法であり、Delwaideら^{16, 17)}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通と反射の亢進を認めたと報告している。また、上肢の神経への電気刺激により、下肢筋群の筋電図値の増大や¹⁸⁾ヒラメ筋 H 波が促通される¹⁹⁾との報告もあり、下行性の遠隔効果の神経生理学的機序として下行性脊髄固有反射の関与が推察されている²⁰⁾。

固有受容性神経筋促通法 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: PNF) 運動パターンを利用したモビライゼーション PNF²¹⁾ 手技の一つである、骨盤後方下制パターンの中間域での抵抗運動による静止性収縮促通手技 (Resistive Static Contraction with manual resistance in the mid-range pelvic Posterior Depression pattern: RSCPD 手技) は、下部体幹筋群の静止性収縮を促通し、遠隔効果・遠隔後効果を期待する手技である。間接的效果として、新井ら²²⁾は、上肢の運動障害のある整形外科疾患患者の関節可動域 (Range of Motion: ROM) が改善したと報告しており、その後、膝関節の ROM 改善²³⁾、基本動作^{24, 25)}や歩行能力の改善^{26, 27)}にも寄与するなど、RSCPD 手技による遠隔後効果が多く報告されている。また、錦織ら²⁸⁾は、脊椎圧迫骨折患者に対する RSCPD 手技により、自動・他動下肢伸展上可動域の改善が有意に認められ、ハムストリングスのリラクゼーション効果と股関節屈筋群の促通効果が示唆されたと報告している。遠隔部位への効果の生理学的機序の検証として、清水ら²⁹⁾は、健常成人に対する RSCPD 手技と持続伸張手技中の同側ヒラメ筋 H 波に及ぼす影響を比較した結果、ヒラメ筋の遠隔部位である下部体幹筋群の静止性収縮により、同側ヒラメ筋 H 波に促通効果を認め、中枢神経系の興奮性が増大した可能性が示唆されたと報告している。

このように、RSCPD 手技の効果として ROM の改善や ADL 能力の向上など、下部体幹筋群の静止性収縮による遠隔効果・後効果や生理学的機序については検証されているが、下肢筋力に及ぼす影響については明らかにされていない。

そこで本研究では、脊椎圧迫骨折患者に対し RSCPD 手技を行うことで、膝関節伸筋群力に及ぼす即時的な遠隔効果・経時的な遠隔後効果を検証することを目的とした。

また、入院患者が対象となることからオムツなどによる下衣の厚みにより坐骨結節に用手接触した RSCPD 手技が困難となることが考えられた。重田ら³⁰⁾は、腸骨殿筋粗面上部への用手接触による RSCPD 手技 (腸骨 RSCPD 手技) が歩行速度に及ぼす効果を検証しており、坐骨結節への用手接触と同様の効果 (歩行速度の改善) が得られたと報告している。そのため、今回の研究では腸骨 RSCPD 手技が膝関節伸筋群筋力に及ぼす効果を検証することとした。

対象と方法

1. 対象

対象者は、心疾患・神経系疾患の既往がなく口頭指示理解の良好な受傷後 1 ヶ月以内の脊椎圧迫骨折患者 5 名 (男性 2 名、女性 3 名) とした。平均年齢 (標準偏差 (以下 SD)) は 76.6 (7.3) 歳であった。実験中は、対象者が保有する体幹コルセットを着用した。

2. 説明と同意

本研究は苑田会倫理審査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で説明し、研究同意書に署名を得た上で実施した。

3. 手順および測定方法

1) 実験手順

まず、左右の膝関節伸筋群の最大筋力 (Maximum Voluntary Contraction: MVC) を測定し、測定値の大きい方を測定肢とした。次に測定肢側の下部体幹筋群の MVC を測定した。運動は RSCPD 手技と膝関節伸筋群への抵抗運動による静止性収縮の促通手技 (以下 Static Contraction: SC 手技) を同一被験者に乱数表を使用してランダムに実施した。各運動後に膝関節伸筋群の筋力を 30 秒の休息をはさんで 2 回測定し、2 回目の測定値を MVC 値とした。MVC の測定や抵抗運動時の負荷量の調整には、ハンドヘルドダイナモメーター (Hand-Held Dynamometer: HHD, ミュータス F-1 (アニメ社製)) を使用した。

2) MVC の測定方法

① 膝関節伸筋群 MVC の測定方法 (図 1)

姿勢は背臥位で両上肢はベッド上に置き、測定肢の下腿を下垂させ、非計測肢は膝関節屈曲位となるようにベッド上に足部を乗せた。HHD のセンサーパッドは下腿遠位部に固定し、下腿後方の支柱と下腿遠位部をベルトで連結させた。運動は最大静止性収縮を得るように膝関節伸展運動を行い、30 秒間の休息をはさんで 2 回測定し、最大値を MVC 値とした。

② 骨盤後方下制筋 MVC の測定方法 (図 2)

姿勢は測定肢を上にした側臥位で、脊柱が中間位となるように両股関節・膝関節の屈曲角度を調整した。HHD のセンサーパッドは腸骨殿筋粗面上部に接触させ検者が固定し、対側の仙腸関節への圧縮を強調しながら下部体幹筋群に対し抵抗をかけた。運動は最大静止性収縮を得るように骨盤後方下制運動を行い、30 秒間の休息をはさんで 2 回測定し、最大値を MVC 値とした。

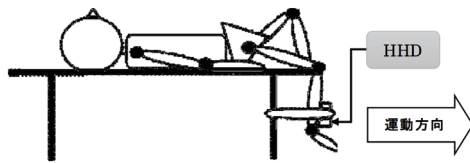


図1 膝関節伸筋群 MVC の測定方法

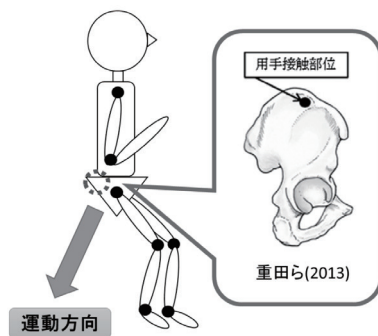


図2 骨盤後方下制筋 MVC の測定方法

3) 運動方法

① SC 手技 (膝関節伸筋群への抵抗運動)

肢位は MVC 測定時と同様に設定し、下腿遠位部に HHD のセンサーパッドを固定し、60%MVC 前後の負荷量で抵抗運動を行った。運動は 3 秒間の静止性収縮と休息を 1 セットとし 3 セット施行した。負荷量は誤差が 5% 前後になるよう調整した。

② RSCPD 手技

肢位は MVC 測定時と同様に設定し、検者が腸骨殿筋粗面上部に用手接触し、30%MVC 前後の負荷量で抵抗運動を行った。運動は 3 秒間の静止性収縮と休息を 1 セットとし 3 セット施行した。負荷量は誤差が 5% 前後になるよう調整した。

4. データ解析

統計解析は SPSS Statistics version 23 (IBM 社製) を用いて行った。測定値の再現性を確認するために、介入前の 2 回の膝関節伸筋群 MVC 値の級内相関係数

(ICC: Intraclass Correlation Coefficient(1,1)) を算出した。

膝伸筋群 MVC の変化率を指標に、1 回目と 2 回目の経時の変化と手技を要因とした繰り返しのない二元配置分散分析を行った。有意水準は 5% とした。

$$\text{変化率 (\%)} = (\text{介入後 MVC} - \text{介入前 MVC}) / (\text{介入前 MVC}) \times 100$$

結果

1. MVC 値の再現性

介入前の膝関節伸筋群 MVC 値 (2 回) の級内相関係数は、ICC (1, 1)=0.98 で高い信頼性を認めた。

2. 膝関節伸筋群の変化率

膝関節伸筋群筋力の変化率 (標準偏差) は、RSCPD 手技の 1 回目が 16.51 (44.95)、2 回目が 19.15 (43.86) であった。SC 手技の 1 回目は 11.02 (8.37)、2 回目は 20.39 (29.15) であった。

変化率を指標に繰り返しのない二元配置分散分析を実施した結果、経時の変化と手技において有意差は認められなかったが、両抵抗運動ともに改善傾向であり、2 回目の測定にて 5 促進傾向を認めた (表 1, 図 3)。

膝関節伸筋群の変化率について個別でみた結果、MVC 値が増加した症例もいれば低下している症例もあり個人差が大きかったが、RSCPD 手技においては全症例において 1 回目よりも 2 回目において筋力値が増大していた (図 4)。

表 1 手技と経時の変化を要因とした繰り返しのない二元配置分散分析

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
手技	22.50	1	22.50	0.02	0.89
経時の変化	180.32	1	180.32	0.16	0.70
誤差変動	19510.74	17	1147.69		
全変動	19713.55	19			

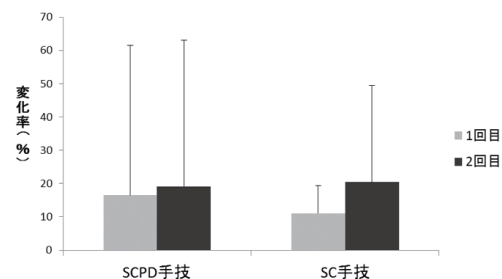


図3. 膝関節伸筋群筋力の変化率

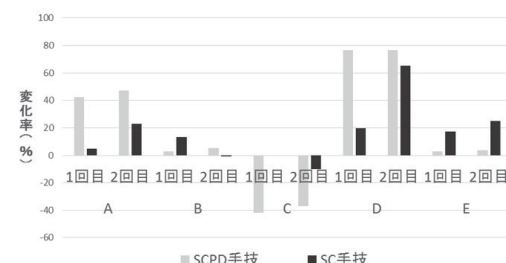


図4. 膝関節伸筋群の変化率 (個人差)

考察

SC 手技と比較し有意差は認められなかったが、間接的アプローチである RSCPD 手技後においても膝関節伸筋群の変化率に改善傾向を認めたことにより、RSCPD 手技によって下行性の遠隔後効果による運動単位の動員が増加する傾向が示唆された。先行研究では、自動下肢伸展挙上可動域の改善²⁸⁾や、ヒラメ筋 H 波が促通する²⁹⁾との報告がされていることから、同側下肢筋群の即時的な促通効果が示唆されている。また、膝関節伸展自動他動可動域の改善が報告されており³¹⁻³³⁾、下行性の遠隔効果・後効果による膝関節伸筋群の促通と膝関節屈筋群の抑制効果が示唆されている。本研究でも同様に RSCPD 手技により中枢の興奮性が増大し、膝関節伸筋群への促通効果が得られた可能性が示唆された。

また、間接的アプローチである RSCPD 手技により、膝関節伸筋群への経時的効果（遠隔後効果）については直接的アプローチである SC 手技と有意差が認められなかったが、RSCPD 手技後では、1 回目よりも 2 回目（30 秒後）の方が、膝関節伸筋群筋力値が増大する傾向が認められた。RSCPD 手技による経時的効果として、先行研究では手技施行時に橈側手根屈筋 H 波が抑制し、運動後に促通したという報告や³⁴⁾、手技中・手技後にヒラメ筋 H 波は促通傾向を認めたとの報告がある。これらの神経生理学的機序として脊髄運動ニューロン興奮性の増大が示唆されており²⁹⁾、本研究でも同様の効果が生じた可能性が推察される。

一方、抵抗運動による筋力値への影響に関しては個人差が大きく、抵抗運動後に膝関節伸筋群の MVC 値が低下していた症例も認められ、抵抗運動の遠隔後効果による抑制が生じた可能性も推察される。

今回、受傷早期の脊椎圧迫骨折患者に対し、RSCPD 手技と SC 手技施行後の膝関節伸筋群筋力に及ぼす効果を検証し、両抵抗運動ともに MVC の改善傾向を認め、RSCPD 手技により膝関節伸筋群への遠隔後効果が得られることが示唆された。しかし、筋力値が増加する症例もあれば低下する症例もいるなど個人差も大きく、遠隔後効果による影響なのかは明確にすることができなかった。今後の課題として、症例数を増やすとともに、適切な負荷量設定の検証や RSCPD 手技が筋力値に及ぼす経時的効果の検証が必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 阿部博, 武井寛, 橋本淳一, 他. 骨粗鬆症性脊椎骨折における偽関節発生の危険因子. 臨床整形外科. 42 (8). p795-799. 2007.
- 2) 種市洋, 金田清志, 小熊忠教, 他. 骨粗鬆症性椎体圧潰（偽関節）発生のリスクファクター解析. 臨床整形外科. 37 (4). p437-442. 2002.
- 3) 椿原彰夫. PT・OT・ST・ナースを目指す人のためのリハビリテーション総論—要点整理と用語解説 改訂第 2 版. p15. 株式会社 診断と治療社. 東京. 2011.
- 4) 千葉聡, 中村豊, 田島幹大, 他. 日本整形外科学会脊椎脊髄病委員会: 骨粗鬆症性椎体骨折に対する保存療法の指針策定—他施設共同前向き無作為化比較試験の結果より. 日整誌. 85. 934-941. 2011.
- 5) 岩佐志歩, 館博明, 庄野泰弘. 当院における脊椎圧迫骨折

- 患者の離床と歩行獲得経過について. 第 48 回日本理学療法学会大会 Vol. 40 Suppl. No. 2 セッション ID: C-P-02.
- 6) 平林洋樹, 中土幸男, 縄田昌司, 他. 骨粗鬆症性脊椎椎体骨折に対する保存治療の検討. 中部整災誌. 59. p113-114. 2016.
 - 7) 岸川陽一, 作本慎一. 胸腰椎圧迫骨折の初期安静を徹底する治療について. 第 44 回日本リハビリテーション医学会学術集会セッション ID: 2-P2-79. 2007.
 - 8) 長谷川雅一. 骨粗鬆症性新鮮椎体骨折に対する保存療法. MB Orthop. 26. p1-6. 2013.
 - 9) 長谷川雅一. 骨粗鬆症性椎体骨折の治療成績と X 線所見における予後不良因子の検討; 硬性型フレームコルセットを用いて. 骨・関節・靱帯. 18. p383-388. 2005.
 - 10) 中村博亮, 辻尾唯雄, 寺井秀富, 他. 骨粗鬆症性脊椎骨折の病態; 骨粗鬆症性椎体骨折後偽関節発生に關与する予後不良因子について—他施設前向きコホート研究. 臨床整形外科. 43. p309-314. 2008.
 - 11) Libicher M, Appelt A, Berger I, et al. The intravertebral vacuum phenomenon as specific sign of osteonecrosis in vertebral compression fractures: results from a radiological and histological study. Eur Radiol. 17. p2248-2252. 2007.
 - 12) Steel HH. Kummell's disease. Am J Surg. 81. p161-167. 1951.
 - 13) Kempinsky WH, Morgan PP, Boniface WR. Osteoporotic kyphosis with paraplegia. Neurology. 8. p181-186. 1958.
 - 14) Kashii M, Yamazaki R, Yamashita T, et al. Surgical treatment for osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits: Retrospective comparative study of three procedures—anterior surgery versus posterior spinal shorting osteotomy versus posterior spinal fusion using vertebroplasty. Eur Spine J. 22. p1633-1642. 2013.
 - 15) Okuda S, Oda T, Yamasaki R, et al. Surgical outcome of osteoporotic vertebral collapse: a retrospective study of anterior spinal fusion and pedicle subtraction osteotomy. Global Spine J. 2. p221-226. 2012.
 - 16) Delwaide PJ, Toulouse P. Jendrassik maneuver vs controlled contractions conditioning the excitability of soleus monosynaptic reflexes. Arch Phys Med Rehabil. 61. p505-510. 1980.
 - 17) Delwaide PJ, Toulouse P. Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscles in remote parts of the body. Brain. 104. p704-719. 1981.
 - 18) 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. p495-504. 2001.
 - 19) Kagamihara Y, Hayashi A, Masakado Y, et al. Long-loop reflex from arm afferents to remote muscles in normal man. Exp Brain Res. 151. p136-144. 2003.
 - 20) 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効果の神経生理学的仮説. 医療保健学研究. 1. p3-13. 2010.
 - 21) 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.

- 22) 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通手技による 後方下制のホールド・リラックスが上肢障害関節に及ぼす効果. PNF リサーチ . 2 (1). p22-26. 2002.
- 23) Shiratani T, Arai M, Masumoto K, et al. Effect of a resistive static contraction of the pelvic depressors technique on the passive range of motion of the knee joints in patients with lower-extremity orthopedic problems. PNF Res. 13. p8-17. 2013.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) 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通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.
- 27) 吉国 貴子, 新井 光男, 原田 恭宏, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する PNF パターン中間域での骨盤・肩甲骨静止性収縮促通運動が歩行速度に及ぼす効果. PNF リサーチ . 11 (1). p21-26. 2011.
- 28) 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殿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 . 6 (1). p30-34. 2006.
- 29) 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.
- 30) 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 . 13 (1). p44-49. 2013.
- 31) 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). p79-84. 2007.
- 32) 白谷 智子, 村上恒二, 新井 光男, 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通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). p17-22. 2007.
- 33) 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促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.
- 34) Arai M, Shiratani T, Michele Eisemann S, 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 pelvic motion of posterior depression on the flexor carpi radialis H-reflex. PNF Res. 12 (1). p13-20. 2012.

Abstract:

Previous studies have reported that the application of resistive static contraction with manual resistance using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation technique in the mid-range pelvic posterior depression pattern (RSCPD) improved range of motion and ADL ability as an indirect-approach.

The purpose of this study was to investigate the after-effects of RSCPD on the strength of knee extensors as compared with the resistive static contraction of knee extensors alone (RSCKE).

Five subjects with vertebral compression fractures (2 men and 3 women, mean age = 76.6 years, SD = 7.3) performed two static contractions (RSCPD, RSCKE) in a random order.

A two-way ANOVA analysis showed no significant differences between the two techniques. However, the average change rate of improvement tended to increase after the RSCPD as compared with the RSCKE, which may suggest the facilitatory effects are remote after-effects of RSCPD.

However, there were individual differences in this study. Because of the decreasing value of muscle strength after RSCPD in some cases, the inhibitory effects may also occur as remote after-effects of RSCPD.

Key Words:

PNF, RSCPD, Knee extensor strength, Remote after-effect, Mobilization PNF