

PNF リサーチ

— PNF Research —

日本 PNF 学会会誌

Vol.12 No.1 2012

目次

□特別講演

PNF に関わる神経生理学的機序 中村 隆一 …… 1

□原著

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 Arai Mitsuo …… 13

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 新井 光男・他 …… 21

一側性および両側性股関節回旋筋力の比較 伊藤 貴史・他 …… 26

肩甲骨と骨盤の抵抗運動が肩関節内旋可動域に及ぼす影響 道祖 悟史・他 …… 33

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手運動野の脳活動に及ぼす影響 — 機能的 MRI における検討 — 白谷 智子・他 …… 39

ホールドリラックスおよび下肢運動パターン中間域での静止性収縮促通手技が膝関節伸展他動可動域に及ぼす効果の検証 榎本 一枝・他 …… 46

上肢 PNF 運動パターンの静止性収縮が膝関節伸展自動可動域に及ぼす効果 — ハムストリングスの伸展性改善における持続的ストレッチ手技と PNF 手技の効果の比較 — 原田 恭宏・他 …… 52

□症例報告

脳卒中片麻痺患者の早期離床に対する PNF アプローチ 吉村 恵三・他 …… 58

P N F に関わる神経生理学的機序

中村 隆一¹⁾

Ryuichi Nakamura

はじめに

自然科学は、「物とは何か」、「運動（あるいは変化）とは何か」という問いに答えることを目的としている(柳瀬 1984)。また、「近現代の科学の作業においては、その対象の指示（同定）そのものにおいて数量化の操作がなされ、科学的説明は、それ自身が生産性をもった数学の記号言語によってなされた。……科学的説明は、数量化された諸々の事実や経験法則を題材として、それらをより高次の少数の原理によって統一的説明しようとしてなされるが、そこで知覚現象からは直接的には導出されない理論仮説の導入が不可欠になる。科学的説明を与える（物理）理論の構成においては、経験法則に対する理論仮説の導入、理論の実験による検証が基本的段階として要請される」ことになる(小林 2009)。

ここで取り上げるのは、固有受容性神経筋促通法(proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF)の効果に関係する解剖学的構造(人体の形態的な構造)および生理学的機序(動植物の正常の生命過程を扱う科学、疾病あるいは薬剤によって受ける影響を通して、物質が生体で果たしている機能)を解明することである。なお、病態生理学(pathologic physiology)は、解剖学的病変(形態)とは区別される機能障害(生理学/生化学的变化)を対象とする科学である。

臨床研究では、日ごろの診療過程で得られた現象論的な事実があり、そこに隠れている

規則性を予測して、研究計画を立てる。その過程を経て、観察や検査、実験のデータから現象論的な法則あるいは要素間の関係に規則性を見いだす。そこから法則が生まれる。その法則から、これまでの臨床データが説明できるだけでなく、新たな現象を予測することもできるようになる。PNFについてのデータ解釈は、まだ関連すると想定される諸要素間に規則性の一部を見出した段階に留まっている。それだけ困難なテーマであることの自覚も必要であろう。

PNFの作用機序を解明するという目標を達成するには、今までの知識をどのように統合して、具体的なデータの収集や処理を行うのかを検討することが必要であろう。Kabat(1950, 1952a, b), Kabat et al.(1953)は、20世紀前半から中頃までのSherrington(1906, 1907)やGellhorn(1949, 1953)の神経生理学を利用して、proprioceptive facilitationの諸手技を解説していたが、現在の神経科学から見れば、手技を支えた理論の解説には、かなりの修正が必要である。さらに、治療成績の客観的評価も望まれる。それらを通して具体的な対症適応(symptomatic indication)を明らかにすべきであろう。

臨床医学には、病気を治療するという目的があり、そのために種々の知識を利用し、この目的に沿った方法論がある(柳瀬 1984)。事実を現象論的に整理して、規則性を見つける。実験を通して、見つけたい規則性に関係

1) 東北大学名誉教授・のぞみ病院顧問

する要素だけを取り出すような人工的条件を考え、整える。次に、規則性を生み出した要因は何かについて検討する。それは実験データ、事実を超えたレベルの問題への解答となり、法則が生まれる。それによって、以前のデータを説明することができるだけでなく、知られていなかった現象を予測することが可能になる。臨床医学では、的確な治療法の展開へと連なる。

20 世紀前半の神経生理学

20 世紀前半、ある種の感覚刺激が姿勢および運動に特殊な変化を反射的にもたらすことが明らかにされ、それらの反射の統合が協調性のある身体運動に関与すると想定された。そして、成長期にある動物は、それらの反射パターンの操作を学習することになる。これらは発達のアプローチ (developmental approach) に共通した了解事項であろう。

運動活動 (motor activity) は、それに関わる感覚刺激との対応で思考された。Sherrington は、この命題を脊髄の反射活動を分析するに当たって展開し、それぞれの反射応答には、特定の刺激が必要であることを見出した (Langworthy, 1970)。Magnus (1924) は、動物が立ち直り、歩く能力にとって必要とされる立ち直り反射 (righting reflexes) を確立した。このような経緯を経て、固有感覚刺激 (proprioceptive stimulus) が筋伸張反射および筋の機能にとって重視されることになる。

反射活動を生み出す感覚刺激は、中枢神経系の異なるレベルに対して、それぞれ相違した仕方で作用する。脊髄レベルでは伸張反射、延髄では抗重力の姿勢反射、視床レベルでは立ち直り反射の誘因になる。中枢神経系に異常がなければ、姿勢保持に関与する諸姿勢反射は平衡状態にある。ある種の感覚刺激は、その他の刺激による活動を調整あるいは制御する。たとえば、体表面の感覚刺激は、多くは固有感覚の応答を制御する。これは選択的促進による抑制効果であるとされてい

る。中枢神経系の病理に起因する解放現象 (release phenomenon) は、正常の刺激- 応答関係の喪失と解釈されていた。

PNF —— 理論と技法：展開の経緯 ——

Kabat (1965) は、「運動麻痺がある患者の運動療法 (therapeutic exercise) による随意運動の回復は、冒された筋群の活動を拠り所としている。proprioceptive facilitation による身体運動は、筋の肥大および筋に望ましい化学的変化をもたらすだけでなく、これらの筋群を興奮させるための中枢神経系における運動指令の伝達も改善する」と記していた。ただし、解剖学的あるいは生理学的な客観的データは提示していなかった。

運動療法による筋機能の回復は比較的緩徐な過程であり、その回復を加速させるため、随意的努力によって、冒された筋群に最大限の活動を誘発することが必要とされる。筋収縮の強度は、刺激されて興奮した運動単位 (motor unit: 1 本の運動神経とそれが支配する筋線維群) の数およびそれらの発射頻度に依存する。それぞれの運動単位は、「全か無の法則 (all-or-none law)」に従っているからである。

Kabat (1950) は、「運動麻痺の患者では、随意運動に関わる運動ニューロンの刺激閾値は、神経系の病変によって高くなっている。痙性麻痺患者では、皮質脊髄路が破壊され、中枢神経系の新たな迂回路 (錐体外路系) を経由した神経インパルスの伝達によって、運動ニューロンを刺激することが必要となる。いくつかの神経生理学的機序が運動療法 (therapeutic exercise) にとって価値のある道具として適用できる」と記し、中枢の興奮レベルを高めるのに利用する神経生理学的機序に従った手法として掲げていたのは、最大抵抗 (maximal resistance)、反射 (reflexes)、放散 (irradiation) および継時誘導 (successive induction) であった。これらが proprioceptive facilitation の技法を支える原理

であり、単独にあるいは併用された。拮抗筋の相反性神経支配を利用して、運動ニューロンへの中枢抑制の促進も可能とされた。ただし、これらは Sherrington (1906, 1907) の神経生理学を利用して、それに Kabat や Knott, その他の理学療法士の臨床経験を加味して記述したのであり、客観的測定データあるいは神経生理学的分析によるものではなかった。

Kabat は、1940 年代後半、ポリオ (polio) の患者を対象として、運動の麻痺あるいは不全麻痺の回復を目的に proprioceptive facilitation を開発し、それを Sherrington (1906, 1907, 1947) の中枢神経系における反射の統合、とくに固有反射 (proprioceptive reflex) を利用した手法であると認識していた。Kabat et al. (1953) は、自説の要約に「療法 (therapy) の変化は、疾病および治療の哲学や科学的アプローチの基本的変化に関連しているとき、最もよく理解される。……運動療法の基礎を考えると、通常は筋の役割が重視され、中枢神経系の重要な役割がしばしば見落とされている。運動単位が神経筋活動の基本単位であり、神経生理学の原理に基づいた神経筋再教育の目的は、患者の随意的努力によって神経筋機構を最大限に活性化することである。閾値に達したインパルスが筋線維群に到達すれば、筋線維群は直ちに収縮する」と記していた。当時、運動麻痺に対する通常の理学療法は、[他動運動—介助運動—重力の影響を除いた自動運動—重力に抗する自動運動—抵抗運動] の順に実施されていた。Kabat (1952a, b) は、これを否定して、「神経生理学の原理に基づいた神経筋再教育の効果的プログラムは、患者の努力によって、多数の運動単位に最大の興奮をもたらす手法であり、中枢性促進 (central facilitation)

の技法が運動麻痺に対する効果的な治療プログラムの中核を構成する。プログラムの焦点は、運動中枢の機構を通して、前角細胞群に最大の興奮をもたらすことにある」と記していた。さらに、運動麻痺の筋再教育 (muscle reeducation) の基本的要素は、「療法士 (therapist) の加える抵抗に対して、患者が不全麻痺筋群を最大限の努力で収縮させることである」として、それを実現するために運動中枢を刺激することを奨励し、複数の技法を掲げていた。その頃、ポリオ後症候群 (post-polio syndrome) * <注> は、まだ明らかになっていなかった。

Kabat (1950) は、パーキンソン病やアテトーゼなどの基底核病変には rhythmic stabilization, 運動失調症には quick reversal を推奨していた。しかし、これらは療法士が利用する手法を中心とした現象の記述であり、その神経生理学的機序には触れていない。そして、Fulton (1943) を引用して、「神経生理学者は、中枢神経系の病変では、錐体路のような必須の運動路の解剖学的な意味での破壊後にもかかわらず、かなりの程度の機能的回復が起こりうることを知っている。この回復は、大部分が錐体外路系など、冒されずに残った回路の代償過程によって生じる」と記していた。

Kabat (1952a, b) によれば、麻痺に対する筋再教育技法の基本的な構成要素は、療法士が加える抵抗に対して麻痺筋群を収縮させる患者の最大努力である。特定の刺激によって中枢を促進するための複数の機構、すなわち運動中枢に閾値下インパルス (subthreshold impulse) の集合を生み出す機構によって、麻痺筋群の応答に著しい増加が図られる。その手技を掲げておく (Knott et al. 1968)。

<注>: ポリオ回復後、残存する少数の α 運動ニューロンがあまりにも多くの筋線維の神経支配に関与することになり、加齢に伴って、神経筋の過用が運動ニューロン数の減少を招くことをいう (Halstead et al. 1995)。ただし、ポリオ患者が過度の運動や訓練によって、筋力低下を招くこと (過用性筋力低下: overwork weakness) は、1915 年には報告されていた。

- 集合運動パターン (mass movement pattern) : 両側錐体路が完全に破壊された後にも, 中枢刺激に利用できるが, 通常は無用な運動パターン, その他の複雑なパターンである.
- 反射 (reflex) : 麻痺筋を伸張した位置に保持すると, その筋の随意収縮の応答は増強する. 緊張性頸反射など, その他の反射も同じような機序によって利用することができる.
- 拮抗筋の急速反転 (quick reversal of antagonists) : この技法では, 拮抗筋の運動が最大抵抗の下に実施される. 薪割り, ボクシング (パンチ), ゴルフ (スイング) などが例示され, 小脳半球病変の患者に有用とされた. Sherrington (1947) の記した successive induction (継時誘導: 屈曲反射への刺激は, 直後にその肢の拮抗筋の伸展反射を強く促通するなど) である.
- リズミック・スタビリゼーション (rhythmic stabilization) : 患者は肢位を関節中間位に保持する. 療法士は, 患者の肢の遠位部を運動面上 (例: 前後方向など) で交互に他動的に動かすかのように律動的圧迫を加える.

Kabat (1952a) は, これら一連の手技を中枢性促通 (central facilitation) と呼び, 運動単位の最大興奮に不可欠な手段とした. はじめから, 麻痺筋の伸張を避けることの代わりに, 訓練時間の大部分を最大限の活動に利用するプログラムを推奨した. それによって, 筋持久力が大いに向上するという. 日常的に訓練によって筋活動 (反応) を改善させるため, 筋伸張や反射も加えられた. そして「これらの技法は, それを処方する医師および実施する療法士にとっては, 多くの特殊な訓練, 技能および経験が要求される」と主張した.

Kabat (1950, 1952a, b) は, 諸技法の原理を proprioceptive facilitation あるいは central facilitation と名づけていた. ただし, 運動単

位 (motor unit) の活動が高まることに関与するのは, 固有感覚器から脊髓レベルへの入力によるのか, 固有感覚情報が脳皮質レベルにまで達し, 上位中枢から運動ニューロンへの入力が増強されるのかについては明示していない. central という言葉で中枢神経系を表現しただけである. Voss et al. (1953) は neuromuscular facilitation, Voss (1967) は proprioceptive neuromuscular facilitation と記して, 「Kabat は麻痺治療を考えていたが, Knott と Voss は運動療法 (therapeutic exercise) のアプローチへと拡大した」と宣言した. 技術論を主体としたのである. Voss (1967) は, 技法の名称について, 「proprioceptive facilitation, proprioceptive neuromuscular facilitation, neuromuscular facilitation, facilitation technics など多様であったが, Kabat は常に proprioceptive facilitation を用いていた」と記している. そして, [Principle : Summary] では, 次の解説を加えている (原文).

In summary, proprioceptive neuromuscular facilitation, conceived by Kabat as an approach to the treatment of paralysis, has become, through the cognition that all procedures and techniques are superimposed upon movement and posture, and through clinical application and experience, an approach to therapeutic exercise.

なお, “neuromuscular” とは, 現在の医学では「神経と筋の関係, とくに骨格筋の運動神経支配とその病理 (例: 神経筋障害) についていう用語」である.

神経生理学領域では, Gellhorn (1949, 1953) および Gellhorn et al. (1950) が, サルの皮質運動野の電気刺激で誘発される上肢筋群の活動が他動的な肢位の変更によって影響されることを, proprioceptive cortical facilitation と記していた. 固有感覚入力による影響が直接与えられる場が脊髓 (運動ニューロン) から上位中枢 (運動皮質: 運動

野)へと移行したのである。Kabatの表現は、それを曖昧にしていた。

その後、Lemon et al. (1976a, b) および Fetz et al. (1980) は、サルの上肢に他動運動を実施すると運動野ニューロンの発射活動が増加すること、そのニューロンの多くは他動運動と同じ方向の随意運動で発射し、一部は反対方向の随意運動で発射することを明らかにした。さらに、健常者の上腕二頭筋の筋電図反応時間は、他動的肘屈曲時<静止時<他動的肘伸展時の順になる (Nakamura et al. 1982)。すなわち、他動運動と同じ方向への自発運動は容易になる。脊髓損傷による両下肢不全麻痺患者でも、膝関節伸展の筋電図反応時間は、静止時と比べて、他動的膝伸展時には短縮する (Sajiki et al. 1987)。さらに小坂・他 (1983a, b) は、サルを用いて、肩関節肢位の変更あるいは肘関節の他動運動を利用して、ヒトにおける反応時間研究に類似した結果を示している。これらの現象は、いずれも脊髓レベルの反射機構では説明できない。皮質運動野を中心にして上位中枢の役割を重視すべきであろう。

Kabat は、proprioceptive facilitation と記して、実際には脊髓反射を取り上げていたが、関連する上位中枢神経系の回路を明示しなかった。しかし、パーキンソン病や小脳性運動失調症も取り上げるのなら、運動制御に関わる上位中枢の意義を検討すべきであった。

運動療法による運動麻痺の回復は、冒された筋群の活動を拠り所としていた Kabat (1965) の説明を要約する。

……随意運動は、筋の肥大および筋に望ましい化学的变化をもたらすだけでなく、これらの筋群を興奮させるための中枢神経系からの運動指令の伝達を改善する。しかし、運動療法による筋の機能回復は、比較的緩徐な過程であり、回復を加速させるため、毎度の随意的努力によって、冒された筋群に最大限の活動を誘発させることが必要とされる。筋収縮の強度は、刺激された運動単位の数に依存

する。それぞれの運動単位が [全か無の法則 (all-or-none law)] に従うからである。これは脳・脊髓からの神経インパルスによって α -運動ニューロンが興奮する程度に依存する。運動麻痺がある患者では、神経系病変のため、随意運動に参与する運動ニューロンの興奮の閾値は、高くなっている。痙性麻痺患者では、皮質脊髓路が損なわれているため、中枢神経系の新たな迂回路を經由した随意的神経インパルスの伝達によって、運動ニューロンを刺激することが必要となる……。

1940年代後半、Kabatはポリオを対象として、運動麻痺あるいは不全麻痺の回復を目的に、proprioceptive facilitationを開発したのであり、それはSherrington(1907)の中枢神経系における反射統合、固有反射(proprioceptive reflex)を利用した手法であった(Knott et al. 1968)。Kabat(1965)は、「運動麻痺患者における運動療法(therapeutic exercise)による随意的動作(voluntary motion)の回復は、冒された筋群の活動に基づいている」と説明していた。

Mead(1968)は、Knott et al. “Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (2nd ed)”の序文に「螺旋対角線パターンは、医師Kabatによって、健常者の自然な運動の事実として観察されていた。彼の記述は経験的であり、完全である保証はない。しかし、経験の年月を重ねても、変更はほとんどない」と記していた。

固有反射と伸張反射

Kabatが手技の根拠に利用したのは、Sherrington(1906, 1907)が記した固有反射(proprioceptive reflex)であった。固有反射について、伊藤(1994)による要約を掲げておく。

- 感覚器自身の活動に影響する感覚性信号を発生し、その感覚器自身の活動に対する刺激は、それが含まれている器官自身によって引き起こされるような深部感覚器を固有受容器(proprioceptor)という。筋、腱、

迷路などにあり、身体自身の位置や動きによって刺激される体性感容器である。固有感覚器からの入力単シナプス性に α 運動ニューロンを興奮させ、自身が内在する筋は微細な収縮をする。この閉回路反射系では、 α 運動ニューロンの緊張的な活動があり、この系への外部からの攪乱に対して補償的な反応を行う。

- 起立時の姿勢保持が典型例である。起立姿勢で身体が前方へ傾くと、背側筋群は伸展され、それらの筋群の筋紡錘が活動し、反射的に背側筋群の運動ニューロンを活性化させる。それによって身体は後方へ引かれ、元の姿勢に戻り、安定した立位の保持ができる。筋紡錘からの信号が遮断されると、立位姿勢は不安定になる。また、外部からの負荷が大きくなると、固有反射だけでは補償できなくなる。皮膚感覚や平衡感覚、視覚情報などでも不平衡を検出し、広範囲の α 運動ニューロン活動が起こり、力強い補償運動となる（短急反射：jerk reflex）。筋紡錘は、錘内筋線維が活動していないときには、Ia感覚信号を送り出さない。 γ 運動ニューロンが活動すると、筋紡錘は伸張され、求心性線維に活動が起こる。筋紡錘全体の他動的伸張によっても、同じことが起こる。

γ 運動ニューロンは、機能的には動的錘運動ニューロン（ γ dMN）および静的錘運動ニューロン（ γ sMN）に分けられる。中枢神経系から遠心性制御（興奮性入力）があり、前者は大脳皮質運動領、赤核背側、下オリーブ核から、後者は延髄網様体内側、尾状核、小脳および赤核腹側からの入力を受けている。網様体の刺激は、 γ 運動ニューロンの活動を高める。

小脳の外側核（歯状核）および中位核（栓状核、球状核）からの遠心性路を切断すると、筋紡錘からの感覚放電の頻度が低下する。これらの小脳核が錘内筋線維の緊張保持に関与している。さらに、小脳全体を切除すると、

筋紡錘からの感覚放電は強く抑制される。外側核および中位核以外の小脳から常に促通信号が出され、錘内筋線維の活動が支えられているらしい。

視床の内側中心核、腹後側核、腹外側核に低頻度の電気刺激を加えると、筋紡錘からの感覚放電は抑制される。しかし、高頻度では促通される。視床から複数のシナプスを介して、 γ MNが制御されているためか、あるいは筋紡錘からの感覚信号が視床の中継核で修飾されているためか、などが想定されている（伊藤 1994）。

神経生理学の動向

[Gellhorn et al. の実験]

Gellhorn (1949) および Gellhorn et al. (1950) は、麻酔したサルを用いて、大脳皮質運動野の電気刺激によって誘発される上肢筋群の活動（筋電活動の潜時および振幅）が肢位の変更によって変動すること、また応答肢の他動運動によっても影響されることから、これらの現象を proprioceptive cortical facilitation と名づけていた。応答肢からの固有感覚入力が大脳皮質（運動野）に投射して、刺激部位の興奮性を変化させたと想定しての命名である。その後、Harris (1978) は、これらを facilitation techniques として一括し、「固有感覚入力を利用して運動ニューロンの興奮性を制御する」というのが PNF の原理であると説明した。感覚入力から運動出力に至るまでに、中枢神経系（脊髄から大脳まで）には入力と出力とを結ぶ複数の回路網があることを理由にして、抽象的な多ループ・モデル（multiple loop model）の提案である。ただし、具体的データは提示されていない。

Kabat, Knott や Voss が意図した PNF は、不全麻痺筋あるいは廃用性筋萎縮に対する運動療法（筋力増強）であり、中枢神経系や神経筋の病理および病態生理との関連については、ほとんど検討や考察は行われていない。

他方、PNF は健常者や各種スポーツの競技

者を対象として、健康増進あるいは特定筋群の筋力増強などに利用される方途へと拡大を続けている。PNFの身体運動パターンが健常者の諸動作をモデルにしている点からも、頷ける方向であろう。ただし、その成果は用性肥大（use hypertrophy）であり、それだけでは各種スポーツに関わる特定の運動技能（motor skills）の向上が図れるわけではない。

〔随意運動の中樞機構〕

PNFは、患者の随意運動を活用している。それ故、随意運動に関わる中枢神経機構の概略を理解しておくことが必要である。人間の自発的な運動行動が発現するとき、はじめに欲求や意図があり、それが状況に応じて具体

的な動作や運動の計画（plan）、さらに運動プログラム（motor program）になり、実行に移される（図1）。運動プログラムとは、心理学領域ではKeele（1968）が「運動開始前に構成される筋への指令のセット（set）であり、運動プログラムによる運動は末梢フィードバックには影響されない」と定義し、神経生理学領域ではBrooks（1979）が「過去の経験に基づき、姿勢調節と運動を生じさせる中枢神経系内部の通信」と定義した用語である。

欲求や意図は、外界からの刺激あるいは空腹や渇きのような体内からの刺激で生ずる。意図から計画への段階では、外界の知覚や判

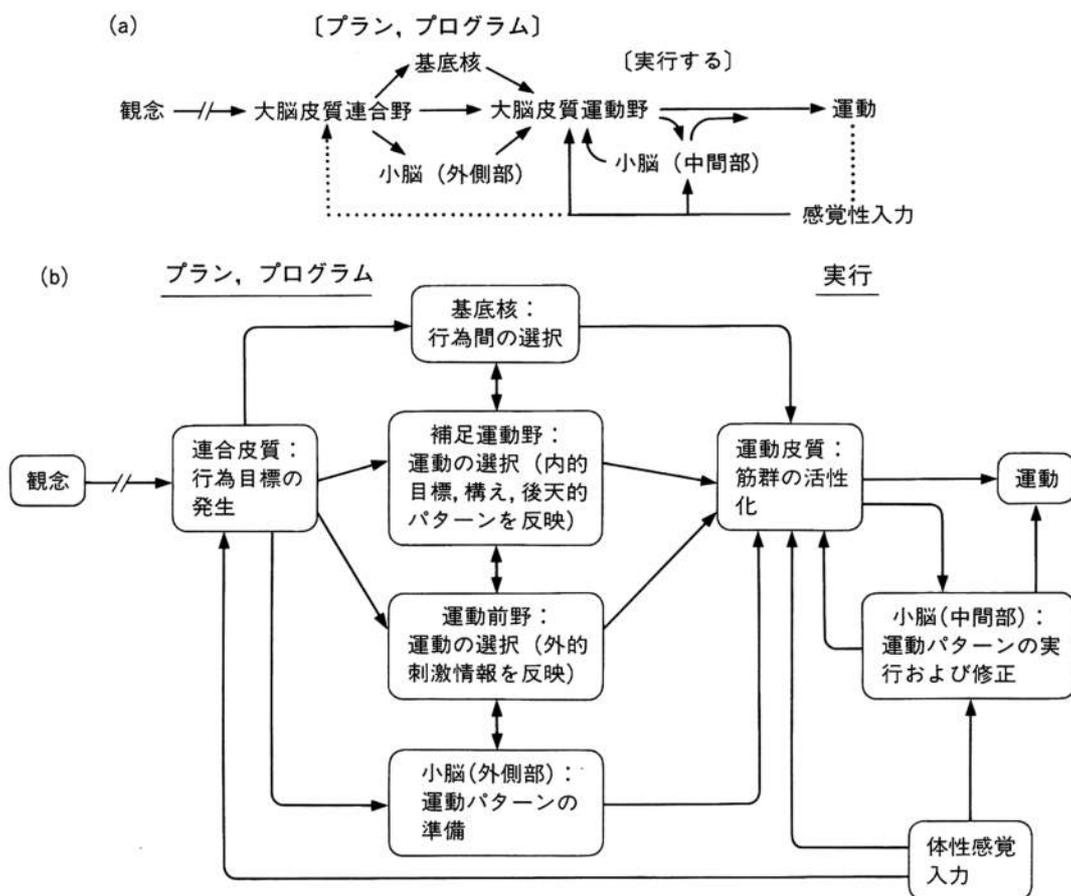


図1 運動系の機能的構造

(a) 1974年、当時の知識に基づいて構築されたAllen・塚原のモデル（Allen et al. 1974）。
 (b) これらの構造が行為にどのように寄与するかに関する機能的仮説（Gazzaniga et al. 2002）。
 矢印は神経情報の流れの方向である。

断が必要になる。いずれにせよ、刺激によって、網様体賦活系の活動は高まり、中枢覚醒の状態となる。刺激内容は、大脳皮質に伝達され、知覚・認知される。そして大脳辺縁系や視床とその関連領域は、知覚の情動的性質（快／不快）に関係して、特定の動機を生じさせる。それによって大脳皮質連合野が駆動され、認知と判断に従って行動様式が決定する。理学療法場面では、理学療法士の指導や指示によることが多い。

つぎに皮質連合野から3経路で情報が運動野に伝達され、この過程で運動プランが決定される。さらに錐体路や錐体外路からの情報が脊髄の運動ニューロンや介在ニューロンに伝えられ、運動プログラムが完成する。錐体路は、主として皮質運動野から脊髄の運動ニューロンへ直接達している。錐体外路は、皮質から線条体、黒質、赤核、脳幹網様体などを経て、脊髄に達する。図1では、皮質間の線維連絡は省略して、皮質連合野から運動野への経路を運動プランや運動プログラムの場として表している。基底核は遅い運動、小脳は速い運動の発現に関与すると仮定する説もあるが、運動プログラムに関わる神経機構の詳細は解明されていない。

筋紡錘感覚信号の中枢神経系への投射

末梢の感覚受容器は、身体運動によって生じる変化を中枢に伝えている。この情報は、①脊髄では、反射調節に利用される、②脊髄介在ニューロンからの情報とともに小脳へ伝達され、先行する運動指令の遠心コピー（efference copy）と照合されて誤差を検出し、小脳核を経由して視床に伝えられ、③皮質感覚野へと伝達される。この過程を通して進行中の身体運動を補正することが行われる。筋感覚信号は、基底核群に直接入力することはない。大脳皮質の運動感覚野を介して、基底核群に間接的に入力する。視床は、筋紡錘から大脳皮質への感覚信号の中継とともに、基底核の働きとも関係して、運動開始に重要な

役割を果たしている。

Kabat がポリオによる運動麻痺を対象にして proprioceptive facilitation を主張したのは、運動単位を中心にして取り上げたテーマであり、臨床的には末梢神経損傷と変わるところはない。現在、リハビリテーション医療の視点から取り上げるべき事項は、脳卒中片麻痺をはじめとして、中枢神経障害への対策であろう。筋紡錘感覚信号の中枢神経系への投射およびその反射活動を概観しておくことが必要である。

ひとつの骨格筋には、多くの筋紡錘があり、その筋が伸張されると、Ia, II 群感覚神経が一斉に活動する。筋紡錘からの感覚信号は、感受性が高く、通常は振戦（tremor）のない立位姿勢の保持などが可能である。その感度を知るため、臨床では膝蓋腱反射やアキレス腱反射を検査している。これらの反射には、運動単位ごとに反射弓（神経回路）があるが、感覚入力自己の運動単位だけでなく、ほかの筋線維群の運動神経にもシナプスを形成している。そのため、刺激が強ければ、筋全体が収縮する（同名筋反射：homonymous reflex）。さらに刺激が強い場合には、分枝を介して共同筋の収縮も起こる（共同筋反射：heteronymous reflex）。

サルの I 群感覚神経の電気刺激によって、対側視床の後腹外側核から応答が得られる。そこから、大脳皮質（感覚運動野）への投射がある（Lemon et al. 1976a, b; Fetz et al. 1980）。ヒトでも、Ia 線維への刺激が視床を経由して、感覚運動野に達している（Goto et al. 1968; Abruzeese et al. 1985）。

固有感覚信号は、主として脊髄後索を上行する。背側脊髄小脳路および後柱後シナプス系（楔状核と薄束核が中継核となって、視床に連なる）がその中心である。腹側脊髄小脳路を介する信号もある。

PNFの上肢／下肢の運動（螺旋対角線方向）における開始肢位は、運動学的基本肢位と比べて、被験者に行動覚醒（反応時間の短縮：

Nakamura et al. 1974) あるいは脳波覚醒 (速波化: Chida et al. 1983) をもたらすことが明らかにされている。PNF では、被験者の中枢覚醒レベル上昇によって、一層多くの運動ニューロンの活性化がなされることになる。この点を考慮すると、Voss が療法士の掛け声 (強弱・硬軟など) に注意すべきと記していることも重視すべきであろう。

臨床研究および動物実験からの要約

PNF の効果発現について、動物実験および臨床検査によるデータ、それらの神経生理学からの解釈については、かつて報告したことがある (中村 1987)。ここでは、研究の過程がどのように進んだのかを明らかにしている。その要点を再録しておく。

- PNF に用いる促通肢位 (四肢の近位関節の肢位) は、健常者では、中枢覚醒 (生理学的指標: 脳波覚醒, 行動面の指標: 反応時間の短縮) をもたらし、筋群の瞬発力 (最

大トルク) を高める (図 2, 表 1)。

- 脊髄小脳変性症など、小脳病変による運動失調症の患者では、PNF 施行後、短時間ではあるが、運動失調の臨床徴候は軽減し、歩行や手指動作が改善する。中長期的には、機能障害および能力低下の進行を遅延させる可能性がある。
- PNF は、患者に中枢覚醒をもたらし、その状態における身体運動が筋力増強および運動協調性の改善、パフォーマンスの向上に有用である。

ただし、すべての手技を検証したわけではない。個々の手技の特性については、今後の分析が望まれる。

謝辞

本稿の執筆に際して、文献検索、草稿修正および図表レイアウト等にのぞみ病院 富井豊人君の協力を得た。ここに記して謝意を表したい。

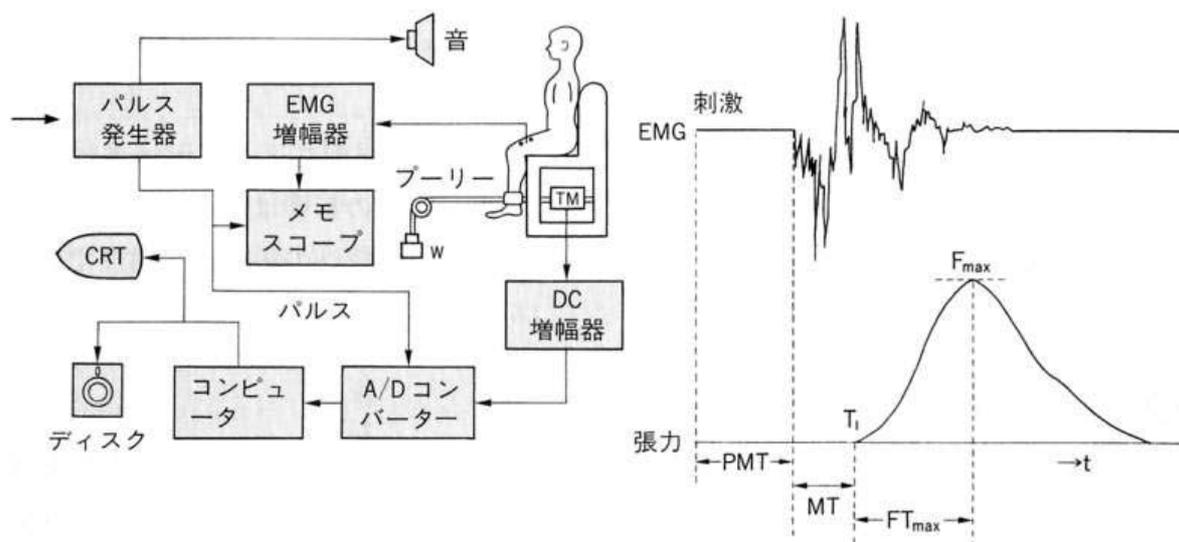


図2 反応時間測定法を利用した急速膝伸展時の発生張力の計測法とその記録

EMG: 大腿直筋の表面筋電図, TM: 張力計, W: 重錘
 PMT: 音刺激から筋活動開始までの潜時, MT: 筋活動開始から張力検出 (20g: T1) までの潜時
 F max: 最大トルク, FT max: T1 から F max までの潜時 (Fujita et al. 1986)

表1 左上肢を基本肢位 (N) と上腕三頭筋促通肢位 (F) にしたときの急速膝伸展の反応時間と最大トルク

肢位	PMT (msec)	MT (msec)	FT max (msec)	F max (kg · m)
左側				
N	126.9 (14.2)	32.5 (5.7)	112.2 (9.8)	5.81 (1.59)
F	120.6 (16.2)	31.6 (6.7)	112.4 (10.2)	6.78 (2.17)
D (N-F)	6.3* (6.6)	0.9 (3.4)	-0.2 (2.4)	-0.97* (0.89)
右側				
N	123.6 (14.8)	30.5 (4.1)	109.1 (11.3)	6.45 (1.34)
F	119.4 (17.9)	31.6 (4.8)	111.4 (9.6)	7.27 (1.57)
D (N-F)	4.2* (5.2)	-1.1 (1.9)	-2.3 (4.4)	-0.82** (0.49)

* p < 0.05 ; ** p < 0.01

D (N - F) : N と F の差, () : 標準偏差 .

(Fujita et al. 1986)

文献

伊藤文雄. 筋感覚 —骨格筋からのメッセージ—. 名古屋大学出版会. 1994

小坂健二, 中村隆一. 皮質運動野刺激による筋放電潜時の肢位依存性——小脳核破壊と反復刺激の効果——. リハ医学. 20. 93-100. 1983a

小坂健二, 中村隆一. 運動野刺激による誘発筋活動に対する他動運動の影響. リハ医学. 20. 187-189. 1983b

小林道夫. 科学の世界と心の哲学. 中央公論新社. 2009

中村隆一. 脊髄小脳変性症の Kinesiology と Physical Therapy. 神経進歩. 22. 1322-1334. 1978

中村隆一. Facilitation techniques における神経生理学の知識. リハ医学. 19. 41-45. 1982

中村隆一. 運動障害の理学療法. 理学療法学. 11. 81-90. 1984

中村隆一. 運動療法の理論と実際. 医学のあゆみ. 135. 391-397. 1985

中村隆一. 運動療法の技術と科学性. 理学療法学. 14. 133-149. 1987

中村隆一, 横地房子. 小脳性失調症の Physiotherapy. 神経進歩. 23. 295-300. 1979

柳瀬睦夫. 科学の哲学. 岩波書店. 1984

Abruzzese G, Berardelli A, Rothwell JC, et al.: Cerebral potentials and electromyographic responses evoked by stretch of wrist muscles in man. *Exp Brain Res* 58: 544-551. 1985.

Allen GI, Tsukahara N: Cerebrocerebellar communication systems. *Physiol Rev* 54: 957-1006. 1974.

Brooks VB: Motor programs revisited. in RE Talbot, DR Humphrey (eds) : *Posture and Movement*. Raven Press, New York, 1979.

Chida T, Nakamura R: EEG changes induced by passive postural changes. *J Human Ergol* 12:217-218, 1983.

Fetz EE, Finocchio DV, Baker MA, et al.: Sensory and motor responses of precentral cortex cells during comparable passive and active movements. *J Neurophysiol* 43: 1070-1089, 1980.

Fujita M, Nakamura R: The effect of PNF positions of the upper extremity on rapid knee extension. *Tohoku J Exp Med* 150: 31-35, 1986.

Fulton JF: *Physiology of Nervous System*. Oxford Univ Press, New York, 1943.

Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR: *Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind*. 2nd ed, WW Norton, New York, 2002.

- Gellhorn E: Proprioception and the motor cortex. *Brain* 72: 35-62, 1949.
- Gellhorn E: *Physiological Foundation of Neurology and Psychiatry*. Minnesota Univ Press, Minneapolis, 1953.
- Gellhorn E, Johnson DA: Further studies on the role of proprioception in cortically induced movements of the foreleg in the monkey. *Brain* 73: 513-531, 1950.
- Goto A, Kosaka K, Kubota K, et al.: Thalamic potentials from muscle afferents in the human. *Arch Neurol* 19: 302-309, 1968.
- Halstead LS, Grimby G (eds) : *Post-Polio Syndrome*. Hanley & Belfus, Philadelphia, 1995.
- Harris FA: *Facilitation Techniques*. JV Basmajian (ed) : *Therapeutic Exercises*. 3rd ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 1978.
- Hosokawa T, Nakamura R, Kosaka K, et al.: EEG activation induced by facilitating position. *Tohoku J Exp Med* 147: 191-197, 1985.
- Irie N, Nakamura R: Dependence of EMG-reaction times of the rectus femoris on position chances of the hip joint—Role of joint capsule—. *Tohoku J Exp Med* 131: 207-208, 1980.
- Kabat H: Central mechanisms for recovery of neuromuscular function. *Science* 122: 23-24, 1950a.
- Kabat H: Studies on neuromuscular dysfunction. XIII: New concepts and techniques of neuromuscular reeducation for paralysis. *Permanente Found Med Bull* 8: 121-143, 1950b.
- Kabat H: Central facilitation: The basis of treatment for paralysis. *Permanente Found Med Bull* 10: 190-204, 1952a.
- Kabat H: Studies on neuromuscular dysfunction: XV. The role of central facilitation in restoration of motor function in paralysis. *Arch Phys Med* 33: 521-533, 1952b.
- Kabat H: Proprioceptive facilitation in therapeutic exercise. in S Licht (ed) : *Therapeutic Exercise*. 2nd ed, Elizabeth Licht, New Haven, 1965.
- Kabat H, Knott M: Proprioceptive facilitation technics for treatment of paralysis. *Phys Ther Rev* 33: 53-64, 1953.
- Keele SW: Movement control in skilled motor performance. *Psychol Bull* 70: 387-403, 1968. 1968.
- Knott M, Voss DE: *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques*. 2nd ed, Harper & Row, New York, 1968.
- Langworthy OR: *The Sensory Control of Posture and Movement. A Review of the Studies of Derek Denny-Brown*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1970.
- Lemon RN, Porter R: Afferent input to movement related precentral neurones in conscious monkey. *Proc Roy Soc London Ser B* 194: 313-340, 1976.
- Lemon RN, Hanby JA, Porter R: Relationship between the activity of precentral neurones during active and passive movements in conscious monkeys. *Proc Roy Soc London B* 194: 341-373, 1976.
- Mead S: Forward. in M Knott, DE Voss: *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*. 2nd ed, Harper & Row, New York, 1968.
- Nakamura R: Postural dependence of reaction time in normal subjects and patients with focal brain lesions. *Appl Neurophysiol* 39: 321-325, 1976/77.
- Nakamura R, Hosokawa T, Kitahara T: Reaction time of elbow flexion during passive movements. *Scand J Rehab Med* 14: 145-148, 1982.
- Nakamura R: Effect of facilitating positions on behavioral arousal. *JJA Phys Med Bal Clim* 46: 131-137, 1983.
- Nakamura R, Kosaka K: Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation in EEG activation induced by facilitating position in patients with spinocerebellar degeneration. *Tohoku J Exp Med* 148: 159-161, 1986.
- Nakamura R, Taniguchi R: Kinesiological analysis and physical therapy of cerebellar ataxia. I Sobue (ed) : *Spinocerebellar Degenerations*. Univ Tokyo Press, Tokyo, 1980.
- Nakamura R, Taniguchi R, Narabayashi H, et al.: Postural dependence of reaction time after a VL thalamotomy. *Appl Neurophysiol* 42: 325-334, 1979.
- Nakamura R, Viel E: The influence of position changes in the proximal joint on EMG-recorded reaction time on key muscles in the human extremity. *Proc WCPT 7th Congr, Canada*, pp.119-123, 1974.
- Sherrington CS: On the proprioceptive system, especially in its reflex aspect. *Brain* 29: 467-482, 1906.
- Sherrington CS: *The Integrative Action of the Nervous System*. Constable, London, 1906.
- Sherrington CS: *The Integrative Action of the Nervous System*. 2nd ed, Yale Univ Press, New Haven, 1947.

Taniguchi R, Nakamura R, Yokochi F, et al.: Effects of postural change of the shoulder on EMG reaction time of triceps brachii. *Appl Neurophysiol* 43: 40-47, 1980.

Voss DE: Proprioceptive neuromuscular facilitation. *Am J Phys Med* 46: 838-898, 1967.

Voss DE, Knott M, Kabat H: Application of neuromuscular facilitation in the treatment of shoulder disabilities. *Phys Ther Rev* 33: 536-541, 1953.

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

Arai Mitsuo¹⁾ *

Shiratani Tomoko²⁾

Michele Eisemann Shimizu³⁾

Tanaka Yoshimi⁴⁾

Yanagisawa Ken⁵⁾

Abstract : Background: With respect to the ascending effects of a resistive static contraction of the pelvic depressors technique (RSCPDT) using a proprioceptive neuromuscular facilitation pattern in the mid-range of pelvic motion of posterior depression, we found that the neurophysiological remote rebound effects (RRE) induced by RSCPDT on the extensor digitorum H-reflex initially caused reflexive inhibition during RSCPDT, followed by a gradual excitation after RSCPDT in one case (Arai et al., 2002). However, to the best of our knowledge, few studies have provided the reproducibility of the neurophysiological effects on remote parts induced by a static contraction of lower trunk muscles, such as RSCPDT. Aim: The purpose of this study was to clarify the reproducibility of the RRE of RSCPDT on the excitability of the remote flexor carpi radialis (FCR) H-reflex of the upper extremities by a repetitive stimulation. Methods: The subjects were randomly assigned to (1) the handgrip group (n = 6), who participated in contralateral submaximal isometric handgrip exercises, or (2) the RSCPDT group (n = 5), who participated in RSCPDT (One subject in the RSCPDT group was excluded because of failure to induce a FCR H-reflex). To determine the reproducibility of the excitability of the FCR H-reflex, we measured the FCR H-reflex during and after each exercise by a repetitive stimulation. Results: Two-way repeated ANOVA for the H-reflex showed significant effects of both the time-course and group. The interaction between group and time-course was also significant (P < 0.05). Post-hoc analysis revealed significant effects on the H-reflex. Conclusion: RSCPDT-induced RRE on the FCR H-reflex caused a large degree of reflexive inhibition during RSCPDT followed by a gradual excitation after RSCPDT by a repetitive stimulation.

Key words : PNF, H-reflex, static contraction, remote rebound effect, remote after effects

-
- 1) Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University, 6-8-33 Manabe, Tsuchiura City, Ibaraki 300-0051, Japan
 - 2) Department of Rehabilitation, Sonoda Second Hospital, Hokima3-3-3, Adachiku, Tokyo 121-0813 Japan
 - 3) Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Konan Women's University, 6-2-23, Morikita-machi, Higashinada-ku, Kobe, 658-0001, Japan
 - 4) Department of Physical Therapy, Hiroshima Posts and Telecommunications Hospital, 19-16 Higashi Hakushima, Naka-ku, Hiroshima City, 730-8798, Japan
 - 5) Department of Physical Therapy, Tokyo Metropolitan University of Health Sciences, 72-10, Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo 116-8551, Japan

* Corresponding author: Arai Mitsuo RPT, PhD, Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University, 6-8-33 Manabe, Tsuchiura City, Ibaraki 300-0051, Japan; Phone and Fax: +81-29-883-6033; E-mail: m-arai@tius-hs.jp

Introduction

Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) stretching programs have been shown to be the most effective stretching techniques to increase active range of motion (AROM) and passive range of motion (PROM)¹⁾. Direct PNF stretching techniques achieve the greatest gains in AROM and PROM; for example, using a shortening contraction of the opposing muscle to place the target muscle on stretch followed by a static contraction of the target muscle, such as the hold relax technique (an isometric plantar flexor contraction before stretch for increasing the range of ankle dorsiflexion)^{2, 3, 4)}. The direct effect of PNF stretch techniques provide great potential for muscle lengthening due to a profound reduction in motor pool excitability^{2, 3, 4)}.

However, if direct approaches to improve the AROM and PROM of severely restricted joints are difficult because of pain or weakness of the agonist muscle, indirect approaches are useful in clinical practice. In particular, a resistive static contraction of posterior depression technique (RSCPDT) using the PNF pattern in the mid-range of pelvic motion in side-lying induces static contraction of lower trunk muscles increases the flexibility of remote body parts such as upper shoulder and elbow joints without stretching^{5,6,7)}. With respect to the ascending effects of RSCPDT, we found that the remote rebound effects (RRE) induced by RSCPDT on the extensor digitorum H-reflex initially caused reflexive inhibition during RSCPDT, followed by a gradual excitation at rest⁸⁾. However, to the best of our knowledge, few studies have provided the reproducibility of the neurophysiological effects on remote parts induced by a static contraction of lower trunk muscles, such as RSCPDT. The purpose of this study was to clarify the reproducibility

of the RRE of RSCPDT on the excitability of the remote flexor carpi radialis (FCR) H-reflex of the upper extremities by a repetitive stimulation.

To determine the excitability of neurophysiological RRE, we measured the FCR H-reflex during and after RSCPDT. We performed RSCPDT as the resistive exercise of the lower trunk to detect the influence of the relaxed FCR H-reflex, which provides a gross measure of motoneuron pool excitability⁹⁾. If the amplitude of the H-reflex is high, it is assumed that there is an increase level of excitation of the motoneuronal pool and vice versa.

Materials and Methods

Seven female and five male subjects, aged 21 ~ 45 y (mean, 26.7 y; standard deviation (SD), 1.7 y) and with no history of neurological illness, volunteered for this study. Exclusion criteria also included any injury to the extremities or back within the last year that required medical attention. All participants gave their written informed consent. This study was performed in compliance with the revised declaration of Helsinki. The dominant upper extremity of each subject was tested. Dominance was determined by asking the subject which arm they preferred to use when writing a name. All the subjects were right-hand dominant based on this criterion.

Subjects were randomly assigned to one of two groups: handgrip group (n = 6), which took part in submaximal isometric handgrip exercise with the left hand, or RSCPDT group (n = 5), which took part in RSCPDT (One subject in the RSCPDT group was excluded because of failure to induce a FCR H-reflex).

Resistive exercise protocol

Before static isometric grip, we used a handgrip dynamometer to measure maximal grip strength using the non-dominant hand. Each subject performed a static isometric handgrip exercise for 20 s at 75% maximum voluntary contraction with the left hand by squeezing a handgrip dynamometer in the side-lying position, while other movement of the trunk and extremities was prevented.

RSCPDT was induced by the manual resistance of a therapist, while other movements of the trunk and extremities were prevented. The therapist stood behind the patient with his elbows locked in extension and placed his hands over the subject's upper ischial tuberosity while in side-lying position. Manual resistance was directed toward the sacroiliac joint (SIJ) over the upper ischial tuberosity by using the therapist's hands for approximation of the SIJ. The duration of each resistive exercise was 20 s.

Intrarater reliability was established for the force of RSCPDT by intraclass correlation coefficient (ICC) for 20 s at random points before the experiment. Intrarater reliability was established for the force of RSCPDT using ICCs. The value of force as resistance of RSCPDT was measured by a pinch meter over the ischial tuberosity at random points for 20 s. The reliability of force from 4 trials measured during RSCPDT was ensured by using a two-way analysis of variance (ANOVA) to derive ICCs. The ICC of the value of the force during RSCPDT was 0.95 (95% CI = 0.86 ~ 0.99), which reflects a high reproducibility.

H-reflex stimulation

While in the side-lying position, each subject was instructed to keep the arm completely relaxed with his/her right shoulder at an angle

of 90 degrees and his/her right forearm immobilized in a cuff in a pronated position with wrist and fingers extended. During and after each exercise, the subject was positioned on their side in a dark, quiet room. We measured the FCR H-reflex of the right upper extremity in the side-lying position during each resistive exercise and at rest before and after each resistive exercise. The right hand was placed with forearm pronation into a simple wrist-hand splint. An elastic bandage held the wrist in the neutral position with forearm pronation throughout the experiment to induce a right FCR H-reflex and M-wave without voluntary contraction of the upper extremity.

During data collection, the intensity of stimulation was constant in each subject. The H-reflex was measured with an evoked potential measuring system (model MEB9100, Nihon Kohden Corp., Tokyo, Japan). We elicited H-reflexes in the FCR muscle using electrical stimulation of the median nerve in the cubital fossa. The signal was amplified with a bandpass filter having a passband of 20 Hz to 3 kHz using an evoked potential measuring system (model MEB9100, Nihon Kohden Corp., Tokyo, Japan). The skin was cleaned with alcohol, and the area was rubbed gently using skin preparation gel (Skinpure; Nihon Kohden Corp., Tokyo, Japan) for removal of dirt, oil and dead skin to lower the impedance at the recording site, which was below 0.5 k Ω . Test stimuli were administered using a 1-ms pulse delivered through a pair of surface electrodes placed 1.5 cm apart over the belly of the FCR, with the cathode located proximal to the anode. Electromyographic (EMG) signals were recorded from the FCR with standard nonpolarizable Ag-AgCl surface disk electrodes (outer diameter 9 mm). An electrical stimulus with a rectangular pulse (1-ms duration) was

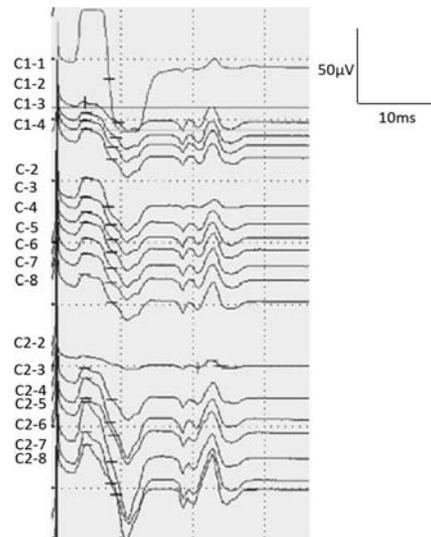


Figure 1. A small M-wave with a maximal H-reflex

The period of 220 s was divided into 8 conditions (condition-C1 (four trials; 80s); conditions-C2, C4,-C5,-C6,-C7, -C8,-C22,- C23 , -C24, -C25, -C26, -C27 and -C28 (20 s each).

delivered by a stimulator at a frequency of 1 Hz. The current was increased from 0 in 0.1-mA increments until a maximal amplitude of H-reflex with a small M-wave was obtained (Fig 1). When the FCR H-reflex increased markedly, demonstrating wrist flexion with no pure pronation or pure flexion of the fingers, it was considered to originate mainly from the FCR.

Experimental design

A small M-wave size was maintained throughout the experiment to ensure that no displacement of the stimulation electrode occurred and that the effects were not due to changes in a reflex recruitment gain during the stimulus gain. M-wave and H-reflex were obtained using 20 sweeps (20 repeated reflex responses) every 20 s in all conditions (conditions -C2 ~-C28) while the stimulation current was concurrently measured for all experimental trials. For each reflex recorded in this study, repeated H-reflexes and M-waves (1 Hz) were sequentially elicited in a row without

interval for a period of 360 s. The period of 360 s was divided into 15 conditions (condition-C1 (80 s): condition-C2 ~ condition-C28 (20 s each). Condition-C1 (four trials; 80 s) represented the phase of rest; condition-C2 and -22 (20s) the phase of each resistive exercise; conditions-C3, -C4, -C5, -C6, -C7, -C8, -C22, -C23, -C24, -C25, -C26, -C27 and -C28 (20 s each) represented the rest phase after each resistive exercise (Fig 1). The intensity of median nerve to induce H-reflexes with small M-waves was determined in condition-C1, and this initial stimulus intensity was held constant for each subject during all of the experimental trials¹⁰⁾.

Parameter of excitability

By using the M-wave as a measure of the effective stimulus strength, H-reflexes occurring at various phases could be compared at equal stimulus intensities¹⁰⁾. We determined the steady intensity of stimuli necessary to elicit a large H-reflex with a small

M-wave in each subject prior to resistive exercise in condition-C1.

For comparison, each H-reflex amplitude during and after each resistive exercise (conditions-C2 ~-C28) was normalized to the corresponding H-reflexes recorded in condition-C1 to reduce inter-subject variability. This ratio, indicating the relative size of the H-reflex amplitude, was used as a parameter of motoneuron excitability. The M-ratio was also calculated in the same manner as the H-ratio. This M-ratio was used as a parameter of change in reflex recruitment gain across the experiments.

Data analysis

- 1) A probability level of $P < 0.05$ was used to determine statistical significance.
- 2) It has been shown that the additional number of motoneurons recruited by a constant excitatory conditioning stimulus in a monosynaptic test reflex was highly dependent on the size of the test reflex itself¹¹⁾. The equivalence of the handgrip and RSCPDT groups prior to the study was checked by conducting unpaired t tests on the peak-to-peak H-reflex and M-wave amplitudes.
- 3) The reliability of H-reflex and M-wave amplitude measurements was ensured by calculating the reliability of peak-to-peak H-reflex and M-wave amplitudes, respectively, from 4 trials measured in condition-C1 using two-way analysis of variance (ANOVA) to derive ICCs (Fig 1: C1-1, C1-2, C1-3 and C1-4).
- 34) To ascertain the consistency of test stimuli, the reliability of the peak-to-peak M-wave amplitudes from 12 trials measured over all conditions (conditions-C1 ~-C28) was tested by assessing the ICCs.

- 5) Two-way repeated-measures ANOVA was used to determine the time-course effects (seven conditions: conditions-C2 ~-C28), group effects (two levels: handgrip and RSCPDT), and interactions between the time-course and group with regard to the M-ratio and H-ratio. We used the Bonferroni post-hoc analysis to determine whether statistically significant differences in the H-ratio or M-ratio occurred over time (conditions-C2 ~-C28).

Results

The mean (SD) stimulus intensity was 4.1 (1.5) mA (range, 2.06.3 mA) for all subjects, 3.8 (1.6) mA (range, 2.0 ~ 6.3 mA) for the RSCPDT group, and 4.5 (1.4) mA (range, 2.1 ~ 5.4 mA) for the handgrip group.

Both H-reflex and M-wave latency were consistent within subjects in this study. The mean H-reflex latency (SD) was 22.7 (0.4) ms (range, 20.5 ~-27.0 ms) for all subjects, 22.1 (0.8) ms (range, 20.5 ~-22.8 ms) for the RSCPDT group, and 23.3 (2.4) ms (range, 20.7 ~ 27.0 ms) for the handgrip group. The mean M-wave latency (SD) was 5.1 (2.2) ms (range, 2.8 ~ 8.6 ms) for all subjects, 4.6 (2.0) ms (range, 2.8 ~ 8.5 ms) for the RSCPDT group, and 5.5 (2.4) ms (range, 3.6 ~ 8.6 ms) for the handgrip group. The latency of response has been shown to improve in consistency with increasing practice¹¹⁾. The high reliability of latency observed in our study may be due to the method of eliciting H-reflexes and M-waves in this study. The unpaired t-test revealed that there were no significant differences between the two groups in the mean stimulus intensity, latency of H-reflexes and M-waves for all conditions, and amplitude of H-reflexes and M-waves in condition-C1.

Two-way repeated ANOVA showed no effect of

Table 1 repeated measures ANOVA

1) M-wave

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	P value
Exercise	0.71	1	0.71	0.66	0.44
Error	9.75	9	1.08		
Times	1.34	13	0.10	1.53	0.12
Exercise × Times	0.86	13	0.07	0.97	0.48
Error	7.90	117	0.07		
Total	20.56	153			

2) H-wave

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	P value
Exercise	8.14	1	8.14	5.78	0.04
Error	12.66	9	1.41		
Times	3.62	13	0.28	5.04	0.00
Exercise × Times	7.27	13	0.56	10.13	0.00
Error	6.46	117	0.06		
Total	38.15	153			

Table 2. Post hoc analysis showing where significant differences occurred.

	RSCD-C2	RSCD-C8	RSCD-C27	RSCD-C28	Handgrip-C25	Handgrip-C26	Handgrip-C27
RSCD-C2			p=0.0026	p=0.0026			
RSCD-C5	p=0.0026						
RSCD-C6							
RSCD-C7	p=0.0026						
RSCD-C8	p=0.0026						
RSCD-C22		p=0.0026	p=0.0026	p=0.0026			
RSCD-C27							p=0.0026
RSCD-C28					p=0.0026	p=0.0026	

time or group on the M-ratio (Table 1). ICC(1,4) analysis of the FCR M-ratio also indicated a high degree of consistency across experimental conditions (all subjects, ICC(1,4) = 0.94; handgrip group, ICC (1,4)= 0.94; RSCPDT group, ICC(1,4) = 0.99). Significant differences were not found for the M-wave during and after each exercise.

To assess reliable measures for the FCR H-ratios (peak-to-peak amplitude), 4 trials in condition-C1 were analyzed using a two-way analysis of variance (ANOVA) to derive the ICCs. The ICC(1,4) was 0.997 for the FCR H-ratio, which indicated a high degree of consistency.

Two-way repeated ANOVA for the H-ratio

showed a significant effect of both the time-course and group (Table 1). The interaction between group and time-course was also significant. Post-hoc analysis revealed significant effects on the H-ratio (Table 2). The mean H-wave amplitude during the RSCPDT was significantly reduced as compared with the post-RSCPDT and post-exercise potentiation were found during the 100-120 s after RSCPDT as shown in Table 2. Post hoc analyses determined that the ascending effect of RSCPDT changed the FCR H-reflex while the lack of the FCR H-reflex changed after submaximal voluntary contraction of contralateral handgrip repeatedly as shown in Table 2 and Fig.2.

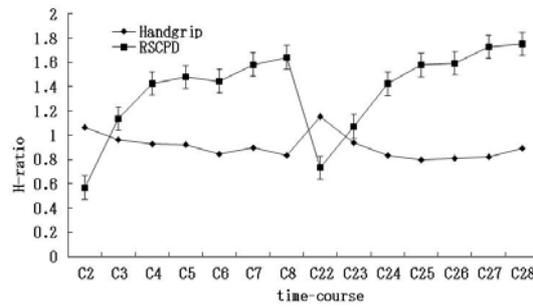


Figure 2. Time-course of the H-ratio.

Discussion

The neurophysiological effects induced by RSCPDT on the FCR H-reflex reproducibly caused a large degree of reflexive inhibition during RSCPDT followed by a gradual excitation after RSCPDT. To the best of our knowledge, this study is the first to demonstrate the reproducibility of the neurophysiological RRE during and after a resistive exercise such as RSCPDT. RSCPDT may be a specific exercise to induce RRE.

We propose RRE a novel explanation for an increase in flexibility observed when a different part is exposed to static contraction. The increased flexibility results mainly from reduced passive stiffness of the muscle-tendon unit¹²⁾ and increasing muscular recruitment¹³⁾. In the first phase of the RRE, the decrease in H-reflex size during RSCPDT reflects reduced excitability of the FCR H-reflex arc. Reproducibility of temporary profound inhibition occurred during RSCPDT in the reduction of FCR H-reflex, which may decrease muscle stiffness, allow more muscle compliance, and subsequently improve PROM of the shoulder joint in patients with orthopedic impairments⁶⁾. In the second phase of the RRE, the reproducibility of the gradual facilitation observed in remote upper extremities following RSCPDT may reflect increased recruitment of agonist motor units

and subsequently improve the upper extremity AROM of the shoulder joint in patients with orthopedic impairments⁷⁾.

Presumable causes of RAE may be coordinated patterns of extremities such as central pattern-generators (CPGs)^{14,15)}. Triggering of RAE during and after RSCPDT may be correlated with the activation of load receptors of central pattern-generators (CPGs), which can determine the choice of appropriate coordinated pattern according to the proprioceptive input arising from muscles, skin, joints and tendon^{14,15)}. The magnitude of force of RSCPDT was between 2 and 3 kg in this study. Efficient RAE to improve the AROM of the remote parts may be dependent on the degree of proprioceptive information generated by the activation of load receptors and strength of static contraction. However, what magnitude of force facilitates RAE most efficiently still remains unclear. Further research is needed to identify the optimal magnitude of force.

Conclusion

RSCPDT-induced RRE on the FCR H-reflex reproducibly caused a large degree of reflexive inhibition during RSCPDT followed by a gradual excitation after RSCPDT by repetitive stimulation. RRE of the FCR H-reflex by RSCPDT will provide neurophysiological

evidence of the indirect treatment of extremities that cannot be exercised directly in patients with severely restricted joints or painful movements.

References

- 1) Mahieu NN, Cools A, De Wilde B, Boon M, and Witvrouw E. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties, *Scand J Med Sci Sports*. 19. p553-60. 2009.
- 2) Condon SM, Hutton RS. Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Phys Ther*. 67. p24-30, 1987.
- 3) Etnyre BR, Abraham LD. H-reflex changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 63. p174-79. 1986.
- 4) Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports Med*. 36. p929-39, 2006.
- 5) Myoi S, Murakami T, Arai M, Uehiro A, Tanaka Y, Shimizu ME, Yanagisawa K, et al. The cumulative effects of resistive exercises on the improvement of the range of motion of hemiplegic shoulders (in Japanese). *PNF Res*. 4. p12-17. 2004.
- 6) Arai M, Shimizu H, Shimizu ME, Tanaka Y, Yanagisawa K. Effects of the hold relax with the pelvic posterior-depression pattern on the most restricted joint of the upper extremities in patients with orthopedic diseases (in Japanese). *PNF Res*. 1. p22-26, 2002.
- 7) Tanaka Y, Shimizu C, Arai M. The differences in the immediate effects of the different resistive pelvic exercises on the improvement of the shoulder joint in scapulohumeral periarthritis (in Japanese). *PNF Res*, 1. p1-6, 2009.
- 8) Arai M, Shimizu H, Yanagisawa K, Shimizu ME, Tanaka Y, Murakami T. Effects of pelvic exercise on a long loop reflex latency -case study- (in Japanese). *PNF Res*. 3. p52-59, 2003.
- 9) Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Immobilization induces changes in presynaptic control of group Ia afferents in healthy humans. *Journal of Physiol*. 586. p4121-4135. 2008.
- 10) Capaday C, Stein RB. Amplitude modulation of the soleus H-reflex in the human during walking and standing. *J Neurosci*. 6(5). p1308-1313. 1986.
- 11) Crone C, Hultborn H, Mazieres L, Morin C, Nielsen J, Pierrot-Deseilligny E. Sensitivity of monosynaptic test reflexes to facilitation and inhibition as a function of the test reflex size: a study in man and the cat. *Exp Brain Res*. 81. p35-45. 1990.
- 12) Guissard N, Duchateau J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve*, 29. p248-255. 2004.
- 13) Hashemirad F, Talebian S, Hatfeg B, Kahlaee AH. The relationship between flexibility and EMG activity pattern of the erector spinae muscles during trunk flexion-extension. *J Electromyogr Kinesiol*. 19. p746-753. 2009.
- 14) Duysens J, Clarac F, Cruse H. Load-regulating mechanisms in gait and posture: comparative aspects. *Physiol Rev*. 80. p83-133. 2000.
- 15) Dietz V. Proprioception and locomotor disorders. *Nat Rev Neurosci*. 3(10): p781-790, 2002.

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

The effects of static contraction facilitation techniques on gait-time in patients with orthopedic conditions using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation pelvic posterior depression pattern in the middle range

新井 光男¹⁾

Mitsuo Arai

清水 ミシェル・アイズマン³⁾

Michele Eisemann Shimizu

白谷 智子²⁾

Tomoko Shiratani

柳澤 健²⁾

Ken Yanagisawa

要旨：PNF パターンを用いた抵抗運動による中間域での静止性収縮手技の一つである骨盤の後方下制 (SCPD) 手技を用い、歩行時間へ及ぼす即時的効果を検証した。対象は神経学的疾患の既往のない下肢に整形外科的疾患を有する 22 名 (男性 7 名, 女性 15 名, 平均年齢 (SD) 64 (15.3) 歳, 受傷 (手術) 後平均月数 (SD) 5.1 (5.1) ヶ月) であった。対象者を無作為に、20 秒間 SCPD を 2 回施行する SCPD 手技群と 10m 歩行を 3 回繰り返す歩行動作反復群の 2 群に配置した (無作為化比較試験)。10m 最大歩行時間をストップウォッチで、各群共に刺激前後 2 回ずつ測定した (ICC (1, 2) = 0.99)。各手技前の歩行時間を基準値として変化率を求め指標とした。各群の平均変化率 (SD) は、SCPD 群は -4.3 (4.3) %, 歩行反復練習群は 2.0 (5.4) % であった。対応のない t 検定の結果、歩行反復練習群と比較し SCPD 手技群において有意差が認められ (p=0.003)、歩行に及ぼす効果が示唆された。

キーワード：PNF, 静止性収縮, 歩行, 整形外科疾患患者

Abstract : Background: The use of a proprioceptive neuromuscular facilitation pattern in the mid-range of posterior elevation pelvic motion (SCPD) as a resistive static contraction facilitation technique may have immediate effects for increasing the gait speed of stroke patients. Aim: The purpose of this study was to investigate the immediate effects of SCPD on the gait ability of orthopedic patients. Design: Twenty-two orthopedic patients without neurological deficits (mean age = 64.0 years, SD = 15.3) were randomly assigned to the SCPD group or to the repeated gait exercise group. SPSS for Windows, version 12.0, was used for statistical analyses. Results: The 10 m gait-time (ICC (1,1) = 0.99), which was highly reliable, was measured before and after each exercise. The percentage change of gait-time (PCG) after each exercise was calculated in comparison with the gait-time before each exercise. The mean PCG (SD) was -4.3 (4.3) % for the SCPD group and 2.0 (5.4) % for the repeated gait exercise group. The result of the unpaired t-test revealed that the SCPD showed significant improvements (p<0.05). Conclusion: This result suggests that SCPD may have immediate effects for increasing the ability of gait in orthopedic patients.

Key words : PNF, static contraction, gait, orthopedic patients

1) つくば国際大学 医療保健学科

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tsukuba International University

2) 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科

Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

3) 甲南女子大学 看護リハビリテーション学部

Department of Physical Therapy, Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan Women's University

はじめに

我々は、臨床において固有受容性神経筋促進法 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF)¹⁾ パターンを用いて、骨盤への抵抗運動を施行して歩行能力の改善が得られることを経験している。文献では、Trueblood ら²⁾ や Wang ら³⁾ は、脳卒中片麻痺患者を対象に骨盤の前方挙上や後方下制の求心性抵抗運動を行ない歩行能力が改善したことを報告している。PNF 運動パターンの求心性抵抗運動でなく、数十秒という短時間の静止性収縮の抵抗運動による手技として、PNF の骨盤抵抗運動パターンを用いた中間域での静止性収縮促進手技 (Sustained Contraction Facilitation Technique in the middle range of motion; SCF 手技)⁴⁾ である骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮の促進 (Static Contraction of Posterior Depression; SCPD) 手技後に脳卒中後片麻痺患者の歩行の継時的改善が得られている^{5,6)}。また、即時的な実験計画による分析では、脳卒中片麻痺患者を対象に、遊脚相に影響を及ぼすと考えられる骨盤の前方挙上の SCF (SCAE) 手技を施行した群と骨盤の後方挙上の SCF (SCPE) 手技をした群および歩行反復訓練群を施行し 10m 歩行時間に及ぼす効果を比較した結果、歩行反復訓練群より、有意に SCAE 手技と SCPE 手技の 2 群が歩行時間が短縮した⁷⁾。脳卒中片麻痺患者を対象に骨盤の SCPD 手技群と SCAE 手技群と歩行反復訓練群を比較した研究では、SCAE 手技群が有意に歩行反復訓練群よりも有意に 10m 歩行時間が短縮した⁸⁾。また、脳卒中片麻痺患者を対象に肩甲骨の SCPD 手技群と骨盤の SCPD 群と歩行反復訓練群を比較した研究でも肩甲骨・骨盤の SCPD 手技群が有意に歩行反復訓練群よりも有意に 10m 歩行時間が短縮した⁹⁾。我々は臨床において、下肢に整形外科的疾患を有する患者に対しても、骨盤の SCF 手技を施行して歩行能力の改善が得られることを経験している。しかし、整形外科的疾患を有する患者を対象に骨盤の SCF 手技が

歩行能力に及ぼす効果を検証した報告がない。本研究の目的は、下肢に整形外科疾患を有する患者を対象に、SCPD 手技が歩行時間へ及ぼす即時的効果を検証した。

対象

対象は本研究に同意を得た 22 名の (男性 7 名, 女性 15 名, 平均年齢 (SD) 64 (15.3) 歳, 受傷 (手術) 後平均月数 (SD) 5.1 (5.1) ヶ月) 下肢に整形外科的疾患を有する患者であった。患者の疾患内訳は人工膝関節全置換術 7 名, 人工膝関節単顆置換術 2 名, 人工股関節全置換術 3 名, 変形性膝関節症 2 名, 膝蓋骨骨折 2 名, 脛骨高原骨折 2 名, 大腿骨骨折 2 名, 足関節脱臼骨折 2 名であった。対象者は神経学的な既往のない, 介助なしで連続した歩行が 20 メートル以上可能な者とした。

方法

対象者を無作為に① SCPD 手技群, ②歩行動作反復群の 2 群に配置し無作為化比較試験を行なった。10m 最大歩行時間をストップウォッチで測定し, 各群共に刺激前後 2 回ずつ測定した。各手技前の歩行時間を基準値として変化率を求め指標とした。

(各手技の実施方法)

- ① SCPD 手技群 : 骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮を仙腸関節への圧縮を強調しながら 2 ~ 3kg の抵抗量で行なった。
- ②歩行反復練習群 : 10m の歩行を 3 回繰り返して行なった。

SCPD 手技は障害側を上にした側臥位とし, 坐骨結節に用手接触し, 20 秒間の静止性収縮後, 20 秒間の休憩をはさみ, 再度 20 秒間の静止性収縮を実施する 1 セット施行した。日本 PNF 学会上級終了 5 年後の同一検者が手技を行なった。

(歩行時間の測定方法)

10m 歩行を用いて歩行時間の測定を行

なった。開始線を 10m 区間の手前 3m とし、終了線は 10m 区間後 3m とし、対象者にはできる限り早く歩くように指示し、10m 区間のタイムを計測した。ストップウォッチは前側の足が 10m の開始線をまたいだあるいは踏んだ時点で開始し、後ろ側の足が 10m の終了線を跨いだあるいは踏んだ時点でストップした。10m 歩行は手技の前後に各々 2 回計測した。時間の測定は同一検者が行なった。

22 名を対象とし 2 回測定したストップウォッチでの測定値の級内相関係数 (ICC (1, 2)) は、0.99 と高い再現性を示唆した。

(データの分析方法)

統計解析は各手技前の 10m 歩行時間の値を基準値とし、次式により介入前の 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 回目の平均値の歩行時間の変化率を算出した。歩行時間変化率を指標とし手技群間で対応のない t 検定を行なった。有意水準は 5% 未満とした。

歩行時間変化率 (%) = (手技後の歩行時間 - 手技前の歩行時間) / (手技前の歩行時間) × 100

統計分析は SPSS for Windows (version 12.0) を用いた。

結果

- 1) 各群の介入前の 1 回目の歩行時間の平均値 (SD) は、SCPD 手技群は 10.7 (4.2) 秒、歩行反復練習群は 10.4 (2.3) 秒であった。各群の介入前の 2 回目の歩行時間平均値 (SD) は、SCPD 手技群は 10.6 (4.5) 秒、歩行反復練習群は 10.1 (2.0) 秒であった。
- 2) 各群の介入後の 1 回目の歩行時間の平均値 (SD) は、SCPD 手技群は 10.3 (4.3) 秒、歩行反復練習群は 10.4 (2.5) 秒であった。各群の介入後の 2 回目の歩行時間平均値 (SD) は、SCPD 手技群は 10.1 (4.2) 秒、歩行反復練習群は 10.6 (2.2) 秒であった。
- 3) 各群の平均改善率 (SD) は、SCPD 手技群は -4.3 (4.3) 秒、歩行反復練習群は 2.0 (5.4) 秒であった (表 1)。

歩行変化率を指標に対応のない t 検定の結果、歩行反復練習群と比較し SCPD 手技群において有意な歩行時間の改善が認められた (p=0.003)。

考察

脳卒中片麻痺患者を対象とした研究と同様に下肢に整形外科的疾患を有する患者においても歩行反復練習群と比較し SCPD 手技において歩行時間が有意に改善することが示され

表 1 平均歩行時間 (単位; 秒)

被験者番号	歩行反復群(n=11)	SCPD群(n=11)
1	-2.24	-2.76
2	0.34	-5.03
3	12.38	-12.78
4	-4.35	0.27
5	-1.86	-0.88
6	5.53	-3.57
7	3.16	-0.84
8	-2.30	0.47
9	10.24	-8.41
10	0.32	-4.49
11	0.98	-9.62
平均値	2.02	-4.33
標準偏差	5.36	4.33

た。立位・歩行時の制御に、短潜時伸張反射（潜時 40ms 前後）は I a 求心性線維介在の短シナプス反射で、中潜時伸張反射（潜時 80ms 前後）は、I b 求心性線維と II 群求心性線維介在の反射が関与する推測されている^{10,11,12,13}。新井ら¹⁴は、神経学的症状のない健常者の誘発筋電図で橈骨神経を電気刺激して総指伸筋から表面電極を用いて筋活動電位を導出し長ループ反射を誘発できた症例を対象に、SCPD 手技前後の波形を分析した結果、延髄レベルと皮質レベルの潜時の波形の増大を認めた。また、骨盤 SCPD 手技直後に短潜時 40ms の波（C1）と潜時 120ms の長潜時の波（C2）が消失し抑制されたが、運動後に安静を保持していたが 5 分後には C1 の振幅値は安静時よりも数倍大きくなり、7 分後には C2 の振幅が数倍増加し皮質レベルの促通が示唆された¹⁴。このことは、SCPD 手技においても、神経生理学的影響により、歩行能力に影響を与えた可能性が推定された。

また、SCPD 手技は整形外科疾患患者の疼痛を軽減することが示唆されているので¹⁵、痛みの軽減による歩行速度の増加が得られた可能性が示唆される。

臨床的意義として、短時間の静止性収縮の促通で歩行時間が短縮される可能性が示唆されたことは、臨床的に疲労しやすい患者への適応や運動機能回復の効率性を追求した手技の開発の一助になる可能性がある。今後、継続的効果を検証していきたい。

引用文献

- 1) 柳澤 健, 乾 公美. PNF マニュアル. 改訂第 2 版. p97-106. 南江堂. 東京. 2005
- 2) Trueblood PR, Walker JM, Perry J, Gronley JK. Pelvic exercise and gait in hemiplegia. *Phys Ther.* 69 (1) . p18-26. 1989
- 3) Wang Ray-Yau. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on the gait of patients with hemiplegia of long and short duration. *Phys Ther.* p1108-1115. 1994
- 4) 新井光男. モビライゼーション PNF. 柳澤 健監修. 第 1 版. p10-41. メディカルプレス. 東京. 2009
- 5) 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り動作と歩行速度に及ぼす影響. *PNF リサーチ.* 7. p56-60. 2007
- 6) 榎本一枝, 新井光男, 田中良美, 他. 患側への重心移動が困難であった脳卒中後片麻痺患者 1 症例に対する骨盤後方下制の効果. *PNF リサーチ.* 6. p45-49. 2006
- 7) 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通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). p15-20. 2011
- 8) 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
- 9) 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時間に及ぼす効果. *PNF リサーチ.* 11 (1). p21-26. 2011
- 10) Dietz V, Sinkjaer T. Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *Lancet Neurol.* 6 (8) . p725-733. 2007
- 11) 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 (1). p3-13. 2010
- 12) Craik, R. L. Oatis, C. A. *Gait Analysis. Theory and Application.* St. Louis. Mosby . p46-64. 1995
- 13) Pearson, K.G., Misiaszek, J. E., Fouad, K. Enhancement and resetting of locomotor

activity by muscle afferents. Ann N Y Acad Sci 16. 860. p204-215. 1998

- 14) 新井光男. 骨盤抵抗運動による総指伸筋長
脊髄反射の潜時に及ぼす影響—ケース・ス
タディー—. PNFリサーチ .3 (1). p54-
59. 2003
- 15) 新井光男, 清水 一, 田中良美, 他. 骨盤
の後方下制への抵抗運動による静止性収縮
が痛みに及ぼす効果. 第6回日本PNF学会.
12. 2005

一側性および両側性股関節回旋筋力の比較

Comparison of unilateral and bilateral hip joint rotator muscles power

伊藤 貴史 ^{1,2)}	柳澤 健 ²⁾	志村 圭太 ^{2,3)}
Takashi Ito	Ken Yanagisawa	Keita Shimura
朝重 信吾 ¹⁾	住谷 久美子 ¹⁾	
Shingo Tomoshige	Kumiko Sumiya	

要旨：本研究は、一側性股関節回旋筋収縮に比べ、両側性股関節回旋同時筋収縮における対側股関節回旋筋力に及ぼす影響について検証した。対象は25名（男性14名、女性11名、平均年齢25.6歳）の健常成人とした。股関節内旋・外旋の各組合せでの同時収縮と一側性の収縮をサイベックスとハンドヘルドダイナモメーターを用いて最大静止性収縮で測定した。本研究の結果では、内旋・外旋ともに一側性股関節回旋筋収縮および両側非対称性股関節回旋筋収縮に比べ、両側対称性股関節回旋筋収縮の方が有意に高い筋力値を示した。この結果は、両側性股関節回旋筋収縮では非対称性運動より対称性運動の方が対側肢への神経インパルスの発散効果が大きく、高い筋力値を示したと考えられた。そして端座位においての非対称性運動では、体幹が不安定だったために筋力増強の効果が認められなかったと考えられた。

キーワード：Cross education, 股関節回旋筋収縮, 両側性運動, 発散

Abstract : The purpose of this study was to determine the influence which it has on the contralateral hip joint rotator muscles power in a bilateral hip joint rotator synchronously muscle contraction compared with the unilateral hip joint rotator muscles contraction. The subjects were twenty five healthy adults' volunteers (fourteen men, eleven women, mean age 25.6). The synchronously contraction in each combination of a hip joint internal rotation and external rotation and the unilateral contraction were measured by the maximum isometric contraction using CYBEX and a Handheld-Dynamometer. In the result of this study, the bilateral symmetry hip joint rotator muscles power showed significant the higher strength measurement than unilateral hip rotator muscle and bilateral asymmetry hip rotator muscle in internal rotation and external rotation. It was thought that this result had the effect of irradiation to the contralateral lower extremity by symmetry movement larger than asymmetric movement in hip joint rotator muscles. And by asymmetric movement, since the trunk was unstable, it was thought that the effect of the strength reinforcement was not accepted.

Key Word : Cross education, hip rotator contraction, bilateral movement, irradiation

-
- 1) 苑田第三病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Sonoda Third Hospital
- 2) 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法学域
Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
- 3) 東京厚生年金病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Tokyo Kosei-Nenkin Hospital

はじめに

固有受容性神経筋促通法（Proprioceptive neuromuscular facilitation：以下 PNF）では、一側性運動において拮抗筋の収縮後に主動筋を収縮させることで筋力を効率良く発揮させる手技がある。この手技は、Sherringtonの継時誘導が理論的根拠とされている¹⁾。富田ら²⁾は、筋活動量において継時誘導の現象は脊髄反射の結果とは必ずしも一致しないと報告しているが、渡会ら³⁾は、最大随意収縮（Maximal Voluntary Contraction：以下 MVC）の80%では継時誘導の効果が認められたと報告している。一方、臨床で筋力向上や協調性の改善を目的にPNFを施行する時、目的とする一側だけの運動だけでなく反対側の運動や両側での運動も行われている¹⁾。この方法は、PNFの促通要素のひとつであるirradiation（発散）の効果を期待したものである。irradiationとは刺激に対する反応が拡大した状態であり、運動に抵抗を加えることで発散が生じ、特殊な運動パターンによる筋活動の拡がりが見られることである^{1,4)}。

このような運動について、cross-educationとして多くの研究も行われてきている。Hellebrandtら⁵⁾は、膝伸筋と肘屈筋に対して調査し、抵抗負荷を加えた筋力強化を一枝に行うと、明らかに対側にも効果があると報告している。cross-educationの先行研究は、中間関節である膝関節、肘関節について検討したものが多く^{6~11)}、近位関節である股関節や肩関節などの報告は見当たらない。PNFアプローチによるirradiationを生じさせた間接的治療に関する報告では、一側下肢から対側下肢への影響を検討した報告⁴⁾、上肢へのPNFアプローチが下肢へ与える影響を検討した報告^{12,13)}、骨盤へのPNFアプローチが上肢へ与える影響を検討した報告¹⁴⁾などがある。しかし、PNFアプローチによるirradiationの効果が股関節の筋力に対する影響について報告したものは少ない。

筋力を評価する際、徒手筋力検査（Manual

Muscle testing：以下 MMT）やハンドヘルドダイナモメーター（Hand Held Dynamometer：以下 HHD）、等速度運動機器を用いた評価があり、一側単関節の筋収縮を対象とした方法が数多く用いられている。一方、両側性筋収縮における筋力を評価する機器や方法は少なく臨床的にもほとんど行われていない。さらに、両側性同時筋収縮についての報告は少なく、特に股関節回旋筋収縮での相違を検討している報告は見当たらず、その効果は不明な点が多い。そこで本研究では、一側性股関節回旋筋収縮に比べ、両側性股関節回旋同時筋収縮における対側股関節回旋筋力に及ぼす影響について筋力測定評価訓練装置（以下：サイベックス）とHHDを用いて検証することを目的とした。

方法

（対象）

対象者は、下肢・体幹に著明な整形外科的および神経学的疾患の既往がない健常成人25名（男性14名・女性11名、平均年齢（標準偏差）26.6（3.0）歳、平均身長（標準偏差）165.6（6.6）cm、平均体重（標準偏差）56.7（7.9）kg）とした。

（説明と同意）

本研究は、首都大学東京荒川キャンパス倫理審査委員会の承認を得て（受理番号：11014）、対象者には、研究の概要を同意説明文に基づいて説明した後に、研究同意書に署名を得てから実施した。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。

（測定方法）

測定項目は、下記①～⑥の6項目の課題を全対象者に実施させ、左股関節最大回旋筋力（静止性収縮）を測定した。

課題①：左股関節内旋静止性収縮＋右股関節筋出力なし

課題②：左股関節内旋静止性収縮＋右股関節内旋静止性収縮

課題③：左股関節内旋静止性収縮＋右股関節外旋静止性収縮

課題④：左股関節外旋静止性収縮＋右股関節筋出力なし

課題⑤：左股関節外旋静止性収縮＋右股関節内旋静止性収縮

課題⑥：左股関節外旋静止性収縮＋右股関節外旋静止性収縮

使用機器は左股関節回旋筋力の測定にサイベックス（メディカ株式会社製，CYBEX NORM），右股関節回旋筋力の測定にHHD（アニマ株式会社製， μ -tas01）を使用した。HHDの設定は測定時間5秒間，マニュアルモードで力の単位をkgfとした。HHDのセンサーは，内果もしくは外果の直上がセンサーの下端になるように設置した。測定ごとにセンサーとベルトを固定後にゼロ校正を行った。HHDの測定には，動かない支柱に非伸縮性のストラップにて固定して行った。サイベックスの設定は，測定肢位を端座位（90°バックレスト付き）で，両下肢とも股関節90°屈曲位・10°外転位・内外旋中間位，膝関節90°屈曲位になるようにシート，背もたれ，ダイナモメーターの位置を設定し，膝／股関節用のアダプターと固定用パッドを使用した。非伸縮性のシートベルトで骨盤，体

幹を固定し，両大腿をベルクロベルトで固定し，両上肢は固定グリップを握らせた（図1）。なお，モードの設定を等尺運動モードにして課題ごとに重力補正を行った。

測定手順は，まず，HHDを用いて各方向3回ずつ5秒間の左右股関節内旋筋力・外旋筋力の静止性MVCを測定した。静止性MVCとしての採用値は3回実施した内の最大値とした。次に，上記の課題①～⑥の測定順を無作為に決定し，各課題間には5分間の休息時間を設けて全ての課題を実施した。なお，各課題とも5秒間の静止性収縮後，60秒間の休息をはさみ，再度5秒間の静止性収縮という順序で3回の筋力測定を実施した。

（統計分析）

左股関節内旋・外旋それぞれに対して，対側の異なる3条件において股関節静止性回旋筋力に相違が生じるか一元配置分散分析を行い，有意差を認めた場合，Tukeyの多重比較検定にてどの条件間に差があるか検定した。またその際，全対象者の場合と男女別の場合で検討した。

なお，統計学的有意水準は5%とし，統計ソフトはSPSS19.0J for Windowsを使用した。

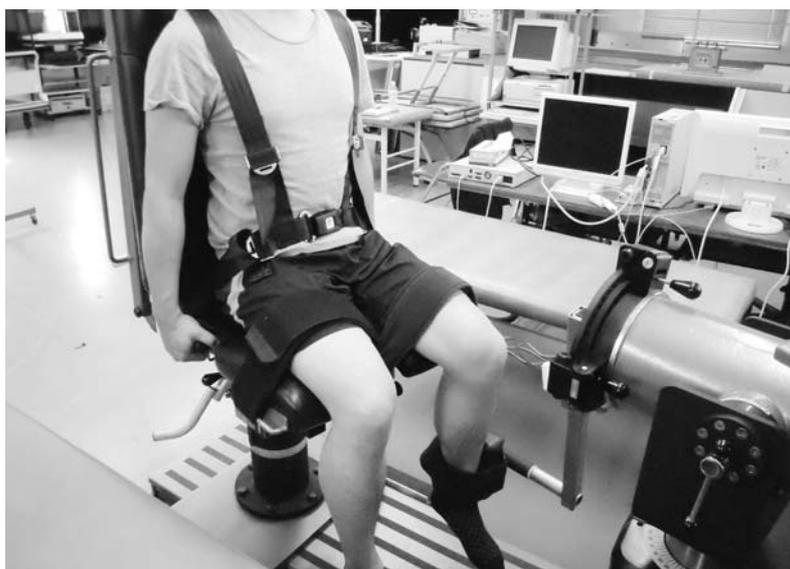


図1 測定肢位

結果

1) 一元配置分散分析

左股関節内旋，外旋それぞれに対して，対側の異なる3条件において股関節静止性回旋筋力に相違が生じるか一元配置分散分析を行った結果，各条件間において危険率5%で有意差を認めた（表1）。

2) 多重比較検定

条件の要因においてTukeyの多重比較検定を行った結果，左股関節静止性内旋筋力は，全対象者，男性群，女性群ともに〔左内旋・右内旋〕施行時と〔左内旋・右外旋〕

施行時において有意差を認めた。また〔左内旋・右内旋〕施行時と〔左内旋・右なし〕施行時においても有意差を認めた（表2）。左股関節静止性外旋筋力は，全対象者，女性群では〔左外旋・右外旋〕施行時と〔左外旋・右内旋〕施行時に有意差を認めた。また〔左外旋・右外旋〕施行時と〔左外旋・右なし〕施行時に有意差を認めた。男性群では〔左外旋・右外旋〕施行時と〔左外旋・右なし〕施行時にのみ有意差を認めた（表3）。

表1 一元配置分散分析表

		平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
全対象者（内旋）	群間	12164.5	2	6082.3	18.2	p<0.01
	誤差	24026.9	72	333.7		
男性群（内旋）	群間	6941.5	2	3470.7	9.1	p<0.01
	誤差	14833.9	39	380.4		
女性群（内旋）	群間	5224.4	2	2612.2	12.4	p<0.01
	誤差	6325.1	30	210.8		
全対象者（外旋）	群間	6446.1	2	3223.1	9.0	p<0.01
	誤差	25647.0	72	356.2		
男性群（外旋）	群間	2937.2	2	1468.6	4.5	p<0.05
	誤差	12836.4	39	329.1		
女性群（外旋）	群間	3669.3	2	1834.6	10.0	p<0.01
	誤差	5499.5	30	183.3		

表2 一側性運動と両側性運動における左股関節静止性最大内旋筋力

		一側性運動	両側性運動	
			〔左内旋・右内旋〕	〔左内旋・右外旋〕
左股関節静止性最大内旋筋力 (Nm)	全対象者 n=25	84.1(17.4)	106.3(19.1)	76.2(18.2)
	男性群 n=14	89.5(18.3)	111.9(20.7)	81.6(19.4)
	女性群 n=11	77.2(14.1)	99.1(14.8)	69.4(14.6)

* : p<0.05 (平均 (標準偏差))

表3 一側性運動と両側性運動における左股関節静止性最大外旋筋力

		一側性運動	両側性運動	
			[左外旋・右内旋]	[左外旋・右外旋]
左股関節静止性最大外旋筋力 (Nm)	全対象者 n=25	75.2(17.3)	80.3(19.9)	96.9(19.3)
	男性群 n=14	85.6(13.6)	88.1(19.8)	104.5(20.2)
	女性群 n=11	61.8(11.3)	70.3(15.7)	87.2(13.3)

*: p<0.05 (平均(標準偏差))

考察

一側性股関節回旋運動および両側非対称性股関節回旋運動に比べ、両側対称性股関節回旋運動で左回旋筋力値は高値を示した。すなわち、[左内旋・右内旋]、[左外旋・右外旋]で左回旋筋力値は高くなり、非対称性運動より対称性運動で対側肢への irradiation の効果が大きかった。

両側性運動の効果についての先行研究では膝関節に関する報告が多く、Kang ら⁶⁾ は、対側下肢に固定バーを用いて等速性の膝伸展筋力を測定し、相反性のパターンで有意に筋力値が向上したと報告している。Kannus⁷⁾ や Hortobagyi⁸⁾ の報告では一側での膝伸筋の筋力訓練で対側肢への筋力増強効果を認めていて、これらの研究では対側同名筋と対側拮抗筋の両者への増強効果を認めたと報告している。Hellebrandt ら⁵⁾ は、15人の膝伸筋と肘屈筋について実験し、治療での抵抗訓練の効果が他肢へも及ぶことに対し、その原因は姿勢保持のための筋収縮と解釈している。Devine ら⁹⁾ や Hart ら¹⁰⁾ も、一側の膝伸展時における対側が拮抗筋の収縮で体幹の固定に作用し筋力値が向上すると報告している。また、Panin ら¹¹⁾ は、表面筋電図を用いた実験から神経インパルスによる発散現象である

cross-education 効果は運動時間よりも運動強度に影響されるため、静止性収縮では抵抗運動時に効果があるとし、その原因について同名筋への特異的作用を否定し、姿勢保持に必要な筋群での低電位の筋活動が著明であると報告している。これらの先行研究から、膝関節屈曲伸展に関しては相反性の運動で cross-education の効果が大きいものと思われる。本研究は、近位関節である股関節回旋筋に着目して両側性運動の効果を検討した。その結果、非対称性の運動より対称性の運動の方が股関節回旋筋力は高くなった。両側性同時筋収縮により一側の筋力値が向上する報告がある一方で、両側同時に筋力を発揮すると一側で筋力を発揮するより筋出力量が低下する両側性機能低下（以下 bilateral deficit）という現象も報告されている^{15~18)}。Bilateral deficit のメカニズムは、脊髄・末梢性レベルや心理・中枢性レベルなど様々な観点で報告されている。そしてこれらの研究も、両側同時握力発揮¹⁶⁾ や肘関節屈曲・伸展の筋収縮¹⁷⁾、両側膝伸展同時筋収縮¹⁸⁾ など末梢部位や中間関節での実験が多く、特に対側拮抗筋ではなく対側同名筋での現象として報告しているものが多い。本研究では、一側性の運動より対称性の両側性運動の方が股関節回旋筋力は高く

なった。本研究において、一側性運動や非対称性運動より対称性運動の方が筋力値が高くなったのは、端座位での一側性運動や非対称性の両側性股関節回旋運動では、筋力発揮時に体幹のバランスを保つことが困難になるためと考えられる。しかし、今回の研究では神経生理学的な根拠に関しては明らかにできなかった。今回の我々の研究は、先行研究に多い中間関節ではなく近位の関節である股関節に着目して実験した。膝関節や股関節の筋群に対して両側性同時筋収縮を評価する場合、体幹のバランスを保つための筋収縮が影響を及ぼし、cross-education の効果を明確にすることは困難であった。長尾¹⁹⁾は、小指外転筋における遠心性収縮で cross education の効果を認め、その原因は姿勢反射の影響は考えられず、刺激による発散現象によるものと考察している。今後は、股関節回旋筋においても、固定筋としての筋収縮を排除したうえでの神経レベルでの検討がさらに必要と思われる。

また、外旋に比べて内旋の方が筋力値は高い傾向にあった。これは測定肢位が端座位であったため、梨状筋の働きなどが内旋に働くようになり内旋時により多くの筋活動が行われたためと思われる。特に女性群でその傾向が著明であった。Michaelら²⁰⁾は、対称性と非対称性のパターンで股関節回旋の回旋角度と筋力について比較し、非対称性の運動では長さ-張力曲線の関係から筋力測定肢位が回旋角度の相違により筋力値が異なると報告している。今回の研究では内外旋中間位におけるの静止性収縮で、特に女性においては内旋への筋力測定時に筋張力が大きくなり筋力を発揮しやすい環境であったことが推察できる。

PNFの運動パターンは、対角線かつ螺旋(回旋)状の運動であり、複合面上で行われる特異的な運動パターンである。他の運動療法ではPNFのように複合面上でアプローチするものは少なく、矢状面の動きや前額面の動き

に対してのアプローチが多いように思われる。しかし、人の力強い粗大運動を観察すると、対角線上の動きと回旋の動きが加わっており、矢状面・前額面あるいは水平面のような単一な基本面上の動きはきわめて少ないと言える。複合面上での運動パターンに対するアプローチの有効性を検証している報告^{21~23)}もあり、回旋筋を伴う運動療法が重要であると言える。臨床においてPNFを施行する際、irradiationを考慮してアプローチするが股関節回旋筋におけるその効果は不明な点が多かった。しかし、今回の研究結果による臨床的意義として、対称性の同時筋収縮を行うことで目的とする股関節回旋筋の筋力増大に影響を及ぼす可能性があることが推察できる。このことより、下肢のPNFの両側対称性のパターンを選択してアプローチすることで股関節回旋筋の筋力増大を得られると考えられる。

引用文献

- 1) 柳澤健, 乾公美. PNFマニュアル—改訂第3版—. p17-18. p135-139. 南江堂. 東京. 2011
- 2) 富田浩, 池田由美, 新田収, 他. ヒトの随意運動における継時誘導の効果. 理学療法学. Vol23. 1996
- 3) 渡会昌広, 竹井仁, 新田収, 他. 膝関節伸筋収縮直後の膝伸展トルク. The journal of Tokyo Academy of Health Science 3(4). p243-246. 2001
- 4) Arai M, Shimizu H, Shimizu M.E, et al. Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercise of the sound side and setting of the affected muscles. Hiroshima J Med Sci. 50(3). p65-73. 2001
- 5) Hellebrandt F.A, Parrish A.M, Houtz S.J. Cross education. the influence of bilateral exercise on the contralateral limb. Arch Phys Med Rehabil 28. p76-85. 1947.

- 6) Kang S.W , Na Y.M , Moon J. H , et al . Interlimb interaction and stabilization of contralateral leg in isokinetic knee evaluation . Arch Phys Med Rehabil 78. p497-500. 1997
- 7) Kannus P. Effect of one-legged exercise on the strength power and endurance of the contralateral leg. Eur. J. Appl. Physiol. 64. p117-126. 1992
- 8) Hortobagyi T . Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. Med.Sci.sports Exerc 29. p107-112. 1997
- 9) Devine K.L , LeVeau B . F , Yacy H.J . Electromyographic activity recorded from an unexercised muscle during maximal isometric exercise of the contralateral agonists and antagonists . Phys Ther 61. p898-903. 1981
- 10) Hart D.L, Stobbe T.J, Till C.W, et al. Effect of trunk stabilization on quadriceps femoris muscle torque . Phys Ther 64. p1375-1380. 1984
- 11) Panin N . Electromyographic Evaluation of the “Cross Exercise” Effect . Arch Phys Med Rehabil 42. p47-52. 1961
- 12) 佐藤仁, 丸山仁司. 一側上肢の異なる運動パターンへの等尺性抵抗運動域の違いが両側下肢伸展筋力におよぼす影響. 理学療法科学 23 (1). p175-180. 2008
- 13) 西浦健蔵, 新井光男, 重松栄一, 他. 肩関節の抵抗運動が股関節屈曲可動域に及ぼす影響. PNF リサーチ. Vol.6. p15-20. 2006
- 14) 清水幸恵, 新井光男, 上広晃子, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動が肘関節可動域改善に及ぼす継時的効果. PNF リサーチ. Vol.8. P7-13. 2008.
- 15) 竹林秀晃, 宮本謙三, 宅間豊, 他. 両側性運動における一側筋力調節時の対側最大筋力への影響. 理学療法学. 33 (2). p82-87. 2006
- 16) Ohtsuki T . Decrease in grip strength induced by simultaneous bilateral exertion with reference to finger strength . Ergonomics. 24. p37-48. 1981
- 17) Oda S , Moritani T . Maximal isometric force and neural activity during bilateral and unilateral elbow flexion in humans . Eur J Appl Physiol. 70. p305-310. 1995
- 18) Secher NH,Rube N , Elers J . Strength of two and one leg extension in man . Acta Physiol Scand. 134. p333-339. 1988
- 19) 長尾史博. 遠心性収縮を利用した訓練法とその他訓練法との比較. リハビリテーション医学. Vol18. No . 6. p321-333. 1981
- 20) Michael T.C , Michael J.S, Damon M , et al . Symmetrical hip rotation and its relationship to hip rotator muscle strength. Clinical Biomechanics 25. p56-62. 2010.
- 21) 柳澤健, 新田收, 富田浩, 他. 股関節肢位変化による膝関節伸展加速度への影響. 第33回日本理学療法士学会特集号. p188. 1998
- 22) 伊藤貴史, 齋藤敏明, 本多慎, 他. Scooting に対する PNF アプローチが大腿骨頸部骨折術後患者の股関節回旋筋力に与える即時効果. PNF リサーチ. Vol8. p44-49. 2008
- 23) Kuruma H , Watanabe S , et al . Cortical activation pattern during proprioceptive neuromuscular facilitation movements . 10th International Congress of ACPT . p299. 2008

肩甲骨と骨盤の抵抗運動が肩関節内旋可動域に及ぼす影響
 The effects of scapular and pelvic resistive exercises on the improvement of
 shoulder internal rotation range of motion

道祖 悟史 ¹⁾	新井 光男 ²⁾	福島 卓矢 ¹⁾	水野 博彰 ¹⁾
Satoshi Saya	Mitsuo Arai	Takuya Hukushima	Hiroaki Mizuno
鐘井 光明 ¹⁾	林 輝真 ³⁾	清水 ミシェル・アイズマン ⁴⁾	
Mitsuaki Kanei	Terumasa Hayashi	Michele Eisemann Shimizu	

要旨：肩関節内旋自動関節可動域（AROM）の改善法として，肩甲骨の後方下制の中間域での静止性収縮（SCPD-S）と骨盤の中間域での静止性収縮（SCPD-P）及び持続的ストレッチ（SS）をコントロールとし比較検証した．対象は健常成人 30 名（男性 27 名，女性 3 名）で平均年齢（標準偏差）は，23.4（6.3）歳であった．右肩関節内旋 AROM 変化値を指標とした一元配置分散分析の結果，各群間において有意差が認められ，Tukey Test により，SS 群と比較し SCPD-P 群は有意な改善が認められた．また SCPD-P 群，SS 群と比較し SCPD-S 群に有意な改善が認められた．肩関節内旋の AROM には間接的な遠隔アプローチが有効である可能性が健常者で示唆された．

キーワード：静止性収縮，遠隔効果，関節可動域，固有受容性神経筋促通法（PNF）

Abstract： The purpose of this study was to determine the remote effect of resistive static contractions of the scapular and pelvic depressors on the improvement of active range of motion (AROM) of shoulder internal rotation after exercise. The exercises included a sustained stretching of shoulder internal rotation (SS) and static contractions using the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) patterns for posterior depression of the scapula (SCPD-S) and posterior depression of the pelvis (SCPD-P). Thirty healthy subjects (27 men ; 3 women), with a mean average age (SD) of 23.4 (6.3) years, were randomly assigned to one of three exercise groups. The result of a one way ANOVA showed significant differences between the groups. Tukey's HSD post-hoc test revealed that the SCPD-P showed significant improvements as compared with the SS group, and the SCPD-S showed significant improvements as compared with the SS and SCPD-P groups. The remote facilitating effects on the AROM of shoulder internal rotation may be an effective indirect approach for increasing the AROM of shoulder internal rotation in healthy persons.

Key words： remote effect, resistive static contraction, range of motion, proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF)

-
- 1) 下関市立中央病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Shimonoseki Municipal Central 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 Health Sciences, Tsukuba International University
 - 3) 下関看護リハビリテーション学校
Shimonoseki Nursing and Rehabilitation School
 - 4) 甲南女子大学
Department of Physical Therapy, Faculty of Nursing and Rehabilitation, Kounan Women's University

はじめに

我々理学療法士が、関節可動域制限に対してアプローチする機会は、非常に多い。その方法は多岐にわたり、セラピストにより異なる¹⁾。静止性収縮を用い関節可動域を改善する方法として新井ら^{2,3)}は、PNF 運動パターンの中間域での静止性収縮 (Sustained Contraction Facilitation Technique ; SCF 手技) が有効であると述べている。この方法は、近隣関節筋群を含む筋を伸張せず、PNF パターンの中間域肢位を保持させた位置で当該関節筋群を静止性収縮させる方法 (直接的アプローチ) と、可動域改善を目的とする当該関節の遠隔部位の関節筋群を PNF 中間域肢位で静止性収縮させる方法 (間接的アプローチ) の2つの方法を用いる。SCF 手技の間接的アプローチについて、特に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) の効果について多くの報告がなされている。新井ら⁴⁾は、SCPD 手技前後の上肢障害関節他動関節可動域の改善効果を、障害関節の持続伸張手技をコントロールとして比較検証した結果、SCPD 手技が有意に上肢障害関節の他動関節可動域を改善させたことを報告している。また、手関節自動関節可動域 (Active Range of Motion ; AROM) について新井ら⁵⁾は、SCPD 手技は健常群・手関節に運動時痛を有する整形外科疾患患者である患者群とも手関節屈曲 AROM を改善させる作用が直接的アプローチより有意に大きく、間接的アプローチの有効性を明らかにした。平下ら⁶⁾は、持続的ストレッチ (Sustained Stretching ; SS) をコントロールとし、骨盤の SCPD 手技と肩甲骨の後方挙上の中間域での静止性収縮 (Sustained Contraction of Posterior Elevation ; SCPE 手技) が脳卒中後片麻痺患者の患側肩関節の AROM に及ぼす効果について骨盤の SCPD 手技と肩甲骨の SCPE 手技は有意な改善が認められたが、骨盤の SCPD 手技と肩甲骨の SCPE 手技との間では有意な差が認められ

なかったと述べている。田中ら⁷⁾は、肩関節周囲炎患者を対象に骨盤の SCPD 手技、座位での健側骨盤前方挙上の短縮域での静止性収縮 (Anterior Elevation ; AE 運動)、SS 手技を比較し SCPD 手技は SS 手技と比較し、外旋および内旋可動域で有意な増大を認めた。しかし、SCPD 手技と AE 運動間には有意差が認められず、SCPD 手技と AE 運動は肩関節周囲炎患者の肩関節回旋の AROM 改善の間接的アプローチ法として有効である可能性が示唆されたと述べている。

このように、骨盤や肩甲骨の中間域での静止性収縮により関節可動域が改善されることが多く報告されている。我々は健常者においても肩甲骨や骨盤の中間域での静止性収縮により肩関節内旋可動域や筋力が増強することを経験している。そこで今回、健常者を対象に肩甲骨の後方下制と骨盤の後方下制の抵抗運動による静止性収縮が肩関節内旋可動域に及ぼす影響について検証した。

対象

健常成人 30 名 (男性 27 名、女性 3 名) とした。対象の平均年齢 (標準偏差) は 23.4 歳 (6.3) であった。対象者には、研究の概要と得られたデータを基にして学会発表や学術雑誌へ投稿を行うことを同意説明文に基づいて説明した後に、研究同意書に署名を得た。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。

方法

対象 30 名を乱数表を用いて無作為に持続伸張群 (SS 群)、肩甲骨の SCF 手技群 (SCPD-S 群)、骨盤の SCF 手技群 (SCPD-P 群) に分類した。(表 1)

独立変数は手技の違いとした。従属変数は右肩関節内旋の AROM の変化値とした。

(各手技の実施方法)

① SS 群 : 背臥位にて右肩関節外転 90° , 肘

表1 各群の内訳

治療群	年齢（標準偏差）	性別
SS群	27.2（7.5）	男8名 女2名
SCPD-S群	19.0（0.6）	男10名
SCPD-P群	24.1（5.8）	男10名

関節屈曲 90° にて肩関節内旋方向への持続伸張を 20 秒間行い、20 秒間の休憩をはさみ、再度 20 秒間の持続伸張を 1 セット実施した。

② SCPD-S 群：左側臥位にて肩甲骨の後方下制の中間域での静止性収縮を 2～3kg の抵抗量で行った。右肩甲棘下縁と肩甲骨下角に用手接触し、20 秒間の静止性収縮後、20 秒間の休憩をはさみ、再度 20 秒間の静止性収縮を 1 セット実施した。

③ SCPD-P 群：左側臥位にて骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮を左の仙腸関節への圧縮を強調しながら 2～3kg の抵抗量でおこなった。右坐骨結節に用手接触し、20 秒間の静止性収縮後、20 秒間の休憩をはさみ、再度 20 秒間の静止性収縮を 1 セット実施した。（図 1）

日本 PNF 学会上級修了 5 年後の同一検者が手技を行った。

（AROM の測定方法）

AROM は介入前後に 3 回測定した。AROM の測定は腹臥位にて右肩外転 90°，肘屈曲 90° にて代償運動を起こさない範囲で右肩関節を最大内旋するように対象に説明し、角度計を用いて測定した。測定は 3 名の検者でおこなった。1 名の検者が肩甲骨、体幹を固定した。また 1 名が右肘関節と肩関節の運動軸がずれていないことを確認し、1 名が角度計を操作し、目盛を読みとった。測定はすべて同一検者が行った。

（データの解析）

AROM は 3 回の測定の平均値を代表値とした。また AROM 変化値は、介入後と介入前の AROM の差とし、次式を用いて算出した。

$$(\text{AROM 変化値}) = (\text{介入後の AROM}) - (\text{介入前の AROM})$$

AROM 測定の再現性を検証するために、30 名の対象者から得られた各 AROM の 3 回の測定値を基に級内相関係数（ICC：Intraclass Correlation Coefficient）を求めた。

各群の AROM 変化値について比較するため、AROM 変化値を指標とし、一元配置分散分析を行い、有意差が検出されたものについては、多重比較検定（Tukey test）を行った。有意水準は 5% 未満とした。統計分析は R2.8. 1 を使用した。

結果

ICC (1,1) は介入前 0.95、介入後 0.97 であり高い信頼性を認めた。

平均 AROM 変化値（標準偏差）は SS 群が 2.4 (2.2)、SCPD-S 群が 11.4 (3.7)、SCPD-P 群が 6.4 (3.5) であった。AROM を指標とした一元配置分散分析の結果、有意差が認められた ($p < 0.05$) (表 2)。多重比較検定 (Tukey Test) によって検討した結果、SS 群と S-SCPD 群、S-SCPD 群と P-SCPD 群、SS 群と P-SCPD 群の間に有意差が認められた ($p < 0.05$) (図 2)。



a) SS 群：背臥位にて右肩関節外転 90° ，肘関節 90° にて肩関節内旋方向への持続伸張を行った



b) SCPD-S 群：肩甲骨の後方下制の中間域での静止性収縮を 2～3 kg の抵抗量で行った



c) SCPD-P 群：骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮を 2～3 kg の抵抗量で行った 図 1 各手技の方法

図 1 各手技の方法

表2 各手技の AROM 変化値による 1 元配置分散分析表

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値
手技間	409.79	2	204.89	3.35	0.00
誤差変動	281.27	27	10.42		
全変動	691.05	29			

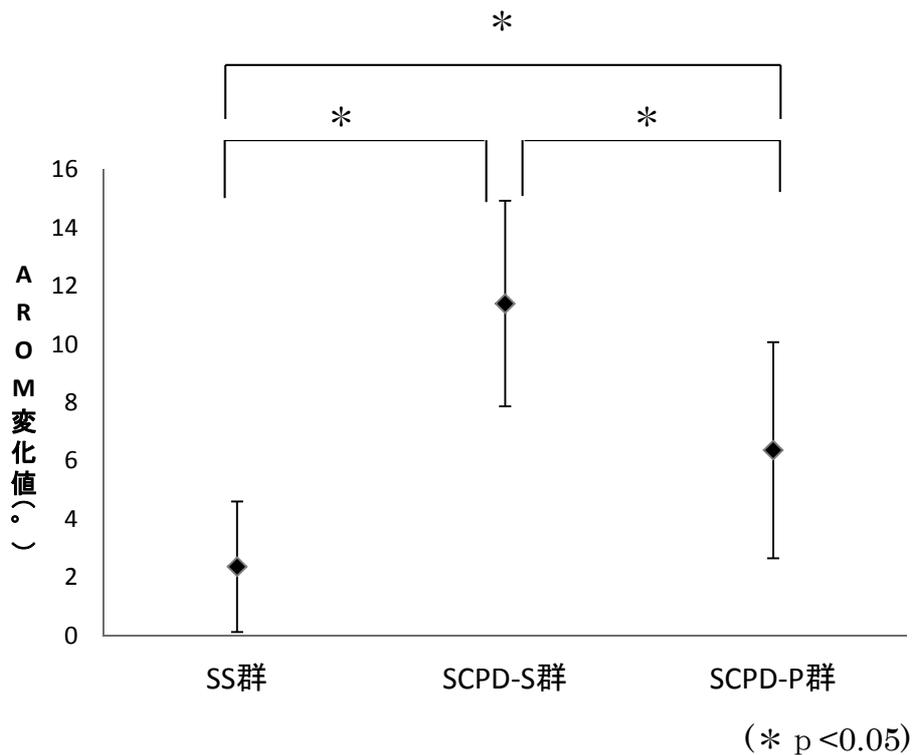


図2 AROM の変化値の平均値と標準偏差

考察

本研究から、SCPD-S 手技は SCPD-P 手技、SS 手技と比較し、有意な AROM 増大が認められた。また SCPD-P 手技は、SS 手技と比較し、AROM 有意な増大が認められた。このことから、肩関節内旋の AROM には間接的な遠隔アプローチが有効である可能性が示唆された。

新井ら⁷⁾は、SCPD-P 手技が橈側手根屈筋 H 波に及ぼす影響について SCPD-P 手技群と上肢のピンチを行う handgrip 群の 2 群に分けて運動時およびその後の H 波・M 波振幅値を

重複測定分散分析により比較した結果、SCPD-P 手技群では運動時に橈側手根屈筋 H 波に有意な抑制が生じ、運動 80 秒後に有意な促通が生じたことより、運動時に上行性の抑制が生じ、運動後の脊髓レベルの促通が生じ運動可動域の増大が生じることを推測している^{8,9)}。本研究での SCPD-P 手技による肩関節内旋可動域の増大の機序として SCPD-P 手技時の運動時の腰・仙髄から頸・胸髄への上向性の抑制による筋のリラクゼーションにより他動関節可動域が改善し、運動後の脊髓レベ

ルの促通により，肩関節内旋筋群の筋活動の増大が生じた可能性が推察される．また，SCPD-S 手技による AROM 改善の機序は脊髄固有反射により，肩関節運動時の運動単位が増加した可能性が推察される．

今回の肩関節内旋 AROM 改善がストレッチと比較し，SCPD-S 手技，SCPD-P 手技の AROM 変化値に差があったことは，健常者においても肩関節内旋の AROM 増大（随意運動能力の増大）の方法の一つとして有効である可能性が示唆された．

今後の課題

痛みのある疾患に対する SCPD-P 手技の遠隔反応の効果として田中ら⁷⁾の報告があるが，患者群において，SCPD-P 手技と SCPD-S 手技の効果の比較は明らかでないので今後検証していきたい．

引用文献

- 1) 板場英行. ストレッチをめぐる現状と課題. 理学療法 21 (12). p1439-1447. 2004
- 2) 新井光男, 柳沢健. 痛みに対する PNF モビライゼーション. 理学療法 23 (1). p195-200. 2006
- 3) 新井光男. モビライゼーション PNF. 第 1 版. p10-41. 東京. 2009
- 4) 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
- 5) 新井光男, 清水一. 手関節自動関節運動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運動に及ぼす影響. 広島大学. 2004
- 6) 平下聡子, 新井光男, 清水一, 他. 肩甲骨と骨盤の抵抗運動が患側肩関節可動域に及ぼす影響. PNF リサーチ 4 (1). p19-23. 2004
- 7) 田中良美, 清水千穂, 新井光男, 他. 肩関節周囲炎患者の骨盤に対する 2 種類の抵抗運動が肩関節自動関節可動域に及ぼす影響. PNF リサーチ 9 (1). p1-6. 2004
- 8) 新井光男, 清水一, 柳沢健, 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効果 — ケース・スタディー. PNF リサーチ 3 (1). p52-59. 2003
- 9) 新井光男, 他. 骨盤への抵抗運動が橈側手根屈筋 H 波に及ぼす影響. 第 6 回日本 PNF 学会. 13. 2005

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
 静止性収縮が手運動野の脳活動に及ぼす影響
 — 機能的MRIにおける検討 —

Brain activity during a static contraction of posterior depression using the proprioceptive
 neuromuscular facilitation technique : An fMRI study

白谷 智子 ^{1,2)}	新田 収 ¹⁾	新井 光男 ³⁾
Tomoko Shiratani	Osamu Nitta	Mitsuo Arai
松田 雅弘 ⁴⁾	多田 裕一 ¹⁾	妹尾 淳史 ¹⁾
Tadamitsu Matsuda	Yuuichi Tada	Atsushi Senoo
清水 ミシェル・アイズマン ⁵⁾	柳澤 健 ¹⁾	
Michele Eisemann Shimizu	Ken Yanagisawa	

要旨：骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮（SCPD）時に遠隔の部位（手）に及ぼす効果に脳活動が関与している可能性があるが、明らかではない。機能的磁気共鳴画（fMRI）を用い SCPD が手の領域に及ぼす効果を検証した。対象は右利き健常成人4名（男性2名、女性2名、平均年齢25.3歳）であった。課題は、ボールを持続的に握る運動、骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮（SCPD）を行なう2課題とした。その間の脳活動を3.0T MR装置にて撮像した。測定データはMatlab上の統計処理ソフトウェアSPM8を用いて前処理を行ない、個人解析には統計的手法であるFWE（family wise error）を用いて、MR信号強度が有意水準（ $p < 0.05$ ）の部位を抽出した。全ての対象者においてSCPD手技と手の運動の左感覚運動野（SMC）の賦活でオーバーラップする部位が認められた。SCPD手技により、手の感覚運動野の賦活が認められたことより手の活動に影響する遠隔効果の一つのエビデンスとして呈示できた。

キーワード：機能的磁気共鳴画像、PNF、骨盤抵抗運動、静止性収縮

Abstract : The remote effects on the hand of a static contraction of posterior depression (SCPD) using the proprioceptive neuromuscular facilitation technique (PNF) may be related to brain activities. However, the relationship is not known yet. Aim : A functional magnetic resonance imaging (fMRI) was used to define brain activity associated with an SCPD and was compared with an exercise of holding a ball in the palm of the hand (Hold) . Methods : Four healthy right-handed subjects (mean age = 25.3, SD = 3.38) were asked to exercise while taking an fMRI. fMRI scans were performed in whole body MRI systems operating at 3.0 T (Gyrosan Intera, Philips Medical Systems, Best, The Netherlands) . Areas of significant change in the brain were estimated by preprocessing, and statistical analyses of the fMRI data were done by using the SPM8 software implemented in MATLAB. Block design fMRIs were obtained under two conditions, each replicated 3 times. All results are height thresholded at P value = 0.05, adjusted to control for the family-wise error. fMRI studies showed significantly increased activation of the left sensorimotor cortex (SMC) during both the SCPD and Hold. The region of significant overlap between these 2 exercises (SCPD and Hold) projected onto the left sensorimotor cortex (SMC) . We believe that the results provide evidence of the remote effects of SCPD on hand activities.

Key words : fMRI, PNF, Pelvic resistance exercise, Static contraction

-
- 1) 首都大学東京大学院 人間健康科学研究科
Department of Physical Therapy, Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan 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) つくば国際大学 医療保健学部
Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tsukuba International University
 - 4) 了徳寺大学 健康科学部
Department of Physical Therapy, Ryotokuji University
 - 5) 甲南女子大学 看護リハビリテーション学部
Department of Physical Therapy, Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan women's University

はじめに

固有受容性神経筋促通法 (proprioceptive neuromuscular facilitation technique; PNF) の運動パターンを用いて、骨盤の抵抗運動を施行し遠隔の関節の関節可動域 (Range of motion; ROM) や起き上がり能力・歩行能力の改善が得られることが多くの論文で報告されている¹⁻¹⁰⁾。ROMに関する報告は、名井ら^{1,2)}は、脳卒中後片麻痺患者に対し持続伸張 (Sustained Stretch; SS) 手技と骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Static Contraction of Posterior Depression; SCPD) 手技を用い比較した結果、SCPD 手技で遠隔部位の患側肩関節屈曲角度また肘関節伸展角度が有意に改善したことを報告している。白谷ら^{3,4)}は、健常者を SS 手技、ホールド・リラックス (Hold relax; HR) 手技、SCPD 手技群に無作為に配置し比較した結果、SS 手技と SCPD 手技間で膝関節伸展 PROM および AROM が有意に改善したことを報告している。清水ら⁵⁾は、整形外科疾患患者に対して SS 手技、HR 手技、SCPD 手技を無作為に施行し比較した結果、SS 手技と SCPD 手技間で膝関節伸展 PROM および AROM が有意に改善したことを報告している。起き上がり能力に関する報告は、上広ら⁶⁾は、脳卒中後片麻痺患者を対象に SCPD 手技とコントロール群 (起き上がり反復群) を比較した結果、SCPD 手技において起き上がり時間が短縮したことを報告している。歩行能力に関する報告は、Trueblood ら⁷⁾の報告では、脳卒中片麻痺患者を対象に患側の骨盤前方挙上と骨盤後方下制の求心性運動時への抵抗運動の効果をフットスイッチや足圧計等で検証した結果、運動直後で改善を認め、30分後の比較でも4名が改善を示した。また、Wangら⁸⁾は発症後6ヶ月未満 (短期) と発症後12ヶ月以上 (長期) の脳卒中後片麻痺患者に、骨盤の前方挙上と後方下制の求心性運動への抵抗運動の訓練量の相違による効果を検証した結果、短期の患者では1セッション直後に、長期では12セッ

ション後に歩行速度・歩行率の改善を認めたことが報告されている。田中ら⁹⁾は、脳卒中片麻痺患者を対象に、SCPD が歩行時間に及ぼす経時的効果の差異を検証した結果、歩行速度の改善を示したことが報告されている。柳澤¹⁰⁾は、脳卒中片麻痺患者に対し骨盤の前方挙上の中間域での静止性収縮 (static contraction of anterior elevation; SCAE) 手技と SCPD 手技が歩行時間に及ぼす即時的効果の差異を検証した結果、コントロール群 (歩行反復練習群) と比較し骨盤 SCAE 手技において歩行速度の改善を示したことを報告した。

骨盤の SCPD 手技の効果の神経生理学的な研究として、神経学的症状のない健常者の誘発筋電図で橈骨神経を電気刺激して総指伸筋から表面電極を用いて筋活動電位を導出し長ループ反射を誘発できた症例を対象に SCPD 手技前後の波形を分析した結果、延髄レベルと皮質レベルの潜時の波形の増大を認めた¹¹⁾ことが報告されており、骨盤の抵抗運動時に遠隔の部位に及ぼす効果に脳活動が関与している可能性がある。しかし、脳活動に及ぼす影響は明らかでない。

近年、機能的磁気共鳴画像 (fMRI) を用い脳活動と手または足の運動との関係性が検証されている。Elein ら¹²⁾は右利きの健常者を対象に、右と左で母指と指の対立・膝関節の屈伸・足関節の底背屈・足指の屈伸の4つの課題間の脳活動を検証した結果、手の課題に比べ下肢の課題で感覚運動野・運動帯状回・基底核・補足運動野で有意な活動が見られたことを報告している。また、Newton ら¹³⁾は右利きの健常者を対象に右側で足関節の背屈・足関節の底屈・膝関節の伸展の3つの収縮課題を行ない比較した結果、下肢の運動時に手の領域である hand knob area の Blood Oxygenation Level Dependant (BOLD) 信号の減少が認められたことを報告した。一次感覚運動野の hand knob area に隣接した BOLD 信号の減少と下肢の運動との関連性は、上行性の遠隔反応の機序に脳が関与することを

Newton ら¹³⁾は示唆した。SCPD手技の効果も手の脳領域に影響を及ぼしている可能性があるが未だ明らかでないので、fMRIを用い影響を明らかにすることが本研究の目的である。

対象

対象は神経学的な疾患の既往のない右利き健常成人4名(男性2名,女性2名,平均年齢(SD)23.05(3.38)歳)であった。利き手はエディンバラ利き手テストにてラテラリティ係数の100%の右利きであることを確認した¹⁴⁾。利き足はボールを蹴る足(機能脚)と走り幅跳びで踏み切る足(支持脚)について、「右・左・どちらともいえない」の3件法で回答をするよう求め、両方の項目において右利きであることを確認した。全ての対象者に実験の趣旨を説明し、参加することの承諾を得た。本実験は首都大学東京荒川キャンパスにて行われた。また、本実験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を受けた。

方法

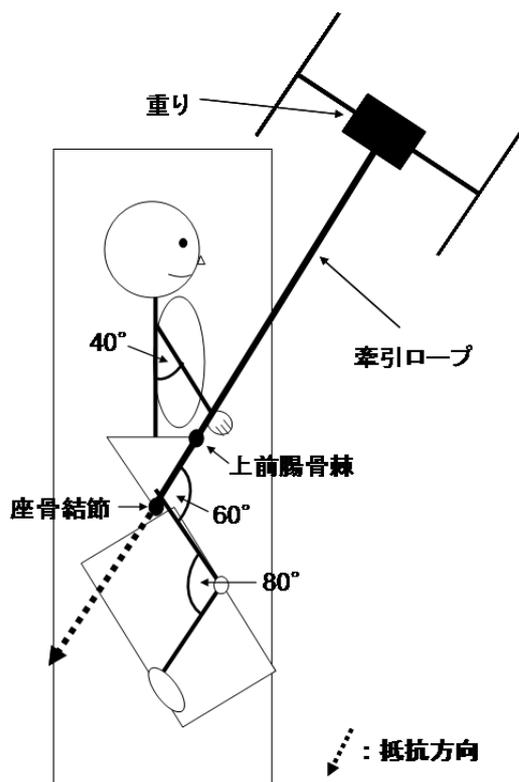
デザインは課題と安静を繰り返すブロックデザインで行なった(図1)。課題と安静は各々30秒とした。課題は同一課題を3回繰り返すことを1セットとし、順序はランダムに行なった。課題は、課題1はボールを持続的に握る運動、課題2は骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮(SCPD手技)を行なった。被験者はMRI室に入室した後、骨盤ベル

トを装着しMR装置に左下の側臥位(肩関節屈曲40°、股関節屈曲60°、膝関節屈曲80°、股関節内転・外転・中間位、脊柱中間位(図2a))となった。課題1は30秒間ボールを握ることができる強さで握るよう行なった。課題2では牽引のロープは右坐骨結節に抵抗がかかるように設置し、牽引方向は牽引のロープと上前腸骨棘-坐骨結節を結ぶ線が一直線となる頭側方向に行ない(図2a)、牽引量は体重の1/20kg重の重さにて行なった。課題2の運動条件は、後方下制方向の求心性収縮が生じないように、定めた側臥位を保持するように指示した。計測直前に被験者は2つの課題の練習を行ない、運動方向の確認を行なった。計測中は、被験者は開眼した状態とし、運動の開始と終了はMRI室内の実験者・被験者にアナウンスで知らされた。

本研究は、首都大学東京荒川キャンパス内にある、Philips社製3.0T臨床用MR装置(Achieva 3.0T Quasar-dual)を使用した。fMRIの測定には標準ベッドコイルを用いEcho Planar法(GRE type)にて、TR(ms)/TE/FA(deg)=3000/90.5/60、FOV240mm、スライス厚6mm(スライドキャップ0mm)、スライス枚数23枚、マトリックスサイズ128×128の条件で撮像した。測定データは、Windows7に転送し、Matlab(Math Works)上の統計処理ソフトウェアSPM8(Welch Department of Cognitive Neurology, London)を用いて解析を行った。解析はまず前処理(位置補正・標準化・平滑化)を実施し、個人解析には統計



図1 ブロックデザイン



a. 被験者の肢位



b. SCPD 手技

図2. 課題の方法

的手法である FWE (family wise error) を用いて、MR 信号強度が有意水準 ($p < 0.05$) の部位を抽出した。

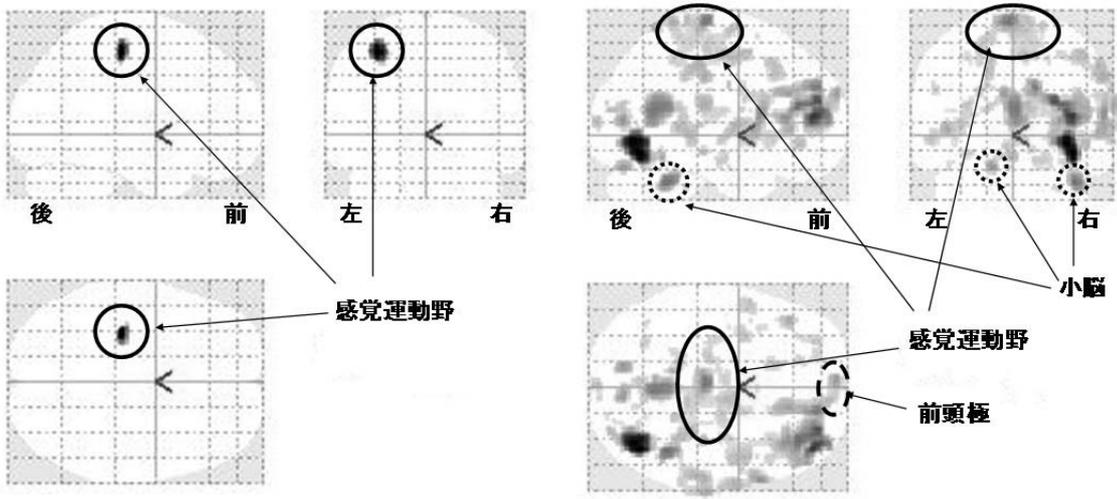
結果

全対象者でボールを持続的に握る運動時の脳活動は左感覚運動野 (SMC) に限局した賦活が認められた (図 3a)。SCPD 手技では SMC に限局した賦活だけでなく大脳皮質の広範囲に賦活が認められ、特に小脳の賦活は全ての対象において、前頭極の賦活は 4 名中 3 名の対象者において強い賦活が認められた (図 3b)。SCPD 手技による上肢への影響は、全ての対象において SCPD 手技とボールを持続的に握る運動の SMC の賦活でオーバーラップする部位が認められた (図 4)。

考察

ボールを持続的に握る運動では左 SMC の限局した賦活が認められ、SCPD 手技では両側 SMC の賦活が認められた。fMRI を用いて一側の遠位の運動 (指の対立運動) と近位の運動 (肩関節の上方・下方・前方・後方運動) 時の脳活動を比較すると、遠位の運動時の運動と対側の感覚運動野が賦活され、近位の運動では両側の感覚運動野が賦活したことが報告されている¹⁵⁾。近位の運動である SCPD 手技では、両側の感覚運動野が賦活し、遠位の運動であるボールを持続的に握る運動では左感覚運動野に限局した賦活が認められたと考えられる。

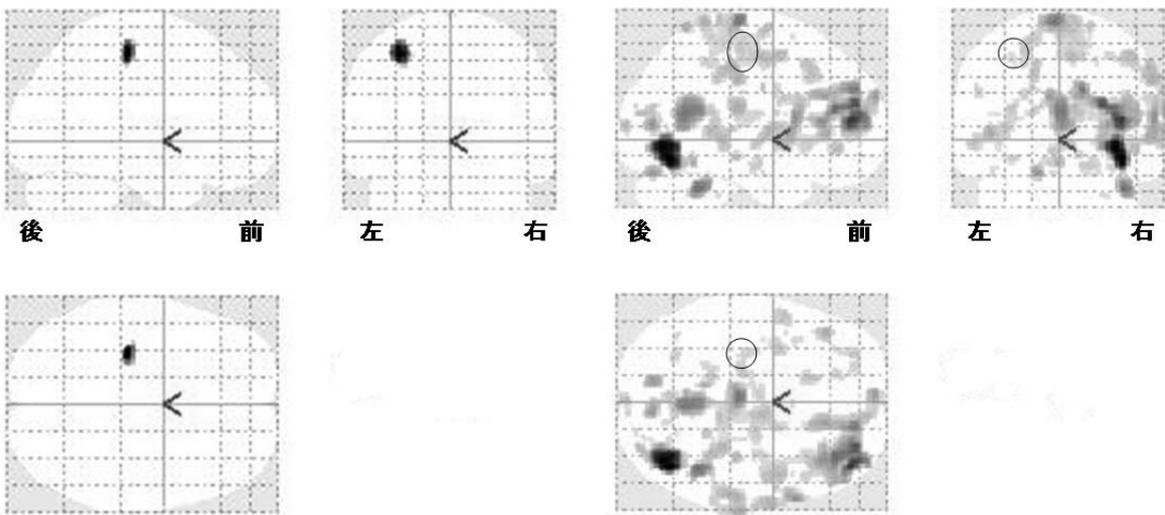
下肢の PNF 運動 (複合面) と矢状面での運動を MRI で比較した報告では、矢状面運動に



a. ボールを持続的に握る運動の脳賦活

b. SCPD 手技

図3 各課題の脳賦活（代表例）



○: オーバーラップ部位

ボールを持続的に握る運動の脳賦活

SCPD 手技

図4 ボールを持続的に握る運動と SCPD 手技の脳賦活のオーバーラップ（代表例）

比べて PNF 運動は感覚運動野と小脳を賦活したことが報告されている¹⁶⁾。今回の SCPD 手技でも、大脳皮質の広範な賦活が認められ、小脳においては全ての対象者で賦活が認められた。しかし、ボールを持続的に握る運動では小脳の賦活は認められなかった。小脳は運動の制御の重要な役割を果たし視床を介して大脳皮質活動に影響を及ぼす¹⁷⁾。また、小脳からの投射は視床を経由して大脳基底核の淡蒼球内節から補足運動野へ投射する¹⁸⁾。Bostan ら¹⁹⁾ は、不連続の多シナプスループが大脳皮質の多くの領域と関与して、皮質下の主要な核である大脳基底核と小脳は解剖学的に相互接続して、小脳から大脳基底核へ視床を中継して 2 シナプス性投射し、大脳基底核から脳幹部の橋核と視床下部を中継して小脳へ出力される¹⁸⁾ と報告している。今回の研究では対象者が少ないため SCPD 手技に関する皮質部位が今回の研究からは明らかではないが、小脳の賦活が大脳皮質の他の部位とネットワークを形成することで SCPD 手技の広範な賦活が認められた可能性がある。

新井ら¹¹⁾ は、誘発筋電図で橈骨神経を電気刺激して総指伸筋から表面電極を用いて筋活動電位を導出し長ループ反射を誘発できた症例を対象に SCPD 手技前後の波形を分析した結果、延髄レベルと皮質レベルの潜時の波形の増大を認めたことを報告している。また、Newton ら¹³⁾ は右側で足関節の背屈・足関節の底屈・膝関節の伸展の 3 つの収縮課題を行ない比較した結果、下肢の運動時に手の領域である hand knob area の BOLD 信号の減少が認められたことを報告しているが、SCPD では手の領域が賦活された。今回、ボールを持続的に握る運動と SCPD 手技の脳の賦活部位で、オーバーラップする領域が認められたことは、SCPD 手技時に遠隔の部位の手の領域に影響を及ぼすことが大脳皮質レベルで明らかとなった。今後、対象者を増やし検証する必要がある。

引用文献

- 1) 名井幸恵, 村上恒二, 新井光男, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動が肘関節可動域改善に及ぼす即時効果. PNF リサーチ. 5. p38-42. 2005
- 2) 名井幸恵, 新井光男, 上広晃子, 他. 脳卒中後片麻痺患者に対する抵抗運動が肘関節可動域改善に及ぼす即時効果. PNF リサーチ. 6. p20-24. 2006
- 3) 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. p17-22. 2007
- 4) 白谷智子, 新井光男, 小幡順一, 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他動可動域及び自動可動域に及ぼす効果. PNF リサーチ. 8. p14-20. 2008
- 5) 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およぼす影響. PNF リサーチ. 7. p79-84. 2007
- 6) 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. p23-27. 2007
- 7) Trueblood PR, Walker JM, Perry J, et al. . Pelvic exercise and gait in hemiplegia . Phys Ther. 69. p18-26. 1989
- 8) Wang RY . Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on the gait of patients with hemiplegia of long and short duration . Phys Ther . 74. p1108-1115. 1994
- 9) 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. p6-60. 2007
- 10) 柳澤真純, 白谷智子, 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. p9-14. 2011.
- 11) 新井光男, 清水一, 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. 3. p52-59. 2003
 - 12) Eleni K , Spyros A , Matilda P , et al .. Lateralization of brain activity during lower limb joints movement . An fMRI study . NeuroImage. 32. p1709-1721. 2006.
 - 13) Newton JM , Dong Y , Hidler J , et al .. Reliable assessment of lower limb motor representations with fMRI . use of anovel MR compatible device for real-time monitoring of ankle, knee and hip torques. Neuroimage. 43. p136-146
 - 14) Oldfield RC . The assessment and analysis of handedness . the Edinburgh inventory . Neuropsychologia. 9. p97-113. 1971
 - 15) Nirkko AC , Ozdoba C , Redmond SM , et al. Different ipsilateral representations for distal and proximal movements in the sensorimotor cortex . activation and deactivation patterns . Neuroimage . 13. p825-835. 2001
 - 16) Kuruma H, Watabnabe S, Atsushi Senoo, et al . Cortical activation patterns during Proprioceptive neuromuscular facilitation movements . 10th International Congress of ACPC (abstract). P299. 2008
 - 17) Sen S , Kawaguchi A , et al . Dynamic changes in cerebello-thalamo-cortical motor circuitry during progression of Parkinson's disease. Neuroscience. 166. p712-719. 2010
 - 18) Nachev P , Kennard C , Husain M . Functional role of the supplementary and pre-supplementary motor areas . Nat Rev Neurosci. 9. p856-869. 2008
 - 19) Bostan AC, Strick PL. The cerebellum and basal ganglia are interconnected . Neuropsychol Rev. 20. p261-270. 2010

ホールドリラックスおよび下肢運動パターン中間域での静止性収縮促進手技が 膝関節伸展他動可動域に及ぼす効果の検証

Effect of hold relax involved passive stretching of the target muscle and sustained contraction facilitation technique in the middle range of motion of PNF on the passive range motion of the knee joint in orthopedic patients

梶本 一枝 ¹⁾	新井 光男 ²⁾	赤木 聡子 ¹⁾
Kazue Masumoto	Mitsuo Arai	Satoko Akagi
清水 歩 ¹⁾	柳澤 健 ³⁾	清水 ミシェル・アイズマン ⁴⁾
Ayumi Shimizu	Ken Yanagisawa	Michele Eisemann Shimizu

要旨：持続伸張手技（SS）と目的とする筋を伸張位で静止性収縮させるホールドリラックス手技（HR）及び目的とする筋を伸張しない中間域での静止性収縮促進手技（SCF）が下肢整形外科疾患患者のハムストリングスのスティフネス（こわばり）の改善に及ぼす効果を検証した。対象は下肢整形外科疾患患者 15 名（男性 1 名，女性 14 名）で，平均年齢（標準偏差）は 78.5（9.4）歳であった。15 名を SS 群，HR 群および SCF 群に無作為に配置し，各手技を 20 秒間実施した。ハムストリングスの伸展性の指標として，各手技前の膝関節他動関節可動域（PROM）を基準値として改善率を求め指標とした。一元配置分散分析の結果，各手技間において有意差を認め（ $p < .05$ ），多重比較検定（Scheffe 法）を行った結果，SS 群と HR 群間，SS 群と SCF 群間において有意差を認めた（ $p < .05$ ）。ハムストリングスのこわばりの改善には，目的とする筋を伸張位で行う HR と伸張位にしない SCF では有意な差を認めず，HR と SCF が即時的に SS より効果があった。

キーワード：PNF，整形外科疾患患者，ホールドリラックス，中間域での静止性収縮，他動関節可動域

Abstract : Background : The effect on the flexibility of the hamstring muscles of a sustained contraction facilitation (SCF) technique in the middle range of motion using a Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) pattern for the extremities without stretching compared to the hold relax (HR) technique utilizing a shortening contraction of the opposing muscle placing the target muscle on stretch , followed by a static contraction of the target muscle , has not been studied for orthopedic patients. Aim : The purpose of this study was to investigate the immediate effects of HR and SCF using a lower extremity pattern (extension-abduction-internal rotation) for the improvement of hamstring flexibility in the passive range of motion (PROM) of the knee joints. Design : Randomized design. Methods : Fifteen subjects with orthopedic knee joint disability (mean age = 78.5 years, SD = 9.4) were randomly assigned to a sustained stretch (SS) (control) group , HR group or SCF group. The PROM of knee extension with the hip stabilized at 90 degrees was measured in the supine position as a parameter of hamstring flexibility before and after each exercise. The percentage of improvement in PROM before and after each exercise was calculated. Result : The result of a one-way ANOVA calculated between groups using the percentage improvement in PROM showed a significant difference between the groups ($p < 0.05$) . A post hoc Sheff test revealed that the HR and SCF groups showed significant improvement as compared to the SS group ($P < 0.05$) . Conclusion : These results suggest that a SCF technique used in the middle range of motion as well as the HR passive stretching of the target muscle may have immediate effects for increasing the PROM of the hamstrings.

Key words : PNF, Orthopedic, Hold relax, Sustained contraction facilitation technique in the middle range of motion, Passive range of motion

-
- 1) 広島厚生病院
Department of Physical Therapy, Hiroshima kousei Hospital
 - 2) つくば国際大学
Department of Physical Therapy, Faculty of health Sciences, Tsukuba International University
 - 3) 首都大学東京
School of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
 - 4) 甲南女子大学
Department of Physical Therapy, Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan women's university

はじめに

関節可動域（Range of Motion；ROM）を増大させる手技として、持続伸張（Sustained Stretch；SS）手技や固有受容性神経筋促通法（Proprioceptive Neuromuscular Facilitation；PNF）¹⁾などがある。PNFのリラクセーションテクニックとして、PNF運動パターンを用いて、リラクセーションさせたい筋を最大に伸張した肢位で最大静止性収縮を行うホールドリラックス（Hold Relax；HR）手技がある¹⁾。

Tanigawa²⁾は、健常者を対象にハムストリングスの伸張度をSS手技とHR手技の各治療前後で比較検討した結果、HR手技で膝関節伸展位での股関節屈曲角度が有意に増大したことを報告している。

近年、PNFパターンの中間域での静止性収縮（Sustained Contraction Facilitation Technique in the middle range of motion；SCF）手技の有効性が検証されている。間接アプローチとして骨盤後方下制パターンのSCF（Sustained Contraction of Posterior Depression；SCPD）手技の有効性を報告した研究が多い。下肢に関しては、白谷ら³⁾は、健常者35名の膝関節伸展角度（ハムストリングスの伸展性）がSS手技に比べSCPD手技が有意に改善したことを報告しており、また、清水ら⁴⁾は、膝関節伸展制限を有する整形外科疾患患者10名に対しSS手技とSCPD手技で比較しており、SS手技に比べSCPD手技が有意にハムストリングスの伸展性が改善したことを示し、整形外科疾患患者への有効性を報告している。

一方、直接的アプローチでは、原田ら⁵⁾は、健常者60名を対象にハムストリングスに対しSS手技、HR手技（下肢伸展－外転－内旋パターンおよび下肢伸展－内転－外旋パターン）およびSCF手技（下肢伸展－外転－内旋パターンの中間域および下肢伸展－内転－外旋パターンの中間域）の5つの手技で比較した結果、SCF手技（下肢伸展－内転－外旋パターンの中間域）がSS手技に比べ膝関節伸展

自動可動域が有意に改善することを示唆している。

しかし、整形外科疾患を対象とし、ハムストリングスを伸張位で最大静止性収縮を行うHR手技と、伸張しない位置での最大静止性収縮を行うSCF手技のハムストリングスの伸張効果の検証はみられない。本研究では、下肢整形外科疾患患者に対し膝関節伸展の他動関節可動域（Passive range of motion；PROM）への即時的な効果について検証した。

対象

下肢整形外科疾患を有する患者15名（男性1名、女性14名）を対象とした。平均年齢（標準偏差）（範囲）は78.5（9.4）（50～88）歳であった。対象疾患は変形性股関節症2名、変形性膝関節症9名、脛骨高原骨折1名、脛骨遠位端骨折1名、大腿骨頸部骨折術後2名であった。対象者には、研究の概要と得られたデータを基にして学術雑誌の投稿や学会発表を行うことを同意説明文書に基づいて説明し、同意を得た。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。

方法

対象者を無作為に①SS手技群、②HR手技群、③SCF手技群の3群に配置した。膝関節PROMをゴニオメーターで計測し、各手技前の角度を基準値として変化率を求め指標とした。

（各手技の実施方法）

- ①SS手技群：背臥位にて膝伸展位で股関節を屈曲させ、伸張度は伸張にやや不快感が生じる程度とし、実施時間は20秒間とした（図1-a）。
- ②HR手技群：背臥位でハムストリングス伸張位にして下肢伸展－外転－内旋パターン方向に対し抵抗を加え、抵抗量は静止性収縮できる最大抵抗量で行い、実施時間は20秒間とした（図1-b）。



図1 各手技の実施方法

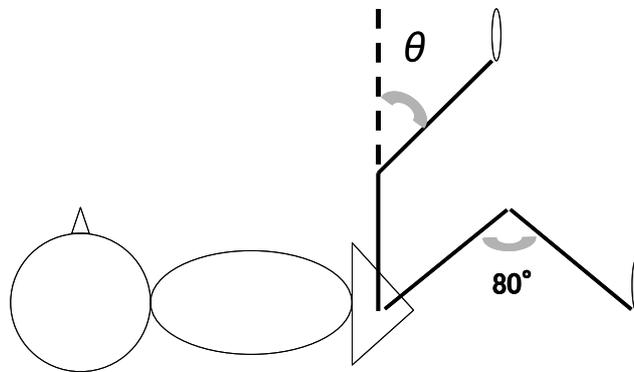


図2 膝関節伸展の測定方法

測定側の股関節を90°屈曲位にした背臥位とし、反対側膝関節を80°に固定し、骨盤後傾位とした。膝関節を他動的に伸展させた時の伸展角度を測定した。

③ SCF 手技群：背臥位で下肢伸展－外転－内旋パターンの中で伸展－外転－内旋パターン方向に対し抵抗を加え、抵抗量は静止性収縮できる最大抵抗量で行い、実施時間は20秒間とした（図1-c）。

（膝関節他動伸展角度の測定）

被験者：測定側の股関節を90°屈曲位にした背臥位とした。腰椎前弯に伴う疼痛を防止するため反対側膝関節を80°に固定し、骨盤後傾位とした。

検査者：2名が測定し、2名が固定した。1名は測定側の股関節を90°屈曲位で固定し、膝関節を他動伸展させた。もう1名はゴニオ

メーターを用い膝関節のPROMを測定した。もう1名は常に股関節屈曲90°を確認し、もう1名は反対側膝関節角度を80°に固定した。各群の被験者の膝関節伸展PROMを3回測定し、その後、手技を実施し、膝関節伸展PROMを1回測定した（図2）。なお、測定は各手技前において膝関節伸展角度の小さい方とした。ゴニオメーターでの測定時のPROMの角度の決定時の伸張度は伸張にやや不快感が生じる程度とした。

15名を対象に3回測定したゴニオメーターでの測定値の級内相関係数（ICC（1,1））は、0.96と高い再現性が得られた。

（データの分析方法）

表 1 一元配置分散分析

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値
手技間変動	3130.41	2.00	1565.21	5.71	0.02
誤差変動	3292.10	12.00	274.34		
全変動	6422.51	14.00			

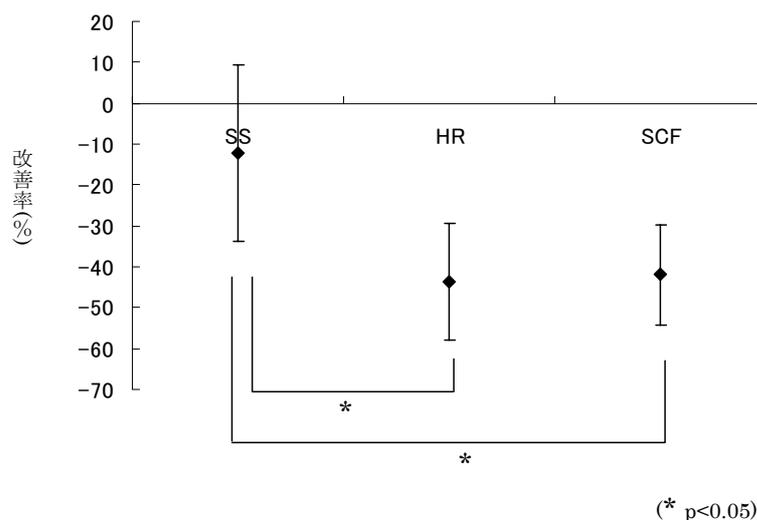


図 3 各群の PROM 改善率

各手技の PROM 改善率の平均値と標準偏差をグラフに示した。
 SS手技群とHR手技群、SS手技群とSCF手技群において危険率5%で有意差を認めた。
 HR手技群とSCF手技群では有意差を認めなかった。

統計解析は各手技前の膝関節 PROM の値を基準値とし、次式により各手技前の PROM を基準値として各手技後の PROM の改善率を算出した。PROM の改善率を指標とし手技間で一元配置分散分析を行い、有意差が検出されたものについては多重比較検定 (Scheffe post hoc 検定) を行った。有意水準は 5% 未満とした。

$$\text{PROM 改善率 (\%)} = (\text{手技後の PROM} - \text{手技前 PROM}) / (\text{手技前 PROM}) \times 100$$

結果

各手技の PROM 改善率 (標準偏差) は、SS 手技群は -12.2 (21.7) %、HR 群は -43.7

(14.2) %、SCF 群 -42.0 (2.4) % であった。算出された各手技間の改善率について、一元配置分散分析を行った結果 (表 1)、各手技間において有意差を認めた ($p < .05$)。多重比較検定を行った結果、SS 手技群と HR 手技群間、SS 手技群と SCF 手技群間において有意差を認めた ($p < .05$) (図 3)。

考察

本研究の結果は、膝関節伸展 PROM の改善には、HR 手技と SCF 手技が即時的に効果があることを示唆した。しかし、HR 手技と SCF 手技間では有意差を認めなかった。これは、膝関節伸展 PROM の即時的改善には、内側ハム

ストリングスを伸張位で行う HR 手技も中間域で行う SCF 手技も同程度の効果がある可能性を示唆している。

Wepler⁶⁾ は、SS 手技を行っても筋の伸展性が変化しないでストレッチ感の耐用性が上昇するのみであると報告している。本研究での SS 手技と PROM の測定角度の決定はハムストリングスを伸張位にしてやや不快感が生じる程度の角度としたため、耐用性の上昇が軽度であり、SS 手技後の可動域が上昇しなかったと推定される。しかし、同じ程度の伸張度でも HR 手技と SCF 手技後に PROM の角度に改善傾向を認めた理由として、ストレッチ感の耐用性の上昇でなくハムストリングスのスティフネス（こわばり）の改善が推察される⁷⁾。

HR 手技（下肢伸展 - 外転 - 内旋パターン）は、膝関節伸展の拮抗筋である内側ハムストリングスを伸張位で静止性収縮させ、その後弛緩させる方法である⁷⁾。Moore ら⁸⁾ は、足関節底屈の最大随意収縮の 65 ~ 75% の静止性収縮後にヒラメ筋 H 反射が強く抑制されているので伸張されやすくなっていることを推察している。この生理学的機序は明らかでないが、HR 手技は、拮抗筋の最大静止性随意収縮後にゴルジ腱器官による Ib 抑制が生じ、拮抗筋にリラクセーションが生じると推察されている^{2,7)}。本研究での SCF 手技群においても Ib 抑制が生じ、内側ハムストリングスのリラクセーションが得られた可能性が推察される⁷⁾。

整形外科疾患患者は筋を伸張位に保持すると痛みを伴うことが多く、Feber ら⁹⁾ は、高齢者に対し伸張位で最大性収縮させると関節及び筋損傷を引き起こす可能性があることを示唆している。このことから、筋を伸張しない SCF 手技は整形疾患患者には安全で有用な方法である。また、運動パターンの中間域での静止性収縮は力を発揮しやすく¹⁰⁾、延長域で筋出力が困難な患者には SCF 手技は有効である可能性が示唆された。

本研究での指標は PROM であったが、HR 手技はリラクセーション後に自動運動をさせて可動域を改善させる方法である¹⁾。今後、SCF 手技の自動関節可動域に及ぼす効果も HR 手技と比較検証していく必要がある。

引用文献

- 1) 柳澤健, 乾公美. PNF マニュアル. 改訂第 3 版 p135 - 139. 南江堂. 東京. 2011
- 2) Tanigawa MC . Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length . Phys Ther . 52. p725-735. 1972
- 3) 白谷智子, 村上恒二, 新井光男, 他. 健常者におけるホールド・リラクセ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. p17-22. 2007
- 4) 清水千穂, 新井光男, 黒田剛一, 他. ホールドリラクセ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およぼす影響. PNF リサーチ 7. p79-84. 2007
- 5) 原田恭宏, 新井光男, 福島豊. ホールドリラクセスおよび PNF 運動パターンでの静止性収縮促進手技が膝関節伸展自動可動域に及ぼす効果. PNF リサーチ 11. p27-34. 2011
- 6) Wepler CH , Magnusson SP . Increasing Muscle Extensibility . A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? . Phys Ther . 90 (3). p438-449. 2010
- 7) 新井光男, 柳澤健監修. モビライゼーション PNF. p10-123, メディカルプレス. 東京. 2009
- 8) Moore MA , Kukulka CG . Depression of Hoffman reflexes following voluntary contraction and implication for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy . Phys Ther71 (4). p321-329.

1991

- 9) Ferber R, Osternig L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults . J Electromyogr Kinesiol . 12 (5). p391-397. 2002
- 10) Prodoehl J, Gottlieb GL, Corcos DM. The neural control of single degree-of-freedom elbow movements . Effect of starting joint position . Exp Brain Res . 153 (1). p7-15. 2003

上肢 PNF 運動パターンの静止性収縮が膝関節伸展自動可動域に及ぼす効果
 – ハムストリングスの伸展性改善における持続的ストレッチ手技と PNF 手技の効果の比較 –

Effects of sustained contraction of the upper extremity PNF pattern
 on the active range of motion of the knee joints

– Comparison of the effect of sustained stretch techniques and PNF techniques for
 increasing the extensibility of the hamstrings –

原田 恭宏¹⁾
 Yasuhiro Harada

新井 光男²⁾
 Mitsuo Arai

福島 豊¹⁾
 Yutaka Hukushima

柳澤 健³⁾
 Ken Yanagisawa

清水 ミシェル・アイズマン⁴⁾
 Michele Eisemann Shimizu

要旨：ハムストリングスの持続的ストレッチ (Sustained Stretch; SS) 手技と上肢 PNF 運動パターンの静止性収縮運動とのハムストリングスの伸展性の改善 (膝関節伸展自動関節可動域 (Active Range of Motion; AROM) を指標) に及ぼす効果について検討した。対象は、健常人 20 名。平均年齢 (標準偏差) は 23.2 (4.6) 歳。20 名を SS 手技 (SS) 群、上肢 PNF 運動パターンの静止性収縮運動 (PNF) 群の 2 群に無作為に配置し、各手技を 20 秒実施して、その前後の膝関節伸展 AROM の改善率を算出した。独立 2 群の t 検定の結果、SS 群と PNF 群間において有意差が認められた ($p < 0.05$)。この結果より、ハムストリングスの伸展性の改善において SS 手技よりも上肢 PNF 運動パターンの静止性収縮運動の効果が大きいことが認められ、下行性の脊髄固有反射の発散による膝伸展主動筋の促通とハムストリングスの抑制が示唆された。

キーワード：PNF, ハムストリングス, 静止性収縮, 自動関節可動域

Abstract : Aim : The purpose of this study was to investigate the immediate effects of aresistive static contraction to the upper extremities using the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) pattern on the improvement in the active range of motion (AROM) of the knee joints . Design : Randomized design. Methods : Twenty healthy volunteers (mean age = 23.2years, SD = 4.6) were randomly assigned to the sustained stretch (control) (SS) group or PNF (extension-abduction-internal rotation) group . The AROM of knee extension with the hip stabilized at90degrees was measured in supine position before and after each exercise to determine hamstrings flexibility . Results : Unpaired t – test analysis revealed that the PNF group showed significant improvements as compared to the SS group ($p < 0.05$) . Conclusion : PNF group have an immediate remote effect compared to SS group for increasing the extensibility of the hamstrings,the irradiation of pass downward in propriospinal reflex may facilitatethe agonist muscles of knee extension and inhibit the hamstrings in normal young volunteers.

Key Word : PNF, Hamstrings, Sustained contraction, Active range of motion

1) 専門学校 東京医療学院
 Tokyo Medical College

2) つくば国際大学
 Department of Physical Therapy, Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University

3) 首都大学東京 大学院
 School of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Tokyo Metropolitan University Postgraduate

4) 甲南女子大学
 Department of Physical Therapy, Faculty of Nursing and Rehabilitation, Konan women's university

はじめに

関節可動域 (Range of Motion ; ROM) を増大する手技として、固有受容性神経筋促通法 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ; PNF)¹⁻³⁾ や持続的ストレッチ手技 (Sustained Stretch 手技 ; SS 手技) などがある。臨床においては、ROM 制限がみられる部位に痛み等がある場合、SS 手技などの直接的アプローチが困難な時があり、遠隔的な間接的アプローチを行う。また、我々は、上肢 PNF 運動パターン (伸展・外転・内旋パターン) の静止性収縮運動で同側下肢の膝関節伸展自動関節可動域 (Active Range of Motion ; AROM) の改善を経験する。PNF は、運動肢が安静肢に及ぼす効果と、より強い筋群を収縮することにより、弱い筋群への溢れ出しにより強化することを発散 (irradiation) と表現している^{1,2,3)}。運動している筋群から安静にしている筋群へのオーバーフロー効果に基づき、そのインパルスの発散の効果が抵抗運動を行っている主動筋が拮抗筋に呼応した筋群に直接働きかけていると考えられる¹⁾。

上肢の静止性収縮運動による下肢の AROM への効果を検証した先行研究として、西浦ら⁴⁾ は、健常人を対象に肩関節 PNF 肢位と非 PNF 肢位で肩関節周囲筋群への抵抗運動を行い、肩関節 PNF 肢位による静止性収縮が股関節屈曲可動域に対して有意な改善が認められたことを報告している。また、重松ら⁵⁾ は健常人を対象に上肢 PNF パターン方向の静止性収縮位置が下肢伸展挙上角度に及ぼす影響を検証して、静止性収縮位置の違いによる効果を報告している。白谷ら⁶⁾ は、健常者に対してハムストリングスへの SS 手技、ホールドリラックス手技、骨盤の後方下制の中間域での静止性収縮 (Sustained Contraction of Posterior Depression ; SCPD) 手技を用い比較した結果、SS 手技と SCPD 手技間で膝関節伸展他動可動域および AROM が有意に改善したことを報告している。

しかし、上肢の促通パターンによる静止性

収縮運動が膝関節伸展 AROM に及ぼす効果とハムストリングスの SS 手技が膝関節伸展 AROM に及ぼす効果を比較検討した先行研究はみられない。そこで、本研究ではハムストリングスの SS 手技後と上肢の静止性収縮運動後のハムストリングスの伸張度の差異を膝関節伸展 AROM において比較検討することを目的とした。

対象と方法

対象は、整形外科的・神経学的な既往がない健常人 20 名。平均年齢 (標準偏差) は 23.2 (4.6) 歳。対象者には、研究の概要と得られたデータを基にして学術雑誌の投稿や学会発表を行うことを同意説明文書に基づいて説明した後に、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書の撤回がいつでも可能なことを説明した。

方法は、20 名を SS 手技群、上肢 PNF 促通パターン (伸展・外転・内旋パターン) の静止性収縮運動 (以下 PNF) 群の 2 群に無作為に配置した。

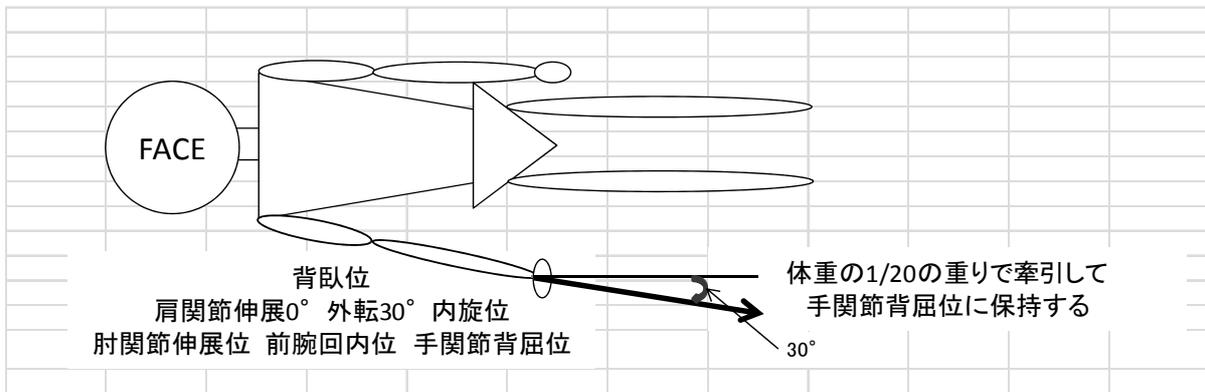
〔各手技の実施方法〕

- ① SS 手技: ハムストリングスの持続伸張 (膝窩部に痛みが生じない程度) (図 1-a)。
- ② PNF: 上肢肩関節伸展・外転・内旋位での静止性収縮 (体重の 1 / 20 の抵抗)。ベッド上背臥位にて対象上肢肩関節伸展・外転・内旋位、肘関節伸展位、前腕回内位、手関節背屈位をとり、ロープに取り付けた体重の 1 / 20 の重りを手関節背屈位で保持する (図 1 - b, c, d)。被験者には静止性収縮運動の間、対象上肢内側でマットを押すように指示した。

対象上肢は利き手として、膝関節伸展 AROM 測定下肢は同側とした。各手技の実施時間は 20 秒、手技実施前の膝関節伸展 AROM 測定 20 秒後、手技実施、手技実施 20 秒後、手技実施後の膝関節伸展 AROM 測定という手順で行った。



a) SS手技



b) 上肢PNF



c) 上肢PNF



d) 上肢PNF

図1 各手技の実施方法

〔膝関節伸展の測定方法〕

膝関節伸展の測定方法は、背臥位で測定側の股関節を 90° 屈曲位に固定し、被検者が 3 秒間保持できる程度膝関節を自動的に伸展させたときの伸展角度を測定した。その際、反対側の股関節、膝関節は伸展位とした。2 名の理学療法士が測定して、2 名の理学療法士養成校の学生が固定と確認を行った。1 人の理学療法士は測定側の股関節を 90° 屈曲位で固定して、もう 1 人の理学療法士はゴニオメーターを用い伸展制限の角度を測定した。1 人の学生は計測中に股関節を 90° であることを確認させ、1 人の学生は反対側下肢を固定した(図 2)。測定は各手技施行前において膝関節伸展角度の小さい方とした。実施効果の判定は、上記の方法によって得られた測定値を指標とした。

〔データの分析〕

手技前の ROM 角度を基準値として、次式により ROM 改善率を算出した。

ROM 改善率 (%) = (手技後の ROM - 手技前の ROM) / (手技前の ROM) × 100

測定角度は、膝関節伸展 0° からの角度を計測したため、改善がみられた場合改善率は一で表記される。一での数値が高いほど改善率は高い。

分析は、独立した 2 群の t 検定を行った。

結果

- 1) 各手技前後での改善角度の平均 (標準偏差)・最大値・最小値は表に示した。
- 2) 各手技前後での改善率の平均 (標準偏差)・最大値・最小値は表に示した。

各手技後の AROM 改善率の平均値 (標準偏差) は、SS 手技群 1.1 (15.8) %、PNF 群 -16.7 (8.9) %であった。独立した 2 群の t 検定の結果、各手技群間において危険率 5% で有意差が認められた (図 3)。

考察

今回の研究で、ハムストリングスの SS 手技よりも上肢 PNF 運動パターン (伸展・外転・内旋パターン) の静止性収縮運動が膝関節伸展 AROM において有意な改善を認めた。ハムストリングスに対しての直接的アプローチで

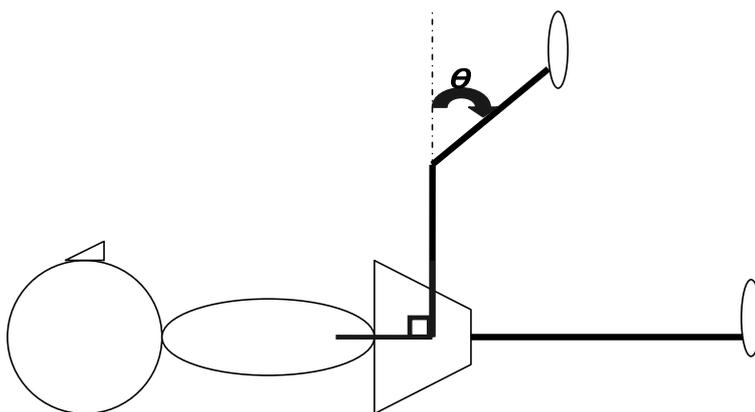


図 2 膝関節伸展の測定方法

背臥位で測定側の股関節 90° 屈曲位に固定して、被験者が 3 秒間保持できる程度膝関節を自動的に伸展させたときの伸展角度を測定した。測定は各手技施行前において膝関節伸展角度の小さい方とした。

表 1 各手技前後での改善角度の平均値 (標準偏差), 最大値, 最小値 (n = 20)

	平均値(標準偏差)	最大値	最小値
SS手技群	-0.9(4.9)	9	-8
上肢PNF群	5.1(2.8)	10	2

(単位:°)

表 2 各手技前後での改善率の平均値 (標準偏差), 最大値, 最小値 (n = 20)

	平均値(標準偏差)	最大値	最小値
SS手技群	1.1(15.8)	-22.2	26.7
上肢PNF群	-16.7(8.9)	-37.5	-5.9

(単位:%)

あるSS手技の生理学的機序は, ゴルジ腱器官(腱紡錘)と筋紡錘の両者を刺激するが, Weppeler⁷⁾ は, SS手技を行っても筋の伸展性が変化しないでストレッチ感の耐用性が上昇するのみであると報告している。したがって, SS手技では自動運動が改善されなかったと推察される。

一方 PNF の間接的アプローチは操作部位から脊髓の異なった分節で上行性に作用するものと下行性に作用するものの2種類の報告があり, 上肢 PNF 促通パターン(伸展・外転・内旋パターン)の静止性収縮運動の膝関節伸展への影響は操作部位から脊髓の異なった分節で同側の脊髓下行性に作用するものである。上肢の刺激による下肢の脊髓レベルへの報告は, 上肢の随意収縮による下肢の深部腱反射の増強法である Jendrassik 法が有名であり⁸⁻¹¹⁾ 上肢から下肢への遠隔反応の促通の報告は脊髓固有反射の機序が推測されている。また, 遠隔反応の抑制と促通の報告として新井¹²⁾ は, SCPD手技は, 骨盤の抵抗運動時に橈側手根屈筋 H 波に有意な抑制が生じ, 運動 80 秒後に有意な促通が生じたことによ

り, 運動時の上行性に抑制後の促通効果が遠隔部位に生じる可能性を示唆している。今回の生理学的機序として, 上行性と同じように下行性の遠隔反応の抑制と促通により, 膝伸展主動筋の促通と拮抗筋であるハムストリングスの抑制が生じた可能性が推察された。

今後の課題として, 上肢の肢位により, 静止性収縮後のハムストリングスの伸張度に相違が生じるか, PNF 促通パターン(伸展・外転・内旋パターン)と上肢の基本肢位(伸展 0° 位, 内外転 0° 位, 内外旋 0° 位)での静止性収縮運動を施行後の膝関節伸展 AROM において検証したい。

引用文献

- 1) 柳澤 健, 乾公美. PNF マニュアル. 第2版. p107-111. 南江堂. 東京. 2005.
- 2) Voss DE, Ionta MK, Myer. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; Patterns and Techniques. Third ED. p298-311. Harper & Row. U. S. A. 1985
- 3) Sullivan PE, Markos PD, Minor MA. 臨床 PNF. 石川友衛・吉松俊一監訳. p44-159.

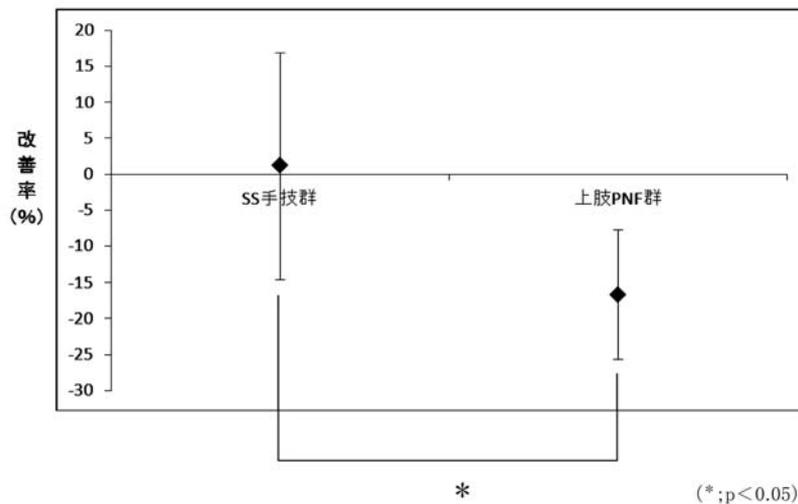


図3 各手技の膝関節伸展 AROM 改善率

各手技の膝関節伸展 AROM 改善率の平均値と標準偏差をグラフに示した。
SS 手技群と PNF 群間において危険率 5% で有意差を認めた。

- メディカル葵出版. 1988
- 4) 西浦健蔵, 新井光男, 重松栄一, 他. 肩関節の抵抗運動が股関節屈曲可動域に及ぼす影響. PNF リサーチ. 6. p15-19. 2006
 - 5) 重松栄一, 新井光男, 小畑順一, 他. 上肢 PNF パターン方向の静止性収縮位置の相違が下肢伸展挙上角度に及ぼす影響. 8. p21-26. 2008
 - 6) 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他動可動域および自動可動域に及ぼす効果. PNF リサーチ. 8. p14-20. 2008
 - 7) Wepler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation?. Phys Ther. 90. p438-449. 2010
 - 8) Delwaide PJ, Toulouse P. Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscles in remote parts of the body. Brain. 104. p701-719. 1981
 - 9) E. P. Zehr, Richard B. Stein. Interaction of the Jendrassik maneuver with segmental presynaptic inhibition. Experimental Brain Research Vol. 124. Number 4. p474-480. 1999
 - 10) Delwaide PJ, Toulouse P. Jendrassik maneuver vs controlled contractions conditioning the excitability of soleus monosynaptic reflexes. Experimental Neurology Vol. 101. p288-302. 1988
 - 11) Robert Dowman, Jonathan R. Wolpaw. Jendrassik maneuver facilitates soleus H-reflex without change in average soleus motoneuron pool membrane potential. Experimental Neurology Vol. 101. p288-302. 1988
 - 12) 新井光男. 手関節自動関節運動改善のアプローチ法の検討 - 上肢静止性収縮が手関節自動関節運動に及ぼす影響. 広島大学. 2004

脳卒中片麻痺患者の早期離床に対する PNF アプローチ
PNF approach on acute phase of stroke : a case report

吉村 恵三¹⁾
Keizo Yoshimura

福留 英明²⁾
Hideaki Fukudome

田村 陽子³⁾
Yoko Tamura

要旨：脳卒中発症第 5 病日の症例に対して、早期離床に向けた PNF 哲学に基づくリハビリテーションアプローチを試みた。症例は 74 歳男性、診断名は脳梗塞（左視床）による右片麻痺である。離床に対する問題点は、肩甲骨・骨盤の抗重力活動の低下、座位バランス低下、下肢のスタビリティ低下であった。3 単位/日、合計 6 日間 PNF 哲学に基づいた間接的・直接的手法による治療を行い、寝返りや起き上がりに必要な四肢・体幹活動を促通した。結果、最終評価時には基本動作能力が向上し、排泄動作の介助量が軽減した。急性期からの積極的離床に対し、PNF は有効かつ効率的なりハビリテーションアプローチであると思われた。

キーワード：脳卒中、早期離床、急性期リハビリテーション、PNF

Abstract : We had experienced of a good outcome by using proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) approach . The case was 74 years old man who suffered from cerebral infarction in left thalamus. We facilitated activities of trunk and extremities by approaches based on PNF philosophy. 60 – min session each, 6 times in total.

As a result , increased the ability of roll-over and supine to sit in bed immediately and toilet activities were enabled by less assistance. (toilet activities which was his demand) .

These indicate that PNF approach is effective and efficient for after acute phase of stroke patient.

Key Word : stroke, early ambulation, acute phase rehabilitaion, PNF

はじめに

2009 年に改訂された脳卒中ガイドラインでは、発症早期からの積極的なりハビリテーションの提供がグレード A に推奨され、その内容には早期座位訓練・立位訓練・早期歩行訓練などが含まれている¹⁾。急性期病院は医療連携の中でスターターの役割を担い、短い在院日数の中で、より効果的で効率の高いリハビリテーションの提供が理学療法士に求められている²⁾。

これまで、脳は一旦損傷を起こすと機能回

復は望めないとされており、リハビリテーションは残存機能による代償的アプローチが中心であった^{2), 3)}。しかし近年、脳の可塑性が明らかとなり、リハビリテーションは代償的アプローチから麻痺肢に対する機能回復アプローチへと視点が変わりつつある⁴⁾。理学療法士はこのパラダイムシフトに応じて、代償による立ち上がりや歩行を獲得させる方法から、麻痺肢へ積極的に働きかけて立ち上がりや歩行に必要な麻痺側の神経筋機能を促通して、脳の可塑性を促しながら効率的な動作

1) 公立学校共済組合九州中央病院

Kyushu Central Hospital of the mutual aid association of public school teachers

2) 九州看護福祉大学 看護福祉学部 リハビリテーション学科 理学療法専攻

Course of Physical Therapy , Department of Rehabilitation , Faculty of Nursing and Social Welfare , Kyushu University of Nursing and Social welfare.

3) 東京都リハビリテーション病院

Tokyo Metropolitan Rehabilitation hospital

を再構築する方法へと内容を転換していく必要がある。

神経筋促通手技 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: 以下 PNF) は統合的なアプローチであり、人間の総合的な活動の獲得を目指すものとして開発された。PNF の治療目標は患者の機能的活動性がより高度になるように援助していくことであり⁶⁾、脳の可塑性を促しながら機能的活動性を高めていく視点は機能回復アプローチと合致すると考える。

今回、脳卒中発症第 5 病日の症例に対して、体幹機能に焦点を当て早期離床に向けた PNF 哲学に基づくリハビリテーションアプローチを試み、基本動作能力の向上と排泄動作の介助量が軽減した。そこで、実施した PNF アプローチを PNF 評価～臨床思考、治療展開を中心に一日の訓練プログラムの時系列に沿って報告する。

症例紹介

年齢・性別：74 歳男性。

診断名：脳梗塞による右片麻痺。

現病歴：2011 年 8 月右上下肢の脱力感あり救急搬送。

発症前 ADL：元来嚙啞であるが、すべて自立していた。

画像所見：MRI (DWI) にて左視床に高信号を認めた (図 1)。

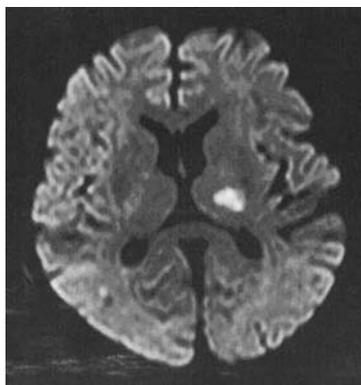


図 1 発症日当日の MRI (DWI)
左視床に高信号があり、新鮮脳梗塞巣を認めた。

初期評価

1. 理学療法評価

Brunnstrom stage (以下 B/R) は上肢 II, 手指 II, 下肢 II. Demeurisse の運動機能指標 (以下 MFI) は上肢 28 / 100, 下肢 42 / 100 であった。表在感覚は上肢 8 / 10. Motor Assessment Scale (上位項目) は 6 点, 臨床的体幹機能検査 (FACT)⁵⁾ は 2 点であった。基本動作能力について、寝返りは自立, 起き上がり軽度介助, 座位保持は上肢支持で静的のみ自立, 起立は多介助であった。非麻痺側筋機能は上下肢ともに GMT5 レベルであった。ADL は Barthel Index: 35 点で整容, トイレ, 入浴等に介助を要した。

2. PNF 評価

A. リハビリ室入室からプラットホームへ

1) 移乗動作 (車椅子からプラットホームへ)

① フットレスト操作

自ら下肢を拳上することが困難であった。車椅子上にて屈曲・内転・外旋パターンの要素を促通すれば拳上可能であった。

② 立ち上がり

体幹前傾は非麻痺側上肢でアームレストを把持することで可能だが、非対称性で麻痺側肩甲骨は遅れ、麻痺側肩甲骨は抵抗に抗することができなかった。体幹前傾位からの離殿は困難で介

助を要した。麻痺側下肢は外旋しており支持性が乏しかったが、股関節への関節圧縮による促通により不十分ではあるものの股関節伸展筋の活動がみられた。

2) プラットホームでの端座位保持

非麻痺側上肢を床につけ、体幹を非麻痺側に傾斜した状態で座位を安定させていた。上肢の支持を外すと麻痺側へバランスを崩していた。非麻痺側上肢屈曲・外転・外旋パターンによる促通で体幹が伸展し座位保持が可能であった。

B. プラットホームでの床上動作

1) 寝返り

非麻痺側上肢でベッド端を把持し上肢で引き込み、麻痺側肩甲骨および骨盤は遅れて一塊となり回転していた。麻痺側肩甲骨の前方下制による促通でスムーズに寝返ることができた。

2) 起き上がり

非麻痺側上肢の肘を床面に押しつけながら側方に起き上がり、on elbow から on hand に移行し座位となる。頭部拳上は見られず、非麻痺側優位な努力性の起き上がりを行っていた。非麻痺側肩甲骨後方下制と麻痺側肩甲骨前方下制による促通でスムーズに移行できた。

デマンド

トイレに行けるようになりたい

治療目標

短期治療目標（2週間）：

車椅子～ベッド間移乗動作の介助量軽減

問題点

- # 1 麻痺側肩甲骨・骨盤の抗重力活動低下
- # 2 座位バランス低下
- # 3 麻痺側下肢の支持性低下

PNF アプローチ

5 病日～13 病日のうち 6 日間、3 単位／日治療を行った。治療は PNF 哲学に基づき比較的強い筋に対し抵抗を加えることによってインパルスの発散を促し、神経筋機能を強化する積極的アプローチを行い、機能的活動性がより高度になるように働きかけた⁶⁾。

1) 手技選択指針

① PNF 運動パターン

それぞれの動作獲得に必要な PNF 運動パターン（以下 PNF パターン）を選択した。各々のパターンで牽引や圧縮を用いた。

② PNF パターンの組み合わせ

一つの PNF パターンにより促通された体幹活動が、次の活動に繋がるように上肢、体幹、下肢の組み合わせのパターンを選択した。

③治療肢位

支持基底面の広い背臥位を主に選択した。患者の潜在能力を引き出せるようにより強い非麻痺側上下肢からの発散を利用し、間接的に寝返りや起き上がりに必要な機能活動を促通した。促通効果により求めている筋活動が見られたら直接的に反復し強化を図った。

また本患者は聾啞であったが、読唇が可能であり、大まかな指示は口頭で可能であった。運動パターン中の指示は困難であったため、運動方向を目で追わせる視覚刺激の利用や、促通したい動筋上の皮膚刺激を行った。また特殊テクニックとして PNF パターンを覚えてもらう過程ではリズムクイニシエーションを用い、運動パターン中の一部で筋収縮の低下を認めた場合は反復ストレッチを行った。

2) 治療展開（図 2）

- ①ブリッジングにて体幹伸展筋群および股関節のスタビリティの促通を図った。その際、股関節への圧縮を付加することで

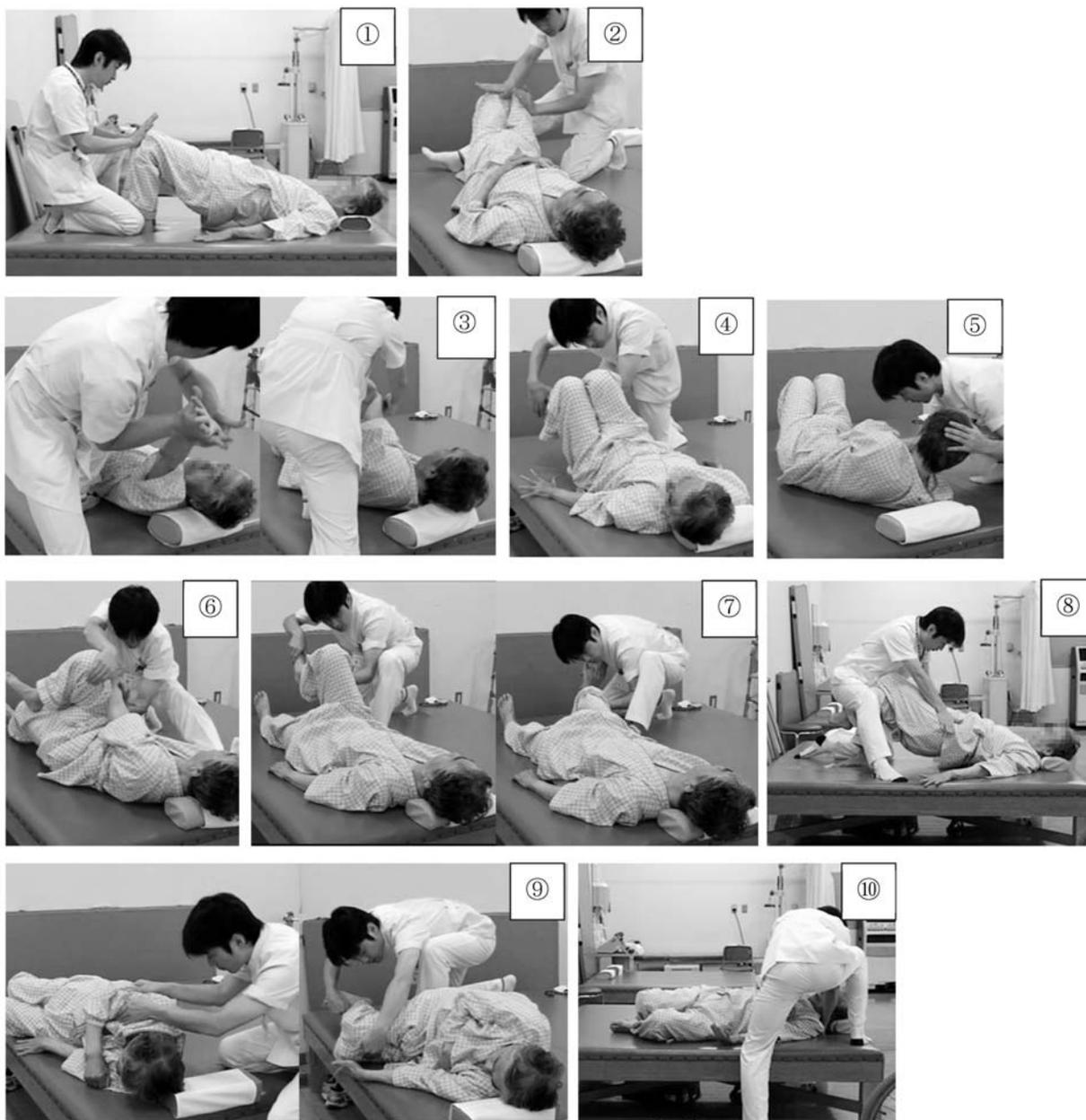


図2 治療展開

拳上位での静止性収縮を促通したが、麻痺側下肢の中間位保持が困難であり不十分であった。

②その為、膝立て背臥位にて牽引を加えながら両下肢の回旋パターンを行い、股関節の内転および回旋筋群の促通を行った。

③次に上肢からの下部体幹への発散を期待し、非麻痺側上肢屈曲・外転・外旋パター

ンと伸展・内転・内旋パターンのスローリバーサルを行った。

④さらに、より強い要素である非麻痺側下肢との組み合わせパターンである下部体幹屈曲および伸展パターンを用いて、下部体幹および股関節周囲の強化・協調性の改善を行った。

⑤体幹全体の安定を向上させるために、上部体幹からの発散を期待して、麻痺側へ

のチョッピングパターンを行った。

- ⑥ 上下肢の組み合わせパターンである非麻痺側上肢の伸展・内転・内旋パターンと麻痺側下肢の屈曲・内転・外旋パターンを行い，上肢からの発散を利用し，間接的に体幹と麻痺側下肢の機能的連結を促通した。
- ⑦ 麻痺側下肢の屈曲・内転・外旋パターンと伸展・外転・内旋パターンをスローリバーサルで直接的に促通した。
- ⑧ パターンから基本動作へ般化させるため足を組んでのブリッジングやブリッジング位での片脚支持で麻痺側下肢のスタビリティの強化を行った。
- ⑨ 寝返りは肩甲骨の前方下制および下部体幹の屈曲パターンを行った。

- ⑩ 起き上がりは非麻痺側肩甲骨後方下制パターンと麻痺側肩甲骨前方下制パターンを用いながら反復し，起き上がり時の上部体幹の活動を強化した。

最終評価（退院時）

1. 理学療法評価

B / R は上肢Ⅳ，手指Ⅳ，下肢Ⅳ。MFIは上肢 59 / 100，下肢 56 / 100 と向上した。表在感覚は上下肢ともに正常となった。Motor Assessment Scale（上位項目）は6点から13点へ（表1），臨床的体幹機能検査（FACT）は2点から7点へ向上した（表2）。Barthel Indexは35 → 45点となり移乗動作，トイレ動作の介助量が軽減した。

表1 MOTOR ASSESSMENT SCALE

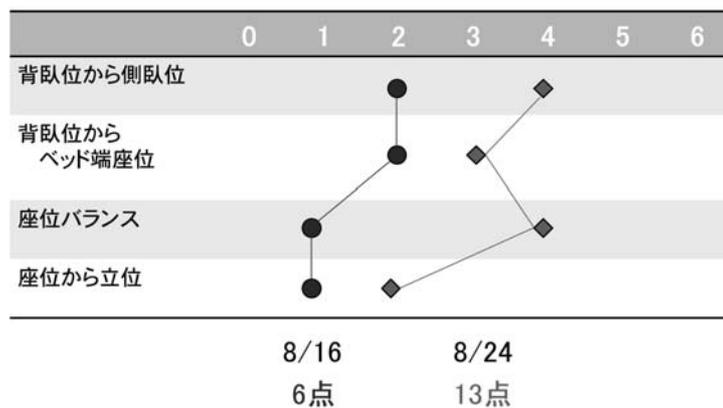
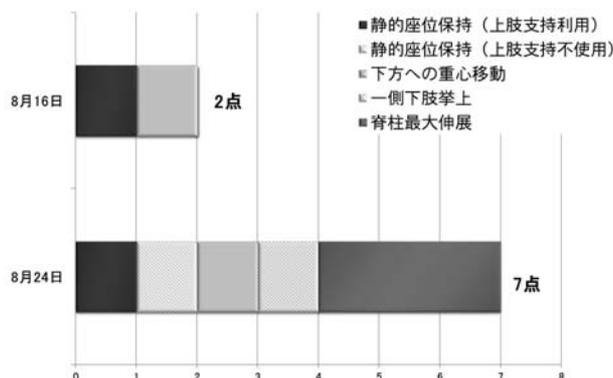


表2 臨床的体幹機能検査(FACT)



2. PNF 評価

A. リハビリ室入室からプラットホームへ

1) 移乗動作（車椅子からプラットホームへ）

① フットレスト操作

フットプレートからの下肢の上げ下げやプレートの跳ね上げが可能となった。

② 立ち上がり

前方移動するためにスクーティングが可能となった。また移乗動作が麻痺側下肢のスタビリティが向上し、軽度介助から監視で可能となった。

2) プラットホームでの端座位保持

体幹の抗重力伸展が可能となり上肢の支持なしで静的保持が可能となった。また非麻痺側上肢の正中交差が可能となった。

B. プラットホームでの床上動作（図 3）

1) 寝返り（軽度介助→自立）

非麻痺側上肢での引き込みはなくなり、頭部拳上や上肢の内転動作がみられるようになった。骨盤から下肢にかけては非麻痺側下肢の代償動作が依然みられるが、麻痺側下肢を随意的に屈曲・内転する活動がみられるようになった。

2) 起き上がり

頭部拳上や麻痺側体幹の側屈、麻痺側肩甲骨の前方回旋活動がみられ、on elbow から on hand までスムーズとなった。寝返りから起き上がりの時間は 32 秒から 12 秒へ短縮した。

考察

従来、脳傷害は回復することがなく機能喪失をもたらすと考えられ、脳卒中に対するリハビリテーションは非麻痺側を積極的に用いた機能代償に焦点が置かれてきた^{2), 3)}。しかし麻痺側上下肢の使用が著しく低下あるいはまったく使用しない状態が続くと、学習された不使用（learned nonuse）という現象が生

じ、中枢神経における廃用性現象が起こることがわかってきた^{7), 8)}。また、脳卒中後の回復速度は発症から 3 ヶ月までをピークに 6 ヶ月頃まで徐々に回復すると言われており⁹⁾、それには脳浮腫の減少や壊死組織の吸収、側副血行路の開通など局所の原因が解決されることによるものといわれている¹⁾。したがって、この時期に効果的なリハビリテーションを実施することにより、修復機能が刺激されて再組織化が起こる^{10), 11)}。すなわち、機能回復過程は use-dependent reorganization「使用依存的再構築」であり¹²⁾、発症早期から麻痺肢に対する積極的アプローチが大切である。しかし、脳卒中発症急性期の麻痺肢は低緊張であることが多く、直接的にアプローチすることに難渋する機会は多い。PNF アプローチは患者の悪いところだけでなく良い面を観察し、より強い箇所や可能な動作から治療を行っていく積極的アプローチという PNF 哲学があり、非麻痺側による間接的アプローチは脳卒中早期からの治療介入も行いやすい。

本症例は視床梗塞であり、感覚障害は軽度で中等度の運動麻痺を呈していた。症例のデマンドであるトイレに行けるようになるためには、寝返りや起き上がり、移乗動作といった基本動作を獲得していく必要がある。特に起き上がり動作は、ベッドからの離床を考えた上では欠かせない動作であり、難易度としても歩行や立ち上がり、立位保持よりも高く¹³⁾、自宅復帰への重要な影響因子であると言われており¹⁴⁾、早期から重点的にアプローチする必要がある。今回、予定入院期間は 2 週間であり、ベッド上臥位から車いす移乗までの動作獲得を目標に設定した。

治療アプローチでの留意点は評価から治療を行う上で患者の良い面を観察して治療に応用することであった。そこで、より強い要素である非麻痺側上下肢に対して動作上効率が良いとされている PNF 運動パターンを用いて⁶⁾、機能的に低下している麻痺側上下肢・

座位保持および座位バランス



初期時



最終時

寝返り～起き上がり



初期時



最終時



移乗動作



図3 治療前後の比較

体幹へ発散が得られる適当な抵抗を加えた。発症急性期は自然回復期であるが、一日の治療前後で即時的動作能力の改善を認めるだけでなく、治療効果は翌日以降にもキャリアオーバーされた。合計6日間のアプローチであったが、Motor Assessment Scaleは6点から13点に向上し、寝返り～立位における基本動作すべての項目において向上がみられた。

武井ら¹⁵⁾はベッドから車いす移乗までの動作自立には「立ち上がり」、「立位方向転換」、「起き上がり」能力が重要であり、それらには腹直筋の筋力が重要であると報告している。また、起き上がり動作の所要時間の短縮や介助量の軽減には体幹機能が重要であるとの報告^{16), 17)}があり、本症例のFACTは2点から7点と改善しており、体幹機能の向上が認められた。体幹機能に着目してすべてのパターン選択を行っており、促通した体幹活動は寝返りや起き上がり、立ち上がり動作にも般化したと考える。

発症早期からの積極的離床が推奨される中、如何にして効率の良い理学療法を提供できるかを考える時期に来ている。PNFアプローチは機能面に目を向け、患者が出来ることを探索して、残存している正常に近い機能を利用していく治療方法であり、急性期からでも積極的なアプローチが可能な手法である。我々はこれまでの臨床経験でPNFアプローチが動作獲得の速い優れた方法であると感じている。引き続き様々な症例で効果を検証し、情報を蓄積していく予定である。

引用文献

- 1) 篠原幸人, 小川彰, 他. 脳卒中治療ガイドライン2009. 協和企画. 東京. 2009
- 2) 潮見泰蔵. 脳卒中に対する標準的理学療法介入. 文光堂. 東京. 2007
- 3) 原寛美, 熊崎博司. 早期リハビリテーションの現状と課題. 理学療法. 24 (9). p1176-1183. 2007
- 4) 沼田憲治. 脳損傷患者の運動学習の可能性. 理学療法ジャーナル. 39 (3). p223-222. 2005
- 5) 奥田裕, 荻野禎子, 小澤佑介, 他. 臨床的体幹機能検査 (FACT) の開発と信頼性. 理学療法科学. 21 (4). p357-362. 2006
- 6) Adler SS, Becker D, Buck M (柳澤健, 中島榮一郎, 高橋護訳). PNFハンドブック第2版. クインテセンス出版. 東京. 2005
- 7) Taub E, Pidikiti RD, Delica SC, et al. Effects of motor restriction of an unimpaired upper extremity and training on improving functional tasks and altering brain / behaviors. In: J. Toole (eds). Imaging and neurologic rehabilitation. New York. p133-154. 1996
- 8) Nudo RJ, Wise BM, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. Muscle Nerve. 8. p1000-1019. 2001
- 9) 内田成男, 横山明正, 寺林大史. 脳卒中における機能予測の試み. 理学療法. 20 (2). p209-208. 2003
- 10) Biernaskie Jet al. Enriched Rehabilitative Training Promotes Improved Forelimb Motor Function and Enhanced Dendritic Growth after Focal Ischemic Injury, J Neurosci. 21 (14). p5272-5280. 2001
- 11) Biernaskie Jet al. Efficacy of Rehabilitative Experience Declines with Time after Focal Ischemic Brain Injury. J Neurosci. 24 (5). p1245-1254. 2004
- 12) 潮見泰蔵. 脳卒中の理学療法の発展と課題 — 技術の進歩とエビデンス. 理学療法ジャーナル. 40 (13). p1206-1207. 2006
- 13) 西田宗幹, 植松光俊, 金澤寿久, 他. 脳卒中片麻痺の基本動作能力の難易度順位について. 理学療法科学. 13 (2). p73-78. 1998
- 14) 上原数之, 松村秩, 小沼正臣, 他. 当院における高齢脳卒中患者の調査報告. 理学療

- 法学. 13 (5). p317-320. 1986
- 15) 武井圭一, 杉本諭, 桑原慶太, 他. 脳卒中患者の移乗動作能力に対する予測因子の検討. 理学療法科学. 21 (4). p369-374. 2006
 - 16) 八谷瑞紀, 村田伸, 大田尾浩, 他. 脳卒中片麻痺患者の起き上がり動作能力と身体機能との関連. 理学療法科学. 24 (4). p593-597. 2009
 - 17) 篠原智行, 清水美保子, 松本和彦, 他. 脳卒中片麻痺患者における起き上がり動作自立度と身体機能との関連性. 理学療法科学 25 (6). p833-836. 2010

日本 P N F 学 会 会 誌 投 稿 規 定

投 稿 要 綱

1. 本誌への投稿資格は本学会会員とする。ただし、原稿依頼に関してはこの限りではない。
2. 研究や調査の際に、倫理上人権上の配慮がなされていること。
3. 原稿は未発表のものに限る。(投稿中の原稿も対象外とする)。
4. 原稿は次のカテゴリーのいずれかに分類する。
 - ・総説：研究や調査論文の総括および解説
 - ・原著：未発表のオリジナルな研究論文
 - ・研究と報告：明確な構想に基づき、研究調査結果をまとめたもの(事例報告等も含まれる)
 - ・その他
5. 投稿原稿の採否は、査読後に本学会の編集委員会において決定する。
6. 審査の結果は投稿者に通知する。
7. 原稿の分量および形式は以下の通りとする。
 - 1) 和文原稿はパソコン(テキストファイル形式保存)を用い、A4版横書き、縦40行/横40字の1,600字分を1枚とし、引用文献、図表、写真等を含み、本文の合計が概ね7枚(11,200字相当)以内とする。1,600字用紙で概ね3枚程度の短報も可能。
 - 2) 英文原稿の場合は、ダブルスペースでパソコン(テキストファイル形式保存)を用いて、引用文献、図表、写真等を含み、A4版横書き概ね15枚以内とする。
 - 3) 図表、写真等は、それぞれ1枚につき400字分と換算し、合計概ね5枚以内とする。図は製版できるよう作成し、保存して添付のこと。写真は白黒を原則とし、カラー写真印刷の場合は実費負担とする(デジカメ使用でフロッピー等保存が望ましい)。
8. 原稿の執筆は次の号に従うものとする。
 - 1) 原稿の表紙に、表題(和文/英文)、著者名(日本字/ローマ字)、所属機関名(日本語/英表記)、希望する原稿のカテゴリー(総説/原著/報告/短報/その他)を明記する。原稿本文には、和文の要旨(400字以内)と、キーワード(5語以内)、本文、引用文献、英語要旨(300語以内のAbstractを必ず添付)、Keywords(5語以内)の順に記載し、通し番号を付け、図表および写真を添付する。
 - 2) 図表および写真は1枚ずつ別紙とし、それぞれの裏に通し番号と著者名を記入する。図表および写真の表題や説明は、別紙1枚に番号順に記入する、また原稿中の図表および写真の挿入箇所については、欄外に朱書きする。
 - 3) 年号は原則として西暦を使用し、外国語、外国人名、地名等は原語もしくはカタカナ(最初は原綴りを併記のこと)で書く。略語は本文中の最初に出たところで正式名称を入れる。
 - 4) 引用文献の記載方法
 - ①本文中の該当箇所の右肩に、順に1)、2)、の通し番号を付し、文末に番号順に掲げる。
 - ②雑誌の場合
著者名. 題名. 雑誌名. 巻(号). 引用ページ. 発行年. の順に記載する。
 - ③単行本の場合
著者名. 題名. 監修ないし編集者. 書名. 版数. 引用ページ. 発行社名. 発行地. 西暦発行年. の順に記載する。
 - ④著者名が4名以上の場合、3名連記の上、○○○他、または○○○ et al. とする。
9. 原稿はパソコン(テキストファイル形式保存)で作成し、正原稿1部とそのコピー1部、所属および著者名を削除した副原稿1部、合計3部を提出する。また3.5インチフロッピーディスク、CD-ROM(氏名、ファイル名、使用ソフト名等を明記)と、所定の投稿票と投稿承諾書を添付する。
10. 修正後の原稿提出の際には、修正原稿1部とそのコピー1部、修正副原稿(所属、著者名を削除)1部、修正後の3.5インチフロッピーディスク、CD-ROM(氏名、ファイル名、使用ソフト名を明記)、査読済みの元原稿(コピー)1部を添えて提出する。
11. 著者校正は1回とする。またページ数の変更にあふような大幅な変更は認めない。
12. 採択した原稿およびフロッピー等は原則として返却しない。
13. 原稿の送付先：日本PNF学会学術誌編集委員長
〒104-0033 東京都中央区新川1丁目15-13
専門学校 東京医療学院 理学療法学科 昼間部 原田恭宏 宛
14. 本誌に掲載された論文の著作権は「日本PNF学会」に帰属する。

以上

●編集後記●

本年度も無事に「PNF リサーチ Vol.12」を皆様のお手元にお届けすることができました。

今回は、なんと皆様ご存じの中村隆一先生のご講演(第12回日本PNF学会学術集会特別講演)を巻頭に掲載させていただくことができました。テーマは、大変興味深い「PNFに関わる神経生理学機序」です。PNFの創始者であるKabat博士が考えた理論をはじめさまざまな理論や研究について歴史的背景をふまえながら非常に理解しやすくそして貴重な文献をご提示いただきながらご講義いただいています。

また、骨盤の後方下制パターンの中間域での静止性収縮の効果を神経生理学的に検証した英文の原著論文が1編寄せられて、PNF手技の歩行時間に及ぼす効果に関する原著論文が1編、筋力や関節可動域に及ぼす効果に関する原著論文が4編、脳活動に及ぼす効果に関する原著論文が1編、脳卒中患者に対するPNFの症例研究が1編寄せられました。

対象が下肢整形外科疾患や脳卒中患者の論文は臨床ですぐに使えるPNF手技の効果の検証やケーススタディであり、健常成人を対象とした論文も臨床で治療対象になりやすい筋力や関節可動域の改善効果がエビデンスに則って検証されています。白谷論文では、骨盤の後方下制パターンの中間域での静止性収縮が手運動野の脳活動に及ぼす影響をfMRIで検討されていて興味深い論文です。

日本PNF学会は、今後もさらに質の高いPNFの研鑽の場となるよう、また世界に向けて発展していき、その効果についても研究を通して討議していきたいと思えます。多くの論文が投稿されることを期待しています。(Y. H.)

[日本PNF学会役員]

役 職	氏 名	所 属
理 事 長	柳澤 健	首都大学東京 大学院 教授
副 理 事 長	乾 公美	札幌医科大学大学院 教授
副 理 事 長	今井基次	八千代リハビリテーション学院 学院長
事 務 局 長	新井光男	つくば国際大学 理学療法学科 教授
学 術 局 長	富田 浩	人間総合科学大学 理学療法専攻 教授
渉 外 局 長	山元総勝	熊本保健科学大学 理学療法専攻 教授
理 事	秋山純和	人間総合科学大学 理学療法専攻 教授
理 事	田村陽子	東京都リハビリテーション病院 主査
理 事	清水ミシェル・アイズマン	甲南女子大学 理学療法学科 教授
理 事	萩原利昌	川崎市障害者更正相談所 所長
理 事	原田恭宏	東京医療学院 理学療法学科 学科長代理
顧 問	中村隆一	のぞみ病院 顧問
顧 問	奈良 勲	神戸学院大学 総合リハビリテーション学部 教授
監 事	太田 誠	日本福祉リハビリテーション学院 学校長
監 事	田口孝行	埼玉県立大学大学院 准教授

[PNF リサーチ査読委員 (順不同)]

- ・柳澤 健 ・乾 公美 ・今井 基次 ・秋山 純和 ・新井 光男 ・田村 陽子
- ・富田 浩 ・萩原 利昌 ・原田 恭宏 ・山元 総勝 以上

日本PNF学会 (PNFSJ)
 第12巻 第1号
 2012年3月25日発行

編集・発行 日本PNF学会
 〒734-0022 広島市南区東雲2丁目10番10号
 グレース東雲406号
 TEL 090-7970-6661
 Mail pnfoffice@pnfsj.com
 URL http://www.pnfsj.com

複写される方へ

本誌に記載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル (中法) 学術著作権協会
電話 (03) 3475-5618 FAX (03) 3475-5619 E-mail : jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

CCCに登録した著作物には、次の表示を追加する。

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone : 1-978-750-8400 FAX : 1-978-646-8600

CCCに登録した著作物の場合

Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright clearance by the copyright owner of this publication.

<Except in the USA>

Japan Academic Association for Copyright Clearance, Inc. (JAACC)

6-41 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

Phone : 81-3-3475-5618 FAX : 81-3-3475-5619 E-mail : jaacc@mtd.biglobe.ne.jp

<In the USA>

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone : 1-978-750-8400 FAX : 1-978-646-8600

日本 PNF 学会研究倫理規定

日本 PNF 学会は、PNF (固有受容性神経筋促通法) に関する学術研究の充実及び発展を図り、国民の健康及び福祉に貢献することを目的としているが、その研究により被験者が不利益を受けること、対象動物を虐待することになってはならない。そのため、以下の指針にそっておこなわれていない論文については、掲載を認めないことがある。

1. 人を対象とした研究では「臨床研究に関する倫理指針(厚生労働省、平成 16 年 12 月 28 日全部改正、<http://www.mhlw.go.jp/general/seido/kousei/i-kenkyu/rinri/0504sisin.html>) に従っておこなわれていること。
2. 動物を対象とした研究では「動物実験に関する指針(日本実験動物学会、1987、http://www.soc.nii.ac.jp/jalas/law-guide/law_04.html) に従っておこなわれていること。
また、これらの研究は各研究者の所属施設に定められた倫理委員会の承認または倫理規定に基づいておこなわれ、論文中にそれが記載されていることが望ましい。倫理規定が定められていない施設からの投稿論文については、編集委員会で審議する。