PNF法のRegular Patternの繰り返しが 膝伸展能力に及ぼす影響

Effect of Repetitions of PNF Regular Patterns on Muscular Activity of Knee Extension

木野田典保¹⁾ 石井 慎一郎¹⁾ 吉野 浩一¹⁾
今井 基次²⁾ 浅野 信一³⁾ 赤木 家康⁴⁾

NORIYASU KINODA, RPT¹⁾, SHINICHIRO ISHII, RPT¹⁾, KOITI YOSHINO, RPT¹⁾,
MOTOTSUGU IMAI, RPT²⁾, SHINICHI ASANO, RPT³⁾, IEYASU AKAGI, MD⁴⁾

¹⁾Rehabilitation Center, Eisei Hospital: 583-15 Kunugida-cho, Hachioji-city, Tokyo 193, Japan.
TEL +81 426-61-6498.

²⁾Saitama Prefectural Rehabilitation Center for The Disabled

³⁾Waseda College of Medical Arts and Sciences

⁴⁾Dept. of Orthopaedic Surgery, Eisei Hospital, Rehabilitation Center

J. Exerc. Physiol. 9(4): 177-181, 1994. Submitted Aug. 13, 1994. Accepted Oct. 20, 1994.

ABSTRACT: This study examined the facilitative effects of PNF method on the muscular activity of knee extension. Eighteen healthy male subjects (36 legs) performed the maximum knee extension 3 times at the angular velocity of 300°/sec, and the peak torque was compared before and after 10 repetitions of regular patterns of the PNF method. After the method, a significant increase in both the peak torque and work load was observed in the subjects, but no such an increase was found in controls. This suggests that the repetition of the PNF method may exert an effective role in effectors such as muscles and joints, potentially activating α and γ motor neurons.

Key words: PNF, Cybex, quadriceps muscular strength

要旨 PNF法のregular pattern パターンの繰り返しによる膝伸展能力への促通効果を明らかにするため、等速性トルク測定装置 (Cybex350) を用いて regular pattern 施行前後の膝伸展トルク値を測定し、コントロール群と比較した。健康者男子 18 名 36 肢を対象とし、角速度 300°/sec にて最大努力での膝伸展を 3 回行った。促通パターン施行群ではピークトルク値・仕事量値において施行後が有意に大きかったが ($p < 0.01$)、コントロール群では有意差を認めなかった。この事は、10 回の regular pattern の繰り返しが α 運動ニューロンおよび γ 運動ニューロンを活性化し、筋・関節などの効果器を通じて有効にピークトルク、仕事量を増大させることを示唆した。

キーワード: PNF, Cybex, 大腿四頭筋筋力

1) 永生病院リハビリテーションセンター：東京都八王子市栢田町 283-15 (〒193) TEL 0426-61-6498.

2) 埼玉県障害者リハビリテーションセンター 3) 早稲田医療技術専門学校

4) 永生病院リハビリテーションセンター整形外科

はじめに

固有受容性神経筋促通法 (PNF) は主に固有受容器を刺激することにより神経筋機構の反応を促通または抑制する方法と定義されている。しかし、その治療効果に関しては科学的、客観的立証のむずかしさ、また、使われる多くの促通手技の適応が不明確なまま議論が進められているという点も指摘される¹⁾。PNF法の最大抵抗による促通パターン (regular pattern) の繰り返しは、固有受容器を刺激することにより、中枢神経系の空間的または時間的な促通効果を誘発し、主に前角細胞の興奮性を増大させ、筋紡錘の一次求心性線維の活性化およびガンマ系を促通することにより、最終的に α 運動ニューロンの興奮性を高めようとするものである²⁻⁴⁾。つまり、この促通効果を明らかにすることがPNF法の有効性を立証する鍵となる。しかし、これらの促通効果が実際のパフォーマンスにおいてどの程度の効果を期待できるかは、また別に議論する必要があると思われる⁵⁾。そこで今回我々は、PNF法の促通パターンの繰り返しによる生体での反応を等速性トルク測定装置を用い膝伸展時のピークトルク・仕事量といった指標で検討した。

方 法

健康者男子 18 名 (年齢 27.8 ± 3.6 歳) の両下肢, 36 肢を対象とした。

- 1) 被験者は 10 分間の安静を取った後、Cybex350 (Lumex 社) に椅座位を取り、体幹と大腿部を固定した。膝軸を入力レバーに合わせ、レバーアームは足関節 (外果直上) で固定した。なお、膝関節の関節可動域が $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲となるようにレンジストッパーにてブロックした。
- 2) 角速度は $300^\circ/\text{sec}$ を用いウォーミングアップとして 3 回の膝伸展への最大収縮を行わせた。
- 3) その後、促通パターン施行前 (第 1 回目) の測定として、 $300^\circ/\text{sec}$ において 3 回の膝伸展を最大努力にて行った。被験者はその後、速やかに、用意したベッドに横になり安静を

取った。

- 4) 背臥位にて 5 分間の安静の後、
- 5) PNF 一側性下肢、屈曲-外転-内旋、膝伸展位パターンを 10 回繰り返した。
- 6) 手技の終了 2 分後に施行後 (第 2 回目) の測定を 3) と同じ条件で行った。そして、これを促通パターン施行群とした (図 1)。手技はすべて同一者が行い、股関節の可動域は $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲で、一回のパターンを行う速度は 2~3 秒とした。
- 7) コントロール群 (促通パターンは行わず、第 1 回目の測定後そのまま安静臥位を取って 2 回目の測定を行う場合) としての測定は上記 1) ~ 3) の手順で行った後、7 分間の安静に加え、さらに促通パターンに費やされる 30 秒間を休息し、第 2 回目の計測を 3) と同じ条件で行った (図 1)。また、促通パターン施行群とコントロール群の測定はすべての被験者にて両側下肢とも行ったが、両者との間隔は 1 週間の期間を設けることとした。なお、比較するパラメーターは両下肢膝伸展におけるピークトルク値、仕事量値とし、両者でそれぞれ促通パターン施行群とコントロール群における第 1 回目と 2 回目の値にて平均値の差の検定を行った。

結 果

1. コントロール群での第 1 回目と 2 回目のピークトルク値・仕事量値に有意差は認められなかった ($p < 0.01$; 表 1)。
2. 促通パターン施行群では施行前と施行後のピークトルク値・仕事量値において施行後が有意に大きかった ($p < 0.01$; 表 1)。

考 察

PNF法の基本原理は、筋の伸張および伸張反射、最大 (最適) 抵抗、関節の牽引および圧縮、用手接触、PNF肢位などにより固有受容器を刺激し、脊髄反射を利用して望ましい反応を引き出そうとするものである^{2-4, 6-10)}。PNF法を論ずる場合は生理学的な根拠を全面に出して、その有効性を

図1 促通パターンおよびコントロール群の実験手順

表1 促通パターン施行群とコントロール群の膝伸展筋力

(M±S.D 単位: ft-lbs)				
	促通パターン施行群		コントロール群	
	施行前	施行後	1回目	2回目
PT値	77.5±15.2	80.4±16.2*	77.6±15.7	78.8±17.1
TW値	72.6±12.0	77.8±16.6*	73.3±13.2	75.3±14.9

*PT・TW値とも施行前・施行後に有意差あり (p<0.01)

強調する場合が多い。その指標として①表面筋電図における筋放電量の増大, ②H波の振幅の増大, ③筋電図反応時間の短縮, ④発生張力の増大, ⑤脳波α波の速波化(覚醒レベルの上昇), ⑥脳波パワーベクトルの増大, などが用いられている^{2,7,10-18)}。しかし, これらの反応が真に効果的か否かを臨床的に立証するためには実際のパフォーマンスとしての反応をみる必要がある。

今回の実験で結果1より, 測定における時間による相違, または, Cybex machineによるウォーミングアップ効果や第1回目の測定による学習効果あるいは疲労の影響はなかった。そして, 促通パターンを10回施行した後に測定した値ではそれぞれのパラメーターで有意な増大が認められた。

筋収縮の強さは種々の中枢神経を通じて筋を支配する前角細胞を興奮させることにより決まる。つまり, α運動ニューロンと同時にその刺激はγ

運動ニューロンも興奮させ, 筋紡錘を活性化させる。これはα-γ連関により筋が収縮している間ずっと筋紡錘を活動させる。筋紡錘の遠心性線維には①γ¹運動線維(動的γ遠心性線維)と②γ²運動線維(静的γ遠心性線維)があり, ①はIa相動性神経線維へ, ②はIa緊張性神経線維とII線維へと対応し, それぞれ長さの変化の速度および長さの変化に関する情報を脊髄に伝える。そして, これらの刺激がα運動ニューロンに興奮を及ぼし収縮力を増強させる^{8,19-23)}(図2)。PNF法の最大抵抗での促通パターンの繰り返しが, 大腿四頭筋における筋紡錘を活性化し, α運動ニューロンの興奮性を増大させる。その結果としてピークトルク値の増大をみたと考えられる。同時にこの興奮性の情報はγ運動ニューロンの興奮性も高め, 関節可動域中の持続的収縮能力も増大させる。その結果として仕事量値の増加につながった

図2 筋収縮に関するアルファ・ガンマ連関（模式図）

と考えられる。その他、生理学的な機序としてこれをとらえると、興奮収縮連関としての筋小胞体での Ca^{2+} の放出量の増大、シナプス伝達効率の向上、神経筋接合部での Na^+ 、アセチルコリンなどの放出量の増大あるいは反復刺激後増強、筋肉内での循環血流量の増加、覚醒レベルの上昇^{2, 15, 20-22)}などが考えられる。今回の実験結果は、PNF法の促通パターンによる上述した効果が筋・関節などの効果器を通じて有効であり、ピークトルク、仕事量を増大させることができることを示唆している。このメカニズムは、ある特定の運動パターンのウォーミングアップとして、効率の良い筋出力の促通、つまりパフォーマンスの向上に対して適応になると考えられる。

引用文献

- 1) 片寄正樹・他：PNF 2, PNFに対する見解. 理学療法, 8 (3): 229-233, 1991.
- 2) 細田多穂・他：理学療法ハンドブック. 協同医書出版, 第2版第2刷, 東京, 1992. pp293-350.
- 3) Sullivan PE, et al.: 臨床PNF 統合的運動療法の実際. メディカル葵出版, 東京, 1986.
- 4) Voss DE・他：神経筋促通手技 パターンとテク

- ニック. 協同医書出版, 改訂第3版, 東京, 1989.
- 5) Arnold G, et al: Proprioceptive neuromuscular facilitation versus weight training for enhancement of muscular strength and athletic performance. The J Orth and Sport Phys Ther, 7 (5): 250-253, 1986.
- 6) 今井基次：PNF 1, PNFの原理. 理学療法, 8 (2): 147-152, 1991.
- 7) 柳沢 健：PNFの有効性と論証. 理学療法学, 18 (3): 354-358, 1991.
- 8) 高橋 護：神経筋促通法, 青森県理学療法士会, 第3版第3刷, 青森, 1993.
- 9) 中村隆一・他：中枢神経疾患の理学療法—神経生理学的アプローチ. 神経進歩, 23 (1): 74-85, 1979.
- 10) 中村隆一：ファシリテーション・テクニックの生理学的基礎. 理・作・療法, 13 (5): 295-300, 1979.
- 11) Gellhorn E: Pattern of muscular activity in man. Arch Phys Med, 28: 568-574, 1947.
- 12) Gellhorn E: Proprioception and the motor cortex. Brain, 72: 35-62, 1949.
- 13) 中村隆一・他：促通肢位と反応時間—上肢について—. 総合リハ, 1: 1190-1194, 1973.
- 14) 中村隆一・他：促通肢位と反応時間—下肢について—. 総合リハ, 2 (7-8): 583-587, 1974.
- 15) 中村隆一：運動療法の技術と科学性. 理学療法学, 14: 133-149, 1987.
- 16) 柳沢 健・他：下肢PNF肢位の対側ヒラメ筋H波に及ぼす影響. 理学療法学, 17 (Suppl): 75, 1990.
- 17) 柳沢 健・他：上肢PNF肢位のヒラメ筋H波に及ぼ

- す影響. 理学療法学, 16: 19-22, 1989.
- 18) 柳沢 健・他: Joint Approximation による H波の変動. 理学療法学, 11 (Suppl): 100, 1984.
- 19) 鈴木秀次: ストレッチングのメカニズムにおける神経生理学的基礎. Training Journal February, 36-40, 1993.
- 20) 中野昭一・他: 図解生理学, 医学書院, 第1版第10刷, 東京, 1990.
- 21) 中野昭一: 図説・運動の仕組みと応用—運動・生理・生化学・栄養—, 医歯薬出版, 第1版第7刷, 東京, 1988.
- 22) 真島英信: 生理学, 文光堂, 改訂第18版第5刷, 東京, 1988.
- 23) 小坂健二 翻訳監修: 運動行動のメカニズム, 建帛社, 第2刷, 東京, 1992.