

# 運動学習の授業が身体活動の向上に与える影響について ～PNFによる学習効果と反応時間に着目して～

## ON THE EFFECT OF MOTOR LEARNING LESSON ON IMPROVEMENT OF PHYSICAL ACTIVITY

～FOCUSING ON LEARNING EFFECT AND REACTION TIME FROM PNF METHOD～

加藤 勝行<sup>1) 2)</sup>・大友 篤<sup>1)</sup>・小関 友記<sup>1)</sup>・村上 賢治<sup>1)</sup>・佐々木 広人<sup>1)</sup>・佐直 信彦<sup>1)</sup>

Katsuyuki KATOU<sup>1) 2)</sup>, Atsushi OTOMO<sup>1)</sup>, Tomonori KOSEKI<sup>1)</sup>, Kenji MURAKAMI<sup>1)</sup>,  
Hiroto SASAKI<sup>1)</sup>, Nobuhiko SAJIKI<sup>1)</sup>

キーワード：運動学習，反応時間，PNF

Key words：motor learning, reaction time, PNF

### 要 旨

[目的] 本研究は、学習の違いが反応時間に与える影響を PNF を用いて検証することを目的とした。

[対象] 健常成人男女76名とした。

[方法] PNF 講義を受けて原理・原則を知っている受講者（以下 LG）とそれらを知らない非受講者の者（以下 CG）の基本肢位と PNF 肢位の筋電図反応時間および反応時間の差分を測定比較検討した。

[結果] CG および LG ともに特異的 PNF 肢位をとることで、Reaction Time（以下 RT）、Premotor Time（以下 PMT）、Motor Time（以下 MT）が有意に短縮した。

[考察] 特異性を持つ PNF 肢位が、姿勢変化への非特異的な覚醒をもたらす脊髄運動ニューロンの興奮性を高めたことにより運動開始を促進したものと考えられる。また CG と LG の比較検討では、LG の RT、PMT がより短縮した。これは PNF 肢位に対する自覚性が異なるため LG の方が意識や注意である非特異的な入力量が大きくなり興奮水準が高まり、運動の開始を促進させたと考えられる。つまり、PNF 講義により発生した自覚性が努力、注意と言われる非特異的な情報量を増加させ、相乗効果をもたらした事が示唆される。

[結語] 運動学習として PNF の原理・原則およびそのもたらす効果を十分に説明し、自覚性を持たせながら実施する事で相乗効果を期待でき、より効率的な治療に繋がるのと考えられる。このことから PNF 学習教育は実践応用としてのリハビリテーション医療における理学療法での相乗効果

1) 仙台青葉学院短期大学 リハビリテーション学科 理学療法専攻 2) JMSCA 医科学委員  
受理日：2019年1月31日

に有用と考える。

## abstract

### [Objective]

The present study, since the difference of learning for the PNF to verify the effect on reaction time.

### [Subjects]

A total of 76 healthy males and females were studied.

### [Methods]

Method thing to know the principles and principles of PNF ( LG group) and the basic limb position and PNF position EMG reaction time of those who do not know them(CG group), and the difference between the reaction time was measured.

### [Results]

By taking the CG and LG both PNF position, Reaction Time (below RT), Premotor Time (below PMT), Motor Time (below MT) was significantly shortened.

### [Discussion]

It is purely posture change of PNF position increases the excitability of spinal motor neurons resulted in a non-specific arousal believed that facilitation exercise start. CG and LG of RT is the difference of LG, PMT has been shortened. This increases the non-specific input amount is increased excitement level awareness of it is awareness and attention towards different for LG against PNF position, considered was facilitation the start of the exercise. In other words, awareness of efforts to increase the non-specific amount of information that is said to be attention, it is suggested that resulted in a synergistic effect.

### [Conclusion]

It is conceivable that a synergistic effect can be expected by sufficiently explaining the principles and principles of PNF as well as its effects and exercise while giving awareness as a motor learning, leading to more efficient treatment. From this, we consider that learning education is useful for synergistic effects in physical therapy in rehabilitation medicine as a practical application.

## I. 緒言

### I.1 はじめに

PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation; 固有受容性神経筋促通法; 以下 PNF) は、カリフォルニア州ヴァレーホ港近くにあるカイザーリハビリテーションセンターにおいて1950年代に開発されたもので、Kabat がポリオ後遺症患者の筋収縮を高めるため、Gellrorn, hellebarndtらの生理学的事実を引用・理論化し、knott,

Voss らによって具体的手技が加えられ今日に至った運動療法に必要な治療手技の一つであり<sup>1)</sup>、「主に固有受容器を刺激することによって、神経筋機構の反応を促通する方法」と定義されている<sup>2)</sup>。

近年では、全体の筋バランス、柔軟性、運動能力の低下した運動機能の改善と向上、そして高度なスポーツ技術の向上のためにも応用できることから、スポーツ分野でも幅広く用いられるようになってきている<sup>3)</sup>。この PNF パターンの運動肢位に関する研究は諸家により報告されている。

脳波の変化からみた PNF の有効性に関しては chida らの報告がある。一側上肢を PNF 肢位に保持すると、基本肢位に比べ脳波の  $\alpha$  波が速波化し、脳波等電位図による検索でも  $\alpha$  バンド・パワーの増強が生じるというものであった<sup>4)</sup>。

これらの反応時間および脳波の報告から、PNF 運動開始肢位は大脳皮質を非特異的に覚醒し脊髄運動ニューロンの興奮性を増大し筋発生張力や反応時間を短縮することが明らかにされている<sup>5)</sup>。

この PNF パターン運動の肢位の主な作用が努力、容量、注意といわれる非特異的な覚醒効果であるとするならば、PNF の原理・原則や肢位についての学習が PNF の反応時間に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、PNF の反応時間に影響を及ぼす先行研究においては、学習効果から見た影響について PNF パターン運動肢位からの検証は見当たらない。

本研究では、先行されている中村らの一連の実験における促通肢位を PNF パターン運動の中間肢位とされていることから、この中間肢位を参考に本研究でのパターン運動における中間肢位での検証を試みた。以下、この肢位を PNF 肢位と表記として示す。

PNF の原理・原則また PNF のもたらす効果を理解している者としての受講群（以下 LG）と、それらをまったく知らない非理解者としての非受講群（以下 CG）の間では PNF 肢位に対する自覚性が異なるため意識や注意である非特異的な入力量に差が生じ、反応時間に変化をもたらすのではないかと考えられた。

## I. 2 研究目的

学習により生じた自覚の違いによる非特異的な入力量の変化が反応時間に及ぼす影響を検証するため、CG と LG の基本肢位と PNF 肢位の筋電図反応時間（Reaction Time：以下 RT）を測定し、両者の反応時間および、その差分を検討することを目的とした。

PNF 肢位は肘の屈曲を伴う屈曲－内転－外旋

パターンとした。このパターンは、以前に PNF 実施群と PNF 非実施群では30分での短期的持続差分で有意性がみられた<sup>4)</sup>との報告と同様パターンとした。これは日常生活活動動作上必要な動きとして①口に食物を運ぶ動作の促通、②洗顔動作の促通、③胸元動作の促通、④身体の前で物を手掌で支える動作の促通に用いられ機能的なパターンであるために選択した。対象筋は上腕二頭筋とした。

また、PNF 肢位および学習の違いが反応時間のどの要因に影響を生じさせるかを検討するため、前研究で求められなかった覚醒や注意に影響を受け中枢処理過程を反映する刺激から筋活動開始までの潜時である Premotor Time（以下 PMT）と、外部負荷量や、緊張状態に影響を受け末梢の因子を反映する筋活動から運動開始までの潜時である Motor Time（MT）の測定を行った。仮説として学生が習う運動療法とその学習効果による時間的短縮を見ることで、将来学生が受け持つ対象者の中枢処理過程の覚醒レベルにまで影響を与えているという自覚を高められるのではないかと考えた。

## II. 研究方法

### II. 1 研究対象

被験者は理学療法士養成学校に在学しており、本研究の主旨について説明を行い、同意を得られた右利き健常成人男性女性76名を対象とした。

CG は PNF の講義を受講していない1年生を対象とし、その中から無作為に26名を選んだ。LG は PNF の講義をすでに受講している2・3年生を対象とし、その中から無作為に26名を選んだ。また各CG・LG群から女子12名ずつ選び配置し76名とした。（仙台青葉学院短期大学倫理審査：承認2803）

平均年齢は、CG は  $20.4 \pm 1.7$ （mean  $\pm$  SD、以下同様）歳、LG は  $21.0 \pm 1.5$  歳、平均身長は、CG は  $171.0 \pm 3.9$ cm、LG は  $169.5 \pm 5.7$ 、体重は、CG は  $66.7 \pm 4.3$ 、LG は  $65.3 \pm 3.2$ であった。（表1）

表1 対象者

	CG	LG
年齢 (歳)	20.4±1.7	21.0±1.5
身長 (cm)	171.0±3.9	169.5±5.7
体重 (kg)	66.7±4.3	65.3±3.2
例数 (名)	38	38
	mean±SD	

## II. 2 測定方法

### II. 2. 1 測定課題

基本肢位は、視線は手指に向けた右肩関節中間位、肘関節90°屈曲位、前腕90°回外位とした。PNF肢位は、視線を手指に向けた右上肢肘の屈曲を伴う屈曲-内転-外旋パターンの中間位（肩関節60°外転位、45°屈曲位、45°水平外転位、肘関節90°屈曲位、前腕45°回外位）とした。

各肢位に他動的に保持し刺激音をスピーカから聞かせ、この信号で速やかに肘の屈曲を行うことを課題とした。

### II. 2. 2 測定項目

各肢位、および各学習度各々において RT, PMT, MT の3項目を測定した。

RTは音刺激から手関節につけた金属がベッドに置いた金属板から離れるまでの時間とし、音刺激から上腕二頭筋の筋活動開始までの時間をPMTとして msec 単位で測定した。筋活動開始から実際の運動開始までの時間である MT は RT から PMT を差し引いた値とした。反応時間測定にあたり各試験前に筋電図上、動筋に筋活動がないことを確認した上で行った。

### II. 2. 3 測定装置

表面筋電計は Myosystem1200 (Noraxon USA,INC) を用いて測定した。対象筋は上腕二頭筋とした。手関節部の離・接地の判断のため、on/off スイッチを作成した。音刺激装置はデジタルボイスレコーダー (SANYO dital talk book

ICR-B80RM) に音源を取り入れスピーカから出力を行なった。

音刺激から得られる音刺激の開始時間と、手関節部の on/off スイッチから得られる刺激、上腕二頭筋の表面筋電図を筋電計に同期させた。

筋電図の解析には MyoClinical (Noraxon USA,INC) を使用した。

### II. 2. 4 測定手順

測定は静かな部屋で、安楽な椅子座位にて実施した。右上肢を基本肢位（視線は手指に向けた右肩関節基本肢位、肘関節90°屈曲、前腕回外90°）、PNF 促通肢位（視線を手指に向けた右上肢肘の屈曲を伴う屈曲-内転-外旋パターンの中間位（肩関節60°外転位、45°屈曲位、45°水平外転位、肘関節90°屈曲位、前腕45°回外位）に他動的に保持し、“よ〜い”という予告信号のあとに学習効果を避けるため2sec~5sec の間でランダムに1000Hz、100msec の刺激音をスピーカから聞かせ、この信号で速やかに肘の屈曲を行う課題を行なった。

各被験者とも測定開始前に十分な練習を行なわせた。試行回数は20回とした。

上腕二頭筋の表面筋電図を用いて測定し、解析を行なった。

被検者用椅子の手前にセットした台からの各群での上肢肢位から測定実施、RTは音刺激から手関節につけた金属が銅板から離れるまでの時間とし、音刺激から上腕二頭筋の筋活動開始までの時間をPMTとして波形の立ち上がりを msec 単位で測定した。筋活動開始から実際の運動開始までの時間である MT は RT から PMT を差し引いた値とした。

### II. 2. 5 統計解析

得られた値は平均±標準偏差として示した。基本肢位とPNF肢位間における RT, PMT, MT の比較には Wilcoxon の符号付順位検定を用いた。LG 群と CG 群の差分の比較には Wilcoxon の順位和検定を用いた。統計ソフトは SPSS Statistics ver,21.0J を使用し、有意確率を5%未満として比較検討とした。

### Ⅲ. 結果

#### Ⅲ. 1 肢位による RT, PMT, MT の変化

CG および LG における基本肢位と PNF 肢位を図 1.1～1.2 に、また群間の RT, PMT, MT を表 2 に示す。

CG および LG とともに基本肢位に比べ PNF 肢位での RT, PMT, MT が有意に短縮した ( $p < 0.05$ )。



図 1.1 基本肢位

(視線は手指に向けた右肩関節中間位, 肘関節90° 屈曲位, 前腕90° 回外位)

図 1.2 PNF 肢位

(視線を指先に向けた肩関節60° 外転位, 45° 屈曲位, 45° 水平外転位, 肘関節90° 屈曲位, 前腕45° 回外位)

表 2 肢位による RT, PMT, MT の変化 (msec)

		基本肢位	PNF 肢位
CG	RT	181.9±7.8	167.4±7.3
	PMT	131.0±6.2	120.5±5.7
	MT	50.9±3.7	46.9±3.9
LG	RT	182.0±8.6	160.4±6.4
	PMT	129.6±8.4	112.6±7.3
	MT	52.4±6.5	47.8±6.0

mean±SD

\* p<0.05

### Ⅲ. 2 CGとLGの差分の変化

CGとLGの差分を表3, 図2.1~2.3に示す.

CGとLGのRTにおいてはLGの方がより短縮した ( $p < 0.05$ ). PMTにおいても, RT同様にPNF受講群のLG方が短縮した ( $p < 0.05$ ). MTにおいては両者間に有意差は認められなかった ( $p > 0.05$ ).

表3 CGとLGの差分の変化

	LG	CG
RT	14.3±4.2	21.6±5.2
PMT	10.5±3.2	15.8±5.2
MT	3.8±2.0	5.8±2.7

mean±SD  
\*  $p < 0.05$

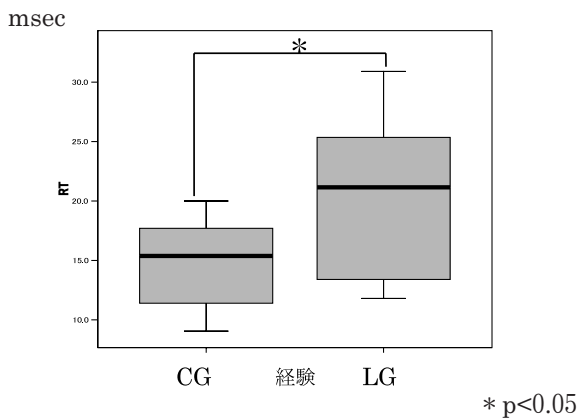


図2.1 CGとLGのRT差分の変化

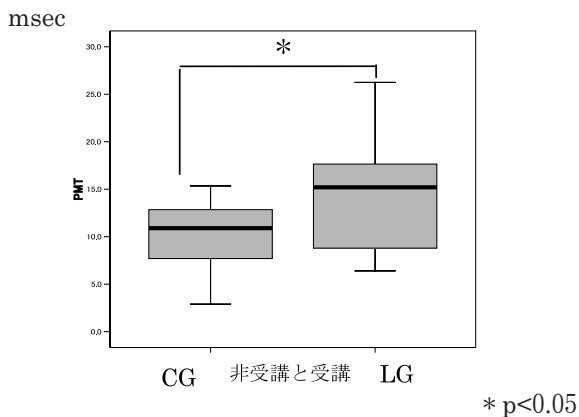


図2.2 CGとLGのPMT差分の変化

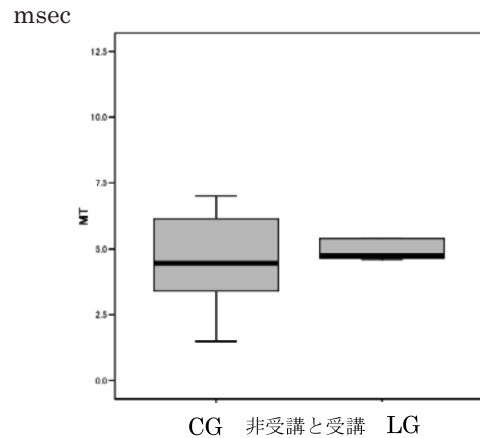


図2.3 CGとLGのMT差分の変化

### Ⅳ. 考察

基本肢位およびPNF肢位における反応時間を検討した結果, CG, LGともにPNF肢位におけるRT, PMT, MTが有意に短縮した.

RTは「与えられた刺激によって意識的に決定される応答反応の最小の時間的遅れ」と定義され, 刺激から運動開始までの潜時である. RTにはPMTとMTがあり, 刺激から筋活動開始までの潜時であるPMTと, 筋活動から運動開始までの潜時であるMTからなっている. そしてPMTは情報の中枢処理過程を反映し(注意, 覚醒), MTは末梢の因子(外部負荷量, 筋緊張の状態)により影響を受けることが報告されている<sup>6)</sup>.

中村らは反応時間を用いた幾多の実験で, PNFで使用される開始促通肢位は, 基本肢位に比べPMTを短くし, 姿勢変化を通じて中枢覚醒レベルを上昇させ運動の開始を促通していると報告している<sup>7) 8) 9) 10)</sup>.

今回の実験ではCG, LGともにPMTの短縮を示した. つまり, PNF肢位に対する自覚性が異なり, 意識や注意である非特異的な入力量に差が生じていてもPNF肢位をとることで基本肢位に比べPMTが短縮した. これは, 純粋にPNF肢位という姿勢変化が非特異的に覚醒をもたらす脊髄運動ニューロンの興奮性を増大させ, 運動開始を促通するものと考えられる.

一方, CG, LGともにMTの短縮も示した.

MT は主として末梢の要因により影響を受けるとされている。つまり、MT の変化は、運動発現前の筋緊張状態の影響を受ける。そのため PNF 肢位が筋緊張状態に変化をもたらす運動開始を促通したものと考えられる。

また、本実験では基本肢位を視線は手指に向けた右肩関節中間位、肘関節90°屈曲位、前腕90°回外位とした。これは上腕二頭筋の MMT3 レベルに相当する。PNF 肢位は、視線を手指に向けた右上肢肘の屈曲を伴う屈曲-内転-外旋パターンの中間位（肩関節60°外転位、45°屈曲位、45°水平外転位、肘関節90°屈曲位、前腕45°回外位）とした。これは基本肢位に比べやや水平面での屈曲運動となるため、MMT 2 レベルに近い運動に相当する。そのため、基本肢位と PNF 肢位では上腕二頭筋にかかる重力が影響し、MT の短縮をもたらしたのではないかと考えられる。

次に CG と LG の反応時間の差分を検討した結果、RT においては LG の方がより短縮した。RMT においても、RT 同様に LG の方がより短縮した。MT においては両者間に有意差は認められなかった。

前述したように PMT は入力から中枢処理過程を反映する時間あり、PMT の変動する理由として注意、覚醒レベルからの説明がある。運動活動に際しての中枢過程は、知覚、情報処理、運動の過程に分けてとらえられ、具体的な過程遂行には、あるレベル以上の注意が必要であり、注意は極めて限られた精神資源と考えられ、容量モデルで説明されている。

Kahneman によれば、精神活動を遂行するには、それに対応する構造に対しての2つのタイプの入力が必要とされ、その1つはその構造に特異的な情報入力であり、もう1つは PNF 肢位の主な作用である努力、容量、注意と言われる非特異的な入力である<sup>6)</sup>。

効率的な課題遂行に必要な覚醒は被検者に利用可能な有効容量を増加させることができ、覚醒レベルが高いと反応時間も短縮すると考えられている。覚醒レベルを高める注意の供給が需要を満た

さないと行動が低下する。注意、覚醒の神経生理学機序は十分に解明されていないが、網様体や皮質連合などが大きく関与しているものと考えられている<sup>11)</sup>。

CG と LG では PNF 肢位に対する自覚性が異なるため LG の方が意識や注意である非特異的な入力量が大きいため興奮水準がより高まり、運動の開始を促通させたと考えられる。つまり、自覚性が努力、注意と言われる非特異的な情報量を増加させ、相乗効果をもたらした事が示唆される。

臨床においては、筋力増強だけでなく、反応時間に着目しアプローチを行なう場面が多々みられる。村山らは大腿四頭筋の反応時間の遅延と膝関節 OA の必要性を検討し、膝 OA 群では RT の遅延していることを報告した。これは膝 OA における RT の遅延が病因の一因子あるいは増悪因子となりうる事を示唆しており、筋力増強訓練だけでは膝 OA の訓練としては不十分といえるとしている<sup>12)</sup>。また、天草らは健常成人と脳血管障害患者の単純筋電図反応時を測定し、脳血管障害患者では健常成人に比べ中枢過程を反映する PMT が有意に遅いことを報告している<sup>13)</sup>。

今回の結果では CG と LG 両者とも PNF 肢位を取るにより反応時間が有意に短縮し、さらには LG の PNF 受講群の反応時間がより短縮した。このことから、上記のように反応時間も考慮するアプローチを施行する場合には、自覚性を持たせるために、学習としての PNF の原理・原則または PNF のもたらす効果を十分に説明し、自覚性を持ちながら PNF 肢位でのアプローチを実施することで身体的パフォーマンス向上への相乗効果が期待でき、効率的な介入に繋がるのではないかと考えられる。

## V. 結論

CG および LG ともに PNF 肢位をとることで、RT、PMT、MT が有意に短縮した。CG と LG の反応時間の差分を検討した結果、RT においては LG の方がより短縮した。RMT においても、RT 同様に LG の方がより短縮した。MT におい

では両者間に有意差は認められなかった。対象者およびセラピストが身体的動作活動の向上を望む場合、より効率的に行なうためには、PNFの原理・原則またはPNFのもたらす効果を十分に説明し、自覚性を持たせ実施することが必要と考えられた。

COI 開示：本研究において、開示すべき利益相関関係にある企業・組織・団体はありません。

## 引用文献

- 1) 細田多穂, 柳澤健 (編): 理学療法ハンドブック 第2巻 治療アプローチ, 協同医書出版, 2001; pp275-276.
- 2) Sullivan PE, Markos PD, et al: (石川友衛, 他・訳), 臨床PNF, 1986; メディカル葵出版.
- 3) 市川繁之, : PNFを用いた腰痛管理, 臨床スポーツ医学, 2005; 22 (9), 1107-1114.
- 4) Chida T, Nakamura R: EEG changes induced by passive postural changes. J Human Ergol, 1983; 12, 217-218.
- 5) 柳澤 健: PNFの有効性の論証, 理学療法学, 1991; 18 (3), 354-358.
- 6) 中村隆一: 臨床運動学第3班, 医歯薬出版株式会社, 2002; 266-317.
- 7) 中村隆一, 齊藤広: 促通肢位と反応時間 上肢について, 総合リハ, 1973; 1, 1190-1194.
- 8) 中村隆一, 齊藤広: 促通肢位と反応時間 下肢について, 総合リハ, 1974; 2, 583-587.
- 9) 佐直 信彦, 中村隆一, 他: 小脳性運動失調に対するPNFの効果(I)-臨床例について, 厚生省特定疾患 運動失調調査研究班 昭和61年度研究報告書, 日本リハビリテーション医学会誌, 1980; 17(4), 230.
- 10) 小坂 健二, 中村隆一, 他: 小脳性運動失調に対するPNFの効果(神経・筋): 皮質覚醒レベルとの関連, 日本リハビリテーション医学会誌, 1989; 26(5), 352.
- 11) 有村章, 天草万里, 他: 6歳児の反応時間, 運動障害, 1993; 3 (1), 25-29.
- 12) 村山龍一, 川崎美香, 他: 膝関節における反応時間の検討-健常群OA群の比較-, 理学療法学, 1998; 25 (学会特別号), 18.
- 13) 天草万里, 有村章, 他: 脳血管障害患者の機能的状態と反応時間について, 運動障害, 1993; 1, 22-26.