

## &lt;研究と報告&gt;

## 運動失調症での上肢動作能に対する 短期リズムタッピング訓練の効果の検討

森 本 茂\* 真 野 行 生\*\* 高 柳 哲 也

**著者** 森本 茂 真野行生 高柳哲也

**題名** 運動失調症での上肢動作能に対する短期リズムタッピング訓練の効果の検討

**要旨** 運動失調症10例でリズムタッピング訓練を行い、訓練前後でタッピングテストにてタッピングの interval, duration time を測定し、時間的正確性、運動方向変換能を検討した。運動失調症では、interval, duration の延長があり、特に duration の分散は左手で大きかった。リズムタッピング訓練は、時間的正確性に対して7例で効果があったがその程度は様々であり、3例においては効果を認めなかった。訓練による学習の受け入れ、記憶、呼び出しの過程のどこかに障害があると、訓練効果は得られなかったり動作能に陰性的に働くと推定した。クロックパルスの障害と、動作能の障害あるいはリズムタッピング訓練効果と関連がある可能性を推測した。

**キイ・ワード**: リズムタッピング, 運動失調症

—リハ医学 23:125—130, 1986—

### I. はじめに

運動失調症などを対象に動作能の改善目的で、手拍手、メトロノームの規則的リズム音を聞かせながら運動療法を行うことがある。指タッピングのリズム音に対しての動作能解析は多くなされているが<sup>1,2,3,4,5)</sup>、規則的リズム音での訓練効果についての報告はあまり見られない。今回我々は、運動失調症に対してビーブ音に合わせ2点リズムタッピング訓練を行い、その短期的効果を検討した。

### II. 方 法

対象は、運動失調症10例、内訳は脊髄小脳変性症(SCD) 8例、頭蓋脊椎移行部奇形による後索障害の著明な症例1例、脊髄癆1例である。SCDは男5例女3

1986年4月4日受理

\* 奈良県立医科大学附属病院リハビリテーション部

\*\* 同 神経内科

例、平均年齢54歳、頭蓋脊椎移行部奇形の症例は47歳男で、上肢錐体路障害は軽度であり筋力低下もほとんど認められないが、高度の深部知覚障害のため pseudoathetose が見られ、脊髄癆の症例は59歳男で、深部知覚障害が上・下肢に認められ、下肢には高度の、上肢には中等度の運動失調が見られる(表1)。

方法は、コンピュータ用タッチパネルを用い、我々がプログラミングしたタッピングテスターで、指2点タッピング動作の時間的正確性を評価する。タッチパネル上に直径8mmの黒点を記し、そのパネルの左右にプラスチック板を置き、パネルの黒点から左右それぞれ20cm離れたプラスチック板上にも直径8mmの黒点を記し、コンピュータと接続しタッピングテスターとする。タッピングテスターを机上にセットし、被検者は第2指、第3指の内で行いやすい指で、中央のタッチパネルの点とその外側に位置するプラスチック板の点の2点を交互にタッピングする(図1)。

タッピングは、できるだけリズムが規則正しく点から外れないように指示して行わせる。姿勢は、腰掛け坐位で両足を床に着け非検側手は同側大腿の上に置き、検側上肢は肩関節外転0°軽度屈曲位、肘関節は70~80°屈曲位、前腕回内位とする。この肢位で検側手がタッチパネルとプラスチック板上の2点の midpoint に位置するようにパネルをセットする。タッピングは1回の試行で40回を行い、タッチパネルがタッピングされ次にタッピングされるまでの時間 interval time (msec) と、タッチパネ

表1 対象と正常対照の例数と平均年齢

	N	Age
Ataxia total	10 (M7 F3)	53.9±5.4
SCD	8 (M5 F3)	54.1±5.2
disturbed posterior colmun due to cervical lesion	1 (M1 )	47
tabes dorsalis	1 (M1 )	59
Normal control	5 (M3 F2)	40.8±10.4

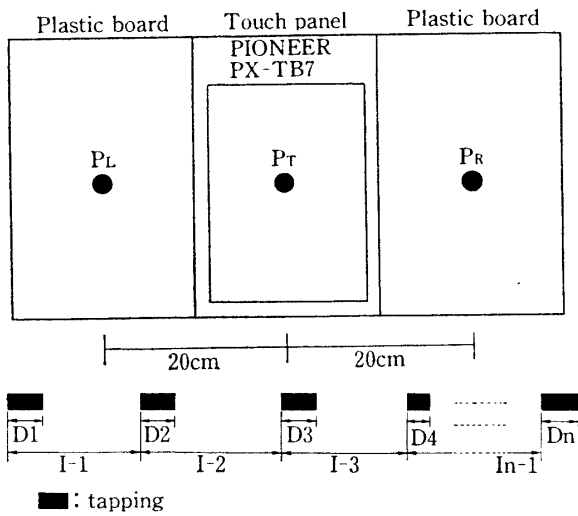
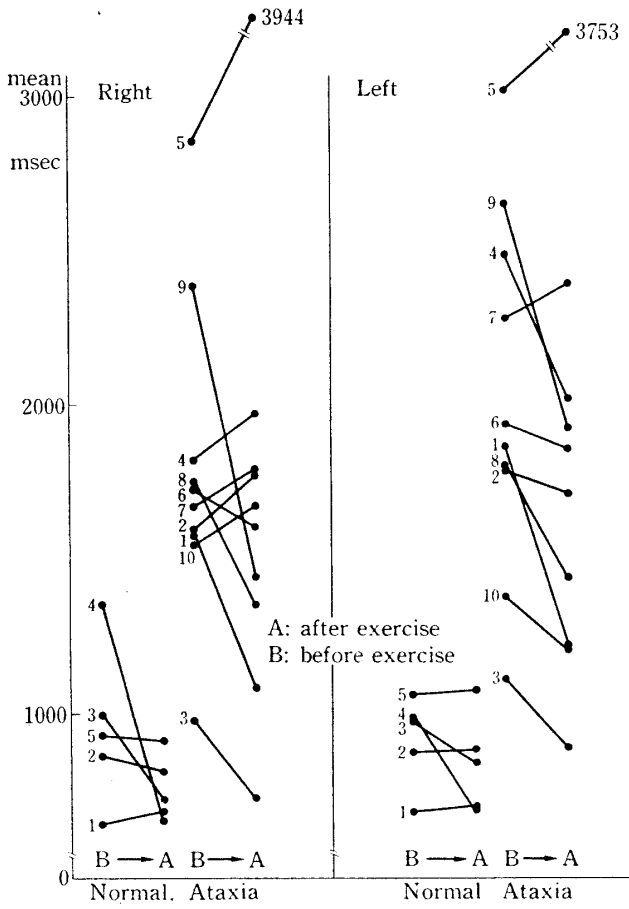


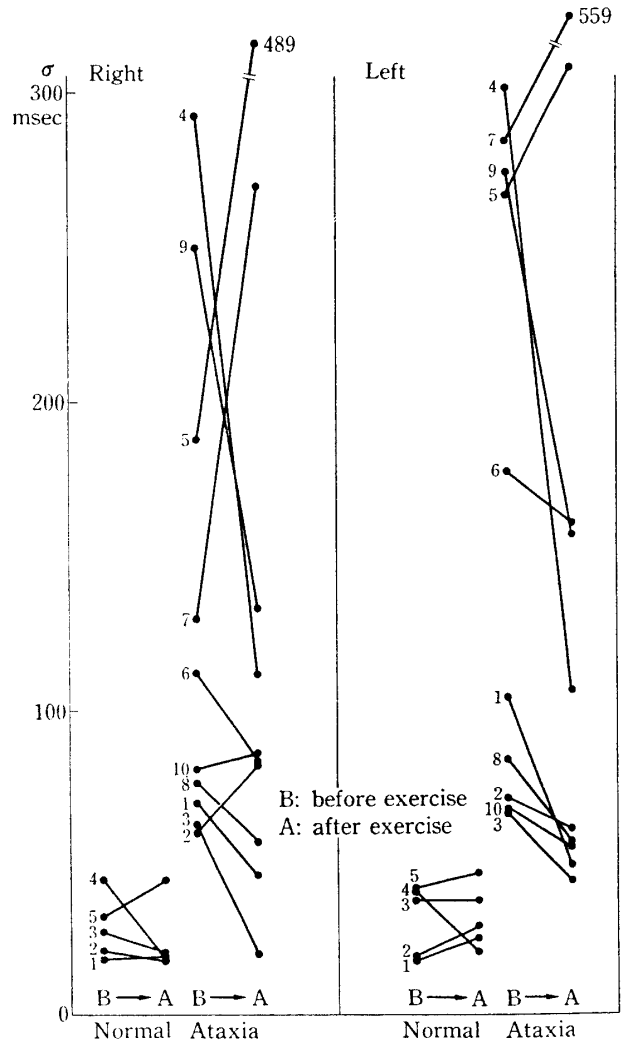
図1 タッピングテストと測定方法  
 タッチパネル上と、左右のプラスチック板上に直径8mmの黒点を記し、右上肢の場合は、PR(point; right)とPT(point; touch panel)とを交互に、左上肢の場合は、PL(point; left)とPTとを交互にタッピングする。タッチパネルがタッピングされるごとに duration time (D) と interval time (I) とを測定する。



a. 平均値

ルがタッピングされている時間 duration time (msec) を、タッチパネルがタッピングされるごとに測定した(図1)。

訓練は、コンピュータビーブ音を1分間に40回、60回、80回、100回、120回、140回、160回、180回、200回の9種類の頻度で発生し、それぞれの速さのビーブ音に合わせて2点タッピングを左右それぞれ一種類の速さにつき40回ずつ行う。まず右手で40回/分の速さで40回のタッピング、左手で40回/分で40回、次いで右手で60回/分・40回、左手で60回/分・40回というように始めていき、最終は、右手で200回/分・40回、左手で200回/分・40回で終了する。これを一連の訓練とした。評価は、リズムタッピング訓練の前と後で3試行ずつ2点タッピングテストを左右それぞれ行い結果を



b. 分散

図2 訓練前後、左右別の interval time  
 運動失調症群、症例1は、脊髄癆、症例2は頭蓋脊椎移行部奇形症例。症例3~10は脊髄小脳変性症である。症例番号は、図2、図3共通である。

比較し、短期訓練効果を検討した。

正常対照者は、男3例女2例、合計5例、平均年齢41歳で、対照者にも同様の訓練を行い、訓練効果を検討した(表1)。運動失調群、正常対照群は、すべて右利きである。

### III. 結果

#### 1. Interval time について

各症例ごとの interval の平均値は、対照群右手では訓練前 600~1400 msec, 訓練後 600~1000 msec, 左手では訓練前後共に 600~1100 msec で、運動失調症群右手では訓練前 900~2900 msec, 訓練後 700~4000 msec, 左手では訓練前 1000~3100 msec, 訓練後 800~3800 msec, であった。対照群第3, 4において、訓練後にタッピングスピードの変化が認められたが、その他の例では大きな変化は認められず、また左右差もなかった。運動失調症群では、右手左手共にそれぞれ4例において訓練後タッピングの明らかな速化が起こり、左手についてはさらに4例で軽度速化が認められた。しかし、1例で interval 平均値が訓練後に著明に延長した(図2-a)。

各症例の interval の分散は、対照群で訓練前後左右共に 10~50 msec であり、第4例で訓練後短縮化が左右共に見られたが、その他の対照群では訓練前後で大きな

変化は見られなかった。運動失調症群では、右手訓練前 60~300 msec, 訓練後 10~500 msec, 左手訓練前 60~310 msec, 訓練後 40~560 msec であった。右手では訓練後6例で分散が短縮し、そのうちの2例での短縮は著明であった。左手では訓練後8例で分散の縮小が見られ、その内の2例では著明であり右手でも短縮している症例であった(図2-b)。

各症例での interval の変動係数は、対照群では左右共に訓練前後の差異はほとんどなく2~5%である。運動失調症群では、右手訓練前3~17%, 訓練後2~16%, 左手訓練前4~13%, 訓練後3~24%であった。右手では3例を除く7例、左手では1例を除く9例で変動係数の縮小が認められた(図2-c)。

#### 2. Duration time について

各症例での duration の平均値は、対照群右手で訓練前 30~120 msec, 訓練後 20~130 msec, 左手では訓練前 50~110 msec, 訓練後 30~100 msec であり、右手で2例訓練後に duration 平均時間の短縮が認められたが、それ以外の症例では左右共に大きな変化は認められなかった。運動失調症群では、右手訓練前 70~190 msec, 訓練後 60~270 msec, 左手では訓練前 130~480 msec, 訓練後 70~330 msec であり、右手では訓練後5例で duration 平均時間短縮、5例で延長が見られ、左手では8例で短縮、2例で延長していた(図3-a)。

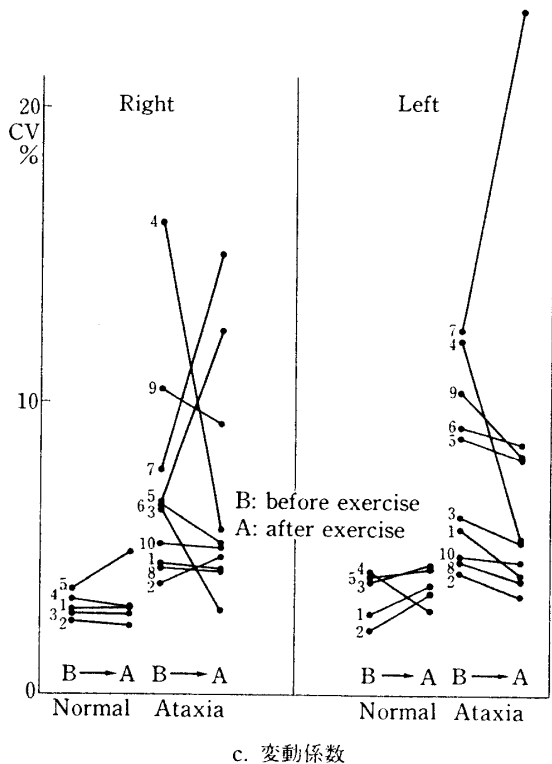


図2-(同左頁) 訓練前後、左右別の interval time

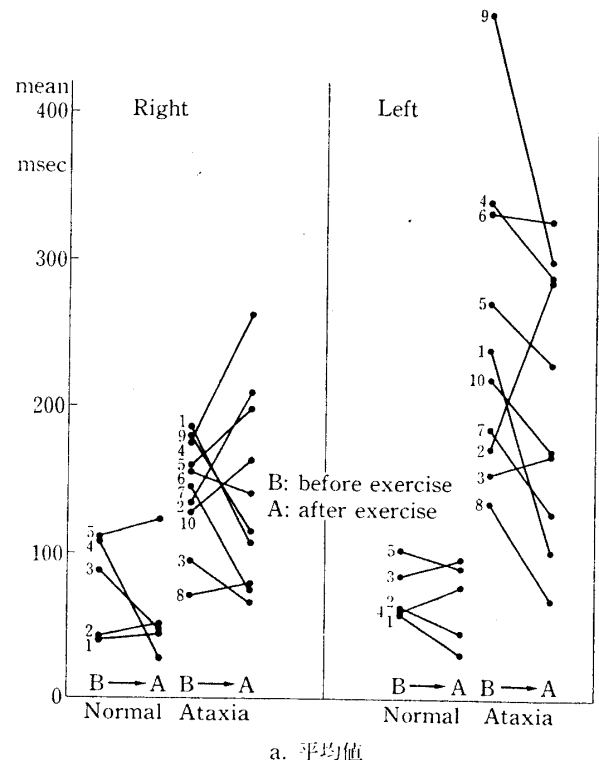


図3 訓練前後、左右別の duration time

各症例での duration の分散は、対照群右手では訓練前後共に 5~20 msec, 左手では訓練前 10~40 msec, 訓練後 4~50 msec であり、対照第 5 例で軽度分散拡大、対照第 4 例で軽度縮小したが、全体としては訓練前後で大きな変化は見られなかった。運動失調症群では、右手訓練前 10~90 msec, 訓練後 10~60 msec, 左手訓練前 10~240 msec, 訓練後 10~130 msec であった。右手では訓練後 6 例で分散縮小が見られ、そのうち 4 例では 15 msec 以上の短縮であった。左手では訓練後 7 例で分散縮小が見られ、その内 5 例は 25 msec 以上の短縮であった (図 3-b)。

各症例の duration の変動係数は、対照群右手訓練前 15~30%, 訓練後 10~35%, 左手訓練前 25~45%, 訓練後 10~55%, 運動失調症群右手訓練前 10~60%, 訓練後 10~70%, 左手訓練前 5~80%, 訓練後 5~75% であり、対照群においても運動失調症群においても比較的大きな変動が見られ傾向は一定していなかった (図 3-c)。

#### IV. 考 察

##### 1. 規則的リズム音によるタッピング訓練の効果

上肢動作能を評価する方法で定量的手段として、指タッピング動作、数取り器動作の方法などが従来ある。タッピングについては、中村らの報告した指先に導体を装

着し手指にかなり限局した動作で時間的正確性を検討する方法<sup>9)</sup>、宇尾野、宮崎らの脳波計とスリット光線を用いた空間的正確性要素を加味し時間的正確性を検討する方法<sup>8,4)</sup>、丸田の数取り器による時間的運動巧緻性を検討する方法<sup>7)</sup>などがあり、動作能単独の評価あるいは規則的リズム音に対してのタッピング評価などの研究が成されている。しかし、規則的リズム音に合わせた動作訓練がその動作能の時間的正確性、空間的正確性および敏速性にどのような影響を及ぼすかについての研究はほとんど見られない。

今回我々は、2点タッピング動作をタッチパネルを使用し、規則的リズム音によるリズムタッピング訓練の上肢動作能への影響について検討した。

タッピング interval はタッピング速度を反映するが、運動失調症群では 4 例で訓練後速くなった反面、著明に悪化した症例が 1 例あり、リズムタッピング訓練がタッピング速度を必ずしも速くさせないのかもしれない。今回のタッピングテストでは、速くタッピングすることは指示しておらず、対照群においても 1 例では比較的ゆっくりタッピングしていたが、訓練において速い速度のタッピングを行った後は、慣れの問題がかかわっていると考えられるが、interval の平均値は小さくなった。

タッピング訓練は多くの運動失調症でタッピング速度を速くさせ、このことは動作の敏速性の改善とも考えられるが、タッピングのやり方の個人差も考慮して検討しなくてはならない。また、タッピング速度が速くなることは、時間的正確性の改善と同一ではない。時間的正確性を表すものとしては分散の方が好ましく、この点での運動失調症群での訓練効果はより明らかとなる。右手では第 1, 3, 4, 6, 8, 9 例においては訓練効果が、左手

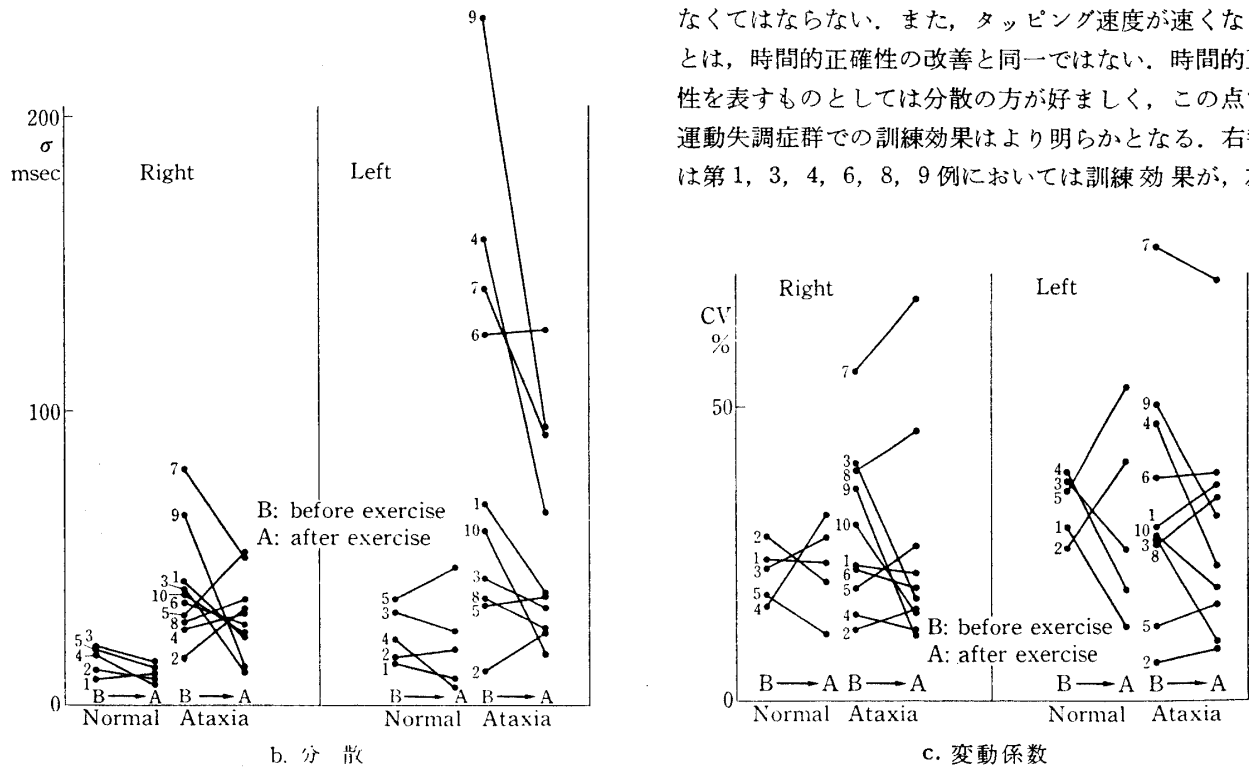


図 3 訓練前後、左右別の duration time

ではその他さらに第2, 10例でも効果が見られる。一方, 第5, 7の二症例においては, 分散が広がり, 訓練は陰性効果をもたらしている。

変動係数においても訓練効果は認められた。しかし, 分散, 変動係数が同じ数値であっても, その平均値が大きい値か小さい値かで分散, 変動係数の値値が変化してくる。すなわち, 平均値がより大きい場合は分散についての値値が大きく正確性が高いといえ, 変動係数についてはその逆である。

duration はタッチパネルを押している時間であり, タッチパネルからみて外側上方から来た運動方向を180°方向転換するための変換運動に要する時間と考えられる。interval の場合と同様に分散に着目すると, 対照群右手では非常に安定し正確であり, 左手では右よりばらつきが見られたが, これは対照群が全例右利きであったためと考えられる。訓練効果については, 対照群では明らかなものはなく, 運動失調症群では著明に効果のある症例が多く認められた。

運動失調症においてリズムタッピング訓練の効果は7症例に認められ, 敏速性の改善, 時間的正確性の改善, 運動方向変換動作の改善をもたらされると推測した。その改善程度は, 小さなものから著明なものまで見られた。残りの3症例では, リズムタッピング訓練により悪化のあることを確認した。

左右差については, 今回の結果からは, 運動失調症は特に変換運動について非利き手の時間的正確性の障害が強いと考えられ, リズムタッピング訓練の効果は interval time, duration time の平均, 分散の中で, 非利き手における duration time のばらつきの改善に対して, 最も高率に認められた。運動失調症10例すべて右利きであり運動失調症の症状の出現の仕方, 重症度に左右差があるとしても, 左手は右手より廃用性の巧緻性障害が強いと推測される。このような障害は, リズムタッピング訓練あるいは繰り返し動作により改善される可能性は大きい。

## 2. 小脳学習機能とリズム訓練の関係

運動失調症において, リズムタッピング訓練の効果を短期的に見た場合, 必ずしもすべての症例で効果があるとはいえない。小脳は, feed back 機構を必要としない外界と指との相対的位置関係について多くの情報を蓄えており, 2点タッピング動作も主に feed forward 機構が働く開ループ制御系で考えられているが<sup>8)</sup>, 運動失調症では feed forward 機構の障害<sup>8,9)</sup>を補うため, 小脳への求心性情報を利用した feed back 機構が不十分ながらも高頻度に働いていると考えられる。

頸椎病変による著明な後索性運動失調症例では, 小脳自体には問題はないが上肢からの情報収集がほとんどできず, 訓練によっても上肢動作能は改善が見られなかった。脊髄小脳変性症においても訓練効果が十分に得られない症例は, 脊髄あるいは小脳への求心路障害の存在が一つの原因であるかもしれない。

リズム訓練が動作能改善に効果をもたらすか否かは, 小脳学習機能がそれを受け入れ, 記憶し, 呼び出しができるかどうかの問題であり, この過程のどこかに障害があるときに, リズム訓練は十分な陽性効果を見せなかったり, 効果がまったく得られなかったり, あるいは陰性効果が生じたりすると推定される。小脳学習機能のどこに障害があるか, 残存機能あるいは神経可塑性が起こると仮定し, それがどこまで障害を補えられるかということとリズム訓練の効果とは関係している可能性もある。

運動失調症に対しての理学療法は, Frenkel の訓練, Holmes の重量負荷, 弾力包帯<sup>10)</sup>, 中村が reaction time の短縮で効果を証明する PNF, Kabat の等尺性収縮などの研究はあるが, リズミカルな運動, 規則的リズム音に合わせた動作訓練についての効果研究はあまりなされていない。重量負荷, 弾力包帯, Frenkel の訓練, PNF は手段は異なるが, 主に求心線維の入力促進により主動筋, 補助動筋, 拮抗筋の筋収縮量の調節能改善, 筋収縮の持続安定性の改善あるいは維持することにある。しかし, リズム音に合わせた動作訓練は生体に対しアプローチする部位が, それらの訓練とは別であると考えられる。

## 3. 神経生理学的推論

随意運動の発現回路は, Allen らが提唱している制御機構<sup>11)</sup>が考えられ, 多くのシナプスを介し動作が遂行される。Lidsky らは, 感覚入力が大脳基底核において多くのシナプスを介して運動ニューロンと連絡を持っている可能性を述べている<sup>12)</sup>。一つの神経細胞は, 数千以上のシナプスがあり, 一つの神経細胞に入力される情報量も膨大なものである。これらの多数の入力情報を総合的かつ即時に判断し反応するためには, 多数の情報入力がかつ即時に判断し反応するためには, 多数の情報入力が全くの random では, 処理しがたい。そのためには, コンピュータでは不可欠であるクロックパルスと同様の機構が生体内神経系にも必要と推論する。

回路動作の同期をとる目的で供給される基本パルスをクロックパルスと呼び, 命令の取り出しサイクルと命令実行サイクルの連続によってプログラムが実行される。各インパルスの到着時間を合わせるためにクロックパルスがマスタークロックにより刻まれている。生体においても, 神経インパルスは非線形現象であり, シナプスで

規則正しい時間間隔で命令の受け渡しができないと膨大な情報のやり取りは困難になると考えられる。松本は、ヤリイカの神経細胞で大きな電流刺激により、安定した約 180~200 Hz の自励発振状態が発生することを証明し、軸索にはこの自励発振が発生する機能上特別な部位はなく、どの部位でも時間差がなく全く同時に自励発振していることを確認している<sup>13)</sup>。これは生体内ペースメーカーであり、運動系におけるクロックパルスの障害がリズム訓練の効果とかかわっている可能性は否定できない。

### 文 献

- 1) 中村隆一：小脳疾患・パーキンソニズムの反復交互動作障害。神経進歩 19：107-112, 1975.
- 2) 野原 勉, 持尾聡一郎, 浅野次義, 桑田隆志：小脳性運動失調の定量化の検討。神経内科 19：75-77, 1983.
- 3) 宇尾野公義, 八木皓一, 別府宏暁：二点交互打点動作における巧緻性の分析。厚生省特定疾患・運動失調症調査研究班, 昭和50年度研究報告書, 1976, pp 116-121.
- 4) 宮崎元滋, 北原義介, 依藤史郎, 三木 均：同期性および急速叩打試験—正常人と脊髄小脳変性症患者における成績。臨床神経 22：714-717, 1982.
- 5) 千野直一, 石田 暉, 野田幸男, 富田 豊：上肢運動失調の定量的評価—position と force との関係。厚生省特定疾患, 運動失調症調査研究班, 昭和57年度研究報告書 1983, pp 132-141.
- 6) 中村隆一, 長崎 浩：リズム形成障害—Hastening Phenomenon について。神経内科 4：291-297, 1976.
- 7) 丸田和夫：脳卒中後片麻痺患者における手指タッピング動作に関する評価。理・作・療法 20：53-57, 1986.
- 8) 吉田充男：小脳運動障害とその病態。臨床神経 17：836-839, 1977.
- 9) 榊原敏正, 真野行生, 高柳哲也：運動失調症およびパーキンソニズムにおける起立時動揺に関する検討。リハ医学 22：221-223, 1985.
- 10) 真野行生：運動失調症における姿勢調節。総合リハ 13：95-100, 1985.
- 11) Allen GI, Tsukahara N: Cerebrocerebellar communication system. *Physiol Rev* 54：957, 1975.
- 12) Lidsky TI, Manetto C, Schneider JS: A consideration of sensory factors involved in motor functions of the basal ganglia. *Brain Res Rev* 9：133, 1985.
- 13) 松本 元：神経興奮の現象と実体 (上)。丸善, 東京, 1981, pp 183-201.

## EFFECTIVENESS OF A RHYTHMIC TAPPING EXERCISE FOR ATAXIA

by

Shigeru MORIMOTO\*, Yukio MANO, and Tetsuya TAKAYANAGI

from

*Department of Neurology and \*Central Rehabilitation Services, Nara Medical University*

In 10 patients suffering from ataxia, we examined the effect on upper limb function of a tapping exercise performed in time to a rhythmic sound. Eight of the patients had spinocerebellar degeneration, one had tabes dorsalis, and the remaining patient had severely impaired deep sensation in the upper limbs secondary to an abnormality at the atlas and axis.

The rhythmic tapping exercise consisted of alternately tapping two points in time to a beep tone rhythmically generated from a computer. Forty taps comprised one performance of the exercise. The beep tone was emitted at rates of 40, 60, 80, ..., 200 beeps per minute. The right hand and the left hand each performed the series of taps at the different beep rates.

Motor skill was assessed by measuring the interval between successive taps and the duration of the press for each tap. These temporal measures were sampled on line by an MSX computer to which the device for pressing was wired.

The rhythmic tapping exercise was effective, though to varying degrees, in seven of the subjects. The remaining three subjects experienced no beneficial effect from the exercise, and in fact performance even became worse in some instances. Failure to improve may have been due to impairment somewhere in the motor learning system of the cerebellum. If the body can be considered to have a clock-pulse function something like that of a computer, the rhythmic tapping exercise might not help improve motor skill of the hands in patients whose internal clock-pulse functions are impaired.