

# 正常人と片麻痺患者における背筋伸張反射の比較

— 体位・頭位・筋層の影響 —

川崎医科大学 リハビリテーション科

(指導: 明石 謙教授)

伊 勢 眞 樹

(昭和59年2月7日受付)

## Comparison of Stretch Reflex of the Paraspinal Muscles in Normal Subjects and Hemiplegics

— The Influence of the Postures and Rotation of the Neck on the Layers of Paraspinal Muscles —

Masaki Ise

Department of Rehabilitation Medicine,  
Kawasaki Medical School

(Accepted on February 7, 1984)

正常人 30 例, 右片麻痺 20 例, 左片麻痺 20 例について, 第 1・第 2 腰椎棘突起間を電磁ハンマーにて叩打することにより第 1・第 3 腰椎の左右両側背筋から伸張反射を誘発して筋電図に記録し, その潜時, 閾値, 振幅の比較と体位・頭位・筋層の影響について検討を加え体幹筋の動態を明らかにすることを試みた。

1. 片麻痺群は, 正常群と比較して背筋伸張反射の潜時は短く, 閾値は大きく, 振幅は小さい測定値を得た。ただし, 表面電極誘導の  $L_1$  レベル腹臥位,  $L_3$  レベル背臥位における振幅は, 左片麻痺群が大きい。片麻痺群間の比較では, 表面電極誘導において, 左片麻痺群は, 右片麻痺群と比較し, 背筋伸張反射の潜時は短く, 閾値は小さく, 振幅は大きい。針電極誘導では, レベルと筋層により測定値が異なり, 振幅については, 浅層で右片麻痺群, 深層で左片麻痺群が大きい。

2. 体位の影響を振幅についてみると, 正常群では, 右側の背筋に見られ  $L_1$  レベルでは背臥位,  $L_3$  レベルでは腹臥位で亢進し, 片麻痺群では, 右側の背筋では腹臥位, 左側の背筋では背臥位で亢進した。

3. 頭位の影響を振幅について見ると, 正常群では, 頭位より抑制され, 深層筋では左向きで右側の背筋, 右向きで左側の背筋の抑制が見られた。片麻痺群では, 深層筋において, 右向きで右側の背筋の亢進, 左向きで左側の背筋の抑制を認めた。

4. 筋層の影響を振幅について見ると, 正常群では,  $L_3$  レベル両側の背筋で浅層にて亢進を認め, 片麻痺群では, 右側の背筋において右片麻痺群では浅層で亢進し, 左片麻痺群では深層で亢進を認めた。

以上の結果より, 背筋と四肢筋の中枢制御機構はかなり異なるものであり, その因子として, 背筋と四肢筋の筋線維構成とその機能の差によるものも考えられる。また, 背筋伸

張反射は、麻痺側に関係なく緊張性迷路反射、緊張性頸反射の影響を受けていると考えられ、これも四肢筋と背筋の中枢制御機構の違いを示唆するものと思われた。今回の実験では、筋層については、特に左側の背筋の脊柱起立における機能の重要性を示すものと考えられる。

An attempt was made to elucidate the physiological states of the paraspinal muscles by a comparison of the stretch reflexes of the paraspinal muscles (SRPM) in 30 normal subjects, 20 right hemiplegics and 20 left hemiplegics. The influence of postures and rotation of the neck on the superficial and deep layers of the paraspinal muscles was observed.

SRPM were elicited by tapping with an electromagnetic hammer at the interspinous spaces of L-1 and L-2 and were recorded by surface and needle electrodes placed on the paraspinal muscles at the levels of L-1 and L-3 bilaterally.

(1) Compared to those of normal subjects, the SRPM of hemiplegics had short latencies, large thresholds and small amplitudes. The amplitudes of SRPM of left hemiplegics were larger than those of normal subjects at the prone L-1 level and the supine L-3 level, based on surface recordings. Compared to those of right hemiplegics, the SRPM of left hemiplegics had short latencies, small thresholds and large amplitudes based on surface electrode recordings. The SRPM observed on needle electrode recordings were influenced by the level and the layers of the paraspinal muscles. In right hemiplegics, the amplitudes of SRPM were larger in the superficial muscles than in the deep muscles, while in left hemiplegics, those of SRPM were larger in the deep muscles.

(2) With regard to the influence of postures on SRPM, the amplitudes of right SRPM were exaggerated at the level of L-1 supine and L-3 prone in normal subjects. The amplitudes of right SRPM were exaggerated at prone position in hemiplegics, while those of left SRPM were exaggerated in the supine position.

(3) With regard to the influence of rotation of neck, the amplitudes of SRPM were inhibited in normal subjects when the face was turned to the right and the left. In particular the amplitudes of right SRPM were inhibited in the deep muscles when the face was turned to the left. Left SRPM were inhibited when the face was turned to the right. In hemiplegics, the amplitudes of left SRPM were exaggerated when the face was turned to the right and inhibited when the face was turned to the left.

(4) With regard to the influence of the layers of paraspinal muscles, the amplitudes of SRPM were exaggerated in the superficial muscles in normal subjects bilaterally at level L-3. In right hemiplegics, the amplitudes of right SRPM were exaggerated in the superficial muscles. In left hemiplegics, the amplitudes of right SRPM were exaggerated in the deep muscles.

The above-mentioned results suggest that the inhibiting mechanisms of the paraspinal muscles are different from those of the extremities. This might be explained by the difference between the paraspinal muscles and the extremities

with regard to the fiber composition and functions of the muscles.

It is suggested that SRPM may be influenced by the tonic labyrinthine reflex and the tonic neck reflex without relation to the affected side in hemiplegics.

The present findings lead us to conclude that the left paraspinal muscles play an important roll in standing.

Key Words ① Stretch reflex ② Paraspinal muscles ③ Hemiplegia

## I. はじめに

中枢神経障害のリハビリテーションでは、体幹のコントロールが重要視され各種動作行動において良い体幹のバランスが前提となっている。従って、体幹のコントロールを得るための訓練が重要であり、各種の方法が発表されてきた。

T. Fay<sup>1)</sup> のいわゆる系統発生学的アプローチの試み、また、M. Rood<sup>2)</sup> の運動発達を四期に分類し、この順序に従って治療を進めるもの、Kobat & Knott<sup>3)</sup> による固有受容性神経促進法 (PNF) さらに、Bobath<sup>4)</sup> らの “reflex inhibitory movement pattern” を用い正常姿勢反応を獲得させ正常な発達順序で運動を促進する developmental approach また、Brunnstrom<sup>5)</sup> の正常運動発達の過程に従い回復初期において対側性連合反応などを利用するものがある。これらは、いずれもごく初期の段階から体幹コントロールの獲得を重要視している。体幹のバランスを左右する体幹筋には、腹直筋、内・外腹斜筋、腸筋群、最長筋群、棘筋、腰方形筋などがあり、特に、脊柱を起立位に保持安定させる点では、脊柱起立筋群が重要と思われる。しかし、その動態に関する報告は少なく、電気生理学的方法による報告では、1976年に Carlson<sup>6)</sup> が、ネコの最長筋と多裂筋を伸展することにより反射を導出し、皮膚刺激により反射が促進・抑制されることを示し、1978年に、同じ方法によりネコの最長筋と腸筋群にて、反射波の潜時は、4.5~7 msec で、振幅は、骨盤に対する腰椎の位置に影響されると述べたもの<sup>7)</sup>、また、1979年に Trontelj<sup>8)</sup> が、側彎症患者に電磁ハンマーを用い伸張反射を導出し、凸側背筋で反射の増強を示し、浅層と深

層の筋では、相反する関係を示すと報告したものととどまる。我々も、脊柱起立筋の緊張の動態を知る手がかりとして、これら2者の報告に興味を持ち正常人と左・右片麻患者について背筋の伸張反射を比較し、患者において反射が亢進せず体位・頭位の影響も認められることより、これらの所見が、中枢神経障害による影響を思わせるという結果に達した<sup>9),10)</sup>。

今回の研究は、さらに、背筋伸張反射の潜時、閾値、筋層の影響について比較検討し、体幹筋の動態解明の一助とすることを目的とした。

## II. 方法と対象

### 1. 対象

正常者30例 (すべて男性)、右片麻痺20例 (男性16例、女性4例)、左片麻痺20例 (男性14例、女性6例)、ですべて右利きである。

片麻痺例は、体位が介助なしで変換可能な上・下肢とも Brunnstrom stage III~V まで回復している症例を選んだ。

Table 1. Summary of Subjects

	Number	Age (y.o.) (mean ± SD)
Normal	30	18~24 (22.5 ± 4.2)
* Rt. hemiparesis	20	40~75 (61.0 ± 12.4)
* Lt. hemiparesis	20	44~68 (50.8 ± 8.6)

\* Brunnstrom stage III~V, Pt.: patients

年齢は、正常者18~24歳 (平均年齢22.5 ± 4.2歳)、右片麻痺40~75歳 (平均年齢61.0 ± 12.4歳)、左片麻痺44~68歳 (平均年齢50.8 ± 8.6歳)、である。

### 2. 方法

反射波の誘導電極は、表面電極 (三栄測器社製脳波電極 45115) と双極針電極 (Medelec

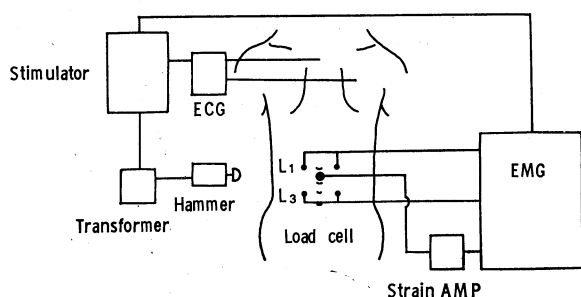


Fig. 1. Block diagram of measurement system of SRPM

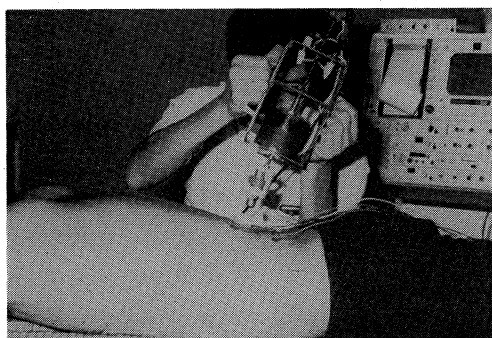


Fig. 2. Scene of experiment

社製 E/ND2) を用いた。

誘導部位は、表面電極では、棘突起より外側へ左右 6 cm の点を中心に両極間の距離を水平方向に、1 cm 離し粘着テープにて固定し、接地電極を第 2・第 3 腰椎棘突起間外側に置いた。表面電極の固定に際しては、粘着テープにより角層の除去を試みアルコール清拭も併用した。針電極も同様に、棘突起より左右 6 cm の点に挿入したが、その深さを 2 cm と 4 cm に設定した。

誘導レベルは、両誘導とも第 1・第 3 腰椎で左右両側背筋を含め計 4 カ所である。

反射波の誘発は、独自に製作した電磁ハンマーで、第 1・第 2 腰椎棘突起間を叩打することにより行った。叩打は、誘導時に心電図との重なりを避けるため、心電図を  $V_4$  で誘導し、電気刺激装置 (三栄測器社製 3F37) のトリガーを R 波から少し遅らせて発生するように配慮した。叩打の強さは、叩打部位の状態により出力は同じでも加わる力が異なるため叩打部に

設置したロードセル (共和電業社製 LM 20KA) を用いて測定した。また、ハンマーの叩打部及びロードセルとも金属で作られているのでロードセルの破損を防止し、ロードセル上面の全般に力が加わるように厚さ 1 cm のイレーザーゴムを取りつけた。

記録は、モジュール式筋電計 (Medelec 社製 MS6) を使い、第 1 チャンネルに右側背筋、第 2 チャンネルに左側の背筋より誘発した反射波、第 3 チャンネルに圧増幅器 (三栄測器社製 6M53) を介し叩打の強さを記録した。筋電計の増幅率と掃引速度は、計測を正確にするために、反射波の潜時と振幅により変更し、増幅率を、100, 500, 1000  $\mu\text{V}/\text{div}$  とし、掃引速度を 5 msec/div, 10 msec/div にした。また、低域時定数は、5 ms, 高域時定数は、5  $\mu\text{s}$  である (Fig. 1, 2)。

被験者の体位は、表面電極では、背臥位と腹臥位で施行し、針電極は、腹臥位のみで施行した。頭位は、それぞれ正面位から右向き、左向きの順序で変換し、軀幹の捻じれが起こらないように注意した。

### 3. 測定方法

潜時の測定は、ロードセルによる叩打信号の始まりから最大となった反射波の最初の立ち上がりまでの時間として計測した。

閾値は、電磁ハンマーを叩打部より徐々に離していき叩打を弱め反射が導出されなくなる直前の叩打の強さをロードセルにより得られた値を計測しこれを閾値とした。手動作にて行うため誤差を生ずるがほぼ 100 g 単位の値を得ることが可能であり正常人では、1~2 kg, 麻痺患者は、1~3 kg である。

振幅は、疼痛閾値内で最大の叩打により得られた波形の最大振幅の peak to peak の値を計測した (Fig. 3)。

なお、正常人と片麻痺患者の測定値の比較は、t 検定 (両側検定; 有意水準 5%) を用いて統計学的有意差を求めた。

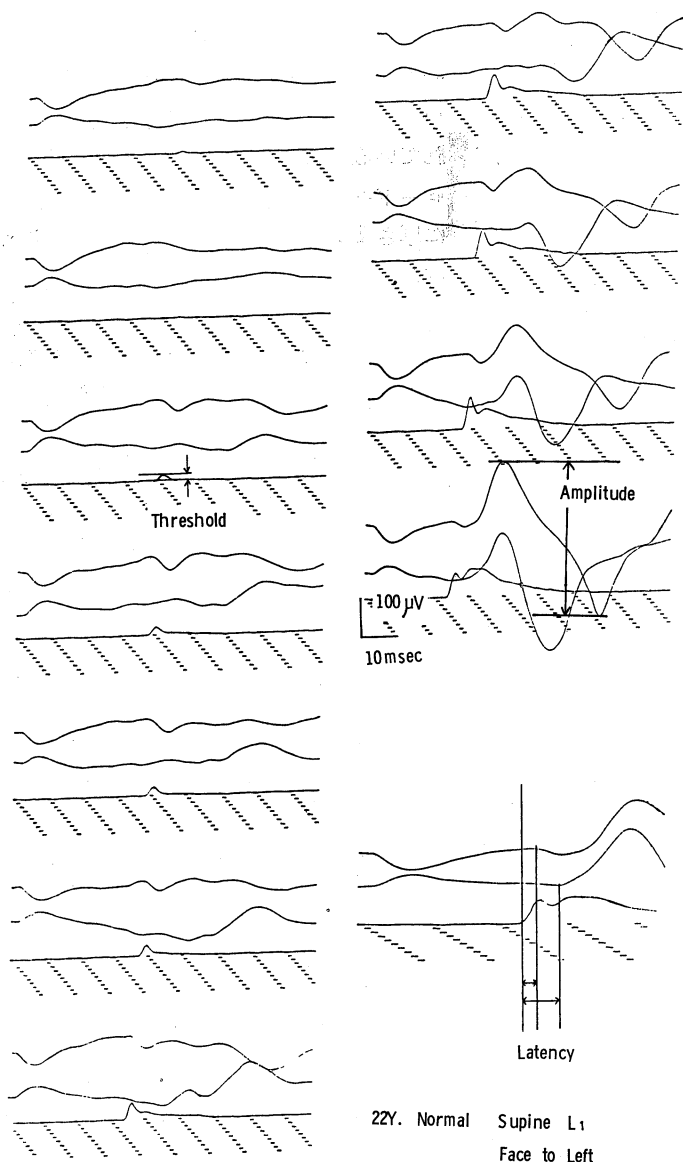


Fig. 3. Surface-recorded, paraspinal stretch reflex of first lumbar spinal level, shows latency, threshold and amplitude

### III. 結 果

#### 1. 表面電極誘導による反射波の潜時, 閾値, 振幅

Table 2 は, 左右両側の背筋にて導出し頭位により変化した反射波の測定値の平均値を示す。

a. 正常群と片麻痺群及び片麻痺群間の比較潜時は, 正常群が, 右片麻痺群, 左片麻痺群と比べ有意に延長している ( $p < 0.05$ ). 麻痺群間の比較では,  $L_3$  レベルで背臥位, 腹臥位ともに右片麻痺群が有意に延長した ( $p < 0.05$ ).  $L_1$  レベルでは有意差はない。

閾値は, 正常群に比べ右片麻痺群, 左片麻痺群が大きい値を示した ( $p < 0.05$ ). 麻痺群間では, 右片麻痺群が左片麻痺群より大きい値を示している ( $p < 0.05$ ).

振幅は, 正常群と右片麻痺群の比較では正常群が大きく, 左片麻痺群との比較では腹臥位  $L_1$  レベル, 背臥位  $L_3$  レベルで左片麻痺群が大きく, 背臥位  $L_1$  レベル, 腹臥位  $L_3$  レベルでは正常群が大きい値を示した ( $p < 0.05$ ). 麻痺群間では左片麻痺群が, 右片麻痺群より大きい値を示している ( $p < 0.05$ ).

Table 2. Means and standard deviations of surface recorded SRPM

		Latency (msec)		Threshold (g)		Amplitude ( $\mu$ V)	
		supine	prone	supine	prone	supine	prone
Normal n=180	$L_1$	3.8 (0.2)	3.8 (0.1)	1050 (50)	1000 (50)	300 (127)	153 (28)
	$L_3$	4.9 (0.1)	5.3 (0.2)	1700 (50)	2250 (150)	102 (31)	110 (42)
Rt. hemiparesis n=120	$L_1$	2.5 (0.1)	2.4 (0.7)	1900 (100)	2200 (300)	123 (31)	142 (46)
	$L_3$	3.1 (0.1)	2.8 (0.2)	2700 (300)	3800 (200)	54 (17)	57 (18)
Lt. hemiparesis n=120	$L_1$	2.6 (0.9)	2.4 (0.1)	1300 (100)	2100 (100)	143 (46)	164 (57)
	$L_3$	2.9 (0.4)	2.5 (0.5)	2000 (100)	2700 (300)	107 (30)	100 (41)

b. レベル間の比較

正常群麻痺群ともに、体位に関係なく潜時は、L<sub>3</sub> レベルで延長し、閾値は、L<sub>3</sub> レベルで大きく、振幅は、L<sub>1</sub> レベルで大きい ( $p < 0.05$ ).

2. 針電極誘導による反射波の潜時、閾値、振幅

Table 3 は、Table 2 と同様に、平均値として、作製している。

a. 正常群と片麻痺群及び片麻痺群間の比較

潜時は、表面電極誘導による値と同様に、正常群が、麻痺群に比べ有意に延長している ( $p < 0.05$ ). 麻痺群間では、浅層 L<sub>3</sub> レベルで右片麻痺群が延長し、浅層 L<sub>1</sub> レベル、深層 L<sub>1</sub>・L<sub>3</sub> レベルでは左片麻痺群が延長している ( $p < 0.05$ ).

閾値は、正常群と比べ片麻痺群が大きい値を呈し、麻痺群間では左片麻痺群が大きい値を示している ( $p < 0.05$ ).

振幅は、正常群が片麻痺群より大きい ( $p < 0.05$ ). 麻痺群間では浅層において、右片麻痺群が大きく、深層では左片麻痺群が大きい ( $p < 0.05$ ).

b. レベル間の比較

正常群麻痺群ともに、筋層に関係なく潜時は、L<sub>3</sub> レベルで延長し、閾値は、L<sub>3</sub> レベルで大きく、振幅は、L<sub>1</sub> レベルで大きい。これは表面電極誘導による値と同様の結果である ( $p < 0.05$ ).

3. 表面電極誘導での体位間の比較

背臥位と腹臥位における体位間の比較は、頭

Table 3. Means and standard deviations of needle recorded SRPM

		Latency (msec)		Threshold (g)		Amplitude ( $\mu$ V)	
		2 cm	4 cm	2 cm	4 cm	2 cm	4 cm
Normal n=180	L <sub>1</sub>	4.5 (0.1)	4.7 (0.1)	700 (50)	650 (250)	1908 (233)	1763 (286)
	L <sub>3</sub>	5.8 (0.2)	5.3 (0.2)	1100 (50)	1000 (50)	751 (115)	506 (89)
Rt. hemiparesis n=120	L <sub>1</sub>	2.9 (0.1)	2.8 (0.1)	1000 (100)	1000 (500)	439 (55)	342 (50)
	L <sub>3</sub>	3.7 (0.1)	3.3 (0.1)	1300 (100)	1400 (100)	322 (68)	224 (48)
Lt. hemiparesis n=120	L <sub>1</sub>	3.0 (0.1)	3.1 (0.1)	1100 (100)	1100 (200)	365 (96)	401 (70)
	L <sub>3</sub>	3.6 (0.1)	3.4 (0.2)	1400 (300)	1600 (100)	297 (45)	351 (44)

Fig. 4-A. Surface-recorded, the threshold of SRPM (Face to forward)

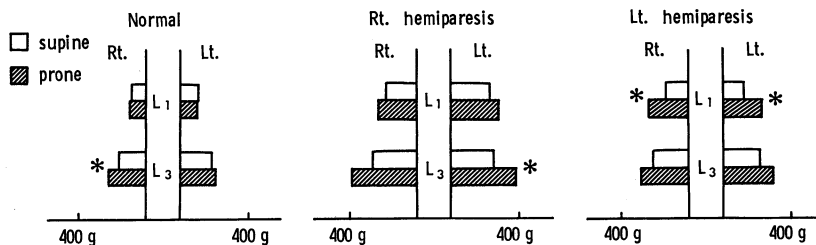
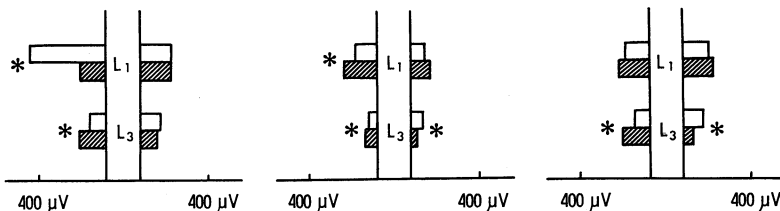


Fig. 4-B. Surface-recorded, the amplitude of SRPM (Face to forward)



(\*  $P < 0.05$ )

位の影響を除くために正面位にて比較し背筋の左右差についても検討した。

潜時は、正常群では有意差はないが、左片麻痺群の  $L_3$  右側背筋と右片麻痺群の  $L_1$  右側背筋では、腹臥位が背臥位より短い測定値を得た ( $p < 0.05$ ). (Fig. 4-A・B)

閾値については、正常群の  $L_3$  右側背筋、右片麻痺群の  $L_3$  左側背筋及び左片麻痺群の  $L_1$  両側背筋にて腹臥位が背臥位より大きい ( $p < 0.05$ ).

振幅は、正常群の  $L_1$  右側背筋で背臥位が腹臥位より大きく、 $L_3$  右側背筋で腹臥位が背臥位より大きい ( $p < 0.05$ ). 右片麻痺群では、 $L_1$ ・ $L_3$  レベルともに右側背筋にて腹臥位が背臥位より大きく、 $L_3$  左側背筋は、背臥位が大きい ( $p < 0.05$ ). 左片麻痺群では、 $L_3$  右側背筋にて腹臥位が大きく、 $L_3$  左側背筋では背臥位が腹臥位より大きい ( $p < 0.05$ ).

#### 4. 針電極誘導での筋層間の比較

筋層間の比較も前述した理由により頭位の正面位にて検討した。

潜時は、左片麻痺群の  $L_3$  左側背筋で浅層に比較し、深層で有意に短縮をしている他は、右片麻痺群及び正常群では有意差はなかった。

閾値については、正常群で有意差なく、右片麻痺群の  $L_3$  左側背筋で、深層の導出が浅層よりも大きく、左片麻痺群では  $L_3$  両側背筋にて、深層がやはり大きい値を得た ( $p < 0.05$ ).

#### (Fig. 5-A・B)

振幅については、正常群では  $L_3$  両側背筋にて、浅層が深層より大きい値を示し、右片麻痺群では  $L_1$ ・ $L_3$  レベルとも両側背筋にて、浅層が深層よりも大きく、左片麻痺群では  $L_1$ ・ $L_3$  レベルともに、右側背筋にて深層が浅層よりも大きい ( $p < 0.05$ ).

#### 5. 頭位による比較

体位、筋層により反射は、促進及び抑制されているが、頭位の影響が最もよく見られる体位、筋層、レベルを選び比較した。

##### a. 表面電極誘導による腹臥位、 $L_3$ レベルにおける比較

潜時は、右片麻痺群の左側背筋において正面位より頭位を右向き、左向きに向けることにより短縮する ( $p < 0.05$ ). 正常群及び左片麻痺群では、頭位による有意差はなかった。

閾値は、頭位による有意差は認められなかった。(Fig. 6-A・B・C)

振幅は、正常群では、右側背筋において右向

Fig. 5-A. Needle-recorded, the threshold of SRPM (Face to forward)

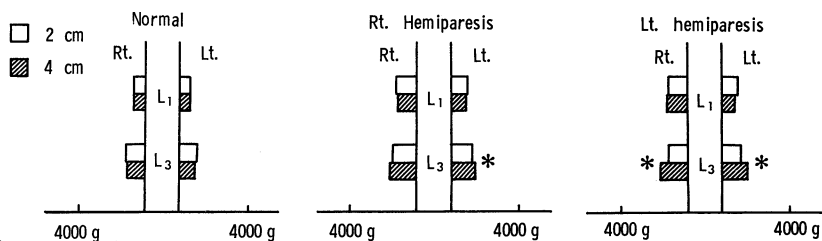
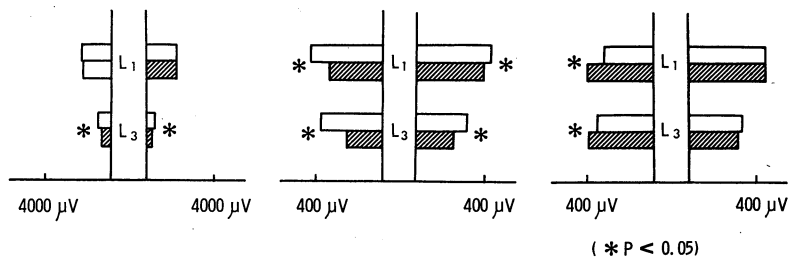
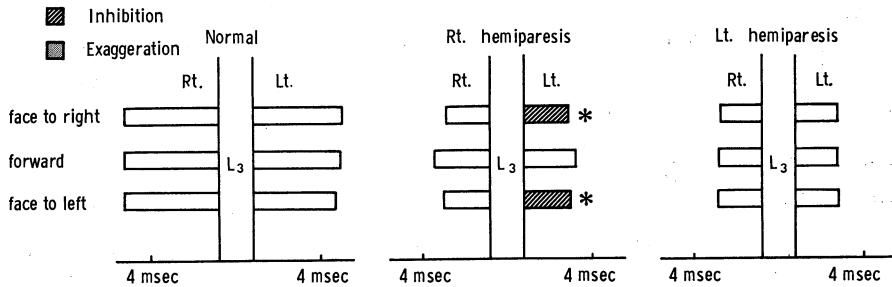
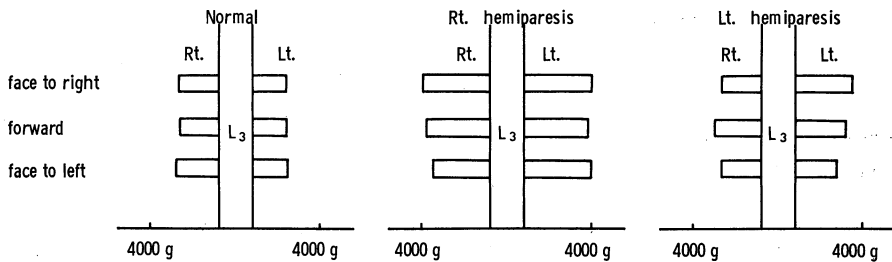
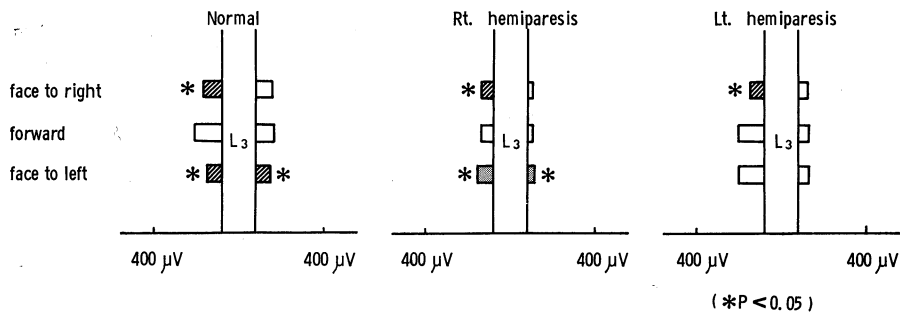


Fig. 5-B. Needle-recorded, the amplitude of SRPM (Face to forward)



**Fig. 6-A.** Surface-recorded, the latency of SRPM (prone position)**Fig. 6-B.** Surface-recorded, the threshold of SRPM (prone position)**Fig. 6-C.** Surface-recorded, the amplitude of SRPM (prone position)

き、左向きともに、有意な減少を示し、左側背筋では左向きにて減少を示した ( $p < 0.05$ )。右片麻痺群では、右側背筋において右向きで減少し、左向きで増大する ( $p < 0.05$ )。左片麻痺群では、右側背筋で右向きで減少するが左側背筋では頭位による有意な差は認めない ( $p < 0.05$ )。

#### b. 針電極誘導による深層, L<sub>3</sub> レベルにおける比較

潜時は、正常群では有意差なく、右片麻痺群では右側背筋において右向き、左向きにより短縮し、左側背筋では左向きにより短縮する ( $p < 0.05$ )。左片麻痺群では右側背筋において、

有意差はないが、左側背筋では右向き、左向きにより延長する ( $p < 0.05$ )。 (**Fig. 7-A・B・C**)

閾値では、頭位による有意差は認められない。

振幅は、正常群では右側背筋において、左向きにて減少し、左側背筋では右向きにて減少する ( $p < 0.05$ )。右片麻痺群では右側背筋において、右向きで増大し、左側背筋では左向きで減少する ( $p < 0.05$ )。左片麻痺群では右側背筋において、右向きで増大し、左向きで減少する。左側背筋では、左向きで減少する ( $p < 0.05$ )。

Fig. 7-A. Needle-recorded, the latency of SRPM (4 cm)

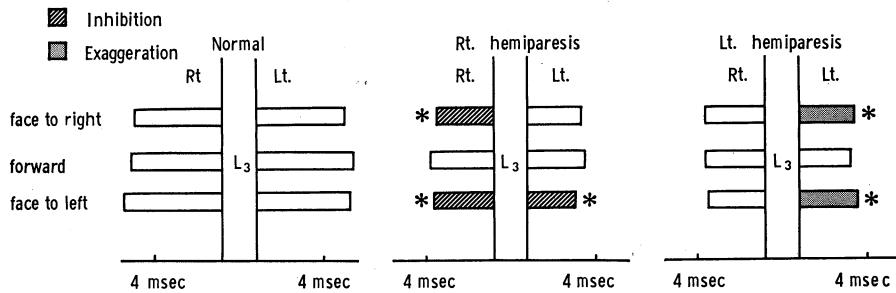


Fig. 7-B. Needle-recorded, the threshold of SRPM (4 cm)

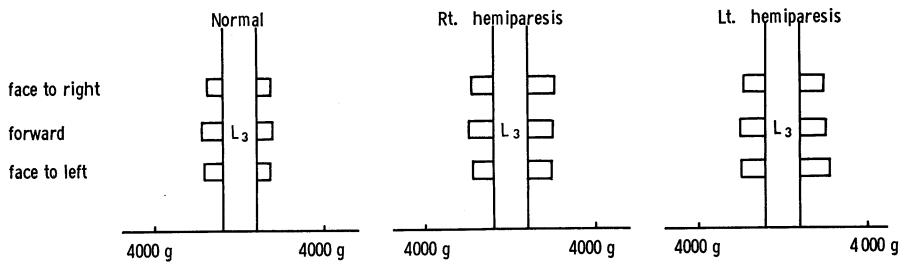
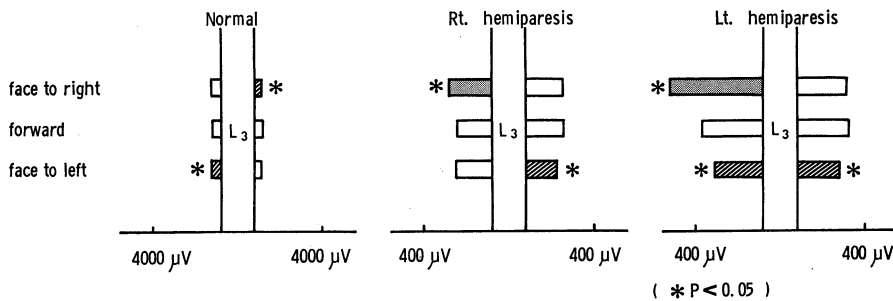


Fig. 7-C. Needle-recorded, the amplitude of SRPM (4 cm)



## 6. 左右側背筋の比較

頭位を正面位とし各レベル、体位及び筋層にて左右側背筋より導出した反射波を比較する。

潜時は、左片麻痺群でL<sub>3</sub>レベル深層において、右側背筋は $3.6 \pm 0.6$  msec、左側背筋は $3.0 \pm 0.1$  msecと左側背筋で短い( $p < 0.05$ )。正常群、右麻痺群ともに左右側背筋で有意差はない。

閾値は、左片麻痺群でL<sub>1</sub>レベル、深層において、右側背筋は $1200 \pm 100$  g、左側背筋は $900 \pm 100$  gと左側背筋で小さい( $p < 0.05$ )のを除き、正常群、右麻痺群ともに左右側背筋で有意

差はない。

振幅は、正常群においてL<sub>1</sub>レベル、背臥位では右側背筋が大きく、腹臥位では左側背筋が大きい( $p < 0.05$ )。筋層では有意差はない。右片麻痺群においてL<sub>1</sub>レベルでは、背・腹臥位とも右側背筋が大きいが、L<sub>3</sub>レベルでは、背臥位で左側背筋が大きく、腹臥位で右側背筋が大きい( $p < 0.05$ )。筋層では有意差はない。左片麻痺群において、L<sub>3</sub>レベルでは背臥位で左側背筋が大きく、腹臥位で右側背筋が大きい。筋層では、L<sub>1</sub>レベルにおいて浅・深層とも左側背筋が大きく、L<sub>3</sub>レベルでは、深層において右側背筋が大きい( $p < 0.05$ )。(Table 4)

Table 4. The amplitude of SRPM means and standard deviation ( $\mu V$ )

	face	Muscles	L <sub>3</sub>			L <sub>1</sub>		
			Rt. hemiparesis	Normal	Lt. hemiparesis	Rt. hemiparesis	Normal	Lt. hemiparesis
Supine	face to Rt	Rt	51 (15)	80 (21)	133 (35)	137 (31)	411 (37)	125 (30)
		Lt	53 (26)	114 (28)	95 (29)	142 (28)	178 (55)	152 (40)
	forward	Rt	47 (12)	90 (38)	73 (30)	136 (37)	450 (77)	138 (32)
		Lt	65 (13)	123 (38)	115 (31)	95 (35)	186 (30)	163 (97)
	face to Lt	Rt	50 (11)	115 (27)	131 (37)	133 (37)	384 (62)	130 (32)
		Lt	61 (27)	93 (34)	100 (20)	100 (20)	192 (34)	151 (46)
Prone	face to Rt	Rt	56 (10)	110 (44)	81 (19)	179 (56)	141 (22)	170 (92)
		Lt	40 (8)	97 (24)	73 (28)	100 (24)	157 (32)	126 (39)
	forward	Rt	71 (20)	161 (91)	152 (33)	197 (39)	136 (34)	174 (94)
		Lt	38 (4)	114 (40)	68 (24)	112 (42)	196 (32)	186 (38)
	face to Lt	Rt	87 (13)	93 (26)	156 (27)	175 (80)	147 (24)	213 (48)
		Lt	55 (15)	90 (22)	71 (20)	92 (25)	146 (25)	131 (34)
2 cm	face to Rt	Rt	307 (97)	950 (180)	318 (46)	475 (69)	2080 (260)	244 (42)
		Lt	321 (42)	640 (81)	250 (49)	407 (42)	1880 (240)	494 (82)
	forward	Rt	363 (71)	760 (102)	326 (41)	419 (32)	1710 (210)	292 (53)
		Lt	306 (71)	770 (90)	322 (49)	451 (73)	1866 (230)	462 (83)
	face to Lt	Rt	337 (83)	760 (98)	299 (42)	416 (39)	1660 (200)	337 (55)
		Lt	299 (46)	630 (78)	271 (44)	471 (77)	2260 (260)	364 (63)
4 cm	face to Rt	Rt	274 (42)	620 (106)	566 (74)	268 (55)	2190 (270)	277 (43)
		Lt	222 (60)	370 (56)	293 (43)	393 (59)	1630 (208)	476 (78)
	forward	Rt	212 (62)	590 (82)	377 (55)	315 (47)	1760 (220)	386 (73)
		Lt	234 (60)	500 (130)	313 (46)	405 (43)	1910 (240)	458 (66)
	face to Lt	Rt	216 (31)	490 (80)	297 (41)	336 (38)	1330 (160)	389 (77)
		Lt	190 (38)	470 (72)	262 (54)	339 (37)	1760 (280)	424 (34)

正常群と片麻痺群の間には、明らかな年齢差があり加齢による筋緊張の減少等種々の因子が関与すると考えられるが、麻痺群は、正常群より明らかに四肢腱反射が亢進している症例を選んでいることを考慮すると片麻痺群の背筋伸張反射が低下している点に関する比較は可能と考える。

#### IV. 考 察

前述したように、中枢神経障害の機能訓練では、系統発生及び個体発生上の運動発達レベルに沿った訓練方法が重要視されており、とくに体幹のコントロールは、第1段階とされている。Rood は、mobility と stability の時期において drawal supine pattern と pivot prone pattern としての体幹の訓練の必要性を述べ、

Kobat & Knott は、近位主要筋（体幹と肩・股関節）の特徴は PNF パターンの重複であるといい、そのためにこの部分の安定性が高められこれらの筋がいくつもの運動の要素や組み合わせ運動に力を貸すことが可能な根拠にもなるとして近位筋の重要性を示唆している。また、脳性麻痺の治療訓練における Bobath 法にみられる首と体幹に対する立ち直り反応の促通テクニックに際しても体幹筋の反応が重要であるとしている。しかし、この体幹筋の動態に関する研究は、その筋の解剖学的構造のゆえにアプローチが困難であり、種々の訓練効果に対する生理学的研究は、あまりなされていないようである。大まかに、その機能を知るには、Daniels<sup>11)</sup>の徒手筋力検査法、Basmajian<sup>12)</sup>の動作筋電図を用いた方法があるが、体幹筋の制御機構を解

明するには不十分である。中枢神経障害時の四肢の腱反射については、多くの報告があり、障害時には亢進し、その発現機序としては、1939年 Cannon<sup>15)</sup> の除神経過敏説、1949年 Lindsley<sup>13)</sup> らの上位中枢抑制からの解放説、1958年 McCouch<sup>14)</sup> らの側芽説などとされている。また、1957年 Buller<sup>16)</sup> は、ヒトのアキレス腱反射をT波として導出し、片麻痺患者では筋紡錘の活動性の上昇があると述べ、1969年 Brunia<sup>17)</sup> は、T波は脳幹網様体の影響を受けると示唆している。これらの、四肢における腱反射の電気生理学的手法を体幹筋に用いたのが、Carlson, Trontelj であり、我々はさらに、片麻痺患者に用いそれが体幹筋の動態を解明する手段として有効であることを述べた。

傍脊柱筋よりT波を記録するには、その解剖学的位置により、四肢の腱反射と異なり筋収縮を動きとして確認できずまた、叩打部位と電極が近接しているために記録電極及びコードの動きによる artifact を同時に記録する恐れがあるが、対策として可能な限り被検者を背筋の収縮が見られる者を選び、電極の動きについてはコードの固定を十分にした上で加速度計を背部に固定し、叩打による振動などの artifact が出現してもT波より遅れていることを確認し記録した。

今回の研究では、傍柱筋のT波が片麻痺群で低下していると考えられ、前述の四肢筋のT波と異なっているのは興味深い点であり、以下それについて考察する。

### 1. 正常群と片麻痺群の比較について

潜時は、Carlson は、4.5~7 msec, Trontelj は、9~12 msec と報告している。今回得た正常群の値（表面電極誘導：3.8~5.3 msec, 針電極誘導：4.5~5.8 msec）と Carlson の値は、ほぼ同じであり Trontelj の値と比べると異なっている。この原因として、Carlson は、筋に直接牽引を加えていることにより同じ値を得たと考えられ、Trontelj の潜時は、Tap のトリガーの加わった時点からのもので Tap が始まった時点のものではないこと、脊髄の導出レベ

ルが著しく異なっていることが考えられる。正常群の潜時は、Renshaw<sup>18)</sup> らによる単シナプスの場合の脊髄内伝達時間 1.0~1.5 msec と Bargess & Perl<sup>19)</sup> による Group I 線維の伝導速度 72~120 m/sec 及び  $\alpha \cdot \gamma$  線維の伝導速度各々 50~110 m/sec, 15~50 m/sec<sup>20)</sup> を考慮すると潜時は、2.7~6.8 msec となり相応の結果を得たと考え得る。1925年 Ballif<sup>21)</sup> らは、ネコの膝蓋腱叩打から筋収縮までの反射時間を求め、去脳動物と脊髄動物での時間が異なり脊髄動物では、2.2 msec 長いと述べ、1967年 山内<sup>22)</sup> は、ネコのアキレス腱叩打時の脊髄内伝達時間を測定し、延髄網様体に 150/sec の電気刺激を与え、単シナプス反射電位に促通効果をもつ場所の刺激では、脊髄内伝達時間が 0.5~1.5 msec 短縮するのを認め、腱叩打に伴う反射電位が消失しない程度の刺激を同部位に加えるとこの時間が 0.7~1.0 msec 延長すると述べている。今回、片麻痺患者で、潜時の短縮を認めたが、このような、脊髄内伝達時間の短縮によるものも考えられ山内の言う延髄網様体レベルの関与が示唆されるが、その中枢制御については、なお検討を要する。

Trontelj の反射の記録図より振幅を測定すると、表面電極誘導では、約 50~400  $\mu$ v, 針電極誘導では、約 1~4 mv であり、今回の測定値と異なるのはやはり、レベルの差によるためであろう。1935年 高橋<sup>23)</sup>、1965年 中西<sup>24)</sup> らは、片麻痺患者の患側の膝蓋腱反射において閾値の低下、反射の亢進を認めているが、背筋伸張反射は、1部を除き亢進を示さず、片麻痺群で、閾値が上昇し振幅が低下するのを認めた。この原因については、明確に説明できないが、中枢制御機構が四肢筋と背筋では、異なるとも考えられ、明石<sup>9)</sup> らが述べているように四肢筋の抑制機構が背筋のそれよりも強いともいえる。

腰部背筋の筋線維構成について検討すると、1978年 Carlson<sup>25), 26)</sup>、1982年 横山<sup>27)</sup> の報告がある。Carlson は、ネコの外側の筋（最長筋と腸肋筋）と内側の筋（多裂筋と棘筋）を比べ内側の筋の twitch amplitude がより明瞭である

ことを述べその機能も異なるとし、最長筋の中枢部には slowtwitch fiber が存在すると報告している。また、外側の筋には、Type II B 線維の割合が高く、内側の筋には、Type I と II A 線維の割合が高いと述べている。とくに、最長筋の中枢部には、Type I 線維の割合が高い部分があるといい、この部分は、筋紡錘が多く proprioceptive reflex control が働いていると述べている。横山は、マウス、ラット、イヌ、ネコで Carlson の知見と同様に外側の筋区になるほど階段状に白色筋線維の比率が高まる傾向を認め、また、サルの上肢筋深部の85%以上の線維を“non white fiber”と仮称し、tonic な機能を有すると考え、サルが直立歩行を行う前段階としての起坐及び直立姿勢保持という機能的要請に対応した分化であると示唆している。

従って、背筋は、横山の言う直立姿勢保持の機能を有するため四肢の筋と異なった筋線維構成を持つと推測される。また、近藤 (1959)<sup>28)</sup> は、四肢筋と軀幹筋及び軀幹に近い筋はその機能により筋紡錘の種類が異なると報告しているがこれも、前述の報告を裏づけるものであろう。また、現在まだ十分に説明はなされていないが、tonic 及び phasic の性質を持った  $\alpha$  運動線維<sup>29)</sup> と Mattheus のいう dynamic 及び static  $\gamma$  運動神経<sup>29)</sup> の分布が、赤色筋線維及び白色筋線維でその機能により異なっていれば、中枢制御機構も背筋と四肢の筋では異なると考えられ今回の結果を説明しうるが推測の域をでない。

一方、左右片麻痺群において、麻痺側が必ずしも亢進を示さず体位、頭位により影響されるという点からは、Moore<sup>30)</sup> が述べている発生学的に古い方がより両側性で生命機能に重要であり、運動の面では体幹のバランス保持、協調性を保つ作用があるという考えを支持し、このことから、四肢筋と背筋の中枢制御機構が異なることが考えられる。

## 2. 麻痺群間の比較について

表面電極誘導では、左片麻痺群の振幅が大きく、針電極誘導では、浅層で右片麻痺群、深層

で左片麻痺群の振幅が大きくなっている。これについては、次の体位、頭位、筋層の項でも述べるが左側背筋の体位、筋層による筋緊張の差や、左右大脳半球レベルによる制御機構の差などが考えられ今後なお検討を要する。

## 3. レベル間の比較について

$L_1 \cdot L_2$  間の Tap であるためその叩打部より導出レベルまでの距離の差が、 $L_1 \cdot L_3$  レベルでの反射波の潜時、閾値及び振幅の差になったと考えられる。

## 4. 体位及び頭位について

T波は、Buller, Bronia の報告に見るように外部刺激(光・音)、動作により影響を受け、また、皮膚刺激<sup>31)</sup>、前庭刺激<sup>32)</sup>、Jendrassick manoeuvre<sup>33)</sup> でも促通効果を受けることがわかっている。この機序として  $r$  系を介した錐内筋線維の活動性の上昇や、前庭脊髓路を介するものとして理解されている。また、T波は、求心性インパルスが時間的に不同一に脊髓前柱細胞に達するためシナプス伝達の時間的・空間的加重の様相が変化し前柱細胞での脱分極がゆるやかになり前柱細胞の発射をひき起こすまでの時間が延長する。このような場合に、上位中枢や求心性インパルスの影響を受け易くなると理解される。

時実 (1951)<sup>34)</sup> は、正常人における緊張性頸、腰、及び迷路反射の筋電図学的研究を四肢筋について報告したがこれらにより、背筋伸張反射への体位・頭位の影響をみることは重要であると考えられる。

体位の影響をみると正常群では、右側背筋のみに見られ  $L_1$  レベル、背臥位と  $L_3$  レベル、腹臥位で振幅が大きくなり、レベルにより異なっている。緊張性迷路反射の影響を考慮すると、麻痺群では、背臥位で増強され麻痺側背筋でその影響が強いと予想したが、麻痺側に関係なく背筋の左右側で異なり右側背筋では腹臥位で、左側背筋では背臥位で振幅が大きい。また、麻痺群背筋の左右差の比較をみると  $L_3$  レベルでは、やはり麻痺側に関係なく、振幅は、腹臥位にて右側背筋が大きく、背臥位にて左側

背筋が大きくなっている。以上の結果より迷路反射のみの影響を考えると、腹臥位では右側背筋は屈筋として作用し、背臥位では左側背筋は伸筋として作用すると考えられる。

頭位の影響についての報告では、Hayes (1976)<sup>35)</sup> は、ヒトの右アキレス腱にて H 波と T 波を導出し、非対称性及び対称性緊張性頸反射の体位をとらせその影響を調べ T 波・H 波とも右向きで増強され、左向きで減少するのを認め  $\gamma$  運動ニューロンの直接の促通によると示唆している。また、我々は、背筋の伸張反射の首の位置の重要性を述べ立位時で、右片麻痺群と左片麻痺群について首の位置により相反する結果を示すことを報告した。今回の研究では、最も影響の見られる体位、レベルを設定したため結果は異なるが、やはり頭位による影響をかなり認めた。

正常群では、頭位により抑制され深層筋では、左向きで右側背筋、右向きで左側背筋の抑制を認め、背筋伸張反射においては非対称性頸反射の抑制作用のみが働いているとも考えられた。片麻痺群では、頭位により潜時も影響を受け深層筋では、右麻痺側で短縮し左麻痺側で延長している。前述した脊髄内伝達時間の差、筋紡錘の活動性の変化等も考えられるが、この機序についてもまだ不明である。振幅は、深層筋において麻痺側に関係せず右向きで右側背筋の亢進、左向きで左側背筋が抑制されている。これは、Hayes の結果と類似し、緊張性頸反射の影響を受けていると考えられ、右側背筋は伸筋として作用し、左側背筋は屈筋として作用すると思われ体位による影響とは逆になっている。以上、体位・頭位の影響は、麻痺側に関係せずに緊張性迷路反射・緊張性頸反射の影響により右側・左側背筋に促通・抑制効果を与えていると考えられ、やはり、背筋の制御機構は四

肢と異なるものであると示唆される。

## 5. 筋層について

前述した腰部背筋の浅・深層での筋線維構成及び機能の違い、また、Jonsson<sup>36)</sup>、Gough<sup>37)</sup> らは、深層筋は、mono-segmental な神経支配であり、浅層筋は、multi-segmental な神経支配と述べているがそれらを考慮すると、深層筋の導出は反射の情報をより明確に与えると考えられる。

針電極誘導による浅層 2 cm と深層 4 cm は、被検者の皮下脂肪組織により刺入する筋層が異なるため可能な限り皮下脂肪組織の薄い者を選んでいますが、筋層に差が生ずることは手技上やむをえない。

Trontelj は、L<sub>4</sub> レベル左側背筋にて、浅層・深層より反射波を導出し、体幹の右側屈で深層に、左側屈で浅層に反射波の亢進を認め“reciprocal pattern”と提唱し、深層筋が scoliosis により関与していると述べた。今回の測定値では、片麻痺群の右側背筋において、右片麻痺群では浅層で亢進、左片麻痺群では深層で亢進を認め麻痺側による浅・深層の“reciprocal pattern”がみられた。特に、深層筋に着目すると、左側背筋麻痺のために右側背筋の緊張性が亢進していると考えられ左側背筋の脊柱起立における機能の重要性が示唆される。

稿を終わるにあたり、御指導と御校閲を賜りました川崎医大石謙教授に深く感謝いたします。さらに、御協力いただいた川崎医大附属病院理学療法士平上二九三氏、川崎医大リハビリテーション教室葛城暁美嬢に感謝いたします。

なお本論文の要旨は、第19回、第20回日本リハビリテーション医学会総会（1982年6月東京、1983年6月名古屋）第59回中部日本整形外科災害外科学会（1982年11月徳島）にて発表した。

## 文 献

- 1) Fay, T.: The origin of human movement. Am. J. Psychiatry 111: 644—652, 1955
- 2) Stockmeyer, S. A.: An interpretation of the approach of Rood to the treatment of neuromuscular dysfunction. Am. J. phys. Med. 46: 900—956, 1967

- 3) Knott, M. and Voss, D. E.: Proprioceptive neuromuscular facilitation. 2nd ed. New York, Harper & Row. 1968, pp. 83—107
- 4) Bobath, B.: Adult hemiplegia. Evaluation and treatment. 2nd ed. London, William Heinemann. 1978, pp. 64—161
- 5) Brunnstrom, S.: 佐久間穰爾, 松村秩訳: 片麻痺の運動療法. 東京, 医歯薬出版. 1979, pp. 63—144
- 6) Carlson, H. and Lindquist C.: Exteroceptive influence on the lumbar back muscle tone and reflexes in the cat. *Acta physiol. Scand.* 97: 332—342, 1976
- 7) Carlson, H.: Observations on stretch reflexes in lumbar back muscles of the cat. *Acta physiol. Scand.* 103: 437—445, 1978
- 8) Trontelj, J. V., Pecak, F. and Dimitrijevic, M. R.: Segmental neurophysiological mechanisms in scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 61—B: 310—313, 1979
- 9) Akashi, K., Ise, M. and Hiragami, F.: Stretch reflex of paraspinal muscles in normal man and hemiplegics. *Kawasaki med. J.* 9: 11—19, 1983
- 10) 伊勢真樹, 平上二九三, 明石 謙: 背筋伸張反射—正常人と片麻痺群における潜時, 閾値, 振幅の測定と体位, 頭位, 筋層の影響—中部整災誌 26: 457—459, 1983
- 11) Daniels, L. and Worthingham, C.: Muscle testing. 3rd ed. Philadelphia, W. B. Saunders. 1972, pp. 22—33
- 12) Basmajian, J. V.: Muscle alive their functions revealed by electromyography. 3rd ed. Baltimore. 1974, pp. 294—307
- 13) Lindsley, D. B., Schreiner, L. H. and Magoun, H. W.: An electromyographic study of spasticity. *J. Neurophysiol.* 12: 475—486, 1949
- 14) McCouch, G. P., Austin, G. M., Liu, C. N. and Liu, C. Y.: Sprouting as a cause of spasticity. *J. Neurophysiol.* 21: 205—217, 1958
- 15) Cannon, B. and Haimovici, H.: The sensitization of motoneurons by partial denervation. *Am. J. Physiol.* 126: 731—746, 1939
- 16) Buller, A. J.: The ankle-jerk in early hemiplegia. *Lancet* 273: 1262—1263, 1957
- 17) Brunia, C. H. M.: The influence of a task on the achilles tendon and hoffmann reflex. *Physiol. Behav.* 6: 367—373, 1971
- 18) Renshaw, B.: Activity in the simplest spinal reflex pathways. *J. Neurophysiol.* 3: 373—387, 1940
- 19) 本郷利憲: 脊髄. 問田直幹, 内藺耕二, 伊藤正男, 富田忠雄編: 新生理学. 上巻. 動物の機構編. 第5版. 東京, 医学書院. 1982, pp. 213—297
- 20) 島村宗夫: 骨格筋のトースと神経支配. 里吉宮二郎, 豊倉康夫編: 筋肉病学. 東京, 南江堂. 1973, pp. 89—106
- 21) Ballif, L., Fulton, J. F. and Liddell, E. G. T.: Observation of spinal and decerebrate knee-jerks, with special reference to their inhibition by single break-shocks. *Proc. Roy. Soc. B.* 98: 589—607, 1925
- 22) 山内俊雄: 腱反射の神経機構の分析. 脳と神経 19: 67—75, 1967
- 23) 高橋敏夫: 腱反射に関する研究, 健態並に病態に於ける膝蓋腱反射測定に就て. 東京医学誌 49: 81—107, 1935
- 24) 中西孝雄, 棒 忠雄, 亀山正邦, 福井紈彦: 腱反射亢進について—片麻痺患者を中心として. 臨床神経学 5: 194—204, 1965
- 25) Carlson, H.: Morphology and contraction properties of cat lumbar back muscles. *Acta physiol. Scand.* 103: 180—197, 1978
- 26) Carlson, H.: Histochemical fiber composition of lumbar back muscles in the cat. *Acta physiol. Scand.* 103: 198—209

- 27) 横山 巖: 腰部背筋の筋線維構成に関する比較解剖学的研究. 日整会誌 56: 579—594, 1982
- 28) 近藤正実: 骨格筋の機能分化と構造との相関性に関する組織学的研究. 岡山医誌 71: 3569—3600, 1959
- 29) 本間三郎: 運動制御 (2), 筋紡錘とガンマ運動神経. 総合リハ 4: 67—75, 1976
- 30) Moore, J. C.: Neuroanatomical considerations relating to recovery of function following brain lesions. *In* Recovery function: Theoretical considerations for brain injury rehabilitation, ed. by Bach-y-Rita, P. Hans Huber Publishers. 1980, pp. 39—50
- 31) Kugelberg, E. and Hagbarth, K. E.: Spinal mechanism of the abdominal and erector spine skin reflexes. *Brain* 81: 290—304, 1958
- 32) Delwaide, P. J.: Excitability of lower limb myotatic reflex arcs under the influence of caloric labyrinthine stimulation. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 40: 970—974, 1977
- 33) Clarke, A. M.: Effect of the Jendrassik manoeuvre on a phasic stretch reflex in normal human subjects during experimental control over supraspinal influence. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 30: 34—41, 1967
- 34) Tokizane, T., Kurao, M., Ogata, T. and Kondo, T.: Electromyographic studies on tonic neck, lumbar and labyrinthine reflexes in normal persons. *Jpn. J. Physiol.* 2: 130—146, 1951
- 35) Hayes, K. C. and Sullivan, J.: Tonic neck reflex influence on tendon and hoffmann reflexes in man. *Electromyogr. clin. Neurophysiol.* 16: 251—261, 1976
- 36) Jonsson, B: Morphology, innervation, and electromyographic study of erector spinae. *Arch. phys. Med. Rehab.* 40: 638—641, 1969
- 37) Gough, J. G.: Electromyographic determination of motor root levels in erector spinae muscles. *Arch. phys. Med. Rehabil.* 47: 9—11, 1966