《原 著》

筋電図における運動単位動員に関する研究 —急性期および慢性期神経原性疾患を対象として—

堀田富士子*

Recruited Motor Units Number Count in First Dorsal Interosseous Muscles of Normal Subjects and Neuropathic Patients

Fujiko HOTTA*

Abstract: The most essential feature of neurogenic change is loss of recruitable motor units. This concept is very important but we do not much care of it on a daily EMG examination. The purpose of this study is to demonstrate it electromyographically. We studied 5 normal subjects, 5 patients with acute neuropathy who had pathological resting activities in routine EMG study and other 5 patients with chronic neuropathy. Respective investigations were repeated 5 to 10 times depending their muscle power. Motor unit action potentials (MUAPs) were collected from each first dorsal interosseous (FDI) using a concentric needle electrode during voluntary 3 type isometric contractions (50, 150 and 300 gf). They were analysed employing multi MUP analysis program which extracted single MUAPs in continuous EMG-signals. This system counted number of recruited motor units automatically. Such MUAPs were examined by amplitude and duration which were ordinary MUP parameters, too. The result of our experiment clearly shows that number of recruited motor units gives better discrimination results than amplitude or duration. The number of recruitable motor units contributes as a new parameter for the diagnosis of neuromuscular disorders. (*Jpn J Rehabil Med* 2002; 39: 557-564)

要 旨: 神経原性疾患の本質的な病理学的変化である運動単位数の減少を筋電図学的にとらえることを目的として、等尺性筋収縮で動員される運動単位数を計測し、検討を行った。対象は神経原性疾患急性期群 5 名、慢性期群 5 名、健常者群 5 名の第一背側骨間筋とした。方法は各対象者に 50, 150, 300 gf の 3 段階の等尺性収縮を行わせながら筋電図検査を行い、動員されている運動単位数を計測し、各群ごとの比較を行った。結果として、いずれの筋収縮力においても動員運動単位数は健常者群に比較して疾患群では有意に少なく、振幅や持続時間などの基本的なパラメータよりも疾患群と健常者群の弁別性が高かった。(リハ医学 2002; 39: 557-564)

Key words: 神経原性変化 (neurogenic disease), 筋電図 (electromyography), 運動単位活動電位 (motor unit action potentials), 動員 (recruitment)

はじめに

日常行われている針筋電図検査では、安静時自発電位の有無に加え、随意収縮時の運動単位活動電位 (motor unit action potential, 以下 MUAP) の振幅や持続時間などのパラメータを用いて診断を行っている。

しかし、検査の対象となる神経原性あるいは筋原性疾患の病理的变化をこれらのパラメータのみで評価することは容易ではない。一般に「神経原性変化では高振幅・長持続時間の波形が出現する」といわれているが、これは神経発芽による再支配が完成した時期の神経原性変化を示す筋電図所見²⁾であり、その急性期

2002 年 4 月 15 日受付, 2002 年 8 月 12 日受理

* 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室/〒160-8582 東京都新宿区信濃町 35
Department of Rehabilitation Medicine, Keio University School of Medicine

においては当てはまらない。また、検査時の筋収縮力も筋電図のパラメータに大きく影響する¹¹⁾。すなわち、強収縮のもとでは Henneman のサイズの原理 (size principle)⁷⁾ に基づき健常者でも大きな運動単位が動員され、高振幅・長持続時間の MUAP が検出される³⁾。さらに、これらのパラメータは正常とのオーバーラップが大きく、必ずしもその診断能力は高くないとの報告もある¹⁾。

筋電図検査では神経原性疾患を対象とする場合が多く、その本質的な病理学的変化は急性期・慢性期の病期を問わず機能する運動単位数の減少である^{2,12)}。そこで著者は「運動単位の減少」という病理学的変化を筋電図学的にとらえることを目的として、急性期群と慢性期群の神経原性疾患患者を対象に研究を行い、興味ある知見を得たので若干の考察と合わせて報告する。

対象と方法

1. 対 象

対象は神経原性疾患の確定している 10 名の一側第一背側骨間筋 (first dorsal interosseous: FDI) で、いずれにも筋萎縮があり、徒手筋力検査 (manual muscle test: MMT) にて 3 もしくは 4 の筋力低下を認めた。これら被検筋に対し一般筋電図検査を試行後、その所見によって 2 群に分けた。すなわち筋電図所見上明らかな病的安静時自発電位 (いわゆる脱神経電位) が認められ、随意収縮時の運動単位活動電位の波形にはほとんど変化をきたさない 5 名を活動性神経原性変化期¹²⁾ とみなし、これを急性期群とした。また病的安静時活動が認められず、随意収縮時、多相波混入の認められるものを非活動性神経原性変化期¹²⁾ の症例とし慢性期群とした。対象患者の臨床診断は急性期群では肘部管症候群 1 例、頸椎病変 4 例、慢性期群では肘部管症候群 1 例、頸椎病変 2 例、ギランバレー症候群 2 例であった。なお臨床的にミエロパチーのあるものは除外した。両側性に症状を有する患者では症状の強い側を対象とした。いずれも男性で、年齢は急性期群 29~71 歳 (中央値 58 歳)、慢性期群 57~77 歳 (中央値 60 歳) であった。また対照群として健常男性 5 名 (年齢 32~62 歳, 中央値 48 歳) の利き手の FDI を対象とし、患者群との比較を行った (one-way ANOVA)。群間有意差のある場合には Fisher's PLSD (protected least significant difference) によ

る多重比較検定を行った。なおすべての被検者に対し研究の主旨を説明し、同意を得た。

2. 検査方法 (図 1)

被検者は椅子座位をとり、目的筋側の上肢を机の上にのせ、示指を橈尺側外転中間位に固定、中指・環指・小指も固定し、筋張力計にて第一背側骨間筋の最大随意収縮力 (maximal voluntary contraction: MVC) を測定した。次に同筋に同心型針電極を刺入し、張力をモニターしながら 50, 150, 300 gf の等尺性収縮を行わせた。健常者群および慢性期群では各収縮ごとに基本的には 10 回ずつ、計 30 回の収縮時 MUAP の記録を行った。疲労を訴えた場合には 10 回に満たなくとも終了とし、計測可能な波形を分析した。急性期群では疲労を生じやすいため各収縮ごとに基本的には 5 回ずつ、計 15 回の計測を試みた。慢性期群患者同様に、疲労が強い場合には 5 回未満の試行でも終了とした。筋電計には Dantec 社製 Key point™ を使い、筋電計の周波数応答は 5 Hz~10 kHz, sampling rate は 20 kHz とした。データ収集・解析には筋電計に標準装備されている multi MUP analysis (以下 MMA) プログラムを使用した。

図1 検査方法

被検者の FDI に通常の針筋電図検査を使用している同心型針電極を刺入、同筋の筋張力をモニターしながら随意収縮を指示し筋電信号を収集した。集めた MUAP は MMA プログラムにて解析し、動員された MUAP の数と同時に各 MUAP の振幅と持続時間を測定した。

FDI: 第一背側骨間筋, MMA: multi MUP analysis

3. Multi MUP analysis (MMA) プログラム^{4,9,16)} (図2)

MMA は Stålberg らにより命名・開発された筋電信号の自動解析システムで、同時に多数の MUAP を同定する multiple template matching 法を基本に作られた decomposition 法の 1 つである。すなわち、最初に抽出されたスパイク信号を rise time などの複

数のパラメータにより波形分析を行い、いくつかの template (型) とする。次に抽出されたスパイクがすでに存在する template と一致すれば同じ MUAP と判断され、異なっていれば新たな template として認識される。このようにして筋電信号の抽出は 4.8 秒間行われ、1 クールで最大 6 個の MUAP 解析が可能なプログラムである。

図2 実際の multi MUP analysis (MMA) 解析

(A) 50 gf の負荷に対する筋収縮を行った場合の実際の筋電波形。約 4.8 秒間の信号がラスタ表示される。(B) A での MMA による解析。最初に抽出されたスパイク信号からいくつかの template (型) を選び、これと同じスパイク波形があれば同一の MUAP と判断され、異なっていれば新たな template として認識される。(A) の波形からマッチングの行われた MUAP はスーパーインポーズされ、ここでは最終的に同定された MUAP が 4 個示されている。

以上の方法で MUAP を同定し、各試行ごとの動員運動単位数を求め、各対象群および収縮力ごとに比較検討した。また、同時に代表的な MUAP パラメータである振幅・持続時間の比較も行った。

結 果

1. 最大随意収縮力および測定試行回数

各収縮力において可能であった試行回数と同定された動員運動単位数を表 1 に示す。最大随意収縮力では健常者群で 2.82 ± 0.62 kgf、急性期群で 0.36 ± 0.12 kgf、慢性期群 0.70 ± 0.43 kgf で 3 群間に有意差が認められた。試行回数は健常者では各収縮力とも 10 回試行可能であったものが 3 名、5 回のみ可能であった

表 1 各対象群の各収縮力で得られた動員運動単位数

負荷	得られた MUAP の合計/実験試行回数		
	健常者群	急性期群	慢性期群
50 gf	110 個/40 回	36 個/24 回	44 個/35 回
150 gf	185 個/40 回	59 個/24 回	78 個/34 回
300 gf	203 個/40 回	45 個/12 回	64 個/20 回

負荷	1 試行あたりの平均動員運動単位数			
	健常者群	急性期群	慢性期群	
50 gf	2.75±1.48	1.52±0.66	1.25±0.56	p<0.01
150 gf	4.63±1.29	2.49±0.98	2.15±0.81	p<0.01
300 gf	5.08±0.89	3.75±1.21	3.20±0.69	p<0.01

MUAP: 運動単位活動電位

1 試行あたりの動員運動単位数は、各群いずれも収縮力が大きくなるとその数は増加し、各対象群間で有意差が認められた。

図 3 各対象群における 1 試行あたりの動員運動単位数の平均値の比較

グラフは縦軸に動員運動単位数 (平均値 $\pm$ 標準偏差 SD)、横軸に筋収縮力を示す。いずれの収縮力においても動員運動単位数は疾患群に比較して健常者で有意に多く、急性期群と慢性期群では有意差は認められなかった。

* $p < 0.01$, ns: not significant

ものが 2 名で、のべ試行回数はいずれの収縮力とも 40 回となった。またこの 40 回の試行で得られた MUAP は 50 gf 負荷で 110 個 (1 回平均 2.75 ± 1.48 個)、150 gf 負荷で 185 個 (1 回平均 4.63 ± 1.29 個)、300 gf 負荷で 203 個 (1 回平均 5.08 ± 0.89 個)であった。急性期群および慢性期群においては最大随意収縮力が 300 gf 以下の症例がそれぞれ 2 例ずつ存在し、これらの症例では 300 gf の等尺性収縮は試行困難な

図 4 50, 150, 300 gf の各筋収縮における各群の動員運動単位数の分布

横軸は各試行での動員運動単位数の個数、縦軸は各試行で動員された運動単位数が横軸の個数となった試行割合を百分率で示す。たとえば、健常者の 50 gf の負荷に対する筋収縮力の場合 (A の白抜きのバー)、表 1 から 50 gf の負荷に対し試行された実験 40 回のうち、動員運動単位数が 1 個であったものを数えると 9 試行あった。つまり健常者群ではこの条件のとき運動単位数が 1 個となった場合が 22.5%であったことを示している。いずれの群でも筋収縮力の増加に伴い動員運動単位数のピークも増加する。また急性期・慢性期群と健常者群では分布に相違を生じ、300 gf 負荷 (C) では急性期と慢性期群では 3 個にピークを、健常者群では 5 個にピークとなる分布を示した。

ため 50 gf と 150 gf 負荷に対する筋収縮のみ行ったこと、また筋疲労を訴え前述の基本試行回数（健常者・慢性期群 10 回、急性期群 5 回）を達成できない被検者が複数存在したことにより各試行回数を均等にすることは困難であった。

2. 対象群の各収縮力における動員運動単位数

表 1 および図 3 に各対象群における 1 試行あたりの動員運動単位数の平均値を収縮力ごとに示す。いずれの収縮力においても急性期群および慢性期群では健常者群と比較して動員運動単位数は有意に少なかった。急性期群と慢性期群間においては有意差は認めなかった。

また図 4 には各収縮力ごとの各対象群の動員運動単位数の分布を示した。図の横軸は各試行で測定された動員運動単位数を示しており、縦軸はその動員運動単位数が横軸の個数となった試行回数を百分率で示したものである。50 gf 負荷（図 4 A）では各対象群において動員運動単位数は 1 から 2 個をピークとする分布を示しているが、筋収縮力が増加する（図 4 A から図 4 C）につれ、動員運動単位数のピークは増加するとともに、急性期および慢性期群と健常者群の分布に相違を生じ、300 gf 負荷（図 4 C）では急性期および

慢性期群では動員運動単位数は 3 個、健常者群では 5 個がピークとなる分布を示していた。

3. 振幅および持続時間

各対象群において同定された MUAP の振幅と持続時間の、収縮力ごとの平均値を表 2 に示す。振幅、持続時間ともにいずれの収縮力においても健常群と急性期群には有意差はなかった。慢性期群との間では有意差が認められた（表 2）。健常群と急性期群間においては、振幅、持続時間とも有意差は認められなかった。

4. 振幅・持続時間および動員運動単位数の各パラメータによる弁別性

前述の如く各群における各収縮力時の振幅、持続時間および動員運動単位数から疾患群の弁別性についての検討を試みた。

表 2 に健常者群、急性期群、慢性期群の振幅・持続時間・動員運動単位数の収縮力ごとの平均値と標準偏差（SD）を示した。振幅と持続時間に関しては健常者群の平均値+2 SD を越える値を異常領域とした。動員運動単位数は平均値-2 SD に満たない値を異常領域としたが、動員運動単位数は正の整数となるため、現実的には境界が-0.15 未満となる負荷 50 gf の

表 2 振幅・持続時間・動員運動単位数の各群平均値と健常者との比較および神経原性変化に対する弁別性の検討

負荷	パラメータ	健常者			急性期群			慢性期群		
		平均値 ±SD	異常領域 (±2 SD)*		平均値 ±SD	有意差	異常データ 数(%)	平均値 ±SD	有意差	異常データ 数(%)
50 gf	振幅 (μV) ±SD	699±591	>1881		589±672	N. S.	3/36	1325±1225	p<0.01	11/44(25%)
	持続時間 (msec)	7.7±2.2	>12.1		8.3±3.7	N. S.	3/36	11.9±5.4	p<0.01	19/44(43%)
	動員運動単位数	2.75±1.45	<-0.15		1.52±0.66	p<0.01	0/24 (0%)	1.25±0.56	p<0.01	0/35 (0%)
150 gf	振幅 (μV) ±SD	826±722	>2271		662±643	N. S.	4/59	1171±1039	p<0.01	10/78(13%)
	持続時間 (msec)	8.6±2.8	>14.2		9.1±3.2	N. S.	4/59	12.1±4.5	p<0.01	15/78(19%)
	動員運動単位数	4.63±1.29	<2.05		2.49±0.98	p<0.01	12/24(50%)	2.15±0.81	p<0.01	15/34(44%)
300 gf	振幅 (μV) ±SD	957±834	>2624		612±572	N. S.	1/45	1207±725	p<0.01	4/64 (6%)
	持続時間 (msec)	9.6±4.4	>18.4		9.9±4.0	N. S.	1/45	13.7±4.6	p<0.01	6/64 (9%)
	動員運動単位数	5.08±0.89	<3.30		3.75±1.21	p<0.01	8/12(67%)	3.20±0.69	p<0.01	13/20(65%)

* 振幅、持続時間は+2 SD、動員運動単位数は-2 SD

健常者群の振幅・持続時間・動員運動単位数の平均値と標準偏差 SD を求め、筋収縮力ごとにその値を示した。その値より各パラメータの 2 SD を越えるものを異常領域とした。動員運動単位数については平均値-2 SD に満たないものを異常領域とした。

この値と急性期群・慢性期群の平均値を表示、異常領域にはいるデータ数を示し、健常者群と有意差のある場合には割合を括弧内に％表示した。分母は各群、各負荷での得られた MUAP の合計もしくは実験試行回数である。たとえば動員運動単位数では急性期で 150 gf 負荷のとき動員運動単位数をみると異常領域は動員数が 2.05 より少ない試行回数であり、それは 24 回の試行回数のうち 12 回（50％）あったということになる。ただし 50 gf 負荷のときは計算上異常領域が-0.15 より小さい個数となり、正数では存在せず、データは 0 個ということになる。この方法で見た場合、慢性期群においても 150 gf および 300 gf の負荷では動員運動単位数の異常データの割合が最も高く、急性期および慢性期を通じ動員運動単位数が疾患判別能力が高いことが示唆された。

表3 慢性期群を対象とした振幅・持続時間・運動単位を用いた異常判別能力についての検討

負荷	パラメータ	平均値±SD	異常領域 (+2 SD)	異常データ数(%)
50 gf	D/M	4.1±2.8	>9.7	24/35 (69%)
	log A/M	1.3±0.8	>2.9	14/35 (40%)
	D×log A/M	10.8±7.8	>26.2	24/35 (69%)
150 gf	D/M	2.2±1.5	>5.1	26/34 (76%)
	log A/M	0.69±0.28	>1.25	28/34 (82%)
	D×log A/M	6.4±4.2	>14.8	29/34 (85%)
300 gf	D/M	1.9±0.7	>3.3	15/20 (75%)
	log A/M	0.58±0.11	>0.79	16/20 (80%)
	D×log A/M	5.5±2.1	>9.7	16/20 (80%)

D: duration 持続時間, M: motor unit number 動員運動単位数, A: amplitude 振幅

健常者のデータに対してパラメータ列に示した数式を用いて異常弁別性につき検討した。健常者の各収縮力におけるデータから平均値および標準偏差 (SD) を求め、2 SD を越える値を異常領域とし、慢性期群の各収縮力において設定した異常データ数を求めた。表2の慢性期群では単独のパラメータの場合、異常データ数の率が6～65%であったが、3つの組み合わせでは69～85%になり弁別性の向上が認められる。

収縮では異常領域は存在せず、負荷 150 gf の収縮では2個以下、負荷 300 gf の収縮では3個以下を異常値とした。急性期群では、異常領域にはいるデータが表のように数個ずつ散見された。しかし各収縮力において振幅・持続時間の平均値は健常群と有意差は認めないので、これらのパラメータにより異常と判定することは不可能であった。動員運動単位数は各収縮力とも有意差を認めたが、平均値-2 SD の異常値を示す割合は負荷 150 gf の収縮で24 試行中 12 試行 (50%)、負荷 300 gf の収縮で12 試行中 8 試行 (67%) であった。慢性期群では各収縮力において、振幅・持続時間・動員運動単位数ともに健常群と有意差を認めた。筋収縮力と動員運動単位数の関係に着目すると 50 gf 負荷では動員運動単位数の異常値が実質 1 個未満となったため異常と判定されるデータはなかった。しかしながら、負荷 150 gf と 300 gf の筋収縮力では振幅・持続時間より動員運動単位数を指標とした場合のほうが異常データ数の割合は高くなった。

5. 振幅・持続時間・動員運動単位数の3つのパラメータの組み合わせによる異常判別能力

慢性期群では3つのパラメータともに健常者と有意差が認められ、その組み合わせによってより高率な弁別性を示すことが可能であると推察し、その検討を行った。方法は最初、健常者の各収縮力におけるデータから振幅、持続時間およびその積を動員運動単位数で

除した値の平均値および標準偏差 (SD) を求め、2 SD を越える値を異常と設定した。振幅は他の2つのパラメータとの桁をそろえるために対数を用いた。表3は慢性期群の各収縮力において、その異常値を示したデータ数を求めたものである。組み合わせパラメータのうち D×log A/M による異常データの検出率は69～85%になった。

考 察

今回神経疾患の筋電図検査における動員運動単位数および振幅・持続時間が検査の時期によりどのように異なるかを検討した。

1. 急性期群と慢性期群の病態変化に関する検討

これまでの研究報告では神経原性変化を筋原性変化との識別において分けるものはあったが、同じ神経原性疾患のなかでその病理的变化の時期にそって対象群を選択しているものは少ない。今回は筋電図所見で急性期群と慢性期群の分類を行った。2群に分けた理由は MUAP の波形そのものの変化に乏しい早期の神経原性変化については、従来のパラメータでの鑑別が難しいのではないかと考えたからである。

まず、神経疾患の発症急性期に生じる病理学的変化は運動単位機能の停止あるいは運動単位脱落である。神経支配を失った筋線維は萎縮し、線維化する。このとき筋電図では病的安静時自発電位を生じる^{12,16)}。動

員される運動単位は障害を免れたものであり、この時期ではその運動単位が持つ筋線維数や密度、筋線維径などは発症前と変化していないと考えられる。つまり動員された MUAP 波形そのものは正常に近いことが予想される。これらを裏付けるものとして、この時期の筋電図所見での MUAP の持続時間や振幅⁵⁾はいずれも健常者と著変なく、運動単位の動員は減少し、また筋収縮力の増加は発射頻度由来するところが大きい^{5,8)}との報告がある。今回の研究でも MUAP の持続時間は健常者群と急性期群では有意差は認めなかった。しかし動員運動単位数では筋収縮力にかかわらず、健常者群と急性期群で有意差が認められた(表 2)。すなわち、急性期の障害は従来の MUAP パラメータではとらえられなかったが、動員運動単位数というあらたなパラメータの導入により神経疾患の存在をとらえることが可能であった。

一方、慢性期群では、表 2 と図 4 に示したように動員運動単位数と振幅・持続時間でも健常群との間に有意差が認められていた。その理由として、まず、神経疾患の回復期においては、障害を免れた運動単位からの神経発芽による脱神経筋の再支配が生じる。この再支配が完成すると、1つの運動単位は通常よりも多くの筋線維を支配することになるが、運動単位の数そのものは発症初期より減少したままで変化がない¹²⁾。したがって、この時期の神経疾患の筋電図所見では、各運動単位に属する筋線維数の増加により MUAP の持続時間は大きいものとなり、筋線維密度も増大するため MUAP の振幅も大きくなるが、動員運動単位数は少ない。本研究の対象となった慢性期群は病的安静時自発電位を認めず、神経再支配が十分に進み、前述の病理学的変化を示唆するものと考えられる¹³⁾。

なお、運動単位抽出にあたって各群・各試行毎にその数に差を生じた。しかし、各試行毎の動員数の分布は、患者群では 3~4 個をもってピークとなりそれ以上の動員は少なく 300 gf の負荷になってもピークは変化しない(図 3)などいずれも疾患群の動員運動単位数の減少を示すものであり、これまでの結果を支持するものとなった。

以上より絶対収縮力における動員運動単位数を数えるという今回の実験方法では、神経原性変化の経過時期にかかわらず、運動単位数の減少をとらえることが可能であることが示唆された。

2. 動員運動単位数と神経原性変化に関する検討

慢性期神経疾患において、高振幅・長持続時間の MUAP が検出される⁶⁾ことは異論のないところである。しかし、例えば「振幅が 2,000 μ V、持続時間が 20 msec の MUAP は神経原性変化なのか」という質問には現在のところ明確な解答は出せない。それは、MUAP の振幅や持続時間などは健常者と慢性期神経疾患患者では有意差を認めるが、その標準偏差も大きく¹⁾、また、サイズの原理 (size principle)⁷⁾に従い、健常者でも強収縮力のもとでは大きな運動単位、すなわち筋電図では高振幅、長持続時間を示す運動単位が出現するためである。

筆者はこれをふまえて、動員運動単位数、振幅および持続時間の健常者と疾患群の弁別性について検討を行った。

急性期群では振幅と持続時間では健常者群と有意差を認めず、動員運動単位数でのみ有意差を認め、また慢性期群ではどのパラメータにおいても健常者群と有意差を認めたが、その割合については動員運動単位数の比較が優れていた(表 2)。一方、動員運動単位数も筋収縮力を考慮しなければ有意差の検討は難しく、健常者群の負荷 50 gf に対する筋収縮時の平均動員運動単位数と慢性期群の 300 gf 負荷時とはほとんど同じ(図 4)であり、絶対筋収縮力を一定にすることが他のパラメータと同様に重要である。

3つのパラメータを組み合わせたの健常者群と慢性期群との弁別方法(表 3)については、慢性期神経疾患では、振幅・持続時間の増大と動員運動単位の減少が基本的な病態であるため、振幅と持続時間、およびそれらの積を動員運動単位数で除した値を検討するものである。表 3 から明らかなように、単に振幅や持続時間のみでは多くても 65%程度であった弁別性が格段に向上していることが分かる。数学的手法である size index ($=2 \times \log_{10} \text{Amp}[\text{mV}] + \text{Area}/\text{amp}[\text{ms}]$)での異常検出率が約 70%^{14,17)}であることと比較しても、今回の研究により「動員運動単位数」という新たなパラメータが、従来の振幅や持続時間との組み合わせにより、慢性期神経疾患の診断に対し大きく貢献することが示唆された。

おわりに

MUAP の自動解析プログラムを用いて行った動員運動単位数の計測は、急性期および慢性期神経疾患の

診断に極めて有用である。しかし、日常の筋電図検査では筋収縮力の関与については考慮されていない場合が多く、運動単位の動員状況についても最大随意収縮時の干渉波が半定量的に評価される程度にとどまっている。また健康群と疾患群との弁別に必ずしも有用とはいえない MUAP の振幅や持続時間などのパラメータ値を重要視し過ぎる傾向みられる。

今回の研究では、神経原性疾患の本質的な病態変化である動員運動単位数の減少という現象をとらえるために「力」という概念を導入することで、その診断能力が向上することを示し、それにより自動解析プログラムの活用法も明示することができた。本研究では神経原性疾患の第一背側背間筋を対象としたが、今後は筋疾患や他の被検筋などへの応用を検討することで筋電図検査の有用性がより高いものとなることが期待される。

また、リハビリテーション医学の分野においても、筋収縮力と運動単位の動員状況の研究により運動機能とその障害像を神経生理学的にとらえることが可能となり、運動機能障害とそのリハビリテーション治療に大いに貢献するものと考えられる。

稿を終えるにあたり、ご校閲を賜りました慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室千野直一教授に深甚なる謝意を表しますとともに、直接のご指導いただきました赤星和人博士に深謝いたします。

本稿の一部は第 27 回日本脳波・筋電図学会学術集会(1997, 福岡), 第 28 回日本脳波・筋電図学会学術集会(1998, 神戸), 第 29 回日本脳波・筋電図学会学術集会(1999, 東京)において発表した。

文 献

- 1) 赤星和人: 運動単位活動電位の振幅ならびに持続時間に関する基礎研究. リハ医学 1996; **33**: 167-175
- 2) 赤星和人: 針筋電図における運動単位活動電位(MUAP)の生理と臨床. リハ医学 1999; **36**: 669-677
- 3) Akaboshi K, Yoshihisa M, Chino N: Quantitative EMG and motor unit recruitment threshold using a quadrifilar electrode. Muscle Nerve 2000; **23**: 361-367
- 4) Bischoff C, Stålberg E, Falck B, Edelbol EegOlofsson K: Reference values of motor unit action potentials observed with multi-MUAP analysis. Muscle Nerve 1994; **17**: 842-851
- 5) De Luca CJ, Lefever RS, McCue MP, Xenakis AP: Controls scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions. J Physiol 1982; **329**: 129-142
- 6) Fuglsang-Frederiksen A, Scheel U, Buchthal F: Diagnostic yield of analysis of the pattern of electrical activity of muscle and of individual motor unit potentials in neurogenic involvement. J Neurol Neurosurg Psychiatr 1977; **40**: 544-554
- 7) Henneman E, Somjen G, Carpenter DC: Functional significance of cell size in spinal motoneurons. J Neurophysiol 1965; **28**: 560-580
- 8) Masakado Y, Akaboshi K, Nagata M, Kimura A, Chino N: Motor unit firing behavior in slow and fast contractions of the first dorsal interosseous muscles of healthy men. Electroenceph clin Neurophysiol 1995; **97**: 290-295
- 9) Nandedkar S, Barkhous P, Charles A: Multi-motor unit action potential analysis (MMA). Muscle Nerve 1995; **18**: 1115-1166
- 10) Nandedkar SD, Sanders DB, Stålberg EV, Andreassen S: Simulation of concentric needle EMG motor unit action potentials. Muscle Nerve 1988; **11**: 151-159
- 11) 園生雅弘: 同心針筋電図随意収縮時活動の診断 定量診断の現状と問題点. 臨床脳波 2000; **42**: 154-160
- 12) 園生雅弘: 筋電図と筋病理. 病理と臨床 1993; **11**: 1256-1261
- 13) 園生雅弘: 筋原性疾患の筋電図診断. 臨床神経生理学 2001; **29**: 228-236
- 14) Sonoo M, Stålberg E: The ability of MUP parameters to discriminate between normal and neurogenic MUPs in concentric EMG: analysis of MUP "thickness" and the proposal of "size index". Electroenceph clin Neurophysiol 1993; **89**: 291-303
- 15) Stålberg E, Falck B, Sonoo M, Stålberg S, Astrom M: Multi-MUP analysis-a two year experience in daily clinical work. Electroenceph clin Neurophysiol 1995; **97**: 145-154
- 16) Stålberg E, Nandedkar S, Sanders B, Falck B: Quantitative motor unit potential analysis. J Clin Neurophysiol 1996; **13**: 401-422
- 17) Zalewska E, Hausmanowa-Petrusewicz I: Effectiveness of motor unit potentials classification using various parameters and indexes. Clin Neurophysiol 2000; **111**: 1380-1387