

神経筋伝導に関する生理学的研究

—筋弛緩剤とその臨床的 monitoring 方式—

金沢大学 医学部 麻酔学講座(主任 赤須文男教授)

村 上 誠 一
 浜 辺 昇
 大 倉 永 央
 木 谷 正 樹

金沢大学医学部整形外科学講座(主任 高瀬武平教授)

小 林 茂 信

(昭和44年1月7日受付)

本論文の要旨は、1968年4月第15回日本麻酔学会総会、同年6月第13回日本麻酔学会関西地方会および同年11月第5回日本麻酔学会北陸地方会において発表した。

麻酔学における最近の動向は、深麻酔によって筋の弛緩を得るのではなくて、適当な筋弛緩剤の使用によって、全身麻酔剤のもつ副作用を軽減するとともに、安全かつ十分な筋弛緩下に手術を遂行せしめる方向にある。

一方、筋弛緩剤の普及につれて、その乱用による副次的な障害、ことに術後の遷延性呼吸抑制という厄介な問題が派生してきた。従来から、全身麻酔中に筋弛緩剤を用いるにあたって、呼吸囊の抵抗や術者の感覚などによって筋の弛緩度が判定され、麻酔医は正確な生理学的基準に依らずに投与を行っていたが、筋弛緩剤の使用量を必要かつ最少限にとどめ、合併症を防止するには、正確な生理学的 monitoring 方式が必要である。

現在、臨床的に有用な、神経筋伝導の遮断度ないし筋弛緩度測定の方法として考えられているものは、1. 1回呼吸気量、2. 末梢神経刺激による誘発筋反応、3. 腹筋の integrated electromyogram (IEMG) などである。このうちで、もっとも正確に筋弛緩度を反映するものは IEMG であるとされている¹⁾⁻²⁾。一

方、Katz³⁾ は、臨床的には誘発筋反応がより優れた方法であると述べている。

著者は、全身麻酔中、筋弛緩度ないし神経筋伝導の遮断度を正確に評価し、併せて筋弛緩剤の作用機序を追求する目的で、末梢運動神経刺激による誘発筋反応を臨床麻酔に導入した。

今回は主として筋弛緩剤投与の指標としての有用性について述べる。

研究対象および研究方法

年齢12歳より80歳にわたる18例の患者について、全身麻酔中に検索を行なった。すべての患者は pethidine 1.0 mg/kg, atropine 0.5 mg の前投薬下に、N₂O-fluothane で緩徐導入された後、0.5~1.0% の fluothane 濃度で維持された。Fluothane はこの程度の濃度では、神経筋伝導に影響しないことが確認されている⁴⁾⁻⁶⁾。麻酔中は適宜用手 IPPR にて補助呼吸を行なっているが、呼吸気量測定に際しては自然呼吸のみに任せた。

誘発筋電図 (M波) の pick-up にあたっては、手

Physiological Studies of Neuromuscular Transmission with Special Reference to the Clinical Monitoring Method of Evaluating Muscular Relaxation Induced by Neuromuscular Blocking Agents. Seiitsu Murakami, Noboru Hamabe, Tsunehisa Okura & Masaki Kidani, Department of Anesthesiology (Director: Prof. F. Akasu), School of Medicine, Kanazawa University, Shigenobu Kobayashi, Department of Orthopedic Surgery (Director: Prof. B. Takase), School of Medicine, Kanazawa University.

掌ならびに前腕を armboard 上に固定したのち、直径 8 mm の銀製の表面型円盤刺激電極を、肘部尺骨神経溝に沿って密着せしめ、記録電極としては、直径 8 mm の銀製円盤電極 2 コを 15 mm の間隔で固定したものをを用い、手掌の thenar (主として、m. adductor pollicis) の皮膚上に固定した。尺骨神経の刺激は、電子管刺激装置を用い、isolator を介して、0.5 msec duration の矩形波を 1 cps の頻度で supra-maximal 刺激として加えた。Tetanus 刺激は頻度を 10, 30, 50, 100, 300 cps とし、それぞれ 5 秒間持続した。低頻度刺激としては、0.3 cps を用いた。誘発筋電図 (M波) は Polygraph (日本光電社製, RM 150型) の前置増幅器に誘導し、Braun 管上で観察し、随時 oscillopaper で連続撮影するとともに、ink 書き記録を行なった。M波と同時に、稀に導出される F波は、一般には振幅がきわめて小さいうえに、筋弛緩剤に対しては、M波と同じ態度を示すので、測定の際は無視している。このようなM波の振幅の pen 書き記録を electrical twitch response とする。

一方、機械的な筋の誘発運動の記録には、foil strain gauge type の force displacement transducer (gauge factor 2.16) を手根部掌側皮膚に密着固定し、bridge 回路を経て、Polygraph 中の前置増幅器 (RP-2 型) に誘導し、Braun 管で観察し、随時 oscillopaper で連続撮影するとともに、pen 書き記録を行なう。これを mechanical twitch response とする。

1 回呼吸気量 (tidal volume) の測定は、呼吸流速測定用 transducer (MFP-1-A 型) を用いて、呼吸気の流れを記録すると同時に、これを integrator (RFJ-2 型) により積分を行なわしめ、呼吸気量として記録した。以上の三種類の記録は同時に連続的に行ない、control height をいずれも 1~2 cm とした。

術中投与した筋弛緩剤は、脱分極性のものとして、succinylcholine chloride (以下 S.C.C.) を 1.0 mg/kg ずつ、静脈内に反復投与し、非脱分極性のものとしては、gallamine triethiodide (以下 gallamine) を 1.0~1.5 mg/kg 投与した。抗 cholinesterase 剤は、edrophonium (Antirex®) 10 mg を 1 回量として投与した。

研究結果

I. 筋弛緩剤に対する誘発筋電図 (M波) の変化

尺骨神経の刺激により誘発されるM波は、筋弛緩剤を投与した場合、その神経筋接合部に対する特異的遮断作用によって速やかに消失する。図は S.C.C. 1.0

mg/kg の静脈内投与によって、20秒後にM波が誘発され難くなり、1分後には完全に消失する模様を示している (図1)。9分後には、部分的に回復し始め、11分後には振幅は投与前の40%となり、15分後には完全に回復している。M波が完全消失している間、およびその振幅が 20~30% 以下の部分的回復期においては、臨床的に腹筋弛緩が十分であると判定された。それ以上にM波の振幅の回復が著明になると、筋弛緩は不十分であると考えられた。

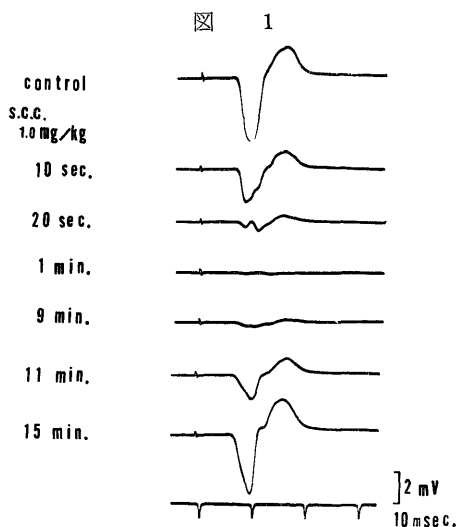
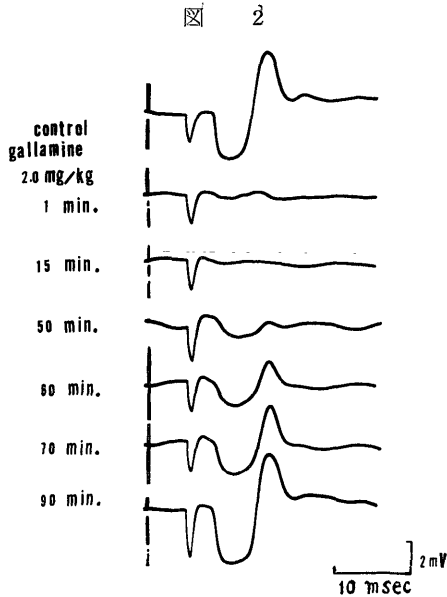


図 1 S.C.C. 1.0 mg/kg を静脈内に投与した場合のM波の変化

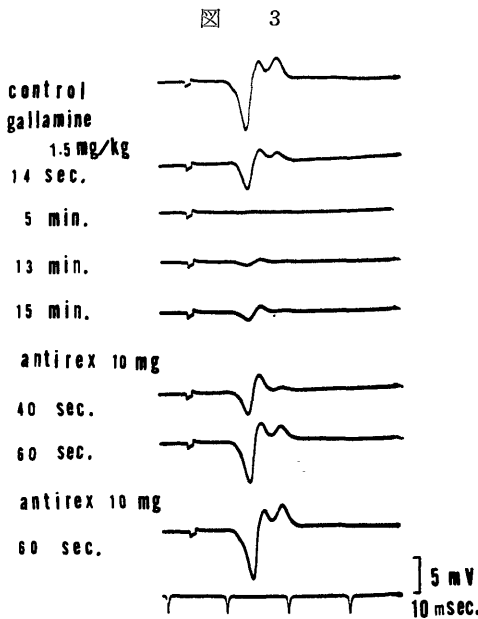
最上段は投与前の control. 上向きの振れが negative.

次の図は、非脱分極性筋弛緩剤である gallamine 2.0mg/kg 投与時のM波の消長を示している (図2)。投与後1分を経過すると、ほぼ完全に神経筋伝導は遮断され、約30分間にわたってM波は誘発されない。その後徐々に回復し、50分後にはM波の振幅は投与前の25%にまで回復し、60分後には50%の回復を示し、90分後には完全に回復している。このように、gallamine を投与した場合にも、M波の振幅、すなわち波高は筋弛緩剤の作用時間の経過と相関を保って変動していることが理解された。

次に、非脱分極性筋弛緩剤の投与によってもたらされた神経筋伝導遮断を確実に回復せしめて、そのときのM波の変化をうかがうためには、拮抗剤投与による反応を検討すればよい。図は、gallamine 1.5 mg/kg を投与し、その部分的回復過程において、拮抗剤である edrophonium を 10 mg 静注した場合を示している (図3)。拮抗剤投与1分後には、M波の振幅



Gallamine 1.5 mg/kg を投与した場合のM波の変化
最上段は control.



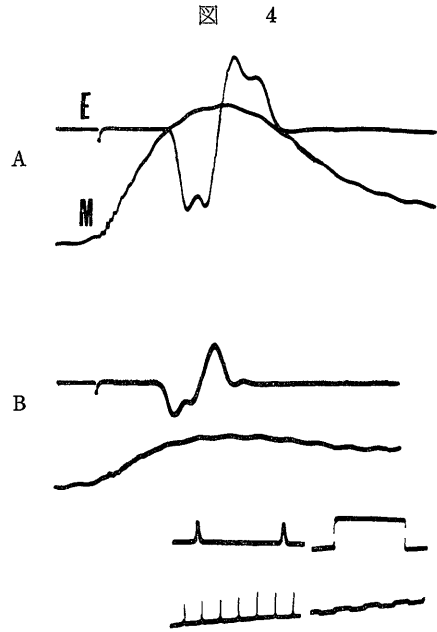
Gallamine 1.5 mg/kg ならびにその拮抗剤 edrophonium を 10 mg 宛て 2 回投与した場合の M 波の推移

Gallamine 投与により両者同時に消失している。

は投与直前の 360%に増大している。さらに追加投与を行なうことによって、その 1 分後には gallamine 投与前の振幅に復している。このような拮抗剤投与によってもたらされる M 波の回復過程は、臨床的な筋張力の回復ならびに呼吸気量の増大とはほぼ平行していることが確認された。以上の結果から、術中投与される筋弛緩剤が脱分極性あるいは非脱分極性のいずれであろうとも、M 波の振幅の消長と神経筋伝導遮断ないし筋弛緩の程度は相関々係を有しているものと考えられた。

II. Electrical twitch response と mechanical twitch response の同時記録とその特徴

M 波と strain gauge を介して得られる筋運動とを時同記録すると、図に示す如くである (図 4)。このうち A は筋弛緩剤投与前の control である。図の B は、S.C.C. 1.0 mg/kg 投与後 7 分を経過した時点での記録である。M 波に比して、mechanical response は時間的経過が長く、12~15 倍に及んでおり、その振幅ならびに時間的経過は筋の張力と平行していると考えることができる。筋弛緩剤の投与により、両者とも速やかに誘発され得なくなり、一定時間の後、同時に回復してくるのがみとめられ、また、完全回復にいた



M 波と mechanical response (tension curve) の同時記録

E は M 波, M は mechanical response. A 群は, control, B 群は S.C.C. 1.0 mg/kg 投与後 7 分の記録. 校正上段 (E) は 10 msec, 2.0 mV, 下段 (M) は 10 msec, 5.0 mmH₂O.

る過程も含めてほぼ平行して変動する。症例により、また、反復投与の累積により、時として **mechanical response** の方がM波より消失がおくれ、また、早く回復してくる場合もあるが、その時間的差異は最大限1分前後にすぎなかった。したがって、M波と **mechanical response** では、その振幅(波高)を問題とする限り、筋弛緩剤の投与に対する変動は平行関係を保っていると結論できる。

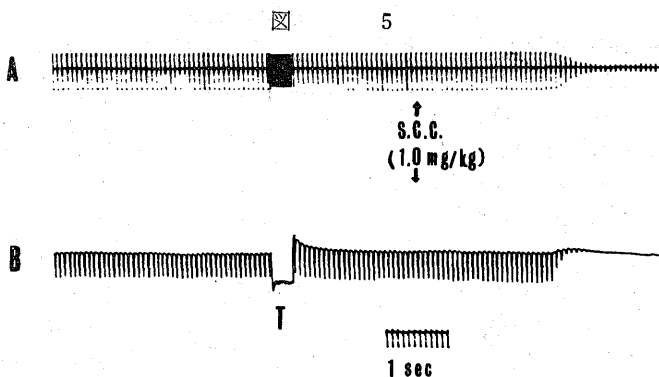
この、性質の異なる両反応を **twitch height** として連続記録したものが図5である(図5)。Control記録時には、ともにその振幅は一定している。10 cpsのtetanus刺激中には、**electrical response** では **twitch height** 自体が記録されるが、**mechanical response** では、強縮の大きさが反映されているにすぎない。S.C.C.の投与により、両反応は同時に消失

しており、平行性がみとめられた。

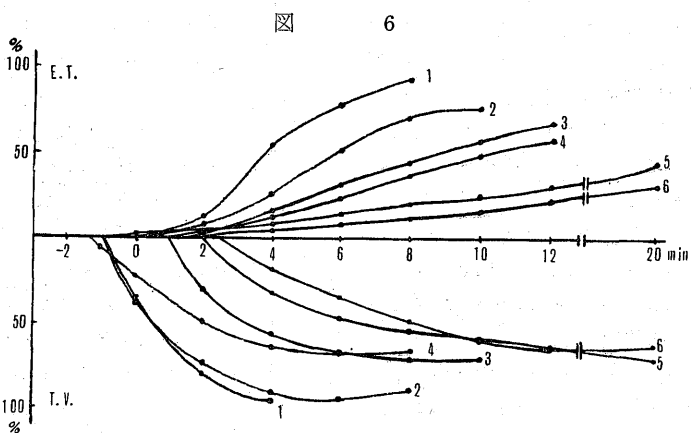
筋弛緩剤による **block** の性質の鑑別に用いられる **posttetanic facilitation (PTF)** や **Wedensky** の抑制現象は、いずれの反応においても容易に確認することができ、記録上の技術的な問題についても優劣はみとらうまい。

III. **Twitch response** と1回呼吸気量との関係

臨床的に筋弛緩を問題とする場合、呼吸運動、ことに横隔膜の運動が重要な意味をもっている。全身麻酔中には、呼吸気量の大部分は横隔膜の機能に負っており、その静止、すなわち呼吸運動の停止によって安安静な手術野を得ることができるとされている。その意味で、筋弛緩剤投与時における **twitch response** と1回呼吸気量との関係を追求した。図6はS.C.C. 1.0 mg/kgを6回にわたって反復投与した症例における



Electrical (A) および mechanical (B) twitch response の同時 pen 書き記録
S.C.C. 1.0 mg/kg の投与により同時に消失している。Tは 10 cps の tetanus 刺激をあらわす。



Electrical twitch response (E.T.) と1回呼吸気量 (T.V.) を同時記録した場合の回復曲線
それぞれ、S.C.C.投与前の百分率であらわす。第1回S.C.C.投与後の最初の **twitch response** の発現時間を0とし、それより早い回復がみとめられた場合をマイナス時間で示す。図中の数字は反復投与の順位。

electrical twitch response と1回呼吸気量の回復曲線を示す(図6). S.C.C. 投与の初期の段階では、呼吸運動が末梢神経筋伝導よりも温存され、回復もより早い。この現象がいわゆる筋弛緩剤の時間的な respiration sparing effect であるが、S.C.C. 投与を反復するにつれて、図にみられる如く、この効果は減弱してゆき、5回目以後の投与では twitch response の回復がむしろ早くみられるようになってくる。いずれにしても、twitch response と呼吸の開始(呼吸気量の測定が可能となった状態)の時間的なずれは一般に3分以内であることが多い。

一方、S.C.C. 投与の反復によって、twitch response の再現から完全回復にいたる回復の speed も著しく遷延してくる。6回目の S.C.C. の投与後の回復を例にとると、initial twitch の発現後20分を経ても control の30%の回復しかみとめられない。これに反して、1回呼吸気量はその時点で60%の回復を示している。すなわち、量的にも respiration sparing effect が存在していることがうかがわれる。

このようにして、M波の振幅と呼吸気量すなわち横隔膜で代表される呼吸筋活動は、脱分極性筋弛緩剤の反復投与によって惹起される、いわゆる phase II block の状態下では、かなりの相関関係を有しながら変化することが明らかにされた。

IV. S.C.C. の二相性作用と twitch response の変化

筋弛緩剤のうちでも、S.C.C. は臨床的にもっとも使用頻度が高いが、使用量の増大とともに、神経筋接合部における作用が二相性に变化し、作用が遷延してくる。この現象が phase II block あるいは desensitization block と称されるものであるが、著者等は twitch response の連続記録を行なうことによって、種々の条件の神経刺激に対する反応態度の変化をうかがった。図7は S.C.C. 1.0 mg/kg を反復投与した症例での、tetanus 刺激および低頻度刺激に対する electrical twitch response の態様の推移を示したものである(図7)。投与前の記録においては、50 cps 以下の頻度の tetanus 刺激に対して、Wedensky の抑制はみとめられないが、100 cps の頻度の場合には軽度に発現している。低頻度刺激時には twitch height の変化はみとめられない。S.C.C. 1.0 mg/kg 投与後の twitch response の回復は速やかであるが、種々の頻度の tetanus 刺激に対して、すべて Wedensky の抑制が発現している。そして、図のCにみられるように S.C.C. の投与量が 2.0 mg/kg に達すると、30ならびに 50 cps の tetanus 刺激に対して、

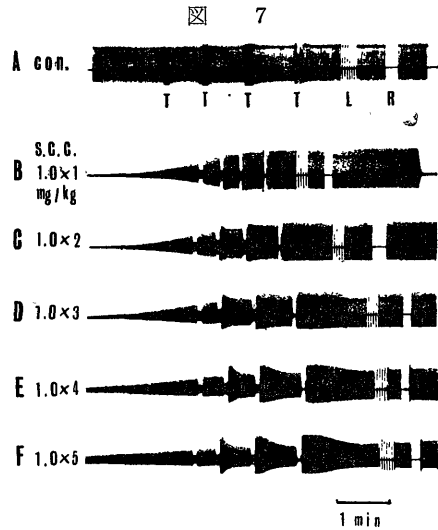


図 7 S.C.C. 反復投与時の electrical twitch response の各種刺激条件に対する反応の推移

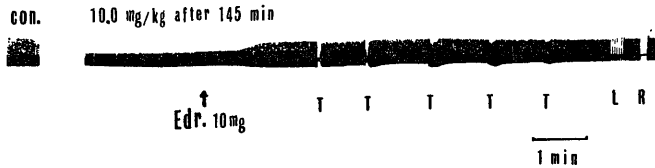
Aは control. B以下は S.C.C. 反復投与に対する変化。数字は投与量×回数(累積投与量)。Tは tetanus 刺激(左から 10, 30, 50, 100 cps)。Lは 0.3 cps の低頻度刺激。Rは刺激中断。

わずかに PTF が惹起されているが、投与量が 3.0~4.0 mg/kg を超えると、図のD, Eに示す如く PTF は益々顕著になり、ついには図のE, Fにみられる如く、低頻度刺激時にも twitch height の増高をみとめるようになる。また、刺激を一端中絶した後、再開すると、いわゆる postrest facilitation (PRF) も発現するようになる。すなわち、図のE, Fで表わされている状態が、S.C.C. の phase II block に相当する変化である。この状態の出現に要する時間的因子に関しては、症例によって変動が大であり、むしろ相当量の S.C.C. の投与に要する時間としてしか規定できない。

このような phase II block に移行した場合には、本来非脱分極性筋弛緩剤に対してのみ効果があるとされている edrophonium の投与が、S.C.C. による麻痺に対しても拮抗作用を発現するにいたる(図8)。そして edrophonium の投与によって、twitch height が著るしく増高するのみでなく、50 cps 以下の頻度の tetanus 刺激に対する Wedensky の抑制も再現し、低頻度刺激に対する増高現象や PRF はみとめられなくなる。この際、呼吸運動もそれに伴って活潑化してくる。

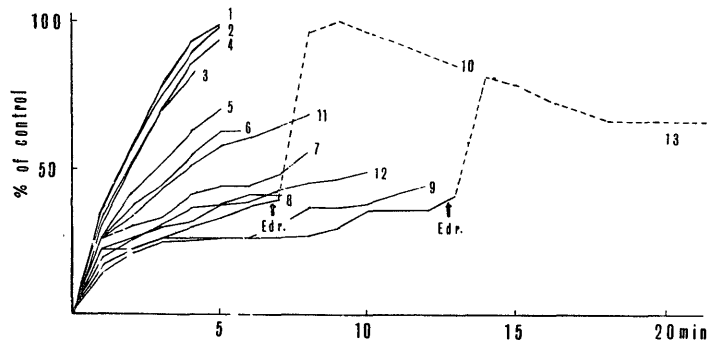
図9は、S.C.C. を反復投与した場合の twitch response の回復について、initial twitch の発現とそれ以後の過程を各回毎にあらわしたものである(図

図 8



S.C.C. による phase II block の際にみられる edrophonium の拮抗効果と, tetanus 刺激 (左から 300, 100, 50, 30, 10 cps) に対する twitch の変化
左端は control.

図 9



S.C.C. を反復投与した場合の electrical twitch response の回復曲線
各回毎に initial twitch の発現をみた時間を 0 とする. 图中的番号は投与順位. 点線は edrophonium 投与後の回復過程を示す.

9). 第5回目の投与後 (S.C.C. の累積投与量 5.0 mg/kg), 完全な phase II block への移行が確認されたが, 回復過程そのものは段階的に遅延してゆき, ついには edrophonium による拮抗が発現してくる. このような拮抗効果は, 図9の No. 10および13にみられるように, 常にある程度の rebound 現象を伴ってはいるものの, 直ちに元の状態に戻ることなく, 数10分にわたって拮抗効果が持続していることがわかる (図9の No. 11, 12).

このような S.C.C. の二相性作用の発現は, 投与臨床例16例のすべてにみとめられ, S.C.C. の累積投与量が 3.0 mg/kg 以上になると, phase II block への移行が明らかとなってきた. したがって, twitch response の連続記録を採取することによって, このような推移と変化の度合いをいち早く知ることが可能であり, 拮抗剤の投与が有効であるか否かの予測も容易である.

考 察

麻酔学領域に筋弛緩剤が導入されて以来, 神経筋伝導遮断の臨床的評価に関して, いくつかの monitor-

ing 方式が考案されてきた. Unna ら⁷⁾が dynamometer によって, 人の握力を測定したのに始まり, Thesleff⁸⁾は脱分極性筋弛緩剤の使用時に, 尺骨神経の電気刺激による手指運動を記録し, 有用な方法であると報告している. 一方, Poulsen ら⁹⁾や Churchill-Davidson ら¹⁰⁾は運動神経刺激による誘発筋電図M波を twitch response として記録する方法を採用した. さらに, Hampton ら¹¹⁾は, 前脛骨筋に tetanizing current を通じ, 筋運動を観察, 触診することによって, 筋弛緩の評価が可能であるとした. Bendixen ら¹²⁾は, 筋の residual weakness を明らかにするために, inspiratory force を測定している. 近年にいたって, Fink¹²⁾は腹筋弛緩の指標として, その IEMG の記録が最適であると結論している. 以上挙げた方法のうちで, 現在, 臨床研究によく用いられているものは, 誘発筋電図および abdominal IEMG の記録である.

さて, 神経筋伝導遮断の度合いを測定する方法を吟味する場合に, 古くから論議されてきた問題として, 筋電図と筋の張力の関係に言及しておく必要がある. 筋の電氣的興奮性と機械的な活動性ないし張力とは,

異なった次元の現象である。Rosenbluth ら¹³⁾は、ネコの縫匠筋で、Loofbourrow¹⁴⁾は同じく前脛骨筋で実験を行ない、支配神経刺激によって間接的に筋を興奮せしめた場合、その活動電位の振幅と筋の張力との間には、一定の相関関係が存在しないことを確認した。この所見は、Adrian ら¹⁵⁾のネコの横隔膜の収縮力は、活動電位の振幅ではなく motor unit の活動数と発射頻度に依存しているという古い実験事実を裏付けるものである。

一方、Inman ら¹⁶⁾はヒトの上腕二頭筋の等尺性収縮時において、筋の張力は IEMG と平行するが、direct EMG とは相関がないと述べている。Lippold¹⁷⁾もまた、ヒトの腓腹筋の等尺性随意収縮時には、筋の張力と IEMG との間には直線的な相関関係が存在するという事実を観察している。Bigland ら¹⁸⁾¹⁹⁾は、やはりヒトの腓腹筋において、一定速度で収縮する場合にも、IEMG と張力は直線的相関を示すが、motor unit の発射頻度と張力の関係は S 状 curve を描くことを認め、収縮力の増大は motor unit の recruitment に帰せられると結論している。また、Katz ら²⁰⁾は、ネコにおいて、横隔膜の IEMG と 1 回呼吸量は平行して変化する事実をみとめている。

以上挙げた諸家の成績からすると、筋の活動電位とその張力は相関関係に乏しいが、IEMG は張力をよく反映していることになる。外科手術という見地からすれば、理論的には abdominal IEMG の測定が筋弛緩に影響するすべての因子の総合的集積をあらわしているのであるが¹⁾²⁾、実地臨床上、その記録は技術的に困難である。一方、Katz³⁾も述べているように、IEMG は筋の自発性電位であり、麻酔剤の影響を強く受け、さらに、求心性知覚衝撃および中枢から下行性の衝撃によっても影響されるので、筋弛緩剤による神経筋伝導遮断の態様のみを純粹に捉えるためには必ずしも適当ではない。この点では、呼吸気量の測定もこれと似た条件を有している。

これに反して、運動神経刺激による誘発筋電図あるいは mechanical response の記録は、純粹に神経筋接合部の機能のみを捉え得る利点がある。

著者等の検索結果が示している如く、臨床上想定されるような状態下においては、筋の誘発反応は、電氣的に記録されたものであれ機械的に記録されたものであれ、筋の張力、したがって筋の弛緩の程度をほぼ反映していることは明らかである。そして、この関係は、S.C.C. の反復投与による phase II block の発現時にはより密接となる。

誘発筋反応のうちで、electrical response と me-

chanical response のいずれの記録方法が優れているかについては、Botelho²¹⁾は後者の方法が筋の張力を反映しており、したがって、より敏感に変化に感じ得ると述べている。また、麻酔からの回復過程において、活動電位の出現以前に mechanical response が発現するのが、しばしばみとめられたとしている。Katz³⁾もまた、詳細に両方法を検討し、Botelho の見解を支持し、さらに、技術的にも経済的にも mechanical response を選ぶべきであると論じている。

著者らの成績では、いずれの方法を用いても安定した長時間記録が可能であり、M波の記録には、表面電極を用いているので、患者に対して何等の障害をのこさないことも利点である。しかし、筋弛緩剤使用後の twitch response の回復過程において、一般に mechanical response が electrical response よりも早く再現することがみとめられ、この点では、前者の方法がより敏感であるといえる。

近年、脱分極性筋弛緩剤の普及につれて、その二相性作用²²⁾⁻³⁰⁾が注目されるようになった。すなわち、S.C.C. の投与を反復した場合、ついには終板部に対する脱分極性作用が転じて、非脱分極性の特徴をあらわすはいたるのである。この変化は、phase II block あるいは desensitization block と呼ばれており、その本態に関してようやく解明の糸口が見出されつつある³¹⁾³²⁾。Phase II block においてみとめられる S.C.C. の作用の遷延現象を臨床的に検討するには、誘発筋反応の連続記録による monitoring が適している。長時間の麻酔中の記録に際しても twitch height は血液成分の変化や、麻酔の影響を受けることが少ないのが特徴的である³⁾³³⁾。

著者は現在、この方法を用いて、S.C.C. の二相性作用について臨床的に検討中であるが、その詳細は後報にゆずりたい。

結 論

12歳より80歳にわたる18例の患者について、全身麻酔中に、極大尺骨神経刺激による誘発筋電図(M波)ならびに筋の mechanical response の polygraphic recording を連続的に行ない、筋弛緩剤による神経筋伝導遮断度ないし筋弛緩度の評価に関する有用性について検索を加え次ぎの成績を得た。

1. M波の振幅を electrical twitch response とし、また筋運動の大きさを mechanical twitch response として記録し、その波高の変化を問題とした場合、筋弛緩剤投与時には両者ともに神経筋伝導遮断度ないし筋弛緩度と比例して変化した。

2. 二つの方法の間には、筋弛緩剤投与による神経筋伝導の変化の monitoring 方式としては、技術的ならびに理論的に優劣がみとめられなかった。

3. Twitch response と 1 回呼吸気量とを同時に測定すると、脱分極性筋弛緩剤である S.C.C. では、投与量が少ないときには平行関係に乏しいが、投与量が累積、増加するにつれて相関が密になってくることが明らかにされた。

4. S.C.C. の二相性作用の検索にこの方式を応用した場合、臨床的に神経筋伝導の態様を詳しく知ることが可能である。また、S.C.C. によって遷延性呼吸抑制が発現した場合、拮抗剤投与の適否を正確に判断することも可能である。

5. さらに、誘発筋反応を筋弛緩剤投与の指標として臨床的に使用する場合の可能性について論及した。

稿を終るにあたり、種々御意見を賜わった元整形外科学教室講師清水信之氏をはじめ終始御協力をいただいた研修医佐藤隆氏、中央手術部中村敏夫氏ならびに麻酔学教室本村京子嬢に深く感謝する。

文 献

- 1) Fink, B.R. : *Anesthesiology*, 21, 178 (1960),
- 2) Fink, B. R. : *Brit. J. Anaesth.*, 33, 555 (1961).
- 3) Katz, R. L. : *Anesthesiology*, 26, 204 (1965).
- 4) Ngai, S. H., Hanks, E. C. & Farthie, S.E. : *Anesthesiology*, 26, 162 (1965).
- 5) Gissen, A. J., Karis, J. H. & Nastuk, W. L. : *JAMA.*, 197, 770 (1965).
- 6) de Jong, R. H., Hershey, W. N. & Wagman, I. H. : *Anesthesiology*, 28, 382 (1967).
- 7) Uuna, K. R., Pelikan, E. W., Macfarlane, D. W., Carort, R. J., Sadove, M. S., Nelson, J. T. & Drucker, A. P. : *J. Pharmacol. Exper. Therap.*, 98, 318 (1950).
- 8) Thesleff, S. : *Acta physiol. Scand.*, 25, 348 (1952).
- 9) Poulsen, H. & Hougs, W. : *Lancet*, 2, 199 (1952).
- 10) Churchill-Davidson, H. C. & Richardson, A. T. : *Royal Soc. Med.*, 45, 179 (1952).
- 11) Hampton, L. J., Little, D. M., Rodabaugh, G. S. & Chaffe, W. R. : *Anesthesiology*, 16, 67 (1955).
- 12) Bendixen, H. H., Surtees, A. D., Oyama, T. & Bunker, J. P. : *Anesthesiology*, 20, 121 (1959).
- 13) Rosenbluth, A., Willis, J. H. & Hoagland, H. : *Amer. J. Physiol.*, 133, 724 (1941).
- 14) Looffbourrow, G. N. : *J. Neurophysiol.*, 11, 153 (1948).
- 15) Adrian, E. D. & Bronk, D. W. : *J. Physiol.* 66, 81 (1928).
- 16) Inman, V. T., Ralston, H. J., Saunders, C. M., Feinstein, B. & Wright, E. W. : *EEG. Clin. Neuropsychiol.*, 4, 187 (1952).
- 17) Lippold, O. C. J. : *J. Physiol.*, 117, 492 (1952).
- 18) Bigland, B. & Lippold, O. C. J. : *J. Physiol.*, 123, 214 (1954).
- 19) Bigland, B. & Lippold, O. C. J. : *J. Physiol.*, 125, 322 (1954).
- 20) Katz, R. L., Fink, B. R. & Ngai, S. H. : *Proc. Soc. Exper. Biol. Med. N. Y.*, 110, 792 (1962).
- 21) Botelho, S. Y. : *Amer. J. Med.*, 19, 693 (1955).
- 22) Zaimis, E. J. : *J. Physiol.*, 122, 238 (1953).
- 23) Jenden, D. J. : *J. Pharmacol. Exper. Therap.*, 114, 398 (1955).
- 24) Brennan, H. J. : *Brit. J. Anaesth.*, 28, 159 (1956).
- 25) Foldes, F. F., Wnuck, A. L., Hamer-Hodges, R. J., Thesleff, S. & de Beer, E. J. : *Anesth. and Analg.*, 36, 23 (1957).
- 26) Churchill-Davidson, H. C. & Christie, T. H. : *Brit. J. Anaesth.*, 31, 290 (1959).
- 27) Churchill-Davidson, H. C., Christie, T. H. & Wise, R. P. : *Anesthesiology*, 21, 144 (1960).
- 28) Katz, R. L., Wolf, C. E. & Papper, E. M. : *Anesthesiology*, 24, 784 (1963).
- 29) Cruil, J. F., Long, G. F., Brunner, E. A. & Coolen, J. M. W. : *Anesthesiology*, 27, 729 (1966).
- 30) 片岡敬文 : *東北医誌*, 73, 295 (1966).
- 31) Gissen, A. J., Katz, R. L., Karis, J. H. & Papper, E. M. : *Anesthesiology*, 27, 243 (1966).
- 32) Gissen, A. J. & Nastuk, W. L. : *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 135, 184 (1966).
- 33) Katz, R. L. & Wolf, C. E. : *Anesthesiology*, 25, 781 (1964).

Abstract

18 patients ranging in age from 12 to 80 years were studied during general anesthesia. The electrical and mechanical responses of the adductor pollicis muscle caused by supramaximal stimulation of the ulnar nerve were continuously recorded to determine the usefulness of their application as a guide to the muscle relaxation produced by neuromuscular blocking agents. The results were as follows :

1) The twitch height of the evoked muscle responses, either electrical or mechanical, changed equally parallel to the degree of muscle relaxation caused by the neuromuscular blocking agents, especially in the phase II block induced by succinylcholine chloride (S.C.C.).

2) As to the method of recording of muscular responses, no clinical and technical superiorities could be found between electrical and mechanical twitch responses.

3) The correlation between the degree of depression of tidal volume and evoked muscular responses was not so significant during the phase I block induced by S.C.C.. But, after repeated administration of S.C.C. and concomitant development of the phase II block, the correlation became more significant.

4) The above-mentioned results led to the conclusion that the skeletal muscular responses evoked by motor nerve stimulation were an accurate guide to the appreciation of the muscle relaxation produced by neuromuscular blocking agents during general anesthesia.