

# 硬膜外麻酔における腹壁弛緩の客観的評価法に関する研究

東京慈恵会医科大学麻酔科学講座

丹羽 晴久 Ahmed Ashraf Abdel Kader 熊谷 雅人  
須永 宏 庄司 和広

(受付 平成 15 年 2 月 8 日)

## EVALUATION OF ABDOMINAL MUSCLE RELAXATION WITH A MODIFIED RETRACTOR DURING EPIDURAL ANESTHESIA

Haruhisa NIWA, Ahmed Ashraf Abdel Kader, Masato KUMAGAI,  
Hiroshi SUNAGA, and Kazuhiro SHOJI

*Department of Anesthesiology, The Jikei University School of Medicine*

Epidural anesthesia is produced by injecting a local anesthetic agent into the epidural space, an extremely narrow space between the ligamentum flavum and the dura mater. Epidural anesthesia, which is a popular anesthetic technique, blocks the anterior and posterior horns and produces both analgesia and muscle relaxation. Muscle relaxation during epidural anesthesia has not been clarified because muscle relaxation is difficult to monitor. However, monitoring of muscle relaxation is essential for drug control during epidural anesthesia. We have created an abdominal muscle relaxation (AMR) recorder from a modified retractor and examined the efficacy of this AMR recorder by examining AMR changes caused by mepivacaine and bupivacaine injected via an epidural catheter. Our results show that the muscle-relaxation effect of 2% mepivacaine is stronger than that of 0.5% bupivacaine.

(Tokyo Jikeikai Medical Journal 2003; 118: 145-51)

Key words: epidural anesthesia, motor neuron, local anesthetic agents

### I. 緒 言

1921年にPage's<sup>1)</sup>が硬膜外腔の確認法として黄靱帯を通過する感覚, loss of resistanceを論文に記載し, この狭い空間に麻酔薬を投与する麻酔法, 硬膜外麻酔を普及させた。この麻酔法は単独で施行される場合もあり, また全身麻酔に併用されることもある。今日臨床的に頻用されている麻酔法の1つである。

この麻酔法は鎮痛効果を主目的としているが, 手術中に筋弛緩効果が得られるという利点もある。この筋弛緩作用により術野が広く確保され, 末梢性筋弛緩薬を用いずに手術を円滑に施行でき

る。硬膜外麻酔の鎮痛効果に関する研究は非常に多いが, 硬膜外麻酔の筋弛緩効果に言及した研究は少ない。その第一の理由として, 筋弛緩効果を客観的に評価するモニターの開発における困難さがある。第二には, 硬膜外麻酔によって運動神経ブロックが起きても, ブロックの上限が横隔膜筋にまでは及ばず呼吸抑制の問題が軽微のため, 麻酔医の関心を集めなかったためである。しかし我々は筋弛緩効果のモニターは術中, 術後の薬剤管理の面から必要と考え, 硬膜外麻酔時における腹壁弛緩の程度 (abdominal muscle relaxation = AMR) を客観的に測定できる AMR 測定器を製作した。さらにこの装置を用いてメピバカインと

ブピバカインを用いた硬膜外麻酔時における両薬剤の AMR の比較を行ない、この AMR 測定器の有用性を検討した。

## II. 対象と方法

ASA (American Society of Anesthesiology) 分類の 1 より 2 度、年齢は 25 歳より 40 歳までの卵巣嚢腫、子宮筋腫など下腹部婦人科手術を受ける 20 名を対象とした。この研究に当たり、この研究の内容については東京慈恵会医科大学倫理委員会の承認を得た。また研究対象になる患者から文書による承諾書を得た。20 名の患者背景を Table 1 に示した。いずれの患者も神経筋疾患の既往、家族歴がなく、心機能、肝機能に異常は認められなかった。麻酔法は全身麻酔と硬膜外麻酔を併用した。この麻酔時、硬膜外麻酔時投与されたブピバカインとメピバカインの AMR の程度を AMR 測定器を用いて測定した。

前投薬として、硫酸アトロピン 1.0 mg、ジアゼパム 10 mg を入室 90 分前に経口投与した。神経筋ブロックモニターとして、尺骨神経に単収縮刺激 (0.1 Hz, 刺激巾 0.3 msec) を与えて拇指内転筋の mechanical twitch response (MTR) をアクセログラフ (NIHON ORGANON) で観察記録した。刺激装置は TOF ガード (NIHON ORGANON)、記録装置はオムニライト (8M36, NEC SANEI) を用いた。

入室後、患者を側臥位にし、正中法にて loss of resistance を確認後、Touhy 針を Th12 と L1 間に穿刺、硬膜外腔に硬膜外カテーテルを挿入した。カテーテル先端を頭側に 5 cm の位置に固定した。

麻酔導入は 1.5~2.0 mg/kg のプロポフォール (1.5~2.0 mg/kg) とフェンタニル (2.0  $\mu$ g/kg) を投与し、麻酔深度によって適宜フェンタニルの追加投与を行なった。気道確保のためにラリンジアルマスクを挿入した。酸素 40%、笑気 60% にて人工換気を行なった。サクシニルコリン 0.1 mg/kg

を投与し、MTR により単収縮が零を確認後、執刀、開腹鉤を挿入した。術者は AMR 測定器付き開創鉤をひろげて、手術を開始した。

### 1. AMR を用いた臨牀的測定法 (Fig. 1)

手術、AMR 測定を始めるにあたって開創鉤を創部に挿入するが、開創鉤をいれるためには開創鉤の両側にかかる荷重が小さい状態が必要である。この状態を作るにはサクシニルコリンを投与して、腹壁筋の弛緩を最大にした。最大弛緩が得られたか否かは、尺骨神経刺激による拇指内転筋の MTR をストレインゲージで計測し、MTR が零になった時点で判定した。腹壁筋は、脱分極性筋弛緩薬のサクシニルコリンで完全に弛緩が得られた。この時の AMR は最小荷重 (kg) で記録計に表示され、この時を 0% 張力とした。短時間作用性のサクシニルコリンの作用が消退するにつれて、開創鉤に荷重が増加していくので、最大張力を測定した。この時点はサクシニルコリンの効果が消失した状態の AMR である。この状態も MTR が 100% 回復した時点から判定した。この時、蝶番の部分に貼られているゲージは AMR 最大荷重 (kg) を示し、mmAMR を 100 とした。各人によって腹壁の張力が異なるので、データの比較は % 変化 (% MTR) で行った。

### 2. AMR の構造、機能

これは Fig. 2 の A に示すように開腹手術に用いる開創器を改造したものであり、蝶番を支点に鉤が開閉する。この支点の部分に 4 枚 (A, B, C, D) のヒズミゲージ (SHOWA-SOKKI, 型名 N11-MA-1-350-11) が貼られてある。開かれた鉤に両側腹筋から荷重がかかると、このヒズミ計に作用する。ゲージパターンは抵抗値 350  $\Omega$ 、ゲージ率 2.0、グリット (width 2.4 mm, length 1.0 mm)、ベース (width 4.0 mm, length 5.0 mm)、2 枚のヒズミゲージに挟んだ板に荷重がかかると 1 枚の板は抵抗が増加し、もう 1 つの板は抵抗が低下する。これにより、微小な抵抗変化をブリッジ回路 (Fig. 2 の B) を用いて検知し、この電気抵抗の変化を電気信号に変えて荷重の強さをモニターした。200 g, 500 g の分銅をヒズミゲージに荷重し、その時の電気変化から実際の記録変化をグラムで表現した。

Table 1. Patient profile

	Case	Age	Height	Body weight
I	10	34 $\pm$ 6	156 $\pm$ 8	52 $\pm$ 6
II	10	35 $\pm$ 5	155 $\pm$ 6	52 $\pm$ 4

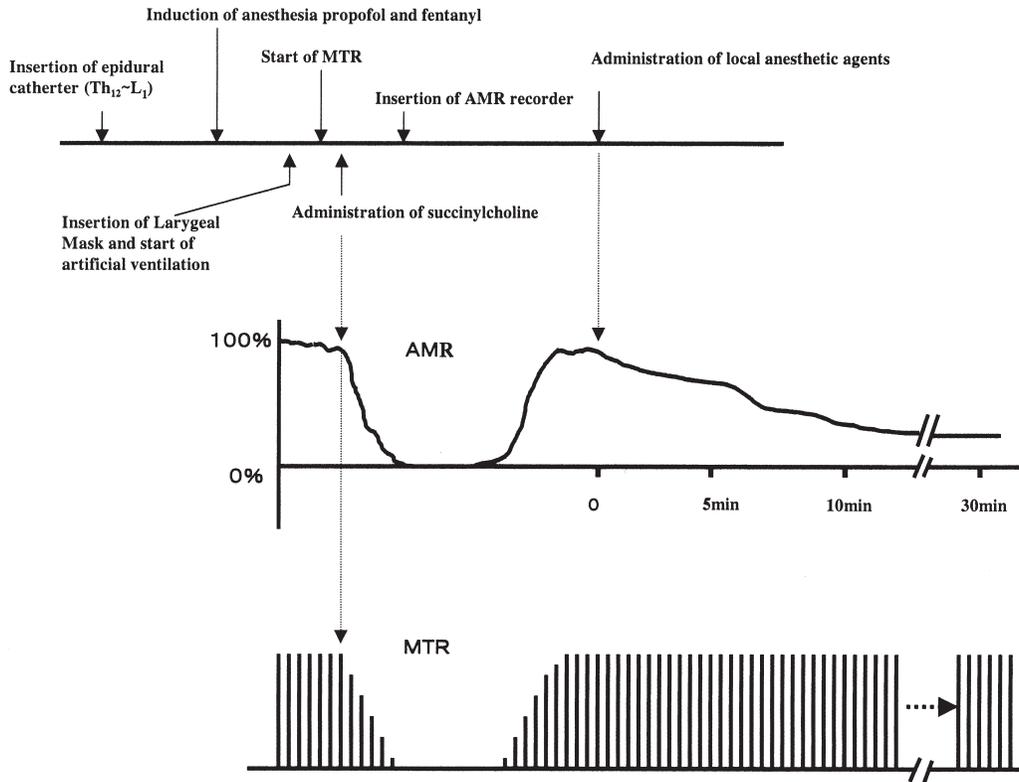


Fig. 1. Study process.

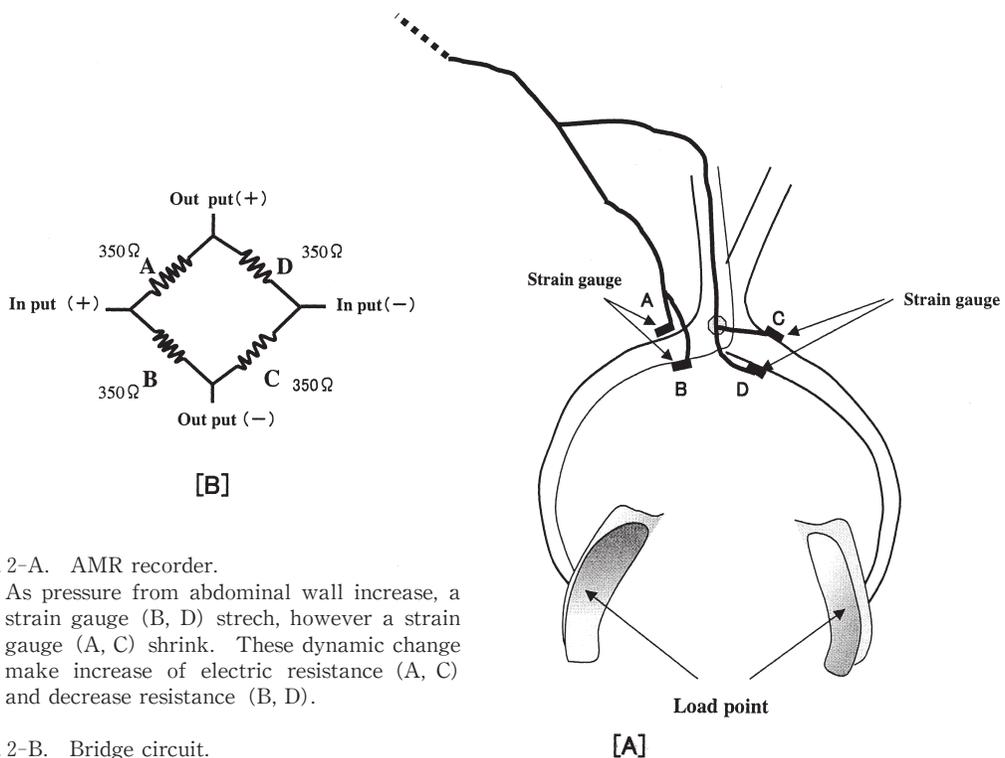


Fig. 2-A. AMR recorder.

As pressure from abdominal wall increase, a strain gauge (B, D) stretch, however a strain gauge (A, C) shrink. These dynamic change make increase of electric resistance (A, C) and decrease resistance (B, D).

Fig. 2-B. Bridge circuit.

### 3. 局所麻酔薬による MTR 変化の求め方 (Fig. 1)

局所麻酔薬による AMR の用量反応曲線を作成するためには、Fig. 1 に示すように MTR がサクシニルコリンによるブロックから回復した状態、すなわち単収縮が回復の状態から始めた。硬膜外カテーテルからメピバカインまたはブピバカインを投与して硬膜外麻酔を開始し、経時的に AMR が減少していく変化を測定した。AMR の絶対値は個人によって様々であるので、絶対値の比較は行わず、相対的な変化率を比較した。第 1 群は 2.0% メピバカイン 12 ml 投与群、第 2 群は 0.5% ブピバカイン 12 ml 投与群である。

統計処置は多重比較 (Turkey-Kramer 法)、t 検定法を行い、 $p < 0.05$  で有意差ありとした。

## III. 結 果

### 1. AMR

30 名の局所麻酔薬投与前の AMR は  $3.1 \pm 11.1$  kg (mean  $\pm$  SD) であった。

### 2. 2 群の % AMR の測定変化 (Fig. 3)

局所麻酔薬によって AMR が変化しているのが示されている。経時的にみると % AMR が低下

している。対照値は、局所麻酔薬投与前の % AMR を 100 とした。第 1 群では、2.0% メピバカイン投与後 5, 10, 15, 20 分後の % AMR は  $65.8 \pm 6.6\%$ ,  $43.2 \pm 5.8\%$ ,  $35.4 \pm 7.1\%$ ,  $24.4 \pm 5.9\%$  (mean  $\pm$  SD) であった。第 2 群では 0.5% ブピバカイン投与後 5, 10, 15, 20 分後の % AMR は  $81.4 \pm 5.2\%$ ,  $60.2 \pm 3.2\%$ ,  $48.4 \pm 5.5\%$ ,  $36.0 \pm 4.7\%$  (mean  $\pm$  SD) であった。推計学的に有意にメピバカインの方がブピバカインに比べ張力の抑制効果が強く示されている。

### 3. 作用発現時間 (Fig. 4)

AMR が減少していき % AMR が 50% に達するまでの時間を作用発現時間 (onset time) とした。第 1 群のメピバカインでは  $15.4 \pm 6.4$  分、第 2 群のブピバカインでは  $22.7 \pm 5.4$  分であった。メピバカインの方が推計学的に有意に作用発現時間が短かった。

## IV. 考 察

硬膜外麻酔では、脊髄の後角のみならず運動神経の細胞体がある前角をも局所麻酔薬でブロックする。したがって運動神経もブロックされる。こ

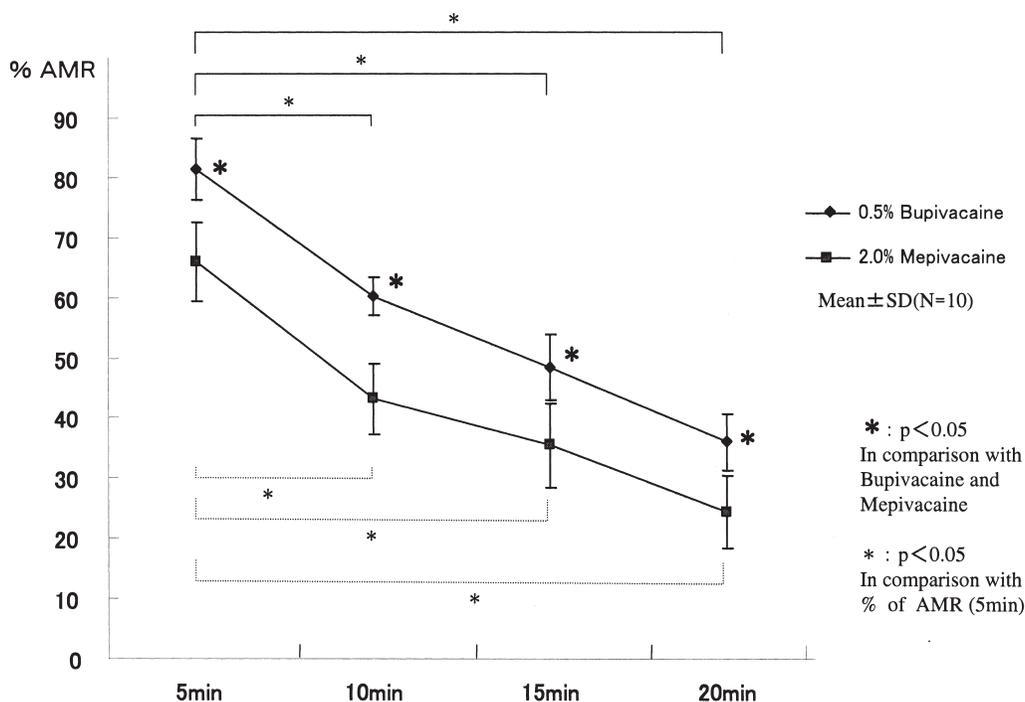


Fig. 3. Percent change of AMR after administration of Bupivacaine and Mepivacaine.

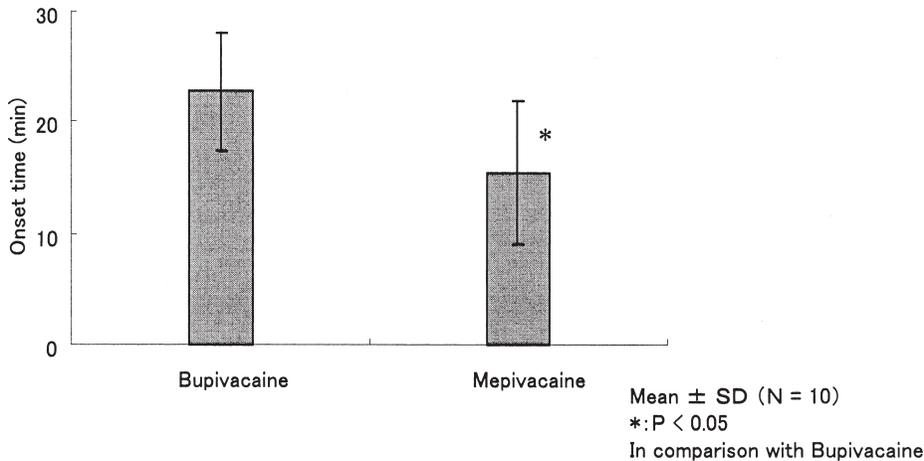


Fig. 4. Onset time of abdominal muscle relaxation.  
Onset time: Time to 50% of AMR.

の運動神経ブロックの効果のモニター法として考えられる方法に、腹筋からの筋放電を記録する筋電計による方法があるが、術中に用いる電気メスのノイズ、手術操作による電極の不安定性などの問題があり、筋電図由来の情報取得には困難がある。誘発筋電計を用いる方法もある<sup>2)</sup>。これは脊髄前角より出ている運動ニューロンの機能を観測する方法である。筋肉の支配神経を刺激し、この刺激に対する応答波形がMとF波である。後者のF波は刺激が脊髄前角にまで逆行して前角経路で生ずる波形である。このF波の変化を調べると前角運動ニューロンに対する影響が推察される。この方法によって各種吸入麻酔薬の運動ニューロンに対する効果を調べた研究がある<sup>3)4)</sup>。この方法によって硬膜外麻酔の運動ニューロンを調べる場合は、その支配神経と筋肉の組み合わせについて検討する必要がある。下肢の筋肉なら坐骨神経と腓腹筋との組み合わせもその1例である。開腹手術の場合には、腹直筋、外腹斜筋などについて、腹壁の弛緩の程度をモニターしたいのであるが、これらの筋の支配神経を刺激することは臨床的に困難である。誘発筋電図を腹筋に関して測定することは難しい。

そこで今まで硬膜外麻酔時、運動ニューロンによるブロックによる筋弛緩の程度を評価する方法として、Bromage Scale<sup>5)</sup>がある。この方法は患者に指示を与え、下肢と膝を動かすことができない状態を運動ニューロンブロック100%、膝は曲

がらないが足関節を動かせる状態をブロック66%、下肢を持ち上げられない状態をブロック33%、膝完全屈曲が膝、下肢で行なえる状態をブロック0%としている。RAM (Rectus Abdominal Muscle) test<sup>6)7)</sup>もある。この方法では、患者が仰臥位の位置より頭の後ろに手を組んで座位の位置に起き上がれば100%腹筋緊張、手を伸ばして座位の位置に起き上がれば80%腹筋緊張、肩しか持ち上がらない状態では40%腹筋緊張、腹部を触れるとその部分が緊張する状態では20%腹筋緊張がそれぞれ残存しているとみなす。以上の方法ではその判定を患者の運動能力を肉眼で判定しているが、この判定を下肢に取り付けたダイナモメータで判定する方法もある<sup>8)</sup>。Bromage scoreは下肢の運動ニューロンを中心にみている。それに対しRAM testは腹筋の運動ニューロンを中心にみている。開腹手術の場合には、下肢の運動ニューロンブロックより腹筋の運動ニューロンの麻痺の程度を観察したいので、RAM testの方がその目指す方向は我々と同じである。これらの方法は簡便に行なえるという利点はあるが、いずれにせよ患者の協力が必要であり、筋肉の発育程度、下肢の重さ、検者の判定主観などの要素がはいる。無意識下、手術中では測定できず、全身麻酔と硬膜外麻酔中の筋弛緩の判定、術中の経時的な変化などには用いることはできない。手術中の薬剤投与下で弛緩をモニターする方法がないのが現状である。

我々の考案した AMR 測定器は手術に用いる開創鉤を改良したものである。我々の AMR とは開創器に両側の筋肉からかかる荷重の強さをヒズミ計でとらえ、神経刺激の必要がない。開創器は手術に用いるものであり、外科医には抵抗なく協力が得られる。患者の腹筋の緊張度が患者の協力なしに客観的数値として表される利点がある。欠点は開創器を使わねばならない開腹手術に限られ、対照値をとるのが難しい点である。後者の理由は術者が開きの程度を決める際、鉤の開閉の程度は創部の大きさ、筋肉の厚さ、術者の好みなどによって様々であり、AMR 測定器にかかる初期荷重が一定でない。

測定は手術中でもあり、そこで AMR が一番強い状態と一番弱い状態を筋弛緩薬サクシニルコリンで作った。一番強い状態とはサクシニルコリンによるブロックより回復した状態である。この状態から硬膜外麻酔によって腹壁の緊張度が 2 剤の薬剤によってどの位減少するかを測定した。

2% メピバカインと 0.5% プピバカイン投与後の AMR の変化は Fig. 3 に示されるように 2% メピバカインの方が抑制が強く現れている。高崎ら<sup>9)</sup>が Bromage score を用いてメピバカインとプピバカインの下肢運動制限の程度を調べている。それによると両薬剤の投与後 30 分で、2% メピバカインは 35%、0.5% プピバカインでは 11% とメピバカインの方が運動制限が強く現れている。この結果は我々の AMR を指標として結果と一致する。高崎らの報告<sup>9)</sup>と今回の報告を併せると、2% メピバカインの方が 0.5% プピバカインに比べて運動ニューロンの抑制が強い傾向がみられる。プピバカインには 0.75% も市販されている。高崎らは筋弛緩薬作用を必要とする手術では 0.75% プピバカインをすすめているように、0.5% プピバカインでは筋弛緩効果が弱いと思われる。作用発現時間に関しては本来なら AMR が最大ブロックを示す時間がよいが、AMR 50% までの時間としたのは最大時間まで待つと手術が進行し、体温の変化、出血など影響が現れてくるので、50% までの時間とした。2% メピバカインの方が 0.5% プピバカインよりも作用発現時間が短い結果が出ている。この説明としてプピバカインの固有効力が高いにもかかわらず、メピバカイン

(pKa=7.6)の方がプピバカイン (pKa=8.1) に比べて pKa 値が低く、神経膜透過性が高いことと<sup>10)</sup>、用いたプピバカインの濃度がメピバカインよりも低濃度であったことに起因していると考えられる。

AMR 測定器を用いることにより、硬膜外チューブより投与された局所麻酔薬による腹壁の弛緩度を客観的に測定することができ、追加の時期、追加の必要性の有無などの情報が得られた。今回は作用発現のみの測定になったが、今後は追加投与、回復過程などの情報を集めてみたい。

## V. 結 語

我々の考案した腹壁弛緩測定装置は、硬膜外麻酔によって生ずる腹壁の弛緩の程度を経時的に客観的に測定できた。この装置を用い 2% メピバカイン製剤と 0.5% プピバカイン製剤の腹壁の弛緩度、すなわち運動ニューロンに対するブロックの程度を調べた。その結果 2% メピバカイン製剤の方が運動ニューロンのブロック作用が強く発現した。

## 文 献

- 1) Page's F. Anesthesia metamerica. Rev Sanid Mil Madr 1921; 11: 351, 385.
- 2) Rampil IJ, Mason P, Singh H: Anesthetic potency (MAC) is independent of forebrain structures in the rat. Anesthesiology 1993; 78: 707-12.
- 3) Friedman Y, King BS, Rampil IJ: Nitrous oxide depresses spinal F waves in rats. Anesthesiology 1996; 85: 135-41.
- 4) Zhou HH, Mehta M, Leis AA, Spinal cord motoneuron excitability during isoflurane and nitrous oxide anesthesia. Anesthesiology 1997; 86: 302-7.
- 5) Bromage PR. Epidural Analgesia. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 1978. p. 308.
- 6) Van Zundert A, Vaes L, Van der Aa P, Van der Donck A, Meeuwis H. Motor blockade during epidural anesthesia. Anesth Analg 1986; 65: 33-6.
- 7) Tuttle AA, Katz JA, Bridenbaugh PO, Quinlan R, Knarr RN. A double-blind comparison of the abdominal wall relaxation produced by

- epidural 0.75% ropivacaine and 0.75% bupivacaine in gynecologic surgery. *Regional Anesthesia* 1995; 20: 515-50.
- 8) Lanz E, Theiss D, Kellner G, Zimmer M, Staudte H-W. Assessment of motor blockade during epidural anesthesia. *Anesth Analg* 1983; 62: 889-93.
- 9) 高崎真弓, 河野美幸, 椎原康也, 小坂義弘, 片桐義博, 佐伯孝雄. 0.75% プロピバカインによる硬膜外麻酔. *麻酔* 1985; 34: 82-7.
- 10) Feldman HS, Covino BG. Comparative motor-blocking effects of bupivacaine and ropivacaine, a new amino amide local anesthetic, in the rat and dog. *Anesth Analg* 1988; 67: 1047-52.