

Wake-up テ ス ト と 循 環 変 動

今 井 真* 小 村 好 弘* 華 岡 由 香 里*
横 田 祥* 劔 物 修*

要 旨

Wake-up テスト (テスト) を行った NLA 原法による40例につき、麻酔薬の投与量の違いによるテスト時の循環変動について検討した。テスト時に循環変動が著明であった15例と、安定していた25例に分け比較検討したところ、テスト時間は変動群で著明に長かった。変動群ではテスト時に収縮期血圧が 98 mmHg から 138 mmHg へ上昇したが、安定群では 100 mmHg から 103 mmHg と変化はなかった。ドロペリドールの投与量は変動群に有意に多く、フェンタニールの投与量は安定群に多い傾向をみた。さらに変動群では浅麻酔、輸血量不足、胸部圧迫による循環抑制が観察された。これらの結果より、循環変動を小さくし、円滑なテストを行うには、フェンタニールを主体にしドロペリドールを控えめにした麻酔方法に加えて、十分な輸血、適切な体位に配慮すべきであることが示唆された。

はじめに

脊柱側弯症に対する後方固定術の神経合併症の頻度は、Harrington¹⁾ が0.14%、Scoliosis Research Society²⁾ が0.72% (57/7, 885)、Hall³⁾ が1.8% (3/166) と報告している。このような重篤な合併症を防ぐ目的で、手術中に脊髓誘発電位測定 (SCEP) や wake-up テスト (以下テスト) が行われている。SCEP は(1)体温、(2)酸塩基平衡、(3)麻酔薬、(4)麻酔の深度、(5)血圧などの多くの因子により影響をうける⁴⁾ うえに、知覚神経のみの検索である。そのために運動神経の損傷の有無を確

実に判定できる手段としてのテストが、脊髄外科の手術中に広く用いられている^{3,5-10)}。テストでは、麻酔科医の指示に従って手術中に手足を動かせるために意識と筋弛緩の回復が必要となる。その際、苦痛感、不快感および術後の記憶を取り除くことが重要であり、麻酔方法についても種々の工夫がされている。初期の報告ではヒドロキシジン⁵⁾、メペリジン⁶⁾ が使用されており、その後モルヒネ⁷⁻⁹⁾、フェンタニール³⁾、さらにフェンタニールとモルヒネの持続投与¹⁰⁾ などが用いられている。

私共は主にドロペリドールとフェンタニールによる NLA 原法を使用し、テスト時の不快感、苦痛感、術後の記憶を取り除くことに成功してきたが、症例のなかにはテスト時の覚醒遅延や血圧上昇および低下などの循環系の大きな変動を観察することがあった。そこで、迅速な覚醒とともに循環系の変動を最少限度に抑える麻酔方法を知る目的で、これまでのテスト時の麻酔方法と循環変動につき retrospective な検討を加えた。

対象と方法

9才から54才までの平均年齢18才の、男性18人、女性22人の計40症例を対象とした。術式は胸腰椎後方固定術 (腹臥位) が30例、前方固定術 (右下半側臥位) が10例であった。腹臥位では、Relton-Hall フレーム (4点固定式) を使用した。麻酔方法は NLA 原法 (ドロペリドールとフェンタニール) に笑気麻酔を加え、収縮期血圧を 90~100 mmHg に保つように低血圧法を34例 (トリメタファン30例、ニトログリセリン4例) に併用した。術前回診においてテストの説明を行い承諾を得ている。テストでは、笑気の吸入を中止して麻酔科

*北海道大学医学部麻酔学教室

医の指示に反応し手足の動きを確認するまでの時間(テスト時間)を記録した。テスト中に収縮期血圧が 30 mmHg 以上変化する循環変動群と、ほとんど変化しない安定群に分けて、テスト時間、麻酔薬の投与量の比較を行った。術後回診において術中の記憶、テスト時の不快感、苦痛感の有無を確認した。

結 果

テストの結果、全例に足の動きが可能であり、術後の運動神経の障害はなかった。術後回診において、テスト中の記憶、不快感、苦痛感を訴えた症例はなかった。手術時間は平均4時間51分、麻酔時間は6時間20分であった。平均出血量は1,750 ml、輸血量は1,500 ml、輸液量は2,584 mlであった。

1. テストの結果：テスト開始までは平均3時間13分を要し、テスト時間は平均11分5秒であった。その際、ドキサプラムが6例に平均62 mg、またワゴスチグミンが7例に平均0.78 mg それぞれ投与されている。再入眠時には、笑気の吸入とともにサイアミラルを13例に平均90 mg、ジアゼパムを5例に平均8 mg それぞれ投与している。テスト開始までの出血量は平均1,040 mlであり、輸血量は700 mlであった。

2. テスト時の循環変動：40症例の収縮期血圧の変化は、表1のごとくであり、テスト中の有意な上昇を認めている。脈拍数はテスト中に増加傾向をみせた。これらの症例を、収縮期血圧が30 mmHg 以上変化する循環変動群15症例と、ほとんど変化しない安定群25症例に分けた。各群の血圧および脈拍数の変化を表1に示すが、変動群では、テスト前の収縮期血圧は低く脈拍数の増加傾向を伴っていた。変動群と安定群とで比較すると、テスト時間は、変動群で有意に長かった。年齢および体重では、両群間に差はみられなかった。ドロペリドールの投与量は変動群で有意に多く、フェンタニールの投与量は変動群で少ない傾向がみられた(表2)、ドキサプラムは変動群で15例中5例に、安定群では25例中1例に投与されていた。

循環変動群15例は麻酔記録の分析から浅麻酔型、輸血量不足型、胸部圧迫型の3型に分類することができた(図1)。浅麻酔型は、テスト時に覚醒刺激による血圧・脈拍数の増加があり、15例中11例にみられ、テスト後の再入眠によりテスト前に復帰した。輸血量不足型は2例にみられた。テスト開始時に一過性の血圧の上昇があり、再入眠後に血圧の極端な低下と脈拍数の増加を伴ったが、急速な輸血により対処できた。胸部圧迫型は2例にみられ、テスト後に血圧の極端な低下と脈

表1 循環系の変化

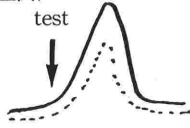
	pre	test	post
1) 全症例 (N=40)			
収縮期血圧 (mmHg)	104.5±14.8	124.2±20.6**	101.7±22.6**
脈拍数 (beats/min)	99.1±15.2	106.2±19.1	102.7±21.4
2) 循環変動群 (N=15)			
収縮期血圧 (mmHg)	98.8±11.5	137.6±20.7**	108.2±26.8#
脈拍数 (beats/min)	105.3±21.7	115.9±21.7	112.0±20.8
3) 安定群 (N=25)			
収縮期血圧 (mmHg)	108.8±15.7	117.7±16.1	102.7±18.4#
脈拍数 (beats/min)	96.7±14.7	99.2±15.2	95.2±17.9

**p<0.001 (pre vs test), #p<0.001 (test vs post), #p<0.01 (test vs post) mean±S. D.

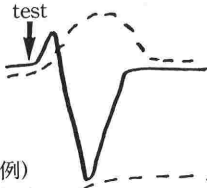
表2 循環変動群と安定群との比較

	変動群	安定群	
年 令 (歳)	19.9±12.2	16.8±7.3	n. s.
体 重 (kg)	44.7±11.0	46.8±9.6	n. s.
ドロペリドール (mg/kg)	0.213±0.038	0.181±0.048	p<0.05
フェンタニール (μg/kg/min)	0.067±0.027	0.070±0.021	n. s.
テスト時間 (分)	14.6±9.0	8.0±4.6	p<0.01

I. 単純上昇型 (11症例)



II. 輸血量不足型 (2症例)



III. 胸部圧迫型 (2症例)

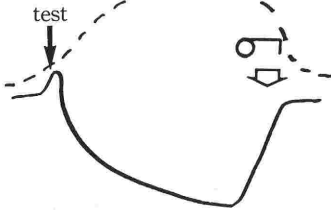


図1 循環変動の3型

実線が収縮期血圧、破線が脈拍数を示す

拍数の増加を伴うが、輸血や昇圧薬には反応せず、換気の障害を伴っていた。仰臥位に戻すと速やかに回復した。

考 察

テスト (wake-up テスト) では、(1)迅速かつ円滑な覚醒、(2)無痛であること、(3)気管内チューブの刺激に耐えられ、バッキングを起さないこと、(4)腹臥位を維持できること、(5)テスト前の記憶が残らないこと、が必要となる。私共はこれまで主にドロペリドールとフェンタニールの併用による NLA 原法を用いてほぼこれらの条件を満足させているが、テスト時の循環動態の変動は避けがたく、実際に40症例中15例に血圧の大きな変動を観察した。この変化は、血圧の急激な上昇が主であるが輸血量不足型と胸部圧迫型では逆に血圧の低下をみている。

テスト前後の循環系の変化について述べている報告はすくないが、Sudhir ら⁹⁾はテスト時に血圧が 10~20 mmHg 上昇し、脈拍数は 10~20 beats/分 増加するとし、Grundy ら¹¹⁾は血圧の 30%の上昇を報告している。今回の成績では、循環変動が極端に大きい群 (変動群) と安定している群 (安定群) に分けられ、変動群ではテスト中

に血圧が 99 mmHg から 138 mmHg へ上昇し、安定群では 109 mmHg から 118 mmHg へ変化するとどまった。テストの循環系に影響を与える主な因子としては、(1)出血量、(2)覚醒時のドキサプラム、ナロキソン、筋弛緩薬拮抗薬の投与の影響、(3)再入眠のための薬物による影響、(4)低血圧法の影響、(5)マルファン症候群などの術前からの胸郭異常などが考えられる。

(1) 出血量: 後方固定術は腹臥位で行われるが、この体位では腹腔への圧迫が下大静脈を介して脊髄静脈叢に伝わるため、とくに長時間の手術において出血量が多くなる。今回の循環変動群15例中13例 (83%) は腹臥位症例であり、腹臥位による循環系の変動が極めて大きいことが示された。私共の施設では、Relton-Hall フレーム¹²⁾を使用し、出血量の減少に努めており平均出血量約 40 ml/kg と、Abott ら⁹⁾の 73 ml/kg と比較して少なく、フレームの効果、手術手技の優秀性、低血圧法の効果がうかがわれる。しかし、テスト開始時の出血量は変動群で 1,400 ml、安定群で 920 ml であり、輸血量がそれぞれ 340 ml および 246 ml と輸血量の絶対的な不足が循環変動の一因であったと考えられた。脊椎手術では、出血量を過小評価する傾向があるため¹³⁾、出血にみあう適切な輸血が必要となる。

(2) 覚醒: 覚醒の早さと覚醒の度合も循環系に変化を及ぼす。麻薬を主体にした麻酔方法では、テスト時に笑気の投与を中止するだけで覚醒することが多い。覚醒までに要した時間は Waldman ら⁸⁾は3分、Abott ら⁹⁾は3~5分以内で指示に従ったとし、Sudhir ら⁷⁾は2分以内に覚醒し最長でも5分であったと報告している。Pathak¹⁰⁾はモルヒネとフェンタニールの一回投与で覚醒に5分以上かかったのに対して、それらの持続投与では5分以内であったとしている。私共の症例では平均11.5分とこれまでの報告に比較して極めて長かった。この差は、テスト時間の算出方法が私共の場合は、笑気の吸入停止から再度吸入を開始するまでの時間を含んでいることも関係しているが、半減期の長いドロペリドールの投与による覚醒遅延のためと考えられる。実際に循環変動群と安定群のドロペリドールの投与量は変動群に有意に多く、テスト時間は変動群では15分、安定群では8分と顕著な差異がみられた。覚醒が悪い症例

におけるフィゾシチグミン投与の¹⁴⁾報告はあるが、私共はドキサプラムを使用しており、その投与も循環変動を引き起す一因となっている。NLA 原法はテスト時の記憶、不快感などを引き起さないという長所を持つが、覚醒時間の点で若干の問題があり、Abott ら⁹⁾が、初期の NLA 原法からモルヒネ投与に変更しているごとく、ドロペリドールの投与量はかなり少量かまたは投与せずにフェンタニール単独で麻酔を維持する方が良いと思われる。

筋弛緩の程度の判定には末梢神経刺激装置による持続モニタが必要であり、テスト時に拮抗薬を投与しない法が良い。筋弛緩の完全な回復は、自己抜管や激しい体動などの合併症を引き起す危険性がある³⁾。とくにバックギングは、ハリントン・ロッドなどの固定器具に不自然な力を与えるため絶対に避けるべきである¹⁵⁾。筋弛緩薬の投与量はテスト時に手足を動かせる量にすべきであるが、症例のなかには術者との関係がうまくいかずに筋弛緩薬投与のタイミングがずれ、拮抗薬の投与を必要とした症例があった。このような症例では、覚醒の悪さとともにテスト時の循環変動も大きな傾向がみられ、術者との緊密な連絡が必要であることを再認識させられた。

(3) 再入眠：再入眠時には、私共は笑気の再吸入とともに、サイアミラールを13例に、ジアゼパムを5例に投与した。通常はこの投与量では血圧の低下をきたすことはないが、出血量が多い場合や低血圧法を併用している場合には、予想外の血圧低下をきたす。この点、麻薬の持続投与を再開するだけでよいとする Pathak ら¹⁰⁾の方法は単純でしかも循環系にほとんど変化を引き起さない点で有用と思われる。

(4) 低血圧法：出血量減少のための低血圧法に関しては、その有用性が知られている。Grundy ら¹⁶⁾は、低血圧法を使用した脊柱手術ではその出血量が 586 ml であり、使用しなかった群では、1,145 ml であったとし、低血圧法により出血量が減少し手術操作が容易となったとしている。今後、Harrington 法から Luque 法への術式の変更¹⁷⁾に伴い低血圧法は必須と考えられるが、この際循環血液量が十分であることが必要条件となる。

(5) 胸郭の先天異常：循環変動の特殊な型に、

フレームによる胸郭の圧迫が、呼吸・循環の抑制を引き起した症例があった。この型を示した2症例ではいずれもマルファン症候群を有し、胸郭が扁平であるためにフレームが当たっていた場所は、腹臥位にした際の位置とは異なり心窩部にあった。この位置異常は長時間の腹臥位、重症側弯症の矯正、手術操作および軽度の自発体動などによると考えられるが、適切な体位に留意すべきであることを再確認した。

以上により、円滑なテストを行うには、ドロペリドールとフェンタニールの投与量および麻酔深度、輸血、適切な体位に十分配慮するとともに、術式、矯正の範囲と程度およびテストまでの時間などについて術者との術前・術中の十分な協議が必要であることが確認された。

結 語

円滑かつ迅速な wake-up テストの麻酔方法を検討する目的で、同テスト40例につき主に循環動態の面から retrospective に検索した。その結果、ドロペリドール投与による NLA 原法では、テスト時の苦痛感、不快感、受注の記憶などは取り除けるが、覚醒に要する時間が長いことおよび循環系の変動を引き起す点で若干の問題があり、その投与量については再考の余地があることが示唆された。

なお本論文の要旨は、第6回日本臨床麻酔学会総会(仙台)において発表した。

参考文献

- 1) Harrington, P. R.: Instrumentation techniques in spine surgery. The 3rd Annual Postgraduate Course on the Management and Care of the Scoliosis Patient. 1971
- 2) MacEven, G. D., Bunnell, W. P., Spriam, K.: Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg* 57:404-408, 1975
- 3) Hall, J. E., Levine, C. R., Sudhir, K. G.: Intraoperative awakening to monitor spinal cord function during Harrington Instrumentation and spine fusion. *J Bone Joint Surg* 60:533-536, 1978
- 4) Pathak, K. S., Brown, R. H., Cascorbi, H. F. et al.: Effects of fentanyl and morphine on intraoperative somatosensory cortical-evoked potentials. *Anesth Analg* 63:833-837, 1984

- 5) Vauzelle, C., Stagnara, P., Jouvinroux, P.: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop* 93:173-178, 1973
- 6) Crawford, A. H., Jones, C. W., Perisho, J. A., et al.: Hypnosis for monitoring intraoperative spinal cord function. *Anesth Analg* 55:42-44, 1976
- 7) Sudhir, K. G., Smith, R. M., Hall, J. E., et al.: Intraoperative awakening for early recognition of possible neurologic sequelae during Harrington-Rod spinal fusion. *Anesth Analg* 55:526-528, 1976
- 8) Waldman, J., Kaufer, H., Hensinger, R. N., et al.: Wake-up technic to avoid neurologic sequelae during Harrington Rod procedure: A Case Report. *Anesth Analg* 56:733-735, 1977
- 9) Abott, T. R., Bentley, G.: Intraoperative awakening during scoliosis surgery. *Anaesthesia* 35:298-302, 1980
- 10) Pathak, K. S., Brown, R. H., Nash, C. L., et al.: Continuous opioid infusion for scoliosis surgery. *Anesth Analg* 62:841-845, 1983
- 11) Grundy, B. L., Nash, C. L., Brown, R. H.: Arterial pressure manipulation alters spinal cord function during correction of scoliosis. *Anesthesiology* 54:249-253, 1981
- 12) Relton, J. E. S., Hall, J. E.: An operation frame for spinal fusion. A new apparatus designed to reduce haemorrhage during operation. *J Bone Joint Surg* 49:329-332, 1967
- 13) Gardner, R. C.: Blood loss after spinal instrumentation and fusion in scoliosis (Harrington procedure). *Clin Orthop* 71:182-185, 1970
- 14) Artru, A. A., Hui, G. S.: Physostigmine reversal of general anesthesia for intraoperative neurologic testing: Associated EEG changes. *Anesth Analg* 65:1059-1062, 1986
- 15) Nachemson, A., Elfstrom, G.: Intravital wireless telemetry of axial forces in Harrington distraction rods in patients with idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 53:445-465, 1971
- 16) Grundy, B. L., Nash, C. L., Brown, R. H.: Deliberate hypotension for scoliosis fusion. *Anesthesiology* 51:S78, 1978
- 17) Gibbons, P. A., Lee, I. S.: Scoliosis and Anesthesia, Special problems in pediatric anesthesia. edited by Godinez, R. I. *International Anesthesiology Clinics* 23:149-161, 1985

Circulatory changes induced by wake-up test during scoliosis surgery

Makoto Imai, Yoshihiro Komura, Yukari Hanaoka,
Sho Yokota and Osamu Kemmotsu

Department of Anesthesiology, Hokkaido University
School of Medicine Sapporo 060

Wake-up test has been advocated to reduce neurologic sequelae during scoliosis surgery. However, this test has frequently induced circulatory changes due to awakening patients during surgical procedure.

We retrospectively evaluated the circulatory changes seen during wake-up test performed in 40 patients undergoing scoliosis surgery under neuroleptanesthesia. The patients were divided into 2 groups; the stable group (25 cases) with minimal circulatory changes and the unstable group (15 cases) with severe circulatory changes. The mean systolic blood pressure during wake-up test was changed from 109 mmHg to 103 mmHg in the stable group, from 98

mmHg to 138 mmHg in the unstable group, respectively. The time needed to awaken the patients was significantly shorter in the stable group than in the unstable group (8.0 min vs 15 min, $p < 0.01$). Droperidol was used less in the stable group than in the unstable group (0.18 mg/kg vs 0.21 mg/kg, $p < 0.05$). No difference in the fentanyl dose between the groups was observed (0.070 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ vs 0.067 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$).

It would be concluded that less droperidol should be used in order to awaken the patients promptly and smoothly without major changes in circulatory status during wake-up test in scoliosis surgery.

Key words: wake-up test, scoliosis surgery, circulatory changes