局所酸素飽和度，運動誘発電位，体性感覚誘発電位を用いた 頸動脈内膜剝離術の術中モニタリング

—内シヤントの必要性に関連して—

小山 新弥¹，長南 雅志¹，新妻 邦泰¹，昆 博之¹
阿部 誠²，松尾進太郎²，佐々木達也¹，西寫美知春¹

Intraoperative Monitoring for Carotid Endarterectomy Using Regional Saturation of Oxygen, Motor Evoked Potential and Somatosensory Evoked Potential: Reference to Necessity of Internal Shunt

Shinya KOYAMA, M.D.,¹ Masashi CHONAN, M.D.,¹ Kuniyasu NIIZUMA, M.D.,¹
Hiroyuki KON, M.D.,¹ Makoto ABE, B.S.,² Shintaro MATSUO, B.S.,² Tatsuya SASAKI, M.D.,¹
and Michiharu NISHIJIMA, M.D.¹

*Departments of ¹Neurosurgery and ²Medical Engineering, Aomori Prefectural Central Hospital,
Aomori, Japan*

Summary: To clarify the usefulness of intraoperative monitoring of regional saturation of oxygen (rSO₂), motor evoked potential (MEP) and somatosensory evoked potential (SEP) for carotid endarterectomy (CEA) and indications for internal shunt, we analyzed the results of these monitoring modalities. Twelve consecutive patients (eight men, four women) underwent CEA from January 2010 to July 2013. The mean age of patients was 66.8 years (range, 47-81 years). Intraoperative monitoring of bilateral rSO₂ using near-infrared spectroscopy (NIRS), bilateral transcranial MEP and ipsilateral SEP monitoring was conducted in all patients. The need for shunt placement was determined by a decrease in the rSO₂ value of more than 20% or a decrease of more than 50% in amplitude of MEP or SEP. Six of the 12 patients underwent CEA with internal shunt. In this shunting group, five patients had $\geq 20\%$ drop in rSO₂, and $\geq 50\%$ drop in MEP and SEP. In one patient who had no significant change in rSO₂, MEP and SEP, internal shunt was inserted because she had a persistent primitive artery (proatlant artery type 2) from external carotid artery to vertebral artery and required arterectomy of the external carotid artery as well as internal carotid artery. The rSO₂ values and amplitudes of MEP and SEP were unchanged in five out of the six patients who did not have contralateral ICA stenosis and underwent CEA without internal shunt. In one patient who did not have contralateral ICA stenosis, the rSO₂ value could not be measured probably due to a giant frontal sinus. But because the amplitudes of MEP and SEP were unchanged during carotid clamping, the patient underwent CEA without internal shunt. No patients developed perioperative ischemic complications.

Key words:

- carotid endarterectomy
- cerebral ischemia
- intraoperative monitoring
- motor evoked potential
- regional saturation of oxygen

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 42: 340-346, 2014

¹ 青森県立中央病院 脳神経外科，² 同 臨床工学部(受稿日 2012. 11. 19)(脱稿日 2014. 1. 20)[連絡先：〒949-6602 新潟県南魚沼市欠之上 478-2 齋藤記念病院 脳神経外科 小山新弥] [Address correspondence: Shinya KOYAMA, M.D., Department of Neurosurgery, Saitoh Memorial Hospital, 478-2 Kakenoue, Minami-uonuma, Niigata 949-6602, Japan]

Insertion of an internal shunt tube seems appropriate for patients in whom carotid clamping leads to a $\geq 20\%$ reduction in ipsilateral rSO_2 and a decrease in or disappearance of MEP and SEP amplitude. Insertion of an internal shunt tube appears to adequately restore these parameters.

はじめに

頸動脈内膜剥離術(carotid endarterectomy, CEA)は頸部内頸動脈狭窄症に対する外科治療として確立された治療法の1つであり、本邦の脳卒中ガイドラインでも推奨された治療法として位置づけられている。しかし、本法は内頸動脈の血流一時遮断を要し、術中の脳虚血合併症の可能性は常に存在し、内シャントを置くべきかどうかについても議論が絶えない¹⁷⁾。内シャントを全例に使用するという方法⁹⁾もあるが、一方では内シャント設置に伴う合併症の報告³⁾もある。当科では対側内頸動脈の狭窄の有無や前交通動脈を介した cross flow の有無などを考慮して症例を選択して内シャントを施行してきた。さらに最近では術中の脳虚血のモニタリングとして、近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy, NIRS; INVOSTM 5100C)を用いた局所酸素飽和度(regional saturation of oxygen, rSO_2)、経頭蓋刺激による運動誘発電位 (motor evoked potential, MEP)、正中神経刺激による体性感覚誘発電位(somatosensory evoked potential, SEP)を施行し、術中モニタリングの結果も勘案して選択的に内シャントを使用してきた。本稿ではこれらのモニタリングの結果を提示し、モニタリングの結果と内シャントの必要性について考察を加え報告する。

対象と方法

対象は2010年1月から2013年7月までに当科にてCEAを施行した12例で、男性8例、女性4例、平均年齢は66.8歳(47-81歳)であった。術前評価として、MRI・MRA(脳梗塞の有無、血管狭窄閉塞の評価)、3D-CTA(狭窄の判定および石灰化病変の評価)、脳血管撮影(狭窄度の判定および頸動脈病変の位置の評価)、SPECTによる脳血流検査(¹²³I-IMP-ARG法の血行力学的脳虚血の重症度)を施行した。術中モニタリングとしては、両側前額部にNIRSのプロローベを添付し患側および対側の rSO_2 の連続モニタリングを施行した。また、両側の経頭蓋刺激MEPと患側の正中神経刺激SEPを10分に1回記録し、内頸動脈血流一時遮断時には1分に1回記録した。

内シャントの適応は、術前検査で対側内頸動脈の狭窄50%以上、あるいはSPECTで血行力学的脳虚血重症度stage II(安静時で健側の20%以下、循環予備能10%以下)のどちらかが当てはまる場合は必要性が高いと考え、最終的には術中モニタリングで決定した。術中モニタリングは、NIRSの rSO_2 が20%以上低下、MEP振幅の50%以上の低下・消失、SEPの振幅の50%以上の低下・消失のどれか1つでも当てはまる場合とした。全例内シャントを準備し内シャントが必要と判断した場合のみ使用した。

Table 1

Case	Age/ Sex	Surgery side	Ipsilateral stenosis	Contralateral stenosis	SPECT stage*	Internal shunt	Ipsilateral MEP change	Ipsilateral SEP change	Ipsilateral rSO_2 change	Contralateral MEP change
1	48/F	L	50%	0%	$\leq$ I	—	—	—	0%	—
2	75/M	L	60%	0%	$\leq$ I	—	—	—	NR	—
3	60/M	L	63%	0%	$\leq$ I	—	—	—	0%	—
4	47/F	L	70%	0%	$\leq$ I	—	—	—	-3%	—
5	74/M	L	80%	0%	$\leq$ I	—	—	—	0%	—
6	74/M	L	99%	0%	$\leq$ I	—	—	—	-2%	—
7	77/M	R	99%	0%	II	+	disappeared	50% decrease	-27%	—
8	81/M	R	70%	20%	$\leq$ I	+	NR	50% decrease	-22%	—
9	60/F	R	90%	30%	$\leq$ I	+	—	—	-7%	—
10	72/M	R	87%	57%	II	+	50% decrease	40% decrease	-23%	—
11	69/F	L	70%	70% (C4)	$\leq$ I	+	disappeared	disappeared	-24%	—
12	64/M	L	80%	100%	II	+	disappeared	50% decrease	-28%	—

SPECT, single photon emission CT; MEP, motor evoked potential; NR, not recordable; SEP, somatosensory evoked potential; rSO_2 , regional cerebral saturation of O_2 ; *stage $\leq$ I: cerebrovascular reserve $\leq 10\%$, stage II: cerebrovascular reserve $\leq 10\%$ and resting CBF $\leq 80\%$ of normal

Fig. 1 Radiological findings in Case 2. X ray (A) and CT (B) show giant frontal sinus.

結 果

12症例の術前検査，シャントの有無，術中モニタリングの結果を **Table 1** に示す。

対側内頸動脈に狭窄を認めなかった7例のうち6例(症例1-6)はSPECTで血行力学的脳虚血重症度 stage 0あるいはI(脳循環予備能が10%以上)に相当し，内シャントを使用しなかった。症例7は対側内頸動脈に狭窄を認めなかったがSPECTで stage II に相当し，術中モニタリングで内シャントが必要と判断した。対側内頸動脈に狭窄病変を認めた5例のうち4例(症例8, 10-12)は術中モニタリングで内シャントが必要と判断した。症例9は術中モニタリングでは明らかな脳虚血性変化を認めなかったが，外頸動脈から遺残動脈(proatlantal artery type 2)が椎骨動脈に分岐しており，外頸動脈の内膜剝離も行うため内シャントを使用した。

case 2は，センサーの貼り替えやケーブルの交換を行っても rSO_2 を測定することができなかった。これは巨大な frontal sinus の影響と考えられた(**Fig. 1**)。case 8は患側MEPが測定できなかったが，頭部外傷後の精査で incidental に発見された症例で，患側に硬膜下血腫が認められたためと考えられた。全例で，対側MEPに変化を認めず，術後新たな神経学的異常所見を認めなかった。

以下に代表症例を提示する。

〈**Case 5**〉(**Fig. 2**)：74歳，男性。冠動脈バイパス術の術前精査で，左頸部内頸動脈の80%の狭窄を認めた。対側内頸動脈に狭窄を認めず，SPECTによる脳循環予備能は良好であった。内頸動脈の遮断により rSO_2 ，MEP，

SEPに変化を認めず，内シャントは使用しなかった。遮断時間は38分45秒であったが，術中を通して rSO_2 ，MEP，SEPに変化を認めず経過し，術後に虚血症状を認めなかった。

〈**Case 10**〉(**Fig. 3**)：72歳，男性。弓部大動脈瘤で心臓血管外科通院中，精査で右頸部内頸動脈に87%の狭窄を認めた。対側内頸動脈にも57%の狭窄があり，前交通動脈を介した cross flow を認めたが，SPECTでは stage II であった。内頸動脈遮断時に rSO_2 は約23%の低下を認め，MEP，SEPの振幅が低下した。ただちに内シャント挿入し rSO_2 約10%の低下まで改善し，MEP，SEPの振幅も回復した。内シャント抜去後 rSO_2 が再度約20%低下し，MEP振幅も低下したが，遮断解除により回復し，術後に虚血症状を認めなかった。

〈**Case 12**〉(**Fig. 4**)：64歳，男性。閉塞性動脈硬化症の精査で右頸部内頸動脈閉塞と左頸部内頸動脈の70%の狭窄を認めた。前交通動脈による cross flow はあるが，対側が閉塞のため逆行性であった。SPECTでは stage II だった。頸部内頸動脈の遮断により rSO_2 は約28%低下し，MEPは遮断後6分で消失し，SEPは約50%の振幅低下を認めた。ただちに内シャントを挿入し rSO_2 は約15%の低下まで改善し，MEP，SEPの振幅も回復した。内シャント抜去時に再度 rSO_2 の低下，MEPの消失，SEPの振幅低下を認めたが，遮断解除によりすべて回復した。経過中对側のMEPに変化を認めなかった。術後虚血症状を認めなかった。

Fig. 2 Radiological and intraoperative findings in Case 5. This 74-year-old man was diagnosed with severe (80%) stenosis of the left ICA (**A**, arrow) and irregular walls but no stenosis in the right ICA (**B**) on angiography. INVOS monitoring showed that bilateral rSO_2 was unchanged throughout cross-clamping of the carotid artery for 39 min (**C**). Ipsilateral transcranial MEP monitoring (**D**), SEP (**E**) and contralateral MEP (**F**) remained unchanged during clamping of the carotid artery.

Fig. 3 Radiological and intraoperative findings in Case 10. This 72-year-old man was diagnosed with severe (87%) stenosis of the right ICA (**A**, arrow) and moderate (57%) stenosis of the left ICA (**B**, arrow) on angiography. INVOS monitoring showed that ipsilateral rSO_2 markedly decreased approximately 25% throughout clamping of the carotid artery and approximately 10% throughout insertion of an internal shunt tube (**C**). Ipsilateral transcranial MEP monitoring (**D**) and SEP (**E**) in the left upper limb showed an approximately 50% decrease in amplitude during clamping of the carotid artery. Contralateral MEP (**F**) did not change throughout surgery.

Fig. 4 Radiological and intraoperative findings in Case 12. This 64-year-old man was diagnosed with severe (70%) stenosis of the left ICA (**A**, arrow) and occlusion of the right ICA (**B**, arrow) on angiography. INVOS monitoring showed a marked decrease in ipsilateral rSO_2 by approximately 25% throughout clamping of the carotid artery and by 17% throughout insertion of an internal shunt tube (**C**). Ipsilateral transcranial MEP monitoring (**D**) disappeared and SEP (**E**) showed approximately 50% decreased amplitude during clamping of the carotid artery. Contralateral MEP (**F**) was unchanged throughout surgery.

考 察

CEAの手術手技は内シャント使用の有無によって、シャント非使用¹²⁾、選択的使用¹³⁾¹⁶⁾およびルーチン使用⁹⁾に分けられる。Sundtらは1,865手術において、内頸動脈遮断時の脳血流量を測定しており、0-5 ml/100 g/minが3%、5-10 ml/100 g/minが9%存在し、前者は4分で、後者は15-20分で脳梗塞に陥る値であるためシャントが必要であったと報告している¹⁷⁾。このようにシャントが必要あるいは有用な症例が約10-15%は存在するといわれている⁶⁾。

一方、シャントの合併症はシャントによる塞栓、シャントの閉塞、内頸動脈解離などが報告されており、Sundtらはシャントのリスクは0.5%と報告している。しかし、報告されていないが実際にはもっと多いと指摘している人もある¹³⁾。

このようにシャントの合併症も無視できないと考え、当院では選択的内シャント使用を行っている。内シャントの適応は、術前検査で対側内頸動脈が50%以上の狭窄を認める場合、あるいはSPECTで血行力学的脳虚血の重症度

stage IIに相当する場合で必要性が高いと考え、最終的には術中モニタリングで rSO_2 が20%以上低下した場合、あるいはMEP・SEPの振幅が50%以上低下した場合に内シャント必要と判断している。

今回対側狭窄を認めたのは12例中5例で、すべてに内シャントを使用した。そのうち3例は50%以上の狭窄があり、内頸動脈遮断により急激な rSO_2 の20%以上の低下、SEP、MEPの振幅の低下あるいは消失を認めた。Estruch-Perezらは局所麻酔下で80例に選択的シャントによるCEAを行い、症候性で対側内頸動脈50%以上の狭窄の症例がシャント必要と高い相関があったと報告している⁵⁾。case 9は対側30%狭窄で、術中モニタリングでは明らかな脳虚血性変化を認めなかったが、外頸動脈から遺残動脈(proatlantal artery type 2)が椎骨動脈に分岐しており、外頸動脈の内膜剥離も行うため内シャントを使用した。しかし、モニタリングでは rSO_2 の低下が-7%と小さく、SEPおよびMEPに変化がなかったことより実際には内シャントが必要ない可能性が高いと考えられた。

また、SPECTで血行力学的脳虚血stage IIの症例が12例中3例あり、いずれも術中モニタリングで脳虚血による

反応がみられており、内シャントの適応が高いと考えられた。血行力学的脳虚血重症度 stage II は、いわゆる Powers の stage II の貧困灌流¹⁵⁾とみなされ、Japanese EC-IC bypass trial (JET study)でも薬物療法群より外科治療群が脳梗塞予防効果が高いと報告されたように⁸⁾、虚血に脆弱な状態と考えられる。当然内シャントによる血流維持は重要な役割を果たすと考えられる。

最終的にシャントの適応を決定するには術中モニタリングが必要不可欠である。これまで術中モニタリングは、ICA stump pressure¹⁴⁾、EEG¹⁶⁾¹⁷⁾、SEP¹⁴⁾、経頭蓋 MEP¹⁸⁾、NIRS¹⁰⁾¹⁸⁾などが報告されている。その他、最近多く報告されるようになった局所麻酔で覚醒下に手術を施行し、術中の神経学的所見によって内シャントの適応を決定している報告もある⁴⁾。

SEP は麻酔の影響が少なく、脳幹部から感覚野への神経路の血流変化をよく反映することが報告されている¹⁴⁾。しかし、SEP は感覚路のモニタリングであるため、運動路に局限した虚血では変化をきたさない可能性もあり、注意を要する。また、偽陰性が最大 25% と高いことが報告されている⁷⁾。それに比べて、経頭蓋 MEP は麻酔の進歩により安定してモニタリングできるようになり、SEP より感度がよい¹⁹⁾。ただし、術前より麻痺を認めている場合や開頭により硬膜下に隙間ができた場合は、測定ができないこともあり、注意を要する。今回の症例でも 1 例 MEP 測定できない症例があったが、外傷後の精査で偶然発見された症例で、患側に薄い硬膜下血腫があったためと考えられた。Weinzierl らは MEP と SEP を併用することにより、どちらか一方のみの場合よりモニタリング可能な症例数が多くなり、情報もそれぞれを補うことができるため有用であったと報告している¹⁹⁾。

NIRS は近赤外光が特異的な吸収曲線をもって生体内色素に吸収されることを利用したモニタリング法である。近赤外光は頭皮および頭蓋骨をよく透過することから、リアルタイムに非侵襲的かつ持続的に脳循環動態、脳酸素代謝の測定が可能である¹⁰⁾。一般的に局所脳内酸素飽和度 (rSO₂) の相対値 20% 以上の低下あるいは絶対値 40% 以下で脳の低酸素状態と診断する²⁰⁾。しかし、rSO₂ の絶対値は個人差があり、絶対値の信頼性は低いとの報告もある¹³⁾。

Kuroda らは CEA における NIRS の変化を 2 グループに分類している¹¹⁾。グループ 1 は内頸動脈遮断により酸素化ヘモグロビン濃度が一過性に減少、脱酸素化ヘモグロビン濃度が一過性に上昇し、その後徐々に基準線まで戻るタイプで、側副血行路が発達しているためすぐに低酸素状態が改善する。グループ 2 は酸素化ヘモグロビン濃度の急激な減少と脱酸素化ヘモグロビン濃度の急激な上昇が遮断の

間続き、内シャント挿入・開放後に基準線まで戻るタイプで、遮断の間側副血行路が十分発達していないため十分な酸素供給が維持できないと報告している。今回の研究でも rSO₂ がほとんど変わらないグループ 1 に相当するタイプ (case 1, 3-6, 9) と遮断により 20% 以上低下し、内シャントにて 20% 以内まで改善し内膜除去後に元の基準値まで改善するグループ 2 に相当するタイプ (case 7, 8, 10-12) に分かれた。グループ 2 に相当するタイプはいずれも MEP、SEP の振幅が危険値に達しており、内シャントの絶対的適応と考えられた。

NIRS と MEP の関係において、Uchino らは rSO₂ が 20% 低下すると、MEP の振幅が低下し始めると報告している¹⁸⁾。われわれの症例でも同様の所見を認めた。また、同著者らは、内頸動脈遮断により rSO₂ の変化がなかったが MEP の振幅が 94.9% 低下した症例を報告している¹⁸⁾。この症例では、患側の前頭葉に脳梗塞があり NIRS では rSO₂ の変化をとらえられなかった可能性があるとして述べている。今回の症例 2 において rSO₂ が測定できない症例があった。この症例は巨大前頭洞のため、プローベから脳表まで約 3 cm あり、脳表の血流を測定できなかったと考えられた。Ali らは 49 人の覚醒下手術で、NIRS と TCD をモニタリングし、シャントの必要性は神経学的所見で行ったところ、NIRS の感度は 75%、特異度は 97.5% であったと報告している²⁾。

NIRS は脳の機能を測定している SEP や MEP に比べ、脳の局所酸素飽和度を測定しているため SEP や MEP より俊敏に脳の機能低下を予測できるため非常に有用であるが、前頭葉の表面の血流動態、酸素飽和状態しか計測できず、中大脳動脈領域の血流は測定できない。一方 MEP、SEP は測定できない症例が少なからず存在すること、MEP は術前麻痺があるとモニタリングできないこと、運動領域しか測定できないこと、SEP は偽陰性が高いことなどより、NIRS、MEP、SEP のモニタリングを併用することでより相補的なモニタリングが期待できる。

結 語

NIRS、MEP、SEP の 3 つのモニタリングを併用し、選択的内シャントによる 12 例の CEA を行った。術前検査では対側内頸動脈 50% 以上の狭窄、SPECT で血行力学的脳虚血重症度 stage II が内シャント必要になる確率が高く、術中モニタリングでは内頸動脈遮断時に NIRS で rSO₂ が 20% 以上低下、MEP あるいは SEP の振幅が 50% 以上低下した場合に内シャントの絶対適応とし、適切な判断ができたと思われる。CEA による脳虚血合併症を最小限に抑えるために、今後症例を重ね、内シャントの必要となる術前検査や術中モニタリングの条件をさらに検討して

いく必要がある。

文 献

- 1) Aburahma AF, Stone PA, Hass SM, *et al*: Prospective randomized trial of routine versus selective shunting in carotid endarterectomy based on stump pressure. *J Vasc Surg* 51: 1133-1138, 2010
- 2) Ali AM, Green D, Zayed H, *et al*: Cerebral monitoring in patients undergoing carotid endarterectomy using a triple assessment technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 12(3): 454-457, 2011
- 3) Awad N, Choudry R, Durinka J, *et al*: Importance of technical preparation of intraarterial shunts to prevent iatrogenic arterial injury during urgent procedures. *Vasc Endovascular Surg* 47(2): 106-108, 2013
- 4) Calligaro KD, Dougherty MJ: Correlation of carotid artery stump pressure and neurologic changes during 474 carotid endarterectomies performed in awake patients. *J Vasc Surg* 42: 684-689, 2005
- 5) Estruch-Perez MJ, Plaza-Martinez A, Hernandez-Cadiz MJ, *et al*: Interaction of cerebrovascular disease and contralateral carotid occlusion in prediction of shunt insertion during carotid endarterectomy. *Arch Med Sci* 8(2): 236-243, 2012
- 6) Gumerlock MK, Neuwelt EA: Carotid endarterectomy: to shunt or not to shunt. *Stroke* 19: 1485-1490, 1988
- 7) Holland NR: Subcortical strokes from intracranial aneurysm surgery: implications for intraoperative neuromonitoring. *J Clin Neurophysiol* 15(5): 439-446, 1998
- 8) JET Study Group: Japanese EC-IC bypass trial (JET Study)—中間解析結果(第二報)—. 脳卒中の外科 30: 434-437, 2002
- 9) 川口哲郎, 柴田裕次, 木村英仁, ほか: 連続100例の無症候性内頸動脈狭窄症に対する頸動脈血栓内膜摘除術(CEA)の手術成績. 脳卒中の外科 34: 360-365, 2006
- 10) 小林 徹, 黒田 敏, 宝金清博, ほか: 頸動脈遮断における近赤外線スペクトロスコピー(NIRS)の有用性と問題点—9年間の経験から—. 脳卒中の外科 29: 345-350, 2001
- 11) Kuroda S, Houkin K, Abe H, *et al*: Near-infrared monitoring of cerebral oxygenation state during carotid endarterectomy. *Surg Neurol* 45 (5): 450-458, 1996
- 12) Lesage R, Paris E, Koskas F, *et al*: Surgical reconstruction of the internal carotid artery with contralateral occlusion without use of shunt. *Ann Vasc Surg* 5: 55-60, 1991
- 13) Moritz S, Kasprzak P, Arlt M, *et al*: Accuracy of cerebral monitoring in detecting cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology* 107: 563-569, 2007
- 14) 岡田芳和, 島 健: Carotid Endarterectomyの術中モニタリング. 岡田芳和, 島 健(編): 脳神経外科手術術中モニタリング, 現代医療社, 1995, pp3-37
- 15) Powers WJ, Grubb RL Jr, Raichle ME: Physiological responses to focal cerebral ischemia in humans. *Ann Neurol* 16: 546-552, 1984
- 16) Schneider JR, Novak KE: Carotid endarterectomy with routine electroencephalography and selective shunting. *Semin Vasc Surg* 17: 230-235, 2004
- 17) Sundt TM Jr, Ebersold MJ, Sharbrough FW, *et al*: The risk-benefit ratio of intraoperative shunting during carotid endarterectomy. *Ann Surg* 203: 196-204, 1986
- 18) Uchino H, Nakamura T, Kuroda S, *et al*: Intraoperative dual monitoring during carotid endarterectomy using motor evoked potentials and near-infrared spectroscopy. *World Neurosurg* 78: 651-657, 2012
- 19) Weinzierl MR, Reinacher P, Gilsbach JM, *et al*: Combined motor and somatosensory evoked potentials for intraoperative monitoring: intra- and postoperative data in a series of 69 operations. *Neurosurg Rev* 30: 109-116, 2007
- 20) Yao FSF, Tseng CCA, Ho CYA, *et al*: Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 18: 552-558, 2004