

原 著

脳分離体外循環法の灌流条件に関する臨床的検討

内藤博司*, 多田恵一*, 鷹取 誠*
佐藤正樹*, 倉迫敏明*, 武藤 純*

要 旨

著者らは1991年以来内頸静脈酸素飽和度(Sjvo₂)連続モニターを脳分離体外循環時の脳灌流状態の指標として採用し, それによって脳灌流条件を調節した結果, 術後の脳障害発生頻度が減少したので報告する。

Sjvo₂連続モニターを使用しなかった1982年から1990年を前期群, 使用した1991年から1992年を後期群として比較したところ, 術後脳障害の発生は, 前期群の13例中7例から後期群の16例中2例へと減少した。脳灌流条件は脳灌流量が前期群での $0.36 \pm 0.06 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ から後期群での $0.68 \pm 0.16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ へと有意に増加した。高灌流量での脳灌流が術後脳障害発生減少の一つの要因になったと考えられた。

結 言

胸部大動脈瘤に対する外科治療成績は手術手技, 補助手段, 麻酔, 術後管理の進歩により改善しており, 現在では術後脳障害をいかに予防するかが弓部置換術の手術成績向上の点で重要な課題となっている。

胸部大動脈瘤に対し弓部置換術が行われる場合の脳循環法として脳分離体外循環(Selective Cerebral Perfusion: 以下SCP)法, 超低体温循環停止法, 逆行性脳灌流法等がとられる。著者らの施設では1990年以前は超低体温循環停止法, SCP法の両方を選択していたが, 術後の脳障害発生の際その成績は満足のものではなかった。1991年からはSCP法を選択し, 内頸静脈酸素飽

和度(以下Sjvo₂)を脳灌流の指標として導入した。これにより臨床成績の向上をみたので脳灌流条件の変化につきレトロスペクティブに比較検討した。さらにSCP法と通常の体外循環法との脳灌流状態の比較検討を行った。

方 法

Sjvo₂モニター採用前後での灌流条件の比較では, 胸部大動脈瘤に対する弓部置換術においてSCP法を施行した29例を対象とし, 1982年から1990年にSCP法を施行した13例を前期群, 1991年から1993年までにSCP法を施行した16例を後期群とした。

SCP法と通常の体外循環法との脳灌流状態の比較では, 術後脳障害を認めずSjO₂を記録し得た12例をSCP群, 通常の体外循環法を行った冠動脈バイパス術または弁置換術症例9例をECC群とした。麻酔は全例大量フェンタニール麻酔(フェンタニール $50 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 急速静注投与にて導入し, その後フェンタニール $1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ の持続静注, さらに40分後に投与速度を $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ として手術終了まで麻酔維持)にて行った。血圧の調節に一時的にイソフルラン, エンフルランを使用した。笑気は使用しなかった。通常の開心術に用いる観血的動脈圧, 肺動脈圧, 食道温, 直腸温の他に脳循環に関して脳灌流圧, 左右鼓膜温, Sjvo₂をモニタリングした。

脳灌流圧の指標としては右橈骨動脈圧, 左浅側頭動脈圧あるいは左総頸動脈圧(術野から挿入)をモニタリングした。前期群では右橈骨動脈圧が13例中3例で, 左浅側頭動脈圧が13例中5例で測定されなかった。浅側頭動脈は穿刺が技術的に困難な症例があり術中の圧モニター部位として確実

*社会保険広島市民病院 麻酔・集中治療科

性を欠いているため、後期群では全例左総頸動脈に術野より直接挿入し、圧測定を行った。

Sjvo₂は左内頸静脈を逆行性に穿刺し、4 Fr のオキシメトリカテーテル (OPTICATH ABBOTT社製) を内頸静脈球部に留置し、ABBOTT社製のOXIMETRIX3 SO₂/CO COMPUTER™にて連続的に測定した。人工心肺は膜型肺、非拍動流を使用し、PaCO₂はα-statで管理した。通常の体外循環では上行大動脈から送血した。SCP法では体循環は大腿動脈から、脳へは腕頭動脈、左総頸動脈から送血し、氷による頭部表面冷却を併用した。

SCP開始後Sjvo₂が低値を示した場合には脳送血量を増加させた。それに伴う灌流圧の上昇にも関わらずSjvo₂の上昇が不十分な場合にはニカルジピン0.2-0.5 mgを投与し灌流圧を低下させ、さらに灌流量を増加させることにより対処した。

以上の条件下でSjvo₂連続モニター導入前後の脳灌流条件の変化について比較検討した。また、SCP時の体循環血流停止の脳送血量に対する影響、我々の脳灌流条件の適否を調べるためにSCP時と通常の体外循環時の脳灌流条件の違いについて比較検討した。統計処理にはt検定を用い、P<0.05を有意差有りとした。

結 果

I Sjvo₂モニター採用前後での灌流条件の比較

1) 患者背景 (表1)

両群間に年齢、体外循環時間に有意差は無かった。

2) 臨床成績 (図1)

前期群では生存7例 (低酸素性脳症2例、脳梗塞2例) 死亡6例 (術中死1例、多臓器不全3例<低酸素性脳症2例、脳梗塞1例>)、呼吸不全1例、不明1例) であり、後期群では生存15例 (多発脳梗塞1例、術後水頭症1例) 死亡1例 (多臓器不全) であった。

3) 灌流条件 (表2)

脳灌流圧、脳送血量は食道温が最低となった時点のものである。PaCO₂は両群間に有意差を認めなかった。左総頸動脈への送血量は前期群の0.17±0.04 l・min⁻¹・m⁻² (以下平均±標準偏差) 対し、後期群では0.17±0.06 l・min⁻¹・m⁻²と有意差を認めなかった。一方腕頭動脈への送血量は前期群の

0.19±0.08 l・min⁻¹・m⁻²に対し、後期群では0.50±0.14 l・min⁻¹・m⁻²と後期群で有意に多かった。総脳送血量は前期群の0.36±0.06 l・min⁻¹・m⁻²に対し、後期群では0.68±0.16 l・min⁻¹・m⁻²と後期群が有意に多かった。

脳灌流圧 (右橈骨動脈圧) は前期群の56±10mmHgに対し、後期群では64±14mmHgであったが有意差は認められなかった。

4) 脳灌流条件とSjvo₂の関係 (図2, 図3)

図2に脳送血量とSjvo₂の関係を示す。平均脳送血量は0.68±0.16 l・min⁻¹・m⁻²、平均Sjvo₂は81%であった。

図3に脳灌流圧とSjvo₂の関係を示す。右橈骨動脈圧を脳灌流圧とした。平均脳灌流圧は64±14mmHgであった。Sjvo₂が90%を越えた症例は3例であった。

5) 体循環血流停止の影響 (表3)

体循環血流停止の脳送血量に及ぼす影響を検討した。後期群のうち体循環の血流を停止した5例を血流停止群、停止しなかった9例を血流非停止群とした。両群間で脳灌流圧、Sjvo₂に有意差は認められなかったが、総脳送血量は血流非停止群

表1 Sjvo₂モニター採用前後での灌流条件の比較患者背景

	前期群	後期群
年齢	67±8	58±14
性別 (男:女)	9:4	7:9
体重 (kg)	56.2±10.8	59.9±9.9
BSA (m ²)	1.57±0.18	1.63±0.15
体外循環時間 (min)	167±59	216±64

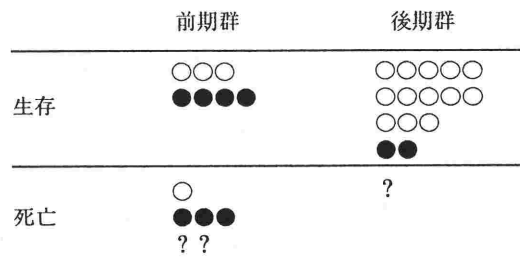


図1 Sjvo₂モニター使用前後の臨床成績

- 術後脳障害無し
- 術後脳障害有り
- ? 術後早期死亡のため判定不能

の $0.60 \pm 0.15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ に対し、血流停止群では $0.80 \pm 0.11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ と有意に多かった。

6) 後期群での脳障害例の検討

後期群で術後脳障害は2例に発生した。1例は多発脳梗塞を発生した症例で、脳灌流条件は脳送血量 $0.71 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 、脳灌流圧82 mmHg、 Sjvo_2 58%であった。この症例はSCP開始直後 Sjvo_2 が低値であったため、ニカルジピンを投与して脳送血量を増加させようとしたが、脳灌流圧を低下させることが困難で、結果として Sjvo_2 が低値のままSCPを行った。もう1例は術中解離

のため脳灌流圧をモニタリングできず Sjvo_2 のみを指標にSCPを行った症例である。術後一旦は意識清明となったが両側椎骨動脈領域の灌流障害が原因と思われる水頭症のため意識レベルの低下をきたした。

II SCP群と通常の体外循環群との脳灌流状態の比較(表-4)

1) 患者背景

体外循環時間はSCP群が有意に長かったが、年齢、身長、体重に有意差を認めなかった。

2) 脳灌流条件の比較

表2 Sjvo_2 モニター採用前後での灌流条件の比較

	前期群	後期群
脳分離体外循環時		
最低食道温(°C)	21.9±3.0(16.6-27.5)	19.7±2.6(14.8-24.4)*
脳送血量		
腕頭動脈($\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	0.19±0.08(0.05-0.29)	0.50±0.14(0.17-0.75)**
左総頸動脈($\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	0.17±0.04(0.09-0.20)	0.17±0.06(0.11-0.31)
総量($\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	0.36±0.06(0.25-0.41)	0.68±0.16(0.30-0.97)**
脳灌流圧		
腕頭動脈(mmHg)	56±10(44-80)	64±14(42-100)
左総頸動脈(mmHg)	66±8(57-80)	77±7(62-93)
脳分離循環時間		
腕頭動脈(min)	75±38(17-155)	89±33(25-155)
左総頸動脈(min)	74±42(17-161)	82±33(25-134)
PaCO_2 (mmHg)	31±7(18-42)	33±4(25-42)
PaO_2 (mmHg)	410±111(275-699)	346±32(291-388)
Hemoglobin(g/dl)	7.1±1.2(4.9-9.6)	6.9±0.7(6.0-8.4)

平均±標準偏差(最小値-最大値)

- * 危険率5%未満で有意差あり
- ** 危険率1%未満で有意差あり

表3 下半身血流停止の影響

	血流停止群(n=5)	血流非停止群(n=9)
脳分離体外循環時		
最低食道温(°C)	17.6±1.7	20.7±2.5*
脳送血量		
腕頭動脈($\text{l}/\text{m}^2/\text{min}$)	0.61±0.09	0.42±0.13*
左総頸動脈($\text{l}/\text{m}^2/\text{min}$)	0.19±0.07	0.18±0.05
総量($\text{l}/\text{m}^2/\text{min}$)	0.80±0.11	0.60±0.15*
脳灌流圧		
腕頭動脈(mmHg)	60±7	68±17
左総頸動脈(mmHg)	76±5	77±8

平均±標準偏差

- * 危険率5%未満で有意差あり

麻酔導入時 SjvO₂平均血圧は両群間に有意差は認められなかった。大動脈遮断後あるいはSCP開始後30, 60分後の鼓膜温, 灌流圧はどちらも

SCP群が有意に低かった。SjvO₂は体外循環中は両群とも上昇したが両群間に有意差は認められなかった。

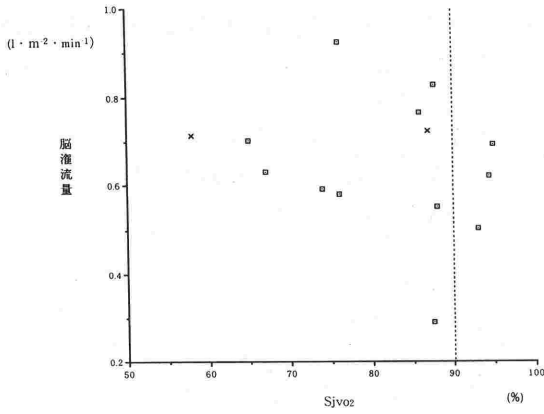


図2 SCP時における脳送血量とSjvO₂の関係 (後期群 14例) ×は脳障害発症例を示す

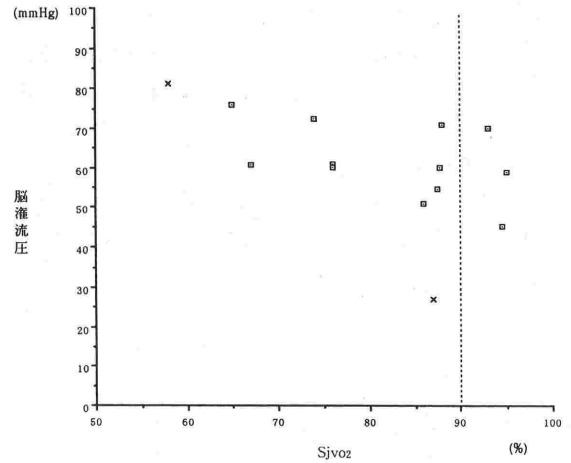


図3 SCP時における脳灌流圧とSjvO₂の関係 (後期群 14例) ×は脳障害発症例をしめす

表4 通常の体外循環とSCP時のSjvO₂の比較

患者背景

	ECC群	SCP群
年齢	58.2±15.0	58.4±21.1
身重 (cm)	159±9	161±44
体重 (kg)	58.2±9.2	60.0±17.2
体外循環時間 (分)	121±45*	206±89*

平均±標準偏差

* 危険率5%未満で有意差有り

(ECC群)

	導入後	30分後	60分後
鼓膜温(℃)	36.4±0.7	26.3±1.0*	27.4±2.3*
灌流量(l·min ⁻¹ ·m ⁻²)	2.37±0.37	2.41±0.21	2.45±0.43
灌流圧(mmHg)	88±10	82±9*	84±15*
SjvO ₂ (%)	73±17	84±12	82±13

平均±標準偏差

(SCP群)

	導入後	30分後	60分後
鼓膜温(℃)	35.3±1.1	21.6±3.4*	21.8±2.2*
脳灌流量(l·min ⁻¹ ·m ⁻²)		0.68±0.17	0.61±0.15
脳灌流圧(mmHg)	90±19	64±10*	68±10*
SjvO ₂	70±15	85±14	74±15

平均±標準偏差

* 両群間に危険率1%未満で有意差有り

考 察

胸部大動脈瘤に対する外科的治療成績は手術手技の向上、補助手段の進歩により改善している。しかし弓部置換術の治療成績は満足できるものではなく、これには術後の脳障害が大きく影響を及ぼしていた¹⁾。したがって手術中いかに脳保護を行うかが弓部置換術の手術成績向上の点で現在重要な課題となっている。遠藤らは開心術後脳障害の原因を 1) Macroembolization 2) Microembolization 3) 脳血流減少に分類している²⁾。Macroembolization による脳梗塞は手術操作に伴うことが多い。それに対し脳血流減少による脳障害は麻酔科医が SCP 中の脳灌流状態をモニタリングし、それを調節することで防止し得る。

桑原らは SCP 中の脳循環モニターとして内頸静脈酸素飽和度 (Sjvo₂) の有用性³⁾ 及び Sjvo₂ 連続モニタリングの有用性⁴⁾ を報告している。Sjvo₂ は動脈血酸素飽和度、脳血流量、脳酸素消費量の三者により規定される。Sjvo₂ の低下は脳酸素消費量が一定の条件下で酸素供給の低下を意味する。著者らは Sjvo₂ を SCP 時の脳灌流状態の指標として有用であると考え、1991 年以来これが 90% 以上となることを目標に脳灌流条件を調節した。その結果低灌流が原因と思われる低酸素性脳症の発生が減少した。SCP 時の至適灌流条件については決まったものが無く、送血路、手術手技の違いにより諸家の報告がある^{3,5-8)} (表 5)。著者らが Sjvo₂ をもとに設定した脳送血量はこれらの報告と比較すると高灌流量である。高灌流量での体外循環は塞栓の危険性を増加させ脳障害の危険因子とされている。しかし SCP 群と ECC 群を比較すると、SCP 時の鼓膜温が低いにもかかわらず

Sjvo₂ に有意差がなく (表 4)、著者らの SCP 時の脳送血量は通常の体外循環時と比較して多くないことが推測される。

現在、臨床的に SCP 時の脳血流量を実測することは不可能である。SCP 中体循環血流停止時と非停止時を比較すると、脳灌流圧、Sjvo₂ を同様に維持するため血流停止時において有意に多くの脳送血量を必要とした (表 3)。すなわち、腕頭動脈への送血量のうち一部は右腕へ流れる他外頸動脈領域、左椎骨動脈領域へ、左総頸動脈への送血量のうち一部は外頸動脈領域、左椎骨動脈を逆流して左腕に流れる。また椎骨動脈からは脊髄へも血液が供給される⁹⁾。したがって、腕頭動脈左総頸動脈へ送血する場合、送血量の一部しか脳を灌流せず、実際の脳灌流量は全身の灌流状態により変化するため、Sjvo₂ をモニタリングして送血量を調節することは、脳酸素需給バランスを保つ上で重要であると考えられた。

開心術前の脳血管造影は脳血管の狭窄の有無、Willis 輪の状態を知り、術後の脳障害の予防に重要である¹⁰⁾。しかし、緊急手術が多い胸部大動脈瘤手術においては十分な検索がなされないまま手術に臨むことが多い。Sjvo₂ は大脳全体としての酸素需給バランスの指標とはなるが、脳局所の循環代謝は反映しない¹¹⁾。脳血管に狭窄部位が存在する場合、その末梢領域の灌流状態は Sjvo₂ からは判断できない。脳循環モニターとして Sjvo₂ 以外に Transcranial Dopplar, 近赤外線スペクトロスコーピー等が利用されているが、現在のところ脳局所の灌流状態を捉えうるモニターとしては不十分である。局所脳灌流が十分把握できない現時点では Sjvo₂ をモニタリングし、これを十分な安全域に保つよう脳灌流を行うことが必要であ

表 5 脳灌流条件に関する文献的報告

報告者	報告年	脳送血量	灌流圧(mmHg)	体温(℃)	Sjvo ₂ (%)
桑原 ³⁾	1988	500 ml·min ⁻¹	40-60	25	80
廣谷 ⁵⁾	1989	腕頭動脈 5.5-9 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹ 左総頸動脈 4-7 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹		26-28	
Matsuda ⁶⁾	1989		50	16-20	90以上
松若 ⁷⁾	1990	0.43±0.11·min ⁻¹ ·m ⁻²	47±9		96±6
田中 ⁸⁾	1992	右腕窩動脈 5.4±1.2 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹ 左総頸動脈 5.6±2.6 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	53±15 53±25	21.1±1.5	

平均±標準偏差

ろう。

今後さらに脳血管病変が存在する可能性のもとで、最適な脳灌流法に対する考察, Sjvo2の最適値の決定が必要である。

本稿の主旨は、第40回日本麻酔学会総会(1993年、盛岡市)にて発表した。

文 献

- 1) 内藤博司, 岩木俊男, 多田恵一ほか: 胸部大動脈瘤術期管理の問題点の検討. 社会保険広島市民病院医誌 7: 121-126, 1991
- 2) 遠藤 裕, 下地恒毅: 開心術後の脳障害. 臨床麻酔 14: 1229-1235, 1990
- 3) 桑原正知, 中島伸行, 安藤太三ほか: 脳分離体外循環における脳灌流量の検討-58例の胸部大動脈瘤手術の経験より-. 日本胸外会誌 36: 466-471, 1988
- 4) Kuwabara T, Nakajima N, Yamamoto F, et al: Continuous monitoring of blood oxygen saturation of internal jugular vein as a useful indicator for selective cerebral perfusion during aortic arch replacement. J Thorac Cardiovasc Surg 1992, 103: 355-362

- 5) 廣谷 隆: 体外循環中脳血流量及び脳分離体外循環時の脳血流に関する臨床的研究. 日胸外会誌 37: 591-597, 1989
- 6) Matsuda H, Nakano S, Shirakura R et al: Surgery for aortic arch aneurysm with selective cerebral perfusion and hypothermic cardio-pulmonary bypass. Circulation 80 (Suppl1): 1-243, 1989
- 7) 松若良介, 松田, 川島康生ほか: 超低体温併用脳分離体外循環法における適正脳灌流量の検討. 日胸外会誌 38: 567-572, 1990
- 8) 田中 稔, 竹内栄二ほか: Stanford A型解離性大動脈瘤に対する脳分離体外循環法. 胸部外科 45: 287-293, 1992
- 9) Stetzler RF, Hadley MH, Martin NA, et al: Vertebrobasilar insufficiency. Part1: Microsurgical treatment of extracranial vertebrobasilar disease. J. neurosurg 66: 648-661, 1987
- 10) 土田弘毅, 橋本明政ほか: 胸部大動脈瘤手術における術前脳 4 Vassel Study からみた中枢神経系合併症予防策について. 胸部外科 44: 380-383, 1991
- 11) 立石彰男, 副島由行, 前川剛志ほか: 内頸静脈酸素飽和度および近赤外線スペクトロスコープによる脳モニター. 集中治療 5: 113-121, 1993

Clinical Evaluation of Cerebral Perfusion during Aortic Arch Grafting Surgery

Hiroshi Naitou, Makoto Takatori, Keiichi Tada

Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, Hiroshima City Hospital,
Hiroshima, Japan

Maintenance of adequate cerebral perfusion during aortic arch grafting surgery is most important for cerebral protection. Since 1991, we have been continuously monitored blood oxygen saturation in the internal jugular vein (Sjvo2) during selective cerebral perfusion (SCP), and accordingly regulated cerebral perfusion pressure and perfusion flow rate to keep Sjvo2 above 90%. Our perfusion flow rate and perfusion pressure increased from 0.36 ±

0.06 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ and 56 ± 10mm Hg to 0.68 ± 0.16 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ and 64 ± 14mmHg respectively.

In consequence, postoperative cerebral complications decreased from 7/13 (1982-1990) to 2/16 (1991-1992). We can not evaluate actual cerebral blood flow in the presence of steal flow to another organs. High flow rate during SCP is necessary for prevention of global and local cerebral ischemia.

Key Words : Brain damage, Selective cerebral perfusion, Cerebral protection, Blood oxygen saturation in the internal jugular vein (Sjvo2), Aortic arch grafting surgery

(Circ Cont 17: 235-240, 1996)