

循環停止中の局所脳内酸素飽和度の変動

秋山潤根*, 川村隆枝*
水間謙三**, 涌澤玲児*

要 旨

人工血管置換術を予定された ASA II~III の患者10名を対象に、循環停止中の局所脳内酸素飽和度 (regional cerebral oxygen saturation, rSO₂) を持続的に測定し、術後中枢神経障害との関係につき比較検討した。また、3例については同時に内頸静脈球部酸素飽和度 (SjvO₂) も測定した。その結果、循環停止中の rSO₂ は持続的に低下し、循環停止終了時には循環停止直前の値に比較して有意に低下した (P<0.05)。又、中枢神経障害群の循環停止終了時の rSO₂ は、非障害群の値に比較して有意に低値を示した (P<0.01)。更に、循環停止時間70分以上、rSO₂ 60%以下となった症例6例中5例で術後中枢神経障害が認められた。

はじめに

体外循環 (以下 CPB) を用いた心血管手術における術後中枢神経障害は重要な問題である。体外循環下手術の約3%に術後脳障害が発生すると報告されている¹⁻³⁾。CPB中、循環停止中における脳モニターとして脳波、LIFESCAN EEG モニター、内頸静脈酸素飽和度 (SjvO₂) 体性感覚誘発電位 (SEP) 等があるが、低体温、麻酔深度、血液量等の影響を受け易く、未だ確立されたものは無い。術中の中枢神経障害の早期発見は、予防及び早期治療に有益であり、適切な脳モニターの選択は急務である。著者らは、脳モニターの一つとして近赤外線による Non-invasive Cerebral Oximeter (Somanetics 社製、INVOS[®] 3100型) を

使用している。今回、胸部大動脈手術中の rSO₂ の変動を経時的に測定し、循環停止中の変動と術後中枢神経障害との関係及び、sjvO₂ と rSO₂ との関係につき検討した。

対象及び方法

胸部大動脈人工血管置換術を予定された ASA 分類 II~III の患者10名を対象とした。患者には術前に本研究の主旨について説明し、同意を得た。術前より意識障害等、中枢神経障害のある症例は除外した。麻酔導入前に INVOS[®] 3100型のセンサーを右前額部に装着し rSO₂ を測定した。麻酔法は大量フェンタニール (100 μg · kg⁻¹) を基本とし、適宜イソフルランを併用 FiO₂=1.0とした。麻酔導入後、3例については右内頸静脈よりカテーテルを挿入し、頭部正面及び側面 X-P にて先端が内頸静脈球部下にあることを確認した。循環停止直前より循環停止終了直前まで経時的に採血し SjvO₂ を測定した。人工心臓は非拍動型ローラーポンプ、ホローファイバー型膜型肺を使用し、循環停止は食道温15℃で施行した。術後中枢神経系後遺症の判断は集中治療室 (ICU) 入室中に行った。統計学的検定は、多重比較には Scheffe の F-test、群間比較には、Student's t-test を用い、P<0.05を有意とした。各統計諸量は平均値±標準偏差 (mean±SD) で示した。

結 果

①対象症例の性別は、男性5名、女性5名であり、平均年齢、体重は各々61.4±16.5歳、59.1±12.0 kgであった。10例中5例に、術後中枢神経障害が認められ、内訳は意識障害3例 (昏睡2例、一過性傾眠1例)、多発性脳梗塞1例、一過性痙攣1

*岩手医科大学医学部麻酔学教室

**岩手医科大学医学部薬理学教室

例であった(表1)。10例の平均循環停止時間は73.3±17.2分で、中枢神経障害群では84.8±12.0分と非障害群の61.8±13.8分に比較して有意に長かった。(P<0.05)。

②循環停止直前、循環停止終了時のrSO₂は非障害群では82.8±8.8%、71.6±12.9%、障害群では80.0±9.3%、52.2±6.3%と各々循環停止終了時には直前値に比較して有意に低下した(P<0.05, P<0.01)。また、障害群の循環停止終了時のrSO₂は非障害群の値に比較して有意に低値を示した(図1, P<0.01)。

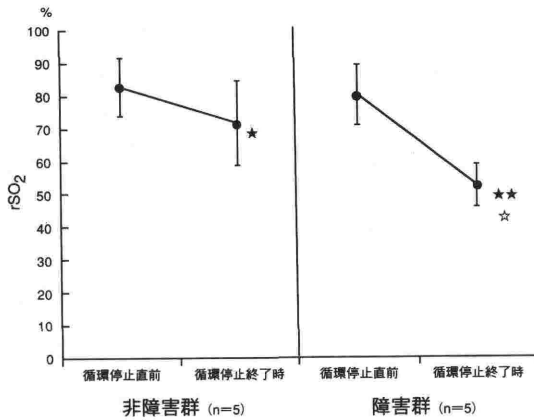


図1 循環停止前後のrSO₂の変化
 mean ± SD
 ☆ P<0.01 vs 非障害群の循環停止終了時
 ★ P<0.05 vs 循環停止直前
 ★★ P<0.01 vs 循環停止直前

③循環停止中のrSO₂は、全例時間の経過と共に低下傾向を示した。循環停止時間70分以上でrSO₂が60%以下(斜線部分)となった症例6例中5例(83%)に術後中枢神経障害が認められた(図2)。

④循環停止中のrSO₂の変化率は、時間の経過と共に絶対値と同様漸減した。また、循環停止70分以上、低下率30%以上(斜線部分)となった症例5例中4例(80%)で術後中枢神経障害が認められた(図3)。

⑤3例中2例でrSO₂は、SjvO₂の低下に先立って低下した(図4)。なお表1と図4のcaseは同一である。

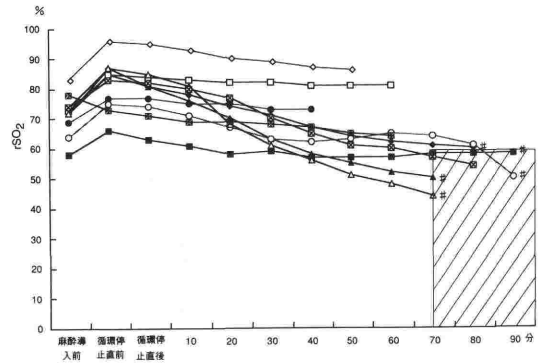


図2 循環停止中のrSO₂の変化 # 障害例

表1 Background

case	Age(years)	B.W.(kg)	Diagnosis	Cir.arrest(min)	CPB(min)	lowest rSO ₂ (%)	Brain damage
1	72	71	des.	70	360	44	+
2	55	72	ar.	65	220	64	-
3	67	50	des.	57	115	86	-
4	71	55	as. ar.	75	201	50	+
5	68	65	as. ar.	95	239	57	+
6	36	75	as.	42	257	73	-
7	31	60	as. ar.	87	407	60	+
8	74	57	ar. des.	97	294	50	+
9	81	37	ar.	65	141	81	-
10	59	49	des.	80	105	54	-

B.W: body weight, Cir. arrest: circulatory arrest time, CPB: cardiopulmonary bypass time, as.: dissecting aneurysm of the ascending aorta, ar.: dissecting aneurysm of the aortic arch, des.: dissecting aneurysm of the descending aorta

考 察

大動脈弓部手術の補助手段として、脳分離体外循環法が行われる一方、最近では無血視野が得られ、手技的にも簡単な超低体温循環停止法が広く行われている。しかし、脳虚血に対する許容時間は、年齢、病変の内容により異なり、動物実験及び臨床例においても様々であり⁴⁻⁶⁾、一定の見解を得ないのが現状である。そこで、循環停止中の脳の酸素環境を知る事は、脳虚血、低酸素状態を早期に発見でき、その予防又は迅速な対処が可能となり、重要である。一般に脳虚血モニターとしては、脳波 (EEG)、脳機能モニター (cerebral function monitor : CFM)、compressed spectral array (CSA)、density-modulated spectral array (DSA)、LIFESCAN EEG monitor 等があるが、何れも一長一短があり、特に、超低体温循環停止中

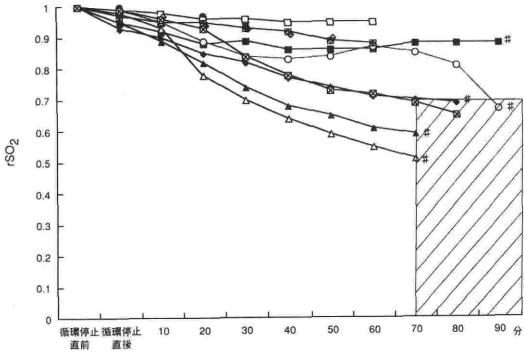


図3 循環停止中の rSO₂ の変化率 # 障害例

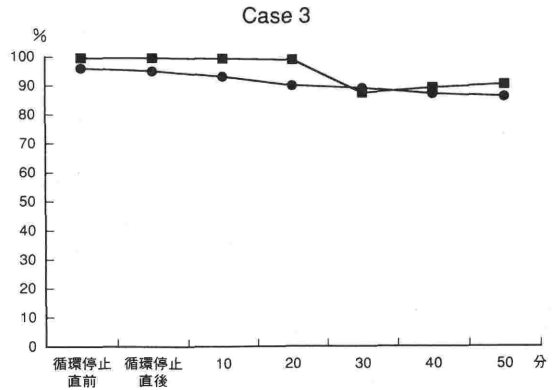
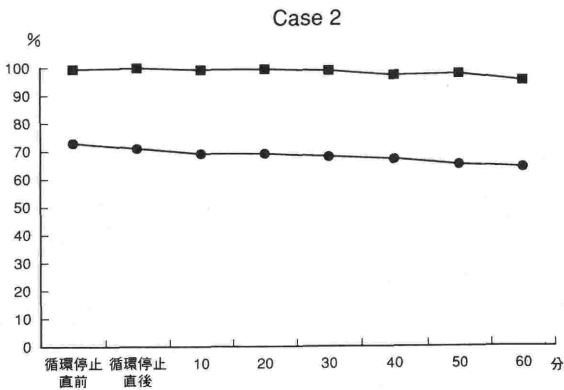
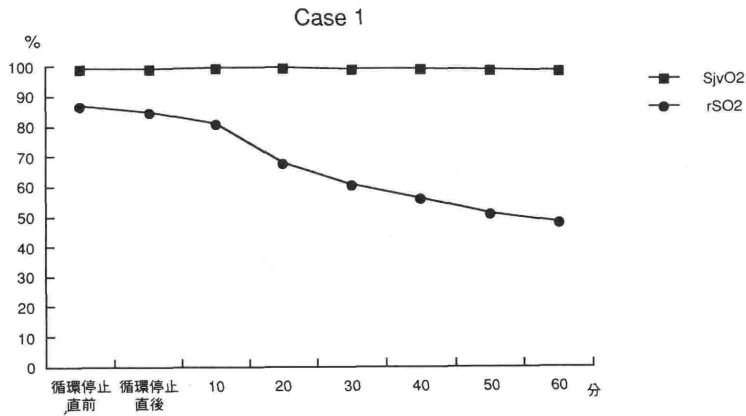


図4 各症例における SjvO₂ と rSO₂

のモニターとしては不確実である。著者らは、最近注目されている近赤外線分光法の原理を応用した脳組織の酸素環境測定装置である INVOS® 3100 を使用し、脳機能モニターとしての有用性について検討した。INVOS® 3100 によって測定される rSO_2 は、近赤外線が経頭蓋骨的に脳内へ浸透する特性を利用し、大脳皮質の動脈、静脈及び毛細血管の混合組織のヘモグロビン (Hb) の酸素飽和度を定量的に示したものであり、酸素の需要と供給のバランスを表していると言われている。 rSO_2 の有効性については、いくつかの臨床報告がなされている。即ち、McCormick ら⁷⁾ はヒトの大脳低酸素症に関しては、 rSO_2 の方が脳波よりも感度が良いことを報告し、健康成人に 7% O_2 を負荷し、脳波における徐波出現に先だって、脳組織の酸素飽和度が 55% 以下に低下する事、頭部外傷患者で脳浮腫による神経症状の悪化が臨床的に出現する数時間前に rSO_2 の低下が認められた事を明らかにしている。そこで、本研究では循環停止中の脳モニターとしての rSO_2 の有用性を追求し、術後中枢神経障害発生の有無との関連を検討した。その結果、全例循環停止の時間と共に rSO_2 は低下し、循環停止終了時の rSO_2 は循環停止直前値に比較して有意に低下し、更に中枢神経障害群では、非障害群に比較して有意に低値を示した。症例別に見ると、 rSO_2 が 60% 以下で、循環停止時間が 70 分以上の症例では 6 例中 5 例に何等かの中枢神経障害が認められ、体温 15℃ の条件下では循環停止時間は 70 分以内で rSO_2 が 60% 以上を保つことが、中枢神経障害予防の上で重要な事が示唆された。 rSO_2 を低下率で見ると循環停止直前値に対し、循環停止終了時 30% 以上低下した症例 5 中 4 例で、術後中枢神経障害が認められたため、絶対値のみならず低下率の面からも注意が必要と思われる。Ausmann ら⁸⁾ は脳動脈瘤の根治手術において 18℃ で循環停止中 rSO_2 が 35% 以下となった症例で術後意識障害が持続したと報告し、著者らの許容限界より低値であるが、脳血管病変の既往、停止時間との関係もあり、critical level の決定は難しい。体温、Hb 濃度のほぼ一定な循環停止中の rSO_2 低下の原因としては、酸素の需要と供給のアンバランスによる低酸素症が最も考えられる。脳酸素消費量 (CMRO₂) は、体温低下と共に指数関数的に減少し、麻酔薬が加

わると更に CMRO₂ は減少する。しかし、Michenfelder⁹⁾ は、低体温時、脳波が平坦化した状態でも酸素はニューロンとグリア細胞の統合性維持に消費され、CMRO₂ は常温時の 8% 存在すると報告している。食道温 15℃ の状態でも時間の経過と共に、低酸素症となる可能性があり、その指標として rSO_2 の測定は重要であると思われる。SjvO₂ と rSO_2 に関しては、McCormick ら⁷⁾ が正の相関を示すと報告している。症例 1、症例 2 では rSO_2 が SjvO₂ の低下に先だって低下傾向を示した。その理由として rSO_2 が大脳皮質の局所酸素飽和度であるのに対し、SjvO₂ は大脳半球の血流と代謝のバランスの指標である事より、その変化に時間のずれが生じると考えられる。 rSO_2 が SjvO₂ と相関してより迅速に変化するならば、簡単で無侵襲である点も考慮すると、術中の脳モニターとして有益である。今後、症例数を重ね両者の関係について検討したい。

中枢神経機能障害の防止法として、低体温、フィルターの使用、術野での塞栓の防止などが挙げられるが、更に脳血流や酸素化の測定は、障害の発生の減少に有用である。特に、脳血管病変の既往のある high risk 患者では人工心肺、循環停止中の脳虚血モニターは必須であると考えられる。

まとめ

人工血管置換術を施行された患者 10 人について、循環停止中の rSO_2 を測定した結果、①循環停止直前値に比較して、循環停止終了時の rSO_2 は有意に低値を示した。②中枢神経障害群の rSO_2 は、非障害群の値に比較して有意に低値を示した。以上より、 rSO_2 は循環停止中の脳モニターとして有用であると考えられる。

文 献

- 1) Bojar RM, Najafi H, Delaria GA, et al : Neurological complications of coronary revascularization. *Ann Thorac Surg* 36 : 427-432, 1983
- 2) Cosgrove DM, Loop FD, Lytle BW, et al : Primary myocardial revascularization. Trends in surgical mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg* 88 : 673-684, 1984
- 3) Gardner TJ, Horneffer PJ, Manolio TA, et al : Stroke following coronary artery bypass grafting. A ten-year study. *Ann Thorac Surg* 40 : 574-581, 1985
- 4) Baumgartner WA, Silververg GD, Ream AK, et al : Reappraisal of cardiopulmonary bypass with deep hypothermia and circulatory arrest for complex neuro-

- surgical operations. *Surgery* 94:242-249, 1983
- 5) Murkin JM, Farrar JK, Tweed WA, et al : Cerebral autoregulation and flow/metabolism coupling during cardiopulmonary bypass : the influence of PaCO₂. *Anesth Analg* 66:825-832, 1987
- 6) Spetzler RF, Hadley MN, Rigamonti D, et al : Aneurysms of the basilar artery treated with circulatory arrest, hypothermia, and barbiturate cerebral protection. *J Neurosurg* 68:868-879, 1988
- 7) McCormick PW, Stewart M, Goetting MG, et al : Regional cerebrovascular oxygen saturation measured by optical spectroscopy in humans. *Stroke* 22 : 596-602, 1991
- 8) Ausmann JI, McCormick PW, Stewart M, et al : Cerebral oxygen metabolism during hypothermic circulatory arrests in humans. *J Neurosurg* 79 : 810-815, 1993
- 9) Michenfelder JH : *Anesthesia and the Brain*. Churchill Livingstone, New York, 1988, pp23-34

Changes of rSO₂ during Hypothermic Circulatory Arrest in Patients Undergoing Major Vascular Surgery

Junne Akiyama, Takae Kawamura,
Kenzou Mizuma*, and Reiji Wakusawa

Department of Anesthesiology, School of Medicine, Iwate Medical University

*Department of Pharmacology, School of Medicine, Iwate Medical University

Iwate, Japan

Circulatory arrest with profound hypothermia is an important surgical adjuvant that allows protected cessation of cerebral blood flow for a brief period. In 10 patients undergoing this procedure, regional cerebral oxygen saturation (rSO₂) was measured continuously by optical spectroscopy. rSO₂ decreased significantly at the end of circulatory arrest compared with the value of pre-circulatory arrest ($P < 0.05$).

Furthermore, rSO₂ at the end of circulatory arrest

in the patients who suffered from cerebral damage after operation was lower than that of other patients who did not ($P < 0.01$).

Five of 6 patients whose rSO₂ was under 60 % and circulatory arrest time last beyond 70 min, suffered from cerebral damage after operation. These findings suggest that the measurement of rSO₂ during hypothermic arrest is useful for the monitor of brain ischemia.

Key Words : rSO₂, Circulatory arrest, Brain damage, Major vascular surgery

(Circ Cont 17 : 25~29, 1996)