

体外循環下の脳内酸素ダイナミクスと神経学的予後
**Intracerebral oxygen dynamics under extracorporeal
circulation and neurological prognosis**

垣花泰之

Yasuyuki KAKIHANA

鹿児島大学医学部附属病院集中治療部

Division of Intensive Care Medicine, Kagoshima University Hospital

<はじめに>

臨床で使用される体外循環装置（今回は特に人工心肺に限定する）は、人工肺と灌流ポンプから構成され、主に開心術や大血管術に用いられる。人工心肺装置を用いると、心停止の状態でも全身の臓器に十分な酸素を供給することができるが、体外循環中の灌流量や灌流圧の変動、超低体温や急速な加温、血液希釈などにより組織酸素代謝は大きく変動する。つまり、体外循環は人工的に作り出されたショック状態であり、脳障害の発生も数多く報告されている。そこで今回我々は、体外循環中の脳内酸素代謝の変化を検討するとともに、術中に発生した脳障害例の脳内酸素ダイナミクスと神経学的予後との関連について考察する。

<対象および方法>

非拍動型の人工心肺装置を使用した105症例を対象とした。全症例に対し脳モニタリングとして島津製作所製近赤外分光装置 OM110 を装着し、前額部より局所の脳内酸素化状態 [酸素化型ヘモグロビン (oxy-Hb)、脱酸素化型ヘモグロビン (deoxy-Hb)、総ヘモグロビン (t-Hb)、チトクロームオキシダーゼ (cyt. ox.)] の変化を連続的に測定した。症例の内訳は、胸部大動脈置換術 63例、冠動脈バイパス術 22 例、弁置換術 16 例、その他 4 例であり、胸部大動脈瘤 63 例中、51 症例では体外循環の他に選択的脳分離循環も併用した。105 症例中 16 症例では内頸静脈血酸素飽和度 (SjvO₂) と脳波 (EEG) を同時にモニタリングし、体外循環中の血液希釈、体温変化、脳灌流圧の変化が脳内酸素化状態に及ぼす影響を検討した。さらに、全症例を対象に術中 cyt. ox. の酸化 - 還元レベルの変化から、(1) cyt. ox. が術中変化しなかった症例 (A群)、(2) 術中に還元されたが手術終了時にはコントロール値に復帰した症例 (B群)、(3) 術中から術後にかけて還元状態が進行した症例 (C群) の3群に分け、体外循環中の脳内酸素代謝と神経学的予後との関連を検討した。

<結果および考察>

1) 血液希釈：体外循環開始により、血液は希釈されヘモグロビン濃度は 10.8 ± 1.58 g/dl から 6.1 ± 1.25 g/dl (n = 16) へと急激に低下した。脳モニタリングでは、t-Hb、oxy-Hb は大きく低下したが、deoxy-Hb や Sjv O₂ の値に大きな変化はみられなかった。さらに、今回の16症例の検討では、血液希釈により脳組織への酸素供給量の低下にもかかわらず cyt. ox. の酸化 - 還元レベルは一定に保たれていた。ミトコンドリアにおける呼吸速度 $d O_2/dt$ は、 $d O_2/dt = \text{Constant} \cdot [\text{cyt. ox.}^{2+}] \cdot [O_2]$ であらわれ、酸素濃度がある critical レベル以下に低下しなければ cyt. ox. の酸化状態が維持される。つまり、今回の結果では血液希釈により Hb 濃度が 6 g/dl 前後に低下しても、脳組織の酸素代謝は正常に維持されるものと考えられた。

2) 体温変化：体温（脳温）の低下や上昇により脳内酸素代謝は大きく変動する。今回の検討では、体外循環開始により体温は 35.8 ± 0.8 °C から 23.6 ± 5.7 °C ($n=16$) へと急激に低下し、oxy-Hb や S_{jv}O₂の上昇とdeoxy-Hbの低下がみられた。また、EEGは低振幅徐波を呈した。これは低体温により脳活動が抑制され脳組織での酸素消費量が低下したためと思われる。一方復温時には、deoxy-Hbの上昇、oxy-Hbの低下がみられた。さらに、急速な復温過程では体温が低い状態にもかかわらず、cyt. ox.の還元がみられた。つまり、脳組織の酸素消費量は体温の絶対値だけでなく、単位時間あたりの体温変化率が大きく影響するものと思われた。

3) 脳灌流圧：脳灌流圧を体動脈圧と中心静脈圧の差であらわし、脳灌流圧と cyt. ox. の酸化 - 還元レベルの関係を検討した。脳灌流圧が 10 mmHg 以上では、cyt. ox. の酸化状態は常に一定に保たれ、それ以下では有意な還元が認められた。つまり、体外循環下における脳組織への灌流量は、極めて低い灌流圧 (> 10 mmHg) でも正常に維持されることが確認できた。

4) 体外循環中の脳内酸素代謝と神経学的予後：105 症例を術中 cyt. ox. の酸化 - 還元レベルの変化で分類すると、A群 (cyt. ox.の変化なし) は 34 例、B群 (cyt. ox.の一過性還元) は 65 例、C群 (cyt. ox.の持続還元) は 6 例であった。術後脳障害が認められたのは 105 例中 10 症例であり、その内訳は、視野欠損 1 例、片麻痺 5 例、意識障害 4 例であった。視野欠損の症例では術中 cyt. ox. の変化が全くみられなかった (A群)。これは脳障害部位が後頭葉の視覚領域であったため、NIRSによる前額部からの測定では異常を検出できなかったものと思われた。一方、意識障害を伴った重篤な脳障害症例では、全例で術中、術後をとおして cyt. ox. の還元が認められた (C群)。これは前頭葉を含む広範囲の障害が発生したものと思われた。片麻痺の 5 症例は、術中に cyt. ox. の一過性の還元がみられ手術終了時にはコントロールに復帰していた (B群)。片麻痺の障害部位はCT上で側頭部の深部層に限局していたが、術中には前頭葉を含む広範な領域にも低酸素状態が発生したものと思われた。

<おわりに>

体外循環中の脳内酸素代謝の変化は、さまざまな因子の影響を受けているため複雑である。特に術中に発生した脳障害の原因を解明するには、脳酸素代謝を連続的にモニタリングしながら、さらなる検討を行っていく必要があると思われる。