

<Editorial Comment>

大動脈縮窄・弓離断症に対する一期的手術における補助手段について

静岡県立こども病院・心臓血管外科 横田 通夫

井本氏の論文「大動脈縮窄・離断複合に対する無名動脈および下行大動脈送血による一期的根治手術」は、この疾患群に対する安井、角グループのこれまでの積極的治療とその良好な成績に基づく優れた論文である。この論文の主旨は、本疾患群に対する根治手術において保護すべき主要臓器、すなわち脳、心臓および下半身の脊髄・肝・腎に対して、超低体温麻酔・循環停止法を行うことなく、中等度低体温体外循環の灌流方法に工夫を行うことによって十分に保護出来ること、しかもその手技は複雑なものではなく、誰でも容易に行える手技であることを示すことであった。とくに胸骨正中アプローチで心臓裏面からの下行大動脈送血法の有用性が示されている。

まず、本論文は全身へ悪影響があるということから超低体温麻酔法(循環停止、low flow 灌流法を含めて)を行わないというスタンスから出発しているため、超低体温麻酔・循環停止法について考えてみる。歴史的にみると、新生児、乳児期早期例に対する心筋保護および体外循環技術の未発達、肉薄の脱血管がなかったこと、などの理由で、超低体温麻酔・循環停止法が全世界的に流行した。すなわち、新生児、乳児開心術は超低体温麻酔・循環停止法で始ったと言える。しかし、脳障害という極めて重大な合併症の報告が相継ぎ、循環停止法に対する反省が強く求められた。中心温 20℃ で循環停止時間が 60 分を越えると四肢の痙攣、手指の不随意運動などの明瞭な神経学的症状を認めることが多く、循環停止時間の安全限界の一般的指標は、灌流冷却の場合中心温 20℃ で 45 分、表面冷却・体外循環併用(“Kyoto technique”)では 60 分とされてきた。超低体温法は完全に弛緩した無血視野での手術を可能とし、新生児、乳児期早期の繊細な手術操作を助ける極めて有用な補助手段であり、とくに本論文の疾患群に対して胸骨正中切開創から拡大式大動脈直接吻合での大動脈弓再建を行う場合、欧米では今でも超低体温法が用いられるのが一般的である。ところが循環停止法の脳神経障害でさらに問題になったことは、手術直後には明らかな神経学的異常がない場合でも、長期の観察で、学校生活における態度、言語、行動などの異常を認めたとの報告が Muraoka 等¹⁾、ボストン小児病院からの報告²⁾を含めいくつか出され、MBD (minimal brain dysfunction) としても注目を集めるようになったことである。筆者らも多数の循環停止症例の経験があるが、次第に循環停止を行うことが少なくなった。そのきっかけとなったのが、脱血管の改良そのものである。右房内からの手術操作を必要とする疾患は多いが、新生児・乳児期早期で初期の古いデザインの肉厚で太い脱血管を 2 本直接右房切開創から入れると、術視野が全く得られず、脱血管をすべて抜去出来る循環停止法は極めて魅力的であった。ところが、肉薄でとくにワイヤーで補強してある脱血管が開発されてからは、脱血管を入れたままでも右房内操作は容易であり、また、上、下大静脈に直接挿入できる曲り金属チップの脱血管が入手出来るようになってからは超低体温麻酔・循環停止法の絶対的必要性は著しく低下した。

勿論、超低体温法をより安全な方法とするための研究はとくに欧米で積極的に続けられ、近年においても多くの報告が出ている。その一つ、これは脳保護という点で極めて重要なことであるが、冷却灌流時の血液の pH についての研究である。1980 年代成人冠動脈の手術例で α -stat に変更する施設が増えたが、その後の研究で中等度低体温では α -stat のほうがよいが、超低体温冷却中は α -stat よりも pH stat のほうが脳保護に優れていることが明確にされてきた^{3)~5)}。すなわち pH-stat 法は脳組織の冷却に優れ、高エネルギー燐酸の回復もよく、脳波の回復も早い。また、遠隔期の developmental score は PCO₂ と正の相関を示したとの報告もある。

循環停止法は停止時間を 45 分以内に限ると、比較的安全な手段と考えられているが、より複雑な疾患が心内修復手術の対象になってきている現在では、どうしても修復時間が長くなり、循環停止時間が安全限界を越える可能性が出てくる²⁾。循環停止時間を短縮するには、要するに手術を早くすればよいのであるが、そのためには、手術器具や材料(縫合糸も含めて)を扱い易いものにし、多数の症例を経験して手術技術を向上させるし

かない。例えば左心低形成症候群の大動脈弓再建には欧米ではホモグラフトを用いることが多いが、ホモグラフトは縫合操作を容易とし、縫合時間、つまり循環停止時間を短縮出来る。また、技術の習得については、短期間に多数例を経験するいわゆる learning curve effect が関係してくるが、集中的な経験が得にくい本邦では実現は困難である。欧米の論文をみると one surgeon によって何百例もの手術がなされたという報告が多い。手術が早くなると、その時間内に手術を終える自信のある外科医は、慣れた超低体温法を行っていくのに何の躊躇もないであろうし、循環停止を避けるための種々の工夫に対して共感を示すことは少ないようである。

本邦では、どちらかといえば、きめ細やかな配慮から、予測より時間が延長した場合、いつでも循環停止から体外循環へ移行できる態勢を整えて手術を行ってきた施設が多いように思う。そしてその工夫がさらに改良され次第に循環停止を完全に避ける方向へ進んだと言える。

腕頭動脈に送血管を挿入する方法は本邦ではかなり古くからなされているが、新生児期早期例、あるいは低体重児では細く脆弱な腕頭動脈に送血管を挿入することは困難で、危険な場合が多い。その場合には Gore-Tex tube を腕頭動脈に吻合して送血管として使用するとよいが、この方法も本邦ではかなり古くから行われている。筆者らは約 40 例の Norwood 型手術を経験しているが、1989 年 1 月 11 日の生後 11 日の救命例から腕頭動脈へ吻合した Gore-tex tube を送血管として使用し始め、第 32 回日本胸部外科学会関西地方会 1989 年 6 月 23 日(大阪)において報告した⁶⁾。腕頭動脈に吻合した人工血管を送血管として使用した報告としては筆者の知る限り国内最初の報告である。この腕頭動脈に吻合した人工血管を送血管とする方法は、左心低形成症候群あるいは大動脈弓離断症に対してルーティンに行ってきた⁷⁾⁻⁹⁾。

勿論、片側の腕頭動脈からの灌流で脳全体へ十分な血流が届くには circle of Willis が“ perfect ”であることが必要条件となるが、教科書によると正常の“ perfect pattern ”は 40% に認められるのみである。さらに詳しい検索を行った Riggs and Rupp(1963, Arch Neurol 8:8)及び Hodes ら(1953, Radium Ther Nucl Med 70:61)によれば、正常型はそれぞれわずか 19%, 18% のみであり、残りの約 80% には形成不全(低形成)があるとされ、例えば交通動脈の形成不全は前者によれば 47% に認めている。臨床的に問題となるのは、前大脳動脈 A1 部の形成不全型(それぞれ 12%, 25%)と後交通動脈と A1 形成不全型(それぞれ 4%, 24%)である。しかし Willis 輪の一つの component が完全に欠損していることは極めて稀であるとも記載されている。また、前大脳動脈の低形成あるいは欠損が 28% に認められたという報告もあるが、子供では椎骨動脈がよく発育しているので、片側灌流は成人よりも安全かも知れない。形成不全(低形成)の場合はその領域に通常十分な側副血行路があるとされているが、体外循環の灌流圧で細い側副血行路を十分に通過できるのか、問題になる例はないのであろうか。小児では多数例の大動脈弓再建時に一側頸動脈を一時的に遮断しても障害はなかったという報告もあるが、成人の頸動脈結紮例では片麻痺を 40% に認めたという報告もあり(1979, Watson and Selverstone, Ann Surg 109:1)、両側の浅側頸動脈の血圧測定下の遮断テストあるいは本論文のような灌流中の対側血圧モニターや近赤外線脳内酸素飽和度モニターなどで確認することが重要であろう。

肝・腎の保護のために下半身灌流を行うかについては、体外循環の灌流温度を比較的高く保つ施設が近年増加している傾向があり、議論のあるところである。胸骨切開アプローチで心臓の真裏からの下行大動脈への送血手技が井本氏の大きな主張点であるが、この手技は確かに決して難しくはない。筆者も数年前の左心低形成症候群の症例で体血流路作成のあと残存した大動脈縮窄症に対して再度体外循環を開始してパッチ修復した際に、送血回路がなく、思い付いて正中からこの場所に送血管を挿入したことがあったが、下行大動脈が浅い視野で見つかり、挿入が容易であったことは新鮮な驚きであった。挿入箇所としては井本氏の報告のように非常に使いやすい場所であり、有用な手技である。筆者らも、左開胸での下行大動脈への送血管挿入、下行大動脈へ吻合した人工血管を送血管として用いる方法、左心低形成症候群で下行大動脈を吻合中に吻合血管断端からの送血カニューラ挿入など、種々試みてきたが、本論文の箇所からの送血管挿入法が最も優れていると思う。

結論を述べると、20 分で循環停止時間を 20 分ぐらいに留め、大動脈弓再建時にその利点を十分に利用するというやりかたもあるが、循環停止だけでなく超低体温そのものの生体への悪影響を避けるために超低体温麻酔を回避し、分離体外循環を行うという手技を確立した井本氏の本論文の意義は大きい。長期遠隔期における脳神経機能の評価を含む適正灌流量などの検討がまたれる。

文 献

- 1) Muraoka R, Yokota M, Hojo H, Hikasa Y : Long-term mental, emotional and behavioral results of children subjected to circulatory arrest during hypothermic cardiac surgery in infancy. Proceeding of the Fifteenth Annual Meeting of the International Society for Cryobiology, 1979, pp 112 - 114
 - 2) Bellinger DC, Rappaport LA, Wypij D, Wernovsky G, Newburger JW : Patterns of developmental dysfunction after surgery during infancy to correct transposition of the great arteries. J Developmental & Behavioral Pediatr 1997 ; 18 : 75 - 83
 - 3) Aoki M, Nomura F, Stromski ME, Tsuji MK, Fackler JC, Hickey PR, Holtzman DH, Jonas RA : Effects of pH on brain energetics after hypothermic circulatory arrest. Ann Thorac Surg 1993 ; 55 : 1093 - 103
 - 4) Skaryak LA, Chai PJ, Kern FH, Greeley WJ, Ungerleider RM : Blood gas management and degree of cooling : effects on cerebral metabolism before and after circulatory arrest. J Thorac Cardiovasc Surg 1995 ; 110 : 1649-57
 - 5) duPlessis AJ, Jonas RA, Wypij D, Hickey PR, Riviello J, Wessel DL, Roth SJ, Burrows FA, Walter G, Farrell DM, Walsh AZ, Plumb CA, del Nido P, Burke RP, Castaneda AR, Mayer JE Jr., Newburger JW : Perioperative effects of alpha-stat versus pH-stat strategies for deep hypothermic cardiopulmonary bypass in infants. J Thorac Cardiovasc Surg 1997 ; 114 : 991 - 1001
 - 6) 坂本喜三郎, 横田通夫, 曲人 伸, 北野 満, 水原寿男, 中野博行, 斎藤彰博, 野島恵子, 古城昌展 : Modified Norwood 手術による左心低形成症候群の新生児 (11 生日, 体重 2.8 kg) の 1 救命例 . 第 32 回日本胸部外科学会関西地方会 1989 年 6 月 23, 24 日 大阪
 - 7) 坂本喜三郎, 横田通夫, 猪飼秋夫, 角三和子, 長門久雄, 津田武嗣, 西岡雅彦 : 大動脈弓離断複合に対する新生児期一期的根治手術の工夫 . 第 37 回日本胸部外科学会関西地方会 1994 年 6 月 17, 18 日名古屋
 - 8) 坂本喜三郎, 横田通夫, 猪飼秋夫, 長門久雄, 角三和子, 西岡雅彦, 津田武嗣 : 新生児期分離体外循環における送血法の検討 . 送血の工夫 (人工血管経由) を中心に . 日本胸部外科学会雑誌 1994 ; 42 : 1681
 - 9) 横田通夫, 坂本喜三郎, 猪飼秋夫, 角三和子, 長門久雄, 西岡雅彦, 山本芳央 : 左心低形成症候群に対する Norwood 手術 . 自己組織のみを用いた大動脈再建法 . 関西胸部外科学術セミナー・テキスト, 日本胸部外科関西地方会, 1996, pp 39 - 46
-