

今日の体外循環技術への対応

千葉県循環器病センター心臓血管外科
松尾 浩三

1953年Gibbonらによる最初の体外循環下ASD閉鎖手術の成功以来、この50年間に人工心肺を補助手段とする心臓血管手術は着実な進歩を遂げてきた。言うまでもなく心臓血管手術の進歩は人工心肺装置や体外循環技術と密接な関係があり、これらの補助手段の進歩をもって新生児や複雑かつ困難な症例も救命できるようになった。しかしさまざまな体外循環技術のトピックのなかで回路充填液については文献が散見される^{1,2)}ものの今日の研究が十分なされているとは言いがたい。本論文に述べられているように“古くて新しい”問題である。

1. Ultrafiltrationの応用

1980年に入り、人工心肺装置は急速な発展をみせるがようやく初期の膜型肺が登場した時期であり、回路充填量も多く安全性の点から充填液のほとんどは全血あるいは濃厚赤血球が用いられ、そのほかに加えられるものは乳酸リンゲルやマンニトールなど少量であった。80年代半ばになってガス交換能に優れ充填量の少ない人工肺が登場すると、成人での開心術で無輸血充填の体外循環が施行されるようになった。体外循環中の限外濾過(ultrafiltration (conventional UF: CUF)^{3,4)}も導入され始めたが、当初は主として心筋保護液の追加などで過剰になった水分を除去することが目的であった⁴⁾。一方、乳幼児開心術において回路充填血液に大量の5%グルコースや生理食塩水などを混和してUFを行い、体外循環前にいわゆる洗浄をする方法が提唱された⁵⁻⁷⁾。これにより保存血中に存在する代謝産物やキニン-カリクレイン系炎症性物質を減少させ、体外循環開始時のinitial shockを予防することが期待された。小児でも積極的に無輸血開心術が行われるようになると、除水とともに術中に放出されるサイトカインなどの炎症関連物質除去を目的としてCUF^{8,10)}や、補液を用いて積極的な洗浄を行うDUF (dilutional ultrafiltration)⁹⁾が施行されるようになってきた。このような過程を経て体外循環終了直後に行うUF (modified UF: MUF)⁹⁾が導入されるようになったのである。機器や回路の進歩もさることながら、無輸血体外循環の普及と種々の血液濾過療法の導入という変遷を遂げている。

2. 透析補充液の有用性

このような変化のなかで鈴木論文では、あまり顧みられていなかった回路充填液に注目し新たな試みについて述べている。著者は現代的な体外循環技術に基づく回路充填液やMUF補充液の種類によって体重20kg以下の開心術症例を4群に分類し、各群の電解質の変動とアシドーシスの有無を経時的に検討し、さらに透析補充液であるSublood-B™液(以下S液)のみを使用した症例について術後経過を追跡した。

検討1においてMUF終了後の血清Na⁺値を比較すると低Na⁺溶液充填(論文中C液)生理食塩水MUFの群で119mEq/lと最も低く、S液充填-生理食塩水MUF群で一見理想的なNa⁺値となっているが、5例において術後143mEq/l以上の高Na血症を示したと述べられており、充填液や補充液の違いで非常に大きな差が生じることが分かる。Na⁺値の変動により血漿浸透圧が大きく変化することになり、人工心肺離脱直後の状況では重症例ほどその影響は強いと考えられる。このような差がICU入室時には一定値に収束しているのは生体側の調節のみによるものではないことは容易に想像されるが、Na⁺値の変動が最も少ないのはS液充填-S液MUFの群である。それゆえMUF施行例では検討2の結果を待つまでもなくこの方法の有用性が示唆される。

一方、酸塩基平衡についてはアシドーシスがどの群にも認められず安定した値となっている。これは著者の施設で行われているα-statのpH管理の成果とも考えられる。しかしCUF/DUFやMUFを施行する際、急速な濾過後に生理食塩水や乳酸リンゲルなどで補充すると重炭酸イオンが希釈され、アシドーシスの進行が予測される。UF後にアシドーシスが出現しベース補正が必要となることはしばしば遭遇することである。著者も述べるようにS液は十分な重炭酸を含有しており、このような余分な操作を必要としないことは大きな利点である。われわれも新生児乳児開心術において血液充填をする場合、洗浄の必要性を重視し^{7,11)}、当初ヴィーンR(日研化学社)などで洗浄を行っていたが著明なアシドーシスを示すため、2000年以降S液を用いて洗浄を行っている。S液洗浄では充填液の酸塩基平衡は

極めて安定しており、緊急時でも安全に体外循環の準備が行える。これは保険適応であるか否かということより重要な事柄と考えている。

またS液は浸透圧が299mOsm/lと、細胞外液と等張に調整されているが、人工心肺充填液として単独で使用した場合、特に乳幼児では膠質浸透圧が低下することが考えられ組織への水分移動が懸念される。しかし検討2で示されるように、カテコラミン使用量や呼吸補助は少なく、重症例においても著明な浮腫は発生していないことからほぼ満足すべき結果となっている。これは著者らが主張するようなMUFの水バランス調整効果¹⁰⁾によるものとも考えられ、また他の充填液との客観的な比較がないので優位点は明らかとはいえないが、少なくともS液充填+MUFというオプションは術後経過に好結果をもたらしていると考えられる。

本論文の冒頭に述べられているように人工心肺の充填液は基本的かつ古典的な問題であるが、機器や方法論の進化に合わせて常に更新されるべきものである。現在のようにほとんどの施設で、施行するタイミングの違いはあってもCUF/DUFやMUF、すなわち血液濾過療法が併用されている状況ではそれに見合った回路充填液、補充液の使用が望ましいと考えられる。本論文の主張は各施設で異なる基準で作成されている回路充填液について再考する良い契機を与えてくれている。また心筋保護液調剤ミスによる事故の後に本邦でも調整済みSt. Thomas心筋保護液が販売されるようになった経緯を考えると、本研究などを基礎として、可能な限り手技が簡略な人工心肺基本充填液というようなアイデアが出てきてもよいのではないだろうか。

【参考文献】

- 1) Sade RM, Stroud MR, Crawford FA, et al: A prospective randomized study of hydroxyethyl starch, albumin, and lactated Ringer's solution as priming fluid for cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 89: 713–722
- 2) Ratcliffe JM, Wyse RK, Hunter S, et al: The role of the priming fluid in the metabolic response to cardiopulmonary bypass in children of less than 15 kg body weight undergoing open-heart surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 36: 65–74
- 3) Magilligan DJ Jr, Oyama C: Ultrafiltration during cardiopulmonary bypass: Laboratory evaluation and initial clinical experience. *Ann Thorac Surg* 1984; 37: 33–39
- 4) 仲田勲生：体外循環中および後の限外濾過の効果に関する研究。日胸外会誌 1988；36：16–22
- 5) 前田正信，小山富生，村瀬允也，ほか：新生児開心術の補助手段の工夫 全血充填液に対するHFの有用性。日本心外会誌 1993；22：192–195
- 6) 長津正芳，原田順和，竹内敬昌，ほか：乳児体外循環の有血初期充填液に対する限外濾過とその効果。胸部外科 1995；48：281–285
- 7) Ridley PD, Ratcliffe JM, Alberti KG, et al: The metabolic consequences of a “washed” cardiopulmonary bypass pump-priming fluid in children undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 100: 528–537
- 8) Wang MJ, Chiu IS, Hsu CM, et al: Efficacy of ultrafiltration in removing inflammatory mediators during pediatric cardiac operations. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 651–656
- 9) Journois D, Israel-Biet D, Pouard P, et al: High-volume, zero-balanced hemofiltration to reduce delayed inflammatory response to cardiopulmonary bypass in children. *Anesthesiology* 1996; 85: 965–976
- 10) Elliott MJ: Ultrafiltration and modified ultrafiltration in pediatric open heart operations. *Ann Thorac Surg* 1993; 56: 1518–1522
- 11) Merkle F, Bottcher W, Hetzer R: Prebypass filtration of cardiopulmonary bypass circuits: An outdated technique? *Perfusion* 2003; 18 (Suppl 1): 81–88