

## 第1回小児無輸血開心術研究会

日 時：2002年7月10日(水)18:00~

会 場：日本都市センター

世話人：龍野 勝彦(千葉県循環器病センター心臓血管外科)

## 1. 小児における適正な輸血方法

東邦大医学部第一小児科

月本 一郎

小児輸血療法の目標は、輸血の安全性を限りなく究明し実施することにある。しかしながら、小児における輸血は、血液が使用される頻度と投与量が少ないために、輸血領域ではあまり重要視されていなかった。子供の時に受けた輸血による副作用は、彼らの長い一生のみならず、次世代にわたる問題をも残すことになる。これを防ぐためには、できる限り輸血を行わず、可能な限り代替治療や自己血輸血を試み、不可能なときに初めて感染性と免疫原性のない同種血を使用するべきである。わが国で輸血を受けている小児は、年間約7万人前後しかいないため、最善の輸血を行い、きめ細かなフォローアップを行っていくことが可能であろう。

小児の輸血領域ではいくつかの問題点があげられる。小児特に新生児は成人と異なった生理機能を有するために、このことを考慮に入れた輸血療法を行う必要がある。成人を対象とした「輸血療法の適正化に対するガイドライン」が厚生省から出されているが、小児ではそのまま用いるには問題がある。小児のための、輸血によるリスクを上回る効果が期待できる適切なガイドラインを作成し、問題点を明らかにし、全国に普及させる必要がある。また、体が小さい子供のための輸血器具や機材の開発も必要である。最も重要なことは、小児の輸血に携わる専門医の育成である。

これらの問題を解決するために有志のものが集まり、1992年に小児輸血療法研究会を発足させた。この会の目的の一つは、各施設で独自に行われている輸血療法を統一化し、コンセンサスが得られたガイドラインを作成することである。小児領域で輸血が行われる分野は、未熟児・新生児、心臓外科手術、血液・腫瘍領域などが主なものである。これらの領域の方々と協力し、お互いに勉強をしながら、小児のための、輸血の適正使用のガイドライン作りを試みている。実務者の間で試案を作成し、各施設に持ち帰って実際に臨床の場で使用をして、その問題点を検討し

た。この結果をもとに、エビデンスに基づいた小児に適切な使用基準を作成し、全国に普及させることに努めている。この研究会で検討され作成した未熟児早期貧血に対する赤血球輸血と、血小板輸血についてのガイドラインは、前述の「輸血の適正化に対するガイドライン」に掲載されている。

このたび開催される小児無輸血開心術研究会の主旨の中には、術後長期にわたる経過観察の中で、輸血によるための副作用をいかに少なくしようかというものも含まれるであろう。小児血管外科領域では、今までにも自己血輸血や開心術時の小充填量体外循環などに取組まれ、輸血による副作用を防ぐ努力をされている。心臓血管外科医が、心置きなく手術に集中できるよう、安全な血液が供給される必要がある。

今回は、小児における適正な輸血の具体的方法と、その問題点について述べてみる。

## 2. 小児無輸血体外循環の現況 全国アンケート調査結果

千葉県循環器病センター心臓血管外科

松尾 浩三、龍野 勝彦

小児の無輸血開心術の現状を調査するために全国の小児心臓外科主要97施設にアンケートを送付し、47施設から回答を得た。アンケートの内容は小児開心術における輸血に対する意識調査、装置回路構成、充填量削減の工夫、無輸血開心術の現況、安全限界、合併症の有無等であった。

結果：開心術中の輸血については「現況では輸血は安全」6%に対し「できれば避けたい」とする意見が94%を占めた。小児無輸血開心術には「大いに関心がある」62%、「関心がある」34%とやや温度差がみられ、体重15kg以下開心術において「可能な限り無輸血を目指す」60%、「症例を選んで」38%という数値と合致した。無輸血の利点として「感染症予防」に91%の回答があり、以下「GVHD」、「未知の因子による障害」肝機能障害等の合併症、等の合併症の回避があげられ、「血行動態安定」、「呼吸機能回復が早い」とする意見はそれぞれ19%、11%と比較的少数であった。15kg以下で使用する回路の種類は2種類が最も多く49%、3種類が36%、4種類が11%であった。回路の最少充填量は130~800mlと幅がみられたが350ml前後が最も多く、小充填人工肺の使用、回路サイズの縮小、分離型ポンプ(15施設)や遠心ポンプ(2施設)の採用などのほかに、動脈フィルター除去や閉鎖

別刷請求先：

〒290-0512 千葉県市原市鶴舞575

千葉県循環器病センター心臓血管外科

龍野 勝彦

式回路採用などの充填量削減のためのさらなる努力がみられた。脱血側は吸引落差，自然落差合わせて84%が落差脱血法を採用，ポンプ脱血は14%であった。除水回路は85%の施設で組み込まれており(充填量平均67.3ml)，87%の施設で術中，術後の除水あるいはmediator除去を目的とする限外濾過が施行されていた。対象疾患としてはASD，VSD，TOF，CAVCなどが多く，最低体重はそれぞれ $8.3 \pm 2.4$ kg， $6.9 \pm 2.6$ kg， $8.4 \pm 1.7$ kg， $8.9 \pm 2.9$ kgであった。術中安全限界と考えるHt値は $16.0 \pm 3.0$ (10~26%)であったが，実際に無輸血を遂行しえた症例の術中最低Ht値は $14.5 \pm 3.2$ (7~22%)と限界値を下回る傾向がみられた。充填液中へのアルブミンは「全例投与する」45%，「術前状態や体重により」38%，「原則的に投与しない」17%と多く施設が投与に寛容であった。術中脳代謝モニタリングを施行している施設は34%で，その方法は近赤外線飽和度測定(15施設)，上大静脈酸素飽和度測定(3施設)などであった。無輸血開心術後の合併症については「特になし」とするものが75%を占めたが，「ある」2%，「関連が考えられる」23%の回答があり。その事例として一過性けいれん(3)，術後心不全(2)，胸腹水(2)，左房圧上昇，腎不全，出血などがあげられた。

考察：各施設での無輸血開心術に対する意識に差はあるものの回路縮小化の取り組みはほぼ一致していた。開心術中の血液希釈について現状では各施設の安全限界値，実際の施行例ともかなりの幅がみられ，術後合併症との関連や遠隔期の影響を検討し適切な希釈値を絞り込んでいくことは，小充填回路装置の開発とともに今後の重要課題と考えられる。

### 3. 乳児期無輸血開心術の検討

国立循環器病センター心臓血管外科

鍵崎 康治，八木原俊克，上村 秀樹

高橋 昌

同 手術部

稲盛 修二，林 輝行，山崎 康祥

四井田秀樹

背景と目的：当センターでは1994年までは体重10kg以下の開心術に際しては，充填量1,000mlの体外循環回路を用い，全例有血充填にて開心術を行ってきた。無輸血充填の適応は体重15kg以上の症例であった。1994年に低圧持続吸引脱血の開始と低充填量人工肺の採用に伴い，体重10kg以下の症例に対する人工心肺回路は充填量520mlまで減少したものの，無輸血開心術の限界は体重10kgであった。1995年に人工心肺回路の細分化を図り，体重6kgまでは充填量350ml，体重12kgまでは充填量480mlまできりつめ，さらに1997年以降に回路の最短化，低圧吸引脱血の中止を行い，体重7kgまでで充填量250ml，体重12kgまでで充填量380mlを達成するに至った。今回，1997年以降5年間の新生児を除く乳児期開心術症例における無輸血開心術について検討した。

対象と方法：1997~2001年に当センターで施行した新生児を除く乳児期開心術症例は306例であった。手術時月齢は平均 $5.9 \pm 3.1$ カ月，手術時体重は1.78~10.9kg，平均 $5.0 \pm 1.8$ kgであった。体重7kg未満の症例では全充填量250mlの人工心肺回路を，体重7kg以上12kg以下の症例では全充填量380mlの人工心肺回路を使用した。疾患の重症度に応じて，無輸血手術を目指す症例では基本的に蛋白製剤を用いた無輸血充填で人工心肺を開始し，人工心肺中最低Hb 4.5 g/dlを無輸血限界の一つの指標とした。

結果：乳児期手術全体では81例，26.4%で無輸血開心術が可能であった。VSDは111例で，手術時月齢は1~11カ月，平均 $5.5 \pm 2.7$ カ月，体重は2~8.8kg，平均 $5.0 \pm 1.5$ kgであった。無輸血手術は53例，48%で施行できた。これは無輸血充填例63例の84%であった。無輸血手術例の手術時月齢は2~11カ月，平均 $7.0 \pm 2.1$ カ月で，体重は3.7~8.8kg，平均 $6.0 \pm 1.2$ kgであった。人工心肺中の最低Hbは4.3~6.8g/dlで平均 $5.4 \pm 0.7$ g/dlであった。TFは38例で，手術時月齢は1~11カ月平均 $8.6 \pm 2.8$ カ月，体重は2.9~10.9kg，平均 $7.2 \pm 1.8$ kgであった。無輸血手術は12例，32%で施行できた。これは無輸血充填例23例の52%であった。無輸血手術例の手術時月齢は8~11カ月，平均 $9.9 \pm 1.3$ カ月で，体重は6.2~10.9kg，平均 $8.3 \pm 1.4$ kgであった。人工心肺中の最低Hbは4.8~7.0g/dlで平均 $5.6 \pm 0.6$ g/dlであった。

まとめ：人工心肺回路の低充填量化により乳児期開心術全体の26%で無輸血手術が可能であった。VSDでは48%，TFでは32%で無輸血手術を施行できそれぞれの最低体重は3.7kg，6.2kgであった。今後さらなる無輸血手術の遂行には，安全性を確保しつつ低充填量の人工心肺回路の開発が必要と思われた。

4. 体重3~4kgVSDの無輸血開心術に必要な人工心肺充填量

榊原記念病院外科

高橋 幸宏，菊池 利夫，安藤 誠

目的：低体重児の無輸血開心術には人工心肺の小型化が必須であるが，実際にどの程度の充填量が必要なのであるか。当然，この値は疾患または体格別に異なると考える。今回，体重3~4kgVSD 115例に対する無輸血開心術の経験から，3~4kgVSDの無輸血開心術に必要な充填量について検討したので報告する。

方法：成績と術後臨床経過を評価する，麻酔導入後HctとCPB開始直後Hctおよび人工心肺充填量から，CPB前の循環血液量を逆算する，CPB開始直後の最低許容Hct値を5段階に設定し，麻酔導入後Hctと逆算した循環血液量から，CPB開始後Hctが許容値以上となるために必要な充填量を計算する。以上より，体重3~4kgVSDの血液希釈に関する問題点と無輸血開心術に必要な充填量について検討した。なお，実際に使用した人工心肺充填量は130~250mlで，無輸血の適応はCPB開始後Hctが15%以上と推測される。

場合とした。

結果： 全例で脳神経学的合併症などの無輸血に伴う問題はなく、術後挿管時間は $5.5 \pm 2.6$ 時間であった。また、1999年8月以降連続75例の無輸血達成率は100%であった。

Hctは、麻酔導入後 $30.2 \pm 2.9\%$ 、CPB開始直後 $16.7 \pm 2.3\%$ 、CPB中最低 $15.3 \pm 2.3\%$ であり、循環血液量は $232 \pm 55\text{ml}$ 、 $55 \pm 11\text{ml/kg}$ と逆算された。CPB開始時の最低許容Hct値を10%とすると、体重3kg台41例の充填量は $402 \pm 110\text{m}$ ( $248 \sim 650$ )、体重4kg台74例は $505 \pm 125\text{m}$ ( $203 \sim 924$ )と計算された。同様に、13%では、3kgが $263 \pm 77\text{m}$ ( $153 \sim 440$ )、4kgが $332 \pm 86\text{m}$ ( $130 \sim 609$ )、15%では、3kgが $201 \pm 62\text{m}$ ( $110 \sim 347$ )、4kgが $254 \pm 69\text{m}$ ( $98 \sim 469$ )、18%では、3kgが $134 \pm 46\text{m}$ ( $64 \sim 246$ )、4kgが $170 \pm 51\text{m}$ ( $63 \sim 318$ )、20%では、3kgが $101 \pm 39\text{m}$ ( $41 \sim 195$ )、4kgが $128 \pm 42\text{m}$ ( $45 \sim 242$ )。現在の最低充填量は4.5kg以下が130ml、4.6kg以上が160mlである。これらの値未満の人工心肺が必要と計算された症例は、最低許容Hct値20%の場合は115例中77例、18%が40例、15%が7例で、13%と10%では0例であった。

考察と結論： 低体重児への無輸血開心術の適応拡大には、疾患および体格別の術前貧血状態と循環血液量の特徴を把握することが重要である。3~4kgVSDは、5kg以上VSDと異なり、高度貧血例が多く、また、循環血液量は体重 $\times 80\text{ml}$ より明らかに低い。無輸血開心術の適応は、CPB中最低許容Hct値の設定により当然異なることになる。3~4kgVSD無輸血開心術に現在の最低充填量人工心肺(130ml、160ml)を用い、かつ、CPB開始時の最低許容Hctを15%とすると、115例中108例(94%)が血液希釈的に無輸血適応となる。しかし、許容値18%では75例(65%)、20%では38例(33%)のみが適応となり、100ml未満の充填量を必要とする症例が増加する。現時点では不可能な充填量である。

以上から、3~4kgVSDの無輸血開心術において、CPB開始直後Hct 15%を最低許容値とした場合、最低充填量130mlの人工心肺があれば、3~4kgVSDのほとんどは血液希釈的に無輸血の適応となりうる。

##### 5. 低圧持続吸引方式による乳幼児体外循環

社会保険中京病院心臓血管外科

前田 正信, 酒井 喜正, 櫻井 一  
村山 弘臣, 長谷川広樹, 河村 朱美

われわれは体外循環回路の実質充填液量を減量するために、大垣市民病院の時期に考案した低圧持続吸引方式による体外循環を行ってきたので、その特徴を述べるとともに、現在乳幼児開心術の現状を報告する。この回路の基本理念は脱血リザーバーに壁吸引で陰圧をかけ落差の距離を短縮し、さらにその陰圧でポンプを使用せずに吸引・ヴェント等を行う方式である。この特徴を述べると、利点としてまず第一に低容量充填回路である点で、乳幼児回路は送血に4.5mmまたは6mm、脱血に6mmまたは8mmのチュー

ブを使用し、限外濾過を併設して、SSS回路で300cc、SS回路で450cc、S回路で600ccと3種類で行っている。第二に吸引回路の先端が術野内で閉塞しても、設定した陰圧以上の強陰圧はかからないので、ローラーポンプによる吸引回路より赤血球破壊による溶血は少ない。第三は脱血管に空気を吸引しても脱血量にはほとんど影響を与えず安定した脱血が得られる。これは右室流室路再建等の再手術の際、上下大静脈の剥離をせずに右房1本脱血で右室内操作を行うことが可能であり、またextracardiac TCPC手術の際、IVC離断後の人工血管との吻合に際しsneerなしに開放状態で吻合できるなどの利点がある。第四に、ポンプを1基使用するだけなので、心肺装置がコンパクトに安価に製作できることである。欠点として、陰圧吸引の強弱が脱血量に影響を与える可能性と、吸引を開放状態にしたときの吸引圧を一定にできない可能性である。実際には陰圧の強弱によって、脱血が大きく変わることはほとんどなく、また使用していない吸引回路を術野側または心肺側で閉鎖することでほぼ対処でき、乳幼児では問題にはなることは少ない。最近では吸引回路が開放になっても陰圧を一定にできるような装置を開発し、成人においてもより使用しやすくなった。

通常は体重5kgあれば無輸血充填を行って、体外循環中は心筋保護液および局所冷却液を体外循環回路で回収し限外濾過で除水して血液濃縮しながらリザーバーレベルを一定に保つようにしている。その際Hb値が5g/dl以上が維持できることを基準にしており、体外循環中それ以下になったときMAPを投与する。体外循環離脱後に返血完了したあとの安全なHb値は、術後の心拍出量によって異なってくるので、輸血の適応およびタイミングは各疾患別およびその重症度または状態に応じて決定している。返血後の下限Hb値は、術後高心拍出量が期待できるVSD等は7g/dl、高心拍出量があまり期待できないTOF等では8~9g/dl以上が望ましく、低心拍出状態が必至と考えられるFontan手術等ではHb値が10g/dl程度あったほうがよいと思われる。血清蛋白値はあまり気にせず希釈しているが、術後胸水等貯留しやすいTOF手術やFontan手術後では加熱処理プラズマ製剤やアルブミン製剤を使用している。術後胸水が持続して漏出されるような症例に対し、フィブリノーゲンなどが枯渇されるような状況もありうるので、そのような症例に対してはFFP等の投与を早めに決断したほうがよいと思われる。

現在の幼小児無輸血手術の現状は他に問題のないIASD、幼児期VSD等ではほぼ全例に近い無輸血手術が達成できている。乳児期VSDでは最低体重例は4.8kgで無輸血手術を達成しているが、低体重児では貧血が存在したり、肺高血圧のため管理が長くなったりすることで術後の輸血例が多く、無輸血例はVSD例全体の60%程度である。その他TOF根治術では60%程度、Fontan手術では50%程度の無輸血率である。

## 6. 当院における超低充填量体外循環の現状

聖隷浜松病院心臓血管外科

小出 昌秋, 打田 俊司, 初音 俊樹

聖隷浜松病院臨床工学室

北本 憲永, 神谷 典男

はじめに：当院では4年前より小児体外循環システムの低充填量化を段階的に行っており、最近ではほぼ完成されたシステムとなった。当院では血液希釈の安全域を高く設定し、無理のない安全な体外循環を心掛けている。また充填量の低減とともに体外循環の低侵襲化が実現している。最近では熱交換器を用いない完全常温体外循環を行い、さらなる低侵襲化を目指している。今回当院における小児体外循環システムを紹介するとともに臨床データを提示する。

方法：体外循環装置はトノクラ社製分離ポンプヘッドを用い、送脱血両方にローラーポンプを採用している。コントロールパネルは各コンソールから分離し1枚のパネルに集中し、操作性を向上させている。人工心肺回路はトノクラ社製マイクロドメインコーティング回路を用い、各体重別に経験的に使用しうる最小サイズのものを選択している。回路長を極力短くするために清潔なビニールシートを回路が貫いたものを特別に考案し、術野側と機械側の距離を実質的になくした。人工心肺は使用可能な最小サイズを用いるが、最近では完全常温体外循環を行うために、熱交換器と一体化してないものを主に選択している。動脈フィルターは常に使用している。体外循環終了後にMUFを15分間行っている。最低Ht値は20%以上を目標とし17%未満で輸血を行う方針としている。表に当院における最新システムと充填量を示す。

対象：ASD、VSD等軽症例で無輸血症例が対象。熱交換器非使用22例をA群(体重 $8.4 \pm 3.3\text{kg}$ )、熱交換器使用下軽度低体温体外循環症例24例をB群( $9.0 \pm 4.0\text{kg}$ )、同じく中等度

表 現行の回路充填量

体重	~ 6kg	6 ~ 9kg	9 ~ 12kg	12 ~ 17kg
熱交換器使用(-)	136ml	145ml	170ml	196ml
熱交換器使用(+)	166ml	185ml	200ml	220ml

低体温体外循環症例9例をC群( $8.1 \pm 3.7\text{kg}$ )、過去の通常充填量軽度低体温体外循環症例15例をD群( $15 \pm 3.4\text{kg}$ )とした。

結果：充填量/体重はA群 $22.0 \pm 4.3$ 、B群 $24.4 \pm 6.5$ 、C群 $25.1 \pm 5.7$ 、D群 $38.0 \pm 10.1\text{ml/kg}$ であり、D群 B・C群 A群へと段階的に低充填量化が進んだ。最少充填量は熱交換器非組み込み回路の136mlであった。体外循環中最低Ht値はいずれの群でも平均20%以上であった。体外循環前後のHt回復率はA群 $88 \pm 9$ 、B群 $90 \pm 10$ 、C群 $85 \pm 11$ 、D群 $68 \pm 15\%$ とD群で低かった。血小板回復率はA群 $77 \pm 24$ 、B群 $79 \pm 23$ 、C群 $100 \pm 40$ 、D群 $40 \pm 13\%$ とC群で高く、D群で低かった。体外循環中最低SVO<sub>2</sub>はA群 $74.2 \pm 7.0$ 、B群 $63.0 \pm 9.1$ 、C群 $67.1 \pm 8.1\%$ とA群で高かった。体外循環中の水分バランスはA群 $12.0 \pm 12.7$ 、B群 $13.7 \pm 19.2$ 、C群 $0.8 \pm 17.9$ 、D群 $30.7 \pm 10.2\text{ml/kg}$ とA、B群で水分貯留が少なかった。

考案：超低充填量体外循環により体重5kg前後で貧血のある症例でも、安全に無輸血手術を行うことができた。低充填量化によりHt、血小板の回復率が改善し、体外循環による水分貯留が減少した。完全常温体外循環により体外循環中のSVO<sub>2</sub>の低下がほとんどなくなった。

結語：超低充填量完全常温体外循環により安全域を十分確保したうえで無輸血手術の適応拡大を図ることができ、体外循環そのものの低侵襲化も進んだ。