

豊橋市民病院における心臓手術事故調査委員会報告書

医療安全調査委員会

平成23年11月

目次

I. 本件概要	-----	3 頁
II. 本件調査委員会設置の経緯	-----	3 頁
III. 本委員会の目的と業務	-----	3 頁
IV. 臨床経過の概要	-----	3 頁
1. 術前状態		
2. 手術中の経過		
3. 術後経過		
V. 病理診断の概要	-----	7 頁
VI. 死因に関する考察	-----	7 頁
VII. 本例における事故発生機序	-----	8 頁
VIII. 臨床経過に関する医学的評価	-----	9 頁
1. 術前の診療		
2. 術中の治療内容		
3. 術後の治療内容		
IX. 安全管理対策上の問題点について	-----	10 頁
X. 事故後の病院の対応について	-----	11 頁
XI. 再発防止への提言	-----	11 頁
XII. 参考文献及び図	-----	12 頁
XIII. 調査委員会委員名簿	-----	18 頁

I. 本件概要

平成 22 年 11 月 16 日に、豊橋市民病院で 4 才 7 か月男児が心房中隔欠損症に対して、欠損孔閉鎖術を受けた際、広範でかつ高度の心筋障害による心不全を生じ、術後補助循環を要する状態となり、最終的にお亡くなりになった事案である。

II. 本件調査委員会設置の経緯

心房中隔欠損孔閉鎖術を受けた患児が術中、大動脈遮断解除後、心拍が再開せず、補助循環の装着を要する状態であり、心機能は極めて不良で危険な状態にあると、術後に担当医師から医療安全管理室へ報告があった。懸命な治療を行ったにもかかわらず、患児の心機能は回復せず、手術から ■■■ 日後の 11 月 ■■■ 日にお亡くなりになった。

本件の原因を究明するため、12 月 13 日、病理の結果を踏まえ、院内で事例検討会を開催した。それらを踏まえて原因究明のために外部の有識者を入れた調査委員会を設置することとし、日本心臓血管外科学会へ委員の推薦を依頼した。

平成 23 年 1 月 24 日、ご家族へ患者説明会を行い、外部の有識者を入れた調査委員会を設置することを伝え、結果については改めて報告することとした。このような経緯を経て、3 月 19 日、4 月 23 日、5 月 28 日と 3 回の心臓手術事故調査委員会が開催された。

III. 本委員会の目的と業務

本委員会は、本件診療等に関連する事項を調査・討議することを目的とする。そして、医療の透明性の確保を図るとともに、同様の事例の再発を防止するための方策を提言し、医療安全の向上の一助となることを目的とする。

IV. 臨床経過の概要

1. 術前状態

患児は 4 才 7 か月、身長 1 0 1 cm、体重 1 6 kg の男児で、心房中隔欠損症の診断で入院した。心臓カテーテル検査は行われておらず、心エコー検査による診断で手術に至っている。心エコー上、Qp/Qs（肺血流と対血流の比）は 4.6（肺へは体への 4.6 倍の血流）と診断されている。術前心エコーでの診断は ASD（心房中隔欠損）二次孔型、右房容量負荷及び右室容量負荷、相対的な肺動脈狭窄、左肺動脈末梢の狭窄とされている。

今回の手術に先立って、国立循環器病センターを受診し、カテーテルによる心房中隔欠損孔閉鎖術の適応はないと判断されており、開胸手術の適応と考えられた。

術前家族に心房中隔欠損閉鎖術と、輸血や血液製剤使用の功罪に対する説明などがなされて、手術に対する了承がとられている。

2. 手術中の経過

平成22年11月16日に手術が行われた。心房中隔欠損孔閉鎖術として手術が行われ、手術時間10時間42分、麻酔時間12時間26分、体外循環時間8時間9分、大動脈遮断時間31分、最低咽頭温31.2℃であった。

9時33分に手術室に入室。9時40分麻酔開始となっている。モニターは右橈骨動脈にて動脈圧がモニターされ、内頸静脈から中心静脈カテーテルが挿入されて咽頭温、直腸温、皮膚温がモニターされ、また経食道心エコーも挿入された形で手術が開始されている。A医師、B医師の二人の麻酔科医により、全身麻酔が行われて手術が進められた。術前の血行動態は安定しており、血圧90/50mmHg、脈拍80～100前後で安定した血行動態と考えられた。手術は術者のC医師、助手のD医師、E医師の3名で開始された。

以下に記載する手術中の経過は、診療録及び手術の経過を記録した映像をもとにまとめたものである。

胸骨正中切開により手術が開始され、送血用・脱血用カニューレのタバコ縫合を置いた。二酸化炭素吹送用カニューレの留置を行った。この間ヘパリンが投与され、ACTは543秒と記載されている。上行大動脈に送血管を挿入し、ターニケットで固定した。ターニケットと送血管は絹糸2本で固定した。空気抜きを行って、送血管と送血回路を接続した。上大静脈用脱血管を上大静脈より挿入しターニケットで固定した。脱血回路に接続した。次いで、下大静脈に脱血管を挿入し、脱血回路に接続した。手術開始49分で体外循環が開始された。上大静脈カニューレの位置の調整を行って、再度上大静脈カニューレの固定を行った。心筋保護針の固定用糸を上行大動脈の送血管より中枢側にかけた。心筋保護針を刺入した。この際、血液の噴出は良好であった。心筋保護針には分枝があり、本管と分枝の空気抜きを行ってターニケットで固定した。心筋保護針を心筋保護液注入回路と空気抜きを行った後、接続した。下大静脈をテープで締め、次いで上大静脈もテープで締めた。上行大動脈のテープを牽引しながら、大動脈遮断の鉗子をかかけた。ここで心筋保護液を320mL注入した。徐々に徐脈となり、心停止が得られた。

右房切開を行い、支持糸をかけて視野展開をよくして、心房内の検索を行った。右房への血液灌流があるため、大動脈遮断鉗子の遮断が甘い可能性を考慮して遮断鉗子のかみ直しを行った(1回目)。この時点では心筋保護液注入回路は晶質液(心筋保護液)で満たされており、空気も認められていない。さらに心房内の確認を行った。この操作中、記録された画像で見ると、心筋保護液注入回路は血液で満たされていた。すなわち、回路内を液が逆流したものと考えられる。

さらに大動脈遮断鉗子の確認を再度行い、大動脈周囲の剥離を追加し、大動脈遮断鉗子を変更して、遮断しなおしを行った。この大動脈遮断鉗子はストレートな形態をしていたため、視野の邪魔にならないように絹糸でひっばって固定を行った。この時点でも

心房内への血液還流が多く心拍の再開も認められたため、ここで心筋保護液の追加が行われた。手術中の映像をみてみると、心筋保護液が21秒間注入されたあと、空気が12.4秒間送られていることが判明したが、外科医はこの現象に術中には気づいていなかった。左上大静脈遺残を認めたため、遮断を行った。

心房中隔欠損は下縁欠損型であった。欠損孔閉鎖のために自己心膜を採取した。吸引管を冠静脈洞に入れ縫合するための糸を欠損孔並びに自己心膜パッチにかけた。ここで心筋保護液の2度目の追加、計3回目の心筋保護液注入がなされている。心筋保護液が注入される過程で空気が約2秒間送られている。記録された映像でみると、冠静脈洞および右心房切開縁から細かい空気の泡の流出が多く見られている。自己心膜パッチで欠損孔を閉鎖した。閉鎖に際して肺を加圧して、左房内の空気抜きを行って、糸の結紮を行った。更に肺の加圧、心臓の圧迫をするなどして、心臓内の空気を除去した。

ホットショットの注入を開始した。切開した右房壁の閉鎖を開始した。ここで大動脈遮断鉗子をはずし、遮断解除を行った。右房壁の閉鎖を続けて行っている。途中まで吸引管を右房腔内に入れて行い、縫合が中央部分まで進んだところで吸引管を抜去して以降の縫合を進めた。

この時点でも心拍動の再開は認められず、右房壁閉鎖は心房がやや張った状態で進められた。このため、心臓内の空気抜きは充分に行われたことになった。右房の閉鎖が終了しても心拍動の再開が認められないため、空気の除去や心臓の張りを防止するためなどで、心マッサージを試みたが、状況は変わらなかった。右室前面にペースメーカーのリードを付けてペーシングを試みたところ、心筋の微弱な動きは認められたが、心拍動としては得られなかった。

心筋保護液についてまとめると（カルテ頁 209 に記載がある）、大動脈遮断直後に320 mL、遮断6分の時点で320 mL追加。遮断12分の時点で160 mL追加。遮断30分の時点で（ホットショット）として150 mL追加されている。2回目と3回目の心筋保護液注入の際に空気がルートを介して送られていることが映像で確認された。心筋保護液の内容は、カルテ頁 214 に記載されている。組成は晶質液である。A液：5%ブドウ糖液1000 mL、炭酸水素ナトリウム静注7%40 mL、KCL注20 mEq キット40 mL、マンニトール40 mL、ヒューマリンRを1000 mLに対して5単位追加。B液：生理食塩液1000 mL、カルチコール注射液8.5% 6 mL、静注用キシロカイン2% 5 mL。A液・B液を各1パックずつ、合わせて使用している。

経食道心エコーを用いて、心内および上行大動脈に空気がないこと、上行大動脈に解離がないこと、左右の冠動脈孔が正常にあること等を確認した。この時点で左右冠動脈において順行性血流をエコーで確認することはできなかった。大動脈に刺入した心筋保護針より、空気を除去する目的で血液の吸引を行っていたが、冠動脈への血流が減少している理由になっていないか、吸引量を減じて確認した。冠動脈攣縮の可能性を考え、シグマートを人工心肺内へ注入し、ついでシグマートの持続注入を開始した。さらに左

房ベントを挿入した。心筋保護液の組成を確認したが規定の内容であった。14時頃、人工心肺からの離脱を試みたが左室が張り、離脱は成功しなかった。

術野のエコーで冠静脈洞からの血液還流を観察したが、血液還流は乏しかった。左上大静脈遺残があるためかと考え遮断したが、冠静脈への血流に変化はなかった。その他、大動脈弁閉鎖不全症などは認められなかった。

右心房を再度切開し、冠静脈洞を直視下に確認したところ血液還流は乏しかった。パッチ等で閉鎖された冠静脈口がないか確認したが、異常は認められなかった。上行大動脈にノルアドレナリンを注入したが、冠静脈洞への血液還流は変化なかった。ブジーにより、冠静脈洞の走行確認をおこなった。左鼠径部を切開し大腿動脈を露出し、IABP挿入用人工血管を吻合した。16時41分にIABPが開始された。約10分後、再度人工心肺からの離脱を試みたが、前回と同様で左室が張ってしまい、離脱は成功しなかった。

冠動脈造影を行うこととし、準備をした。手術室にて冠動脈造影を施行した。右冠動脈、左冠動脈内に空気はなく、また狭窄もなかった。冠動脈の動静脈瘻も認められなかった。この時点でパッチにより認識されていない冠静脈口を閉鎖していないか確認することとした。全身冷却し、心室細動下で確認を行うこととした。18時48分に心室細動を誘発し、右房を再々切開してパッチをはずした。しかし、閉鎖されている冠静脈口などは認めずそのあと、加温を開始した。

19時38分に上行大動脈送血、右心耳に新たに送血脱血用チューブを挿入してECMO(PCPS)を開始した。19時50分に人工心肺を終了した。この間、ご家族には経過の説明を3回行った。21時36分に手術が終了した。

3. 術後経過

補助循環装置を付けたまま集中治療室へ戻ったが、補助循環装置の継続が必要な血行動態であった。

11月17日、補助循環装置の継続。

11月18日、創洗浄を行うも、出血は殆ど認められなかった。11月17日より尿量が増加した。右気胸となっていたため、ドレナージを行った。

11月19日、人工肺の効率が悪くなり、酸素化が低下したため、人工肺の交換を行った。

11月20日、補助循環は安定して行えた。血圧は70～80mmHgであった。

11月21日、補助循環は順調に回っていたが、2度心室頻拍を起こし、DCを施行した。

11月22日、心室細動があり、治療を行った。

11月23日、胸部X線写真上、肺の悪化を認めた。

11月24日、心室頻拍を繰り返すようになった。

11月 日、末梢循環の悪化が認められた。未明より瞳孔の散大傾向を認めた。また高度溶血も認められた。その後、瞳孔散大、対光反射がないことが認められ、ご両親より補助循環装置を止めて欲しいとの希望があり、23時38分、補助循環装置が停止され、その際自己血圧は認められなかった。23時40分、死亡が確認された。

V. 病理診断の概要

心臓の一部が摘出され、病理診断がなされた。豊橋市民病院での病理診断報告によると検体は左室壁で壁の厚さは6mm、心筋は全層性に広汎な壊死が見られ、心内膜下部では高度で、それ以外の部分では小血管周囲性に壊死を免れた領域が斑状に残存。心筋壊死は横紋が消失しており、進行したものであるが、好中球浸潤はごく軽度で、生体反応は乏しい。病理診断としては、massive myocardial infarction、focal organizing thrombusとされる。

さらに、検体は国立循環器病研究センターにも送られ、結果を得ている。左室前壁の広範な凝固壊死と間質の出血、筋層内末梢冠動脈内フィブリン血栓塞栓症と診断されている。

VI. 死因に関する考察

映像を含めて記録を見る限り、空気が心筋保護液回路から注入された事象以外は通常に行われた手術と考えられる。そこで空気注入、あるいは空気混入の危険性について考察する。

文献的には実験データに基づいて空気注入が発生した場合の危険性について報告されている^{1)~3)}。ある論文では、犬を用いて体外循環を使用しない設定での実験が行われ、左心系に空気を注入して評価されている。注入する空気を体重当たりにして結果をまとめると、0.5mL/kgの空気が左心室に注入された場合の生存率は40%、0.75mL/kgの場合30%、1.0mL/kgの生存率は10%、1.5mL/kgの場合の生存率は5%、1.75mL/kgの場合の生存率は0%で、LD₁₀₀は1.5mL/kgとされた²⁾。本例では体重16kgであるのでLD₁₀₀は24mLに相当する。また他の論文では雑種成犬の上行大動脈に空気を注入すると、空気の注入量を体重当たりしてみると、0.4mL/kgでは生存率100%、0.8mL/kgでは生存率0%。同様に左室内に注入すると、0.4mL/kgでは生存率100%、0.8mL/kgでは生存率0%と報告されており³⁾、1mL/kg以上の空気が注入されると非常に高い致死率となることが推測される。

ついで、本例において、注入された空気の量を映像をもとに計算した。本例では心筋保護液の注入はローラーポンプの回転数から求められる訳ではなく、1回量を2分程度で注入するという方式が取られていた。実際の注入スピードは記録として残されていないので、映像から計算して推測した。液が移動する距離と時間から移動の速度を算出した。映像ではDLP20016の注入用チューブが記録されているので、このチューブの内径3.7mmを用いて流量を算出。推定流速は1,223cm/分、推定流量は135mL/分と計算された。これによ

り、心筋保護液追加1回目は12.4秒間の空気が注入されていることから、注入された空気の量は28mL、2回目は4mL、合計32mLの空気が注入されたと考えられる。以上より、本例で注入された空気は、文献的な考察を踏まえると、致死レベルにあったと考えられる。

心臓の病理組織所見も矛盾しない所見であると考えられることから、空気が心筋保護液注入回路から上行大動脈内に注入されたことが高度の心不全を引き起こし、死亡に到ったものと考えられる。

VII. 本例における事故発生機序

前項で述べたように、本例では心筋保護液注入回路より少なくない量の空気が複数回注入されたことによる心筋障害が死亡原因と考えられるので、ここでは空気が心筋保護回路に存在するに至った機序について説明する。

心筋保護回路は別添の図のようであり、カニューレ・チューブ・リザーバーから構成されている。心筋保護液の流れについて説明する。まずリザーバーに蓄えられた心筋保護液は、リザーバーの最下段よりチューブに連結されて、注入用のローラーポンプを経てリザーバーの外部に取り付けられた筒状の熱交換器を下から上のほうに進み、リザーバーの最上段に設けられたエアートラップに進み、そこから術者側回路に流れていく。

前項で述べたように、1回目の心筋保護液追加の時に28mLの空気が混入しているが、映像ではチューブ内にある心筋保護液がチューブのある長さにわたって、全て空気と置き換わっている。つまり、心筋保護液に空気が泡のような形で存在していたというわけではない。チューブのある長さが全て空気と置き換わっていたわけである。

起こった事象をまとめると、

- ① 心筋保護回路から空気が注入された。
- ② 注入された空気はチューブ内のある長さの部分で、液体と全て置き換わった形で存在した。
- ③ 注入された空気量は心筋保護液追加1回目は28mL、2回目が4mLと考えられる。

以上の条件を踏まえて、手術に用いられた回路と同じ内容の回路を改めて組み直して調査委員会で検証実験を行なった。

まず、回路の各部位の容量を実験的に確認した。回路内で20mL前後の空気が存在する場所は、容量が20mLであるエアートラップ、及びエアートラップを含めた回路の前後以外にないことが判明した。エアートラップは前述したごとく、リザーバーの最も高い位置にあること、熱交換器を下から上へ流れる回路が連結されていること、エアートラップ前後の回路が青色のカバーで覆われているため、液体の流れる方向や液の性状が確認しにくい形状であることも確認された。このエアートラップには回路を液で充填する際に利用する空気抜きルートが設けられており、リザーバー内に液が流れていくようになっている。ここにはプレコネクトのロック付きチューブがつけられている。検証実験の結果では、

このプレコネクトされているロック付きチューブが緩んでいると、エアートラップが他の液面よりも高い位置にあるために、液がリザーバー内に流れ込み、一旦液で満たされていたエアートラップ部分に空気が貯留することが判明した。

また空気はエアートラップにつながる熱交換器まで入り、回路を充填した際のリザーバーの液面と一致した熱交換器の液面までの空気の容量は 10mL 前後になることも確認された。すなわち、エアートラップのプレコネクト部分が緩んでいると、エアートラップ及び熱交換器内に空気が貯留し、心筋保護液追加 1 回目に注入された空気の量と近似する量となることが判明した。この空気の部分が流れたあとは、チューブ内は液に置き換わる現象も確認できた。これらの実験を複数回行なったが、同様の現象が再現性を持って発生したことにより、エアートラップのプレコネクト部分の緩みが原因と考えられた。

他に追記すべき事項としては、リザーバーの形状と心筋保護回路に取り付けられた気泡センサーの位置についてである。リザーバーの形状については以下の 2 点を指摘しておきたい。エアートラップとなる部分がリザーバーの液面より高い部分に設けられていること。リザーバーの上部に青いプラスチック製のカバーが取り付けられていることである。エアートラップがリザーバーの液面より高いために、回路のどこかに緩みが生じると、容易にエアートラップ内に空気が貯留することとなる。また、青色のカバーは心筋保護液の流れていく方向などの視認の著しい妨げとなっており、不要の物と考えられた。これらは空気が回路内に貯留しやすくなり、発見を遅らせたりする要因になりうると思われた。

VIII. 臨床経過に関する医学的評価

1. 術前の診療

心房中隔欠損症の診断は豊橋市民病院小児科でなされた。カテーテルによる閉鎖術についても検討され、国立循環器病研究センターでカテーテル治療の閉鎖術の適応とならないことを確認された後に、手術目的で豊橋市民病院の心臓血管呼吸器外科に転科した。本症例は心臓カテーテル検査を施行せず、エコー検査のみで手術適応と判断されているが、右心系の容量負荷、心房中隔欠損の存在を認めることから、血行動態的にも年齢的にも手術適応としては妥当であると考えられる。患児の家人に外科医から手術説明、血液製剤の使用説明がなされている。術前診断、手術方法などの症例のサマリーがまとめられておらず、開心術のような少なからず危険を伴う手術症例では、一読して症例の把握ができるような形でサマリーを記録に残しておく必要があったと考えられる。

2. 術中の治療内容

本例の手術チームは経験年数が C 医師 20 年、D 医師 17 年、E 医師 2 年であり、うち C 及び D 医師は日本心臓血管外科専門医であり、十分な経験があった。したがって、心房中隔欠損閉鎖術を施行したこと自体には異論はない。大動脈遮断の後に心筋保護液を注入し、心停止を得た。無血視野が得にくいことなどから、心筋保護液を追加しつつ、

心房中隔欠損閉鎖を行なった。術者であるC医師を含む手術チームは、心筋保護回路から大量の空気が注入されたことに手術中は気づいていない。大動脈遮断解除後、心拍動が得られないことから、C医師は次のことを行なっている。

- 1) 冠動脈を主体に心表面のマッサージ
- 2) 心房中隔欠損孔閉鎖パッチを外して適切な部位での閉鎖が行われているか確認。
この手技は大動脈遮断を行わず、心室細動下で行われている。
- 3) 心エコーで上行大動脈に解離が発生していないかの確認を行う。
- 4) 冠動脈造影
- 5) IABP 挿入
- 6) PCPS 装着

以上の操作を振り返ると、心拍動の再開が得られない原因の解明と、対応として行う必要な処置が行われたと考えられる。一般的には心房中隔欠損孔をパッチにて閉鎖する場合、心筋保護液の追加を必要としない場合が多いが、この症例の場合、心筋保護液の追加注入がなされている。心筋保護液注入操作時などの術野の確認については十分な配慮が望ましかった。使用された心筋保護液については、術後に内容が確認され、正しい内容であったことが確認されている。

3. 術後の治療内容

PCPS 装着で集中治療室に入室し、手術チームにより集中治療が続けられている。薬物療法なども適切になされており問題はない。

IX. 安全管理対策上の問題点について

1. リザーバーの形状に関して

エアートラップがリザーバー内の液面より高い位置にあるため、回路のどこかに緩みがあると、とりわけエアートラップ部分のプレコネクト部分に緩みがあると空気に置き換わる可能性がある。形状の変更も考慮するのが望ましいと考えられる。青色のカバーも回路内の液の視認性という観点からは無い方がよく、改善するのが望ましい。

2. 気泡センサーに関して

心筋保護液リザーバーからすぐのところ気泡センサーが取り付けられていたが、エアートラップよりも術野側に近い箇所に取り付けるほうが望ましい。

3. 手術中の術野の観察、確認について

心筋保護液注入に際しては手術チーム、体外循環チームとで術野ならびに回路の確認を行うことが必要である。

4. 体外循環のセットアップ、マニュアルに関して

心筋保護回路を含む体外循環回路ではプレコネクトの部分も含めて接続語はコネクターなどを増し締めし、ゆるみや脱落がないことを確認する必要がある。体外循環の手順などを定めたマニュアルが作成されていないので、作成するのが望ましい。トラブル発生時のマニュアルは作成されていた。

5. 症例の術前サマリーに関して

診断方法、術前状態、術式など、症例の把握がしやすいように、よくわかる形で記録しておくことが望ましい。とりわけ心筋保護法を含む手術計画についてはわかりやすい形で記載しておくことが望ましい。左上大静脈遺残についても合併しやすいことを考慮して診断あるいは確認の方法を記載しておくことが望ましい。

6. 小児循環器医療体制に関して

現在、小児循環器診療に研鑽を積みつつある医師が勤務しているものの、小児循環器専門医が不在である。積極的に手術を含む小児循環器診療を行う病院であるので、小児循環器専門医資格を取得した医師の常勤が望ましい。

7. 心臓標本の採取に関して

本例では死亡が確認された後に、C医師から家人に心臓の一部を標本として採取する申し出があり了承され、病理組織標本として検査が行われた。しかし、組織標本の採取も剖検と同様に扱われることから、文書で記録を残しておく必要がある。

X. 事故後の病院の対応について

- 1) 平成 22 年 11 月 16 日の手術後に心機能低下が著しく、危険な状態であるとの報告がなされた。
- 2) 12 月 13 日、医療安全調査委員会が心臓血管外科、麻酔科、病理科、及び副院長などにより開始され、臨床経過報告がなされて死亡原因が検討された。12 月 17 日、家族への説明がなされた。主に病理組織に関して説明がなされた。平成 23 年 1 月 19 日、心筋保護回路システムを用いて院内で検証実験がおこなわれた。1 月 20 日、日本心臓血管外科学会に調査依頼を行い、事故調査委員会が立ち上がることとなった。調査委員会は 3 月 19 日より 3 回開催された。3 月 19 日の調査委員会開催までの間に、家族への説明は 2 回行われている。

XI. 再発防止への提言

前述したことと重複する部分があるが、下記のことを提案する。

1. 心筋保護液回路及びリザーバーに関して

- 1) リザーバーのエアトラップの位置については、液面より低い位置に変更すること。
- 2) 青色のカバーは視認性の良い形状のものに変更すること。
- 3) 気泡センサーは術者側に近い位置に取り付けること。

2. 体外循環のマニュアルについて

マニュアルを作成すること。マニュアルでは手順のみならず注意すべき項目も含んだ内容とすること。

3. 診療録の記載に関して

- 1) 患者の全身状態の記載、検査結果の総括、手術適応・手術法に対する考察などを、術前に診療録にサマリーとして記載しておくこと。
- 2) 心臓標本採取については、剖検と同じ内容の書類を残しておくこと。

XII. 参考文献及び図

1. 参考文献

- 1) Th. Stegmann, et al: Experimental Coronary Air Embolism. Assessment of Time Course of Myocardial Ischemia and the Protective Effect of Cardiopulmonary Bypass. Thorac. cardiovasc. Surgeon 28:141-149(1980)

雑種犬の左前下行枝に 0.02mL/kg Body Wt.の空気を注入。冠動脈空気塞栓は貫壁性虚血とともに心筋の温度が低下。体外循環なしのグループの生存率は 72%(31/43 頭)、体外循環ありのグループの生存率は 100%(31/31 頭)。

- 2) B. Eisenman, et al.: Surface Tension Reducing Substance in the Management of Coronary Air Embolism. Ann. Surg. 149:374-380(1959)

In Vitro: air slug による流れに対する抵抗は、流水中ではほとんどないが、流れが停止すると表面張力に比例して抵抗が大きくなる(Fig4)。

In Vivo:雑種犬の左心室に空気を混入(体外循環なし)。0.5mL/kg BW の生存率は 40%、0.75mL/kg BW の生存率は 30%、1.0mL/kg BW の生存率は 10%、1.5mL/kg BW の生存率は 5%、1.75mL/kg BW の生存率は 0%(Table 1)。LD₁₀₀ は約 1.5mL/kg BW。

LD₁₀₀ (体外循環なし) 1.5mL/kg BW × 16kg = 24mL

- 3) O. M. Gomes, et al.: The importance of the different sites of air injection in the tolerance of arterial air embolism. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.65:563-568(1973)

Group III:雑種犬の上行大動脈内に空気を注入。生存率は 0.4mL/kg BW では 100%(6/6 頭)、0.8mL/kg BW では 0%(0/3 頭)。Group IV: 雑種犬の左心室内に空気を注入。生存率は 0.4mL/kg BW では 100%(6/6 頭)、0.8mL/kg BW では 0%(0/3 頭)。

2. 図の説明

図1：心筋保護全体の回路図

図2：カワスミカーディオプレジオセット（心筋保護液貯液槽）の上部カバーを外した図

図3：図1を改変。検証実験において液体が空気に置き換わった部分を緑色で表示した図
「エアートラップ」のみならず熱交換機の部分も空気に置きかわっている

図4：図2で同様に液体が空気に置きかわった部分を青色で表示した図

2. 図

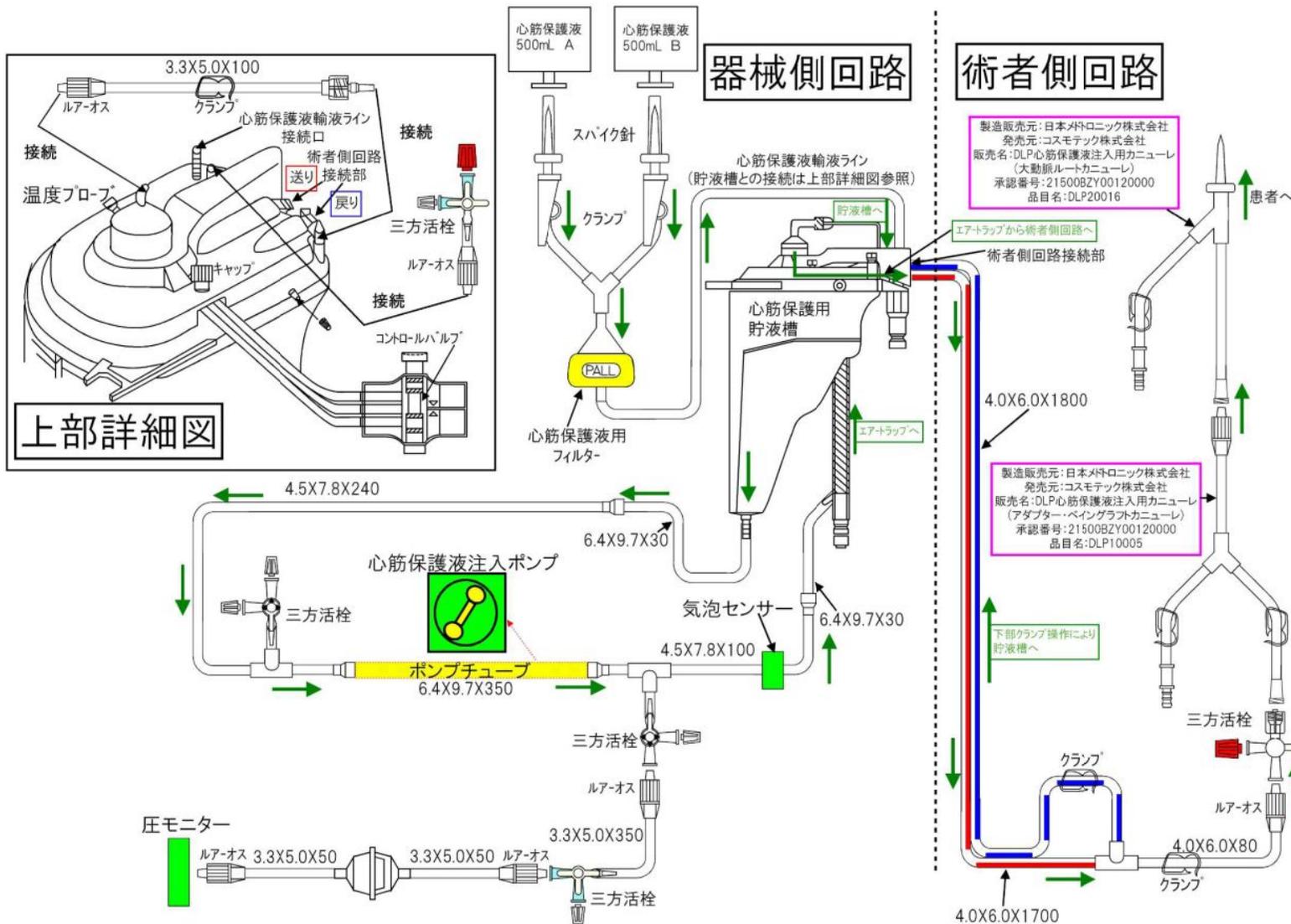


図 1

図 2

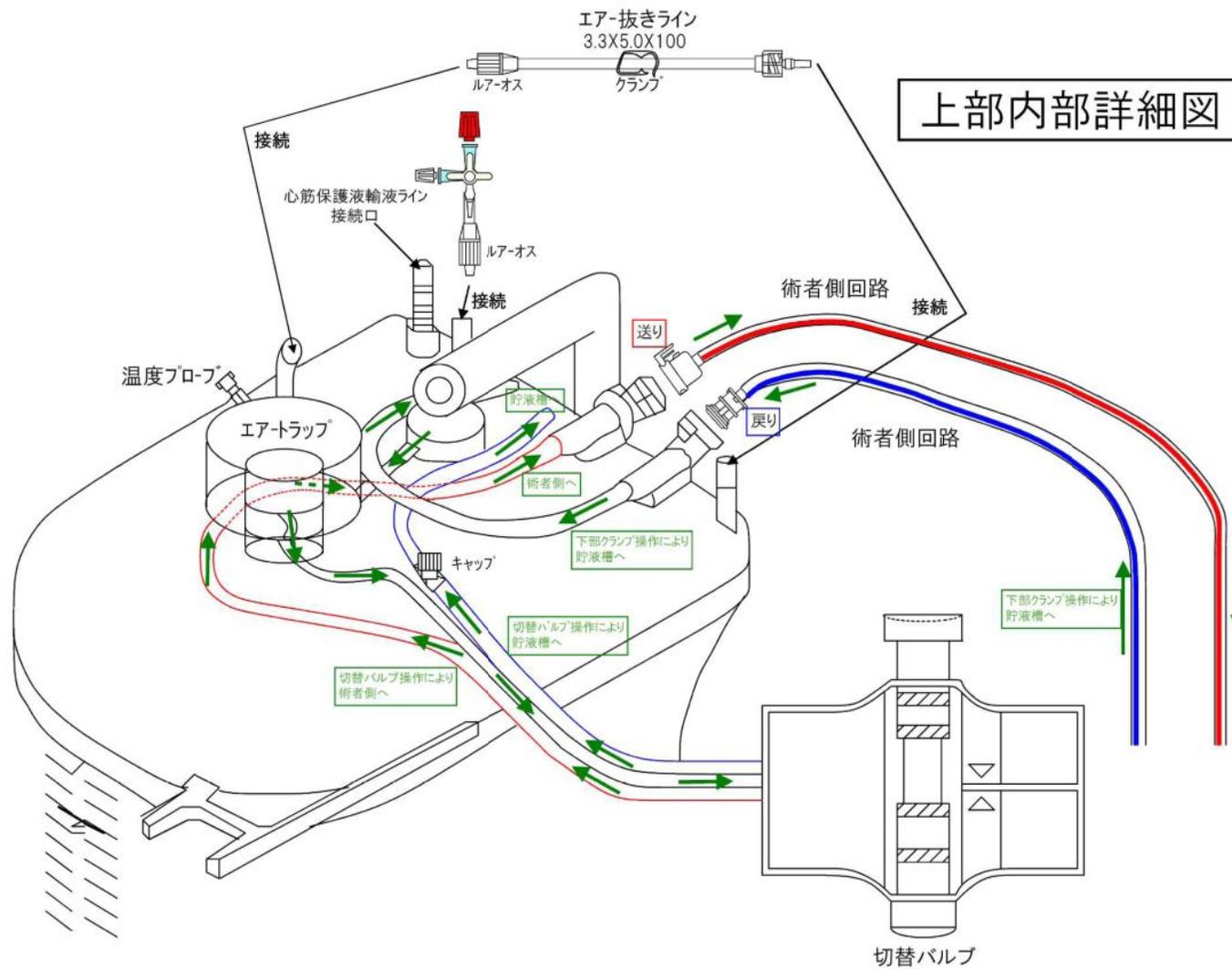


図 3

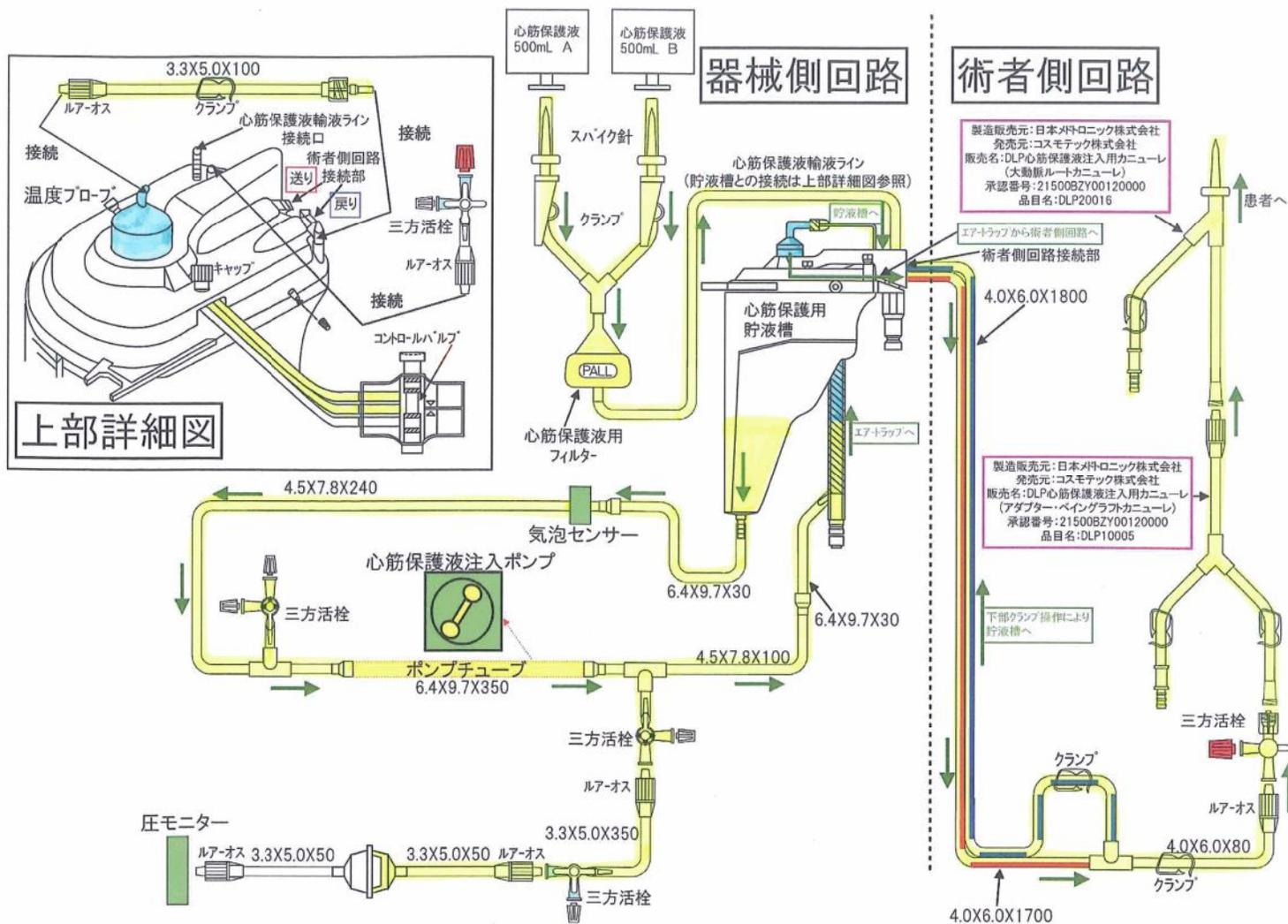
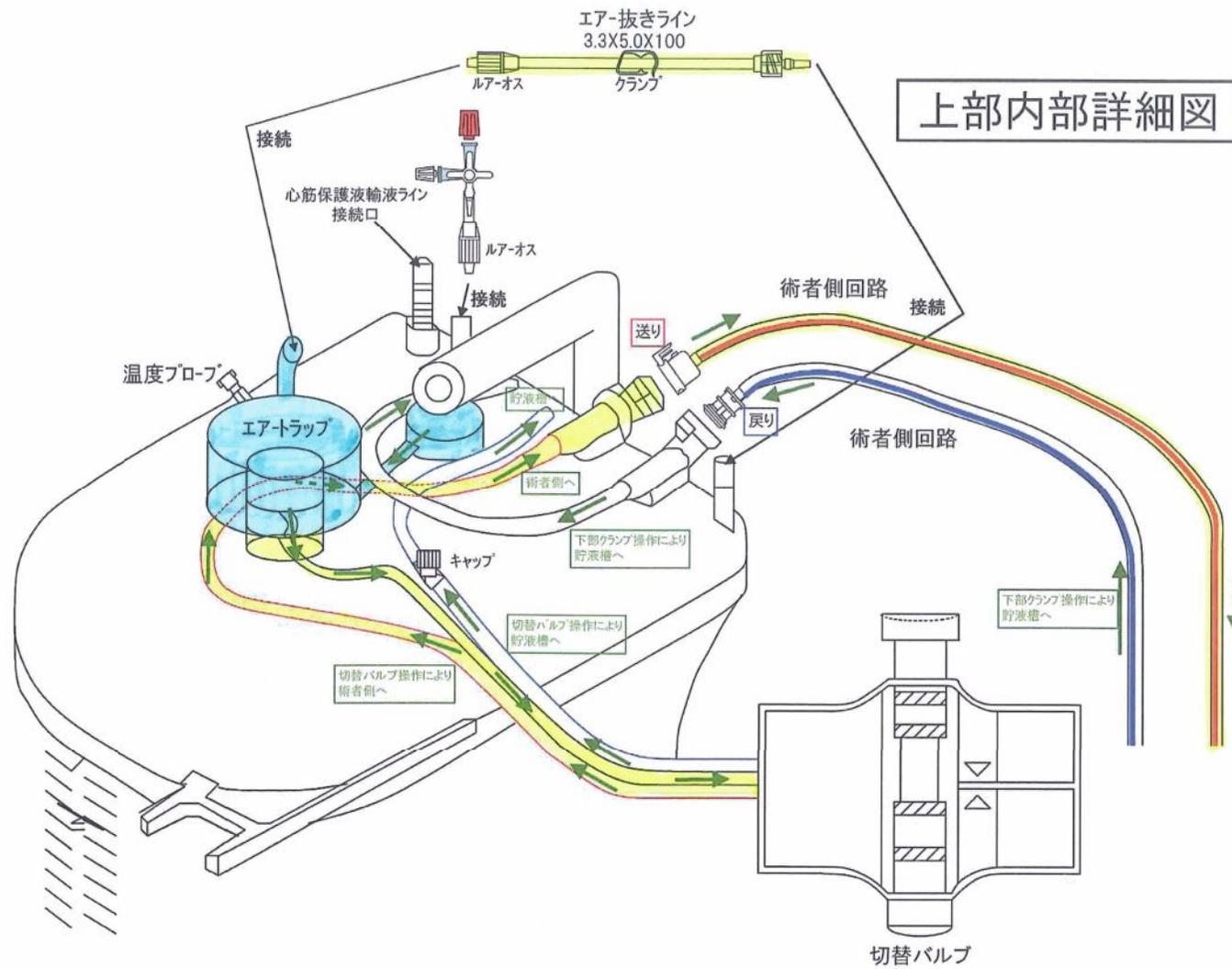


図 4



XIII. 調査委員会委員名簿

	役 職	氏 名
委員長	三重大学大学院 医学系研究科 胸部心臓血管外科学 教授 三重大学医学部附属病院 副院長	新保 秀人
委員	名古屋市立大学大学院 医学系研究科 心臓血管外科学 教授 名古屋市立大学 副院長	三島 晃
委員	静岡県立こども病院 心臓血管外科 副院長	坂本 喜三郎