日本小児循環器学会雑誌　5巻2号　232～239頁（1989年）

フォンタン手術後の右心系血流パターンの成因についての一考察
―完全房室ブロックを伴った術後症例の分析から―

（平成1年2月25日受付）
（平成1年7月4日受理）

東京女子医大日本心臓血圧研究所循環器小児科[1)]，循環器小児外科[2)]
現千葉県こども病院循環器科[3)]
青墳　裕之[1)3)]　中西　敏雄[1)]　中沢　誠[1)]
神田　進[1)]　片山　博視[1)]　里見　元義[1)]
今井　康晴[2)]　黒沢　博身[2)]　高尾　篤良[1)]

key words：フォンタン手術，肺動脈血流パターン，完全房室ブロック，右房機能，洞調律

要　旨

フォンタン術後の肺動脈血流パターンは心房収縮期のA波とそれに続くなだらかなD波の二相性であることが知られている．今回我々は，フォンタン術後の完全房室ブロックを伴った4症例および洞調律の2症例について，肺動脈血流パターンと左右心房の圧変動との関係を分析し，その成因について考察した．この結果完全房室ブロック，洞調律に関わらず，肺動脈血流パターンは左右心房間の圧較差の変動によく一致して変化した．即ち右房収縮による右房圧のa波と左房のy谷は圧較差の拡大をもたらし，肺動脈血流を加速した．一方右房圧のx谷と左房圧のV波は両心房間の圧較差を縮小し，血流を減速させた．

この観点から血行動態との関連についてみると，右房の収縮は一時的に両心房間の圧較差を拡大し，血流の加速に関与していると思われた．一方左房圧は，肺血管床の下流圧として関与しており，左房圧の変動を規定する因子として心室機能の重要性が示唆された．すなわち心室機能の低下により左房圧が全般に高いこと及び房室弁逆流等により左房のV波の著しく高いことは，左右心房間の圧較差を縮小させる因子であり，心拍出量を小さくする要因の一つと考えられた．

緒　言

フォンタン手術[1)~3)]後の肺動脈血流パターンは，心電図のP波付近にて起こる前方流（A波）と，その終了後次のA波までの間続くなだらかな前方流（D波）の二相性である事が知られている[4)~7)]．その成因についてはNakazawaらは右心系の血流及び圧の詳細な検討により右房収縮および上下大静脈の関与を指摘し[4)]，また左心系の関与をも指摘した報告もある[7)]．しかしその詳細については未だ十分に解明されてはいない．今回我々は，フォンタン術後の完全房室ブロックを伴った4症例，及び洞調律の2例の肺動脈血流，心内圧を分析し，フォンタン術後の肺動脈血流パターン形成における心房収縮の役割及び動脈側心室の影響について再検討した．

対象及び方法

対象は単心室症4例，左室低形成を伴った心内膜床欠損症兼両大血管右室起始症1例，および心房心室関係がConcordant criss-crossとなっていた両大血管右室起始症1例の計6例である．いずれも，既存の心房中隔を切除後（単心房であった症例5を除く），両房室弁が体循環側になるようにゼノメディカパッチにより心房中隔を作成後（Atrial partition），右心耳を肺動脈に直接吻合した（Modified Fontan手術）[8)]（表1）．

症例2，3は，乳児期発症の完全房室ブロックを伴っていた．症例1は心室分割手術（Septation）後，良好

別刷請求先：（〒280-02）千葉市辺田町579―1
千葉県こども病院循環器科　青墳　裕之

Presented by Medical*Online

表1　対象

	年齢（歳）	性	診　断
症例1	11	男	(S.L.L.) 左室性単心室 肺動脈狭窄 心房中隔欠損症
症例2	21	男	(S.L.D.) 左室性単心室 肺動脈狭窄 左側房室弁逆流 完全房室ブロック
症例3	5	女	(A.D.D.) 多脾症 両大血管右室起始症 左室低形成症 心内膜床欠損症 肺動脈狭窄 完全房室ブロック
症例4	4	男	(S.L.L.) 右室性単心室 肺動脈狭窄
症例5	7	女	(A.X.D.) 無脾症 右室性単心室 肺動脈狭窄 単心房
症例6	14	男	両大血管右室起始症 Concordant criss-cross 肺動脈狭窄

な血行動態が得られず，take down しフォンタン手術を施行した症例であり，また症例4はLループの症例で，術後発生した完全房室ブロックを伴っていた．症例1～4に対しては心室電極を植え込み永久型ペースメーカーを装着した（VVIモード）．

症例5，6は洞調律であった．手術後約1カ月にて超音波検査及び心臓カテーテル検査を施行した．前者ではToshiba SSH-11A又はYHP 77020 ACを用いパルス・ドプラ法にて肺動脈の血流パターンを得た．後者では通常の検査に加えてカテーテル先端流速圧トランスデューサー（Miller社製VPC-663A）により肺動脈の血流波形および肺動脈圧を得た．なお血流のサンプル部位はいずれの方法の場合も，主肺動脈内または分岐部付近の左右肺動脈であり，また平静な呼吸下に記録を行った．また同長，同サイズのバーマンカテーテルを順行性に右房，逆行性に左房に各々挿入し両心房の同時圧を記録した．

シネアンギオより右房容積をArea-length法により求め，Grahamらの正常値（RA max＝54.6×$BSA^{1.233}$：BSAは体表面積）と比較した[9]．また心室容積はNakazawaらの正常値を用いて（RV＝75.1×$BSA^{1.43}$，LV＝72.5×$BSA^{1.43}$）[10]，左室性単心室症では対正常左室，右室性単心室症では対正常右室容積に対する比率を計算した．心係数は熱希釈法により計測した．PA indexは術前のシネアンジオによりNakataらの方法[11]により求めた．

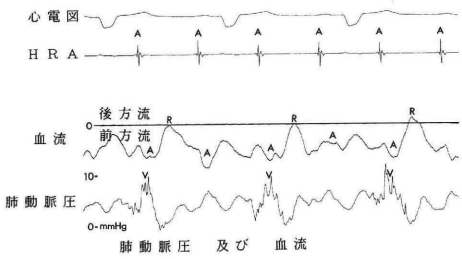
結　果

A）完全房室ブロック例の肺血流パターン及び右房左房圧較差の検討

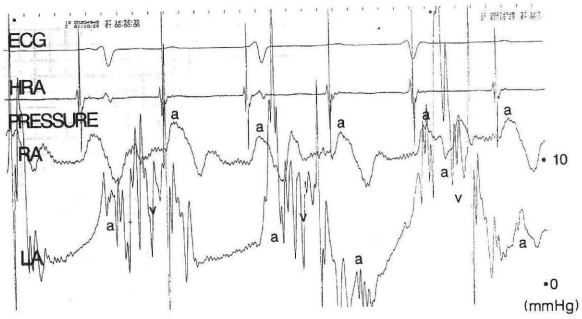
症例1ではペースメーカーオフにて検討した．図1Aはカテーテル先端流速圧トランスデューサーを用いて記録した主肺動脈内の血流および圧である．血流は，心電図のQRSの開始部より約570msecの時相毎に停止し（Rで示した．），他の時相ではなだらかな前方流となり，この周期は心室のそれと一致していた．心電図の下段に心腔内心電図のHRA（High Right Atrium）を示したが，そのA波に一致して心房の収縮毎に小さな前方流が重なっていた（Aで示した．）．図1Bには，左房右房の同時圧を示した．右房圧には心房収縮によると思われるa波がみられた．心室収縮の影響は見られなかった．右房圧は心房収縮時に約2mmHg上昇していた．一方左房圧にはa波とv波が別々に認められ，v波の時，左房圧は約10mmHg上昇しa波の時は約2mmHg上昇するのみであった．この為右房左房の圧較差は左房のv波の頂点（心電図のQRSより約370msecの時点）にて最も減少してほぼ0となり，他の時相では右房圧のほうが高くこの変動の周期は心室周期に一致していた．一方心房収縮に際しては両心房の圧が各々上昇するが，右房圧の上昇が左房圧の上昇よりやや時相が早い為，両心房圧較差は一時的に僅かに拡大されていた．以上の観察より肺血流の速度変化のパターンは，両心房圧較差が大きくなると前方流が起こり，小さくなると停止する関係となっており圧較差の変動と，肺血流パターンはよく一致していると思われた．なお，肺血流停止（R波）の時相は左房のv波の頂点の時相より約200msec遅れていた．肺動脈圧は右房圧とは異なり，心房収縮に一致した小さな圧の上昇の他に，QRSより約340msecごとに大きな圧の上昇が見られた（v波）．

症例2はペースメーカーをオフ及び70回/分，110回/分と変化させながらパルス・ドプラ法にて血流パターンを記録した（図2）．いずれの設定においても血流パターンの変動の周期は心室周期と一致し，心房収縮の影響は，はっきりとは認められなかった．図3にペースメーカーオフの状態での血流及び右房左房同時圧を示した．心電図のQRSから240msecの時相より350

Presented by Medical*Online



A



B

図1　症例1　A）ミラーカテーテルにより記録した肺動脈血流および圧，前方流は肺動脈末梢へ向かう血流を，後方流は逆流を表すHRA：high right atrium
B）左右心房同時圧　RA：右房，LA：左房

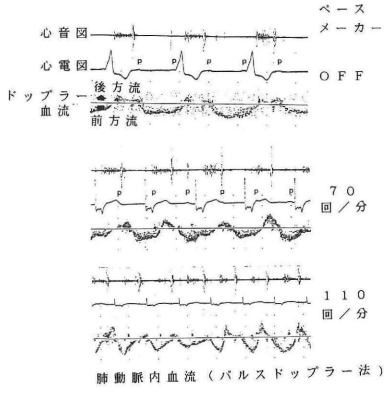
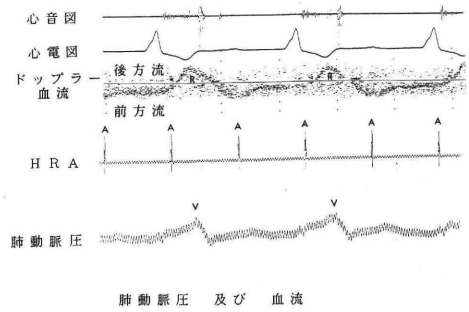
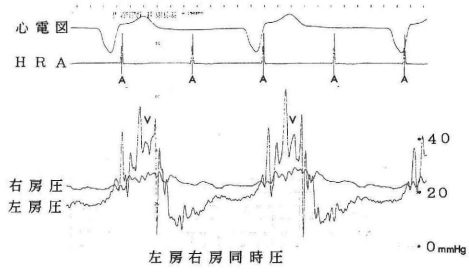


図2　症例2　ペーシングレートを変えながら記録した症例2の肺動脈血流

msecのあいだ逆流が続き，他の時相では前方流となっていた．この例では心房収縮に一致した前方流の加速ははっきりしなかった（図3A）．右房左房の圧関係は，左房のv波が約40mmHgと著しく高い為，QRSより110msecの時相から340msecの間左房圧が右房



A



B

図3　症例2　A）肺動脈血流及び肺動脈圧，B）左右心房同時圧

圧より高くなり他の時相では右房圧の方が高くなっていた（図3B）．肺動脈の血流パターンは右房左房間の圧較差の関係に比較し，時相が130msec遅れるものの，右房圧が高いとき前方流が，左房圧のほうが高いとき逆流となっており両心房圧較差の変動にきわめてよく一致していると考えられた．なお両心房圧波形のいずれにも心房収縮に伴うa波が見られるが，これに伴う両心房圧較差の変動はv波の影響に比較すると小さかった．

症例3（ペースメーカーはオフ）のパルス・ドプラ法による肺動脈血流パターンは心室の収縮期ごとに停止またはわずかに逆流，心室の拡張期には前方流を形成しているが，これに加えて症例1同様，心房収縮ごとに前方流の加速が見られた．右房圧は，心房収縮ごとに約4mmHg上昇していたが，心室周期の影響は認められなかった．左房圧は，心室収縮ごとにv波を形成し，この時両心房圧較差は，小さくなっている．よって圧較差の周期は心室収縮ごとに小さくなり心房の収縮ごとに一時的に拡大し，これは上述の血流パターンの変動と一致していた（図4A, B）．

症例4（VVIモードにてペーシング中）では心房収縮ごとに右房圧は約6mmHg上昇しX谷で約4mmHg

Presented by Medical*Online

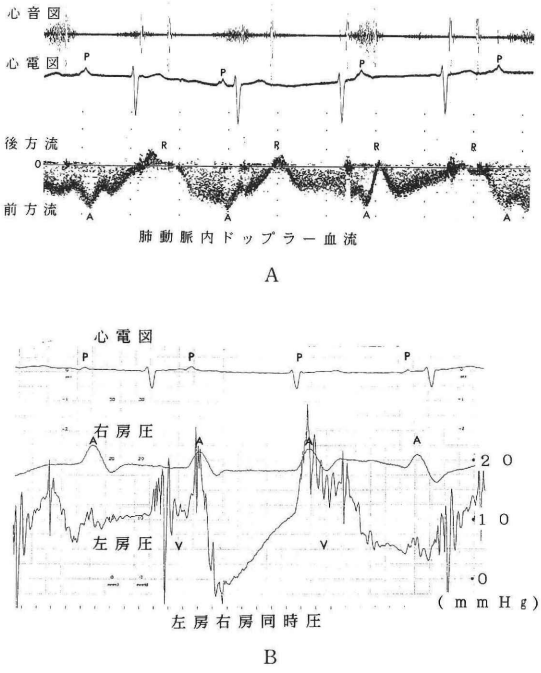


図4　症例3　A）肺動脈血流，B）左右心房同時圧

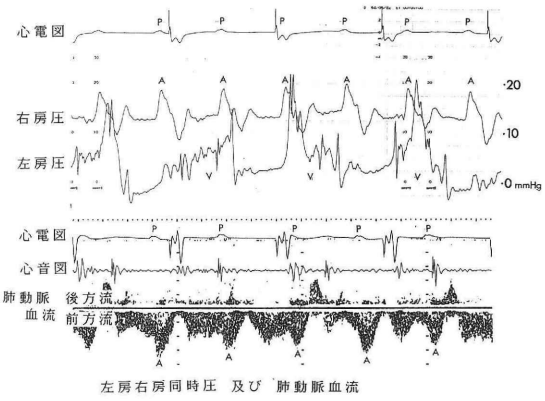


図5　症例4　左右心房同時圧および肺動脈血流

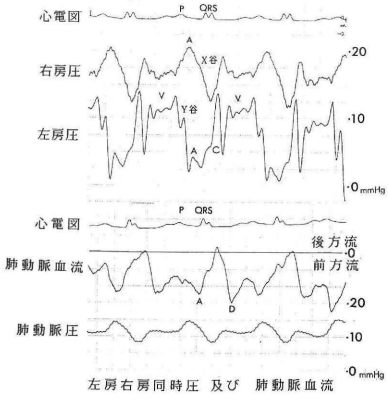


図6　症例5（洞調律例）左右心房同時圧および肺動脈血流（ミラーカテーテルによる）

下降するため，右房のa波ごとの両心房圧較差の拡大縮小が症例1～3に比較して大きかった．パルス・ドプラ法による肺動脈血流パターンも，心房収縮ごとにはっきりした前方流の加速が見られ，その直後に血流は一時停止している．心室収縮期に心房収縮が重なると左房圧の著しい上昇がみられるが（Cannon wave）この時肺動脈血流には逆流が起こっていた（図5）．

B）洞調律例の肺血流パターン及び右房左房圧較差の検討

症例5の肺血流パターンはカテ先トランスデューサーにより記録したものであり，そのパターンは洞調律のフォンタン術後例の典型，と考えられた（図6）．すなわち，心電図のP波の時相より前方流の加速があり（A波）その直後に約100msec逆流，その後再度前方流が起こり（D波）徐々に減速して次のA波まで続いていた．右房圧は心房収縮に伴い約4mmHg上昇，その直後にX谷を形成して約8mmHg下降，その他の時相では約17mmHgを保っていた．左房圧は房室弁閉鎖時にC波を形成して一時的に上昇，その終了後V波を形成しながら収縮末期まで徐々に上昇していた．そして，房室弁の開放と共にy谷を作りながら左房圧は下降，以後心室拡張期の左房圧は低く保たれているが，この間に左房収縮による小さなa波が見られた．以上の両心房の圧変動により形成される圧較差の変動を，肺血流パターンと比較した．心電図のP波に続く前方流のA波は，右房圧のa波と左房圧のY谷による圧の拡大，次の血流の逆流は右房のX谷と左房のC波による圧較差の縮小，血流のD波はX谷終了後ほぼ一定となる右房圧と左房のv波の差，v波の頂点の圧較差の最も小さくなる部分が血流のD波とA波の間の減速部分に対応すると考えられた．

洞調律の症例6においても同様に検討した．症例5同様肺血流パターンはA波とD波より形成され，洞調律術後例の典型と思われた．この症例の両心房圧較差の変動と血流パターンは，症例5とまったく同様に対応した．

C）カテーテル検査による血行動態の評価

各症例のカテーテル検査データを表2に示した．洞調律群平均は当院における左室性単心室6例，右室性

Presented by Medical*Online

表2　カテーテル検査データ

	症例1	症例2	症例3	症例4	症例5	症例6	洞調群平均
右房圧平均 (mmHg)	10	24	18	10	14	13	15±3
右房圧のa波における圧上昇 (mmHg)	2	2	4	6	4	5	—
右房容積 対正常 (%)	77	67	80	79	—	—	105±32
右房駆出率 (%)	14	16	16	34	—	—	29±6
右房圧平均 (mmHg)	7	22	11	4	9	5	10±2
心室容積 対正常 (%)	124	327	—	180	88	—	113±32
心室駆出率 (%)	34	27	—	39	42	—	48±8
心係数 (L/min.m)	2.71	1.87	3.59	3.7	2.5	2.95	2.8±0.7
PAindex	455	260	321	257	244	486	462±65
房室弁逆流	(−)	2°	(−)	(−)	(−)	(−)	

単心室3例，C型単心室1例，計10例に対するフォンタン術後例のデータである[12]（症例5は含まない）．

4例中最も左房のv波が高くそれに伴う肺動脈血流の逆流が明瞭に認められ，また右房収縮による前方流の加速がはっきりしなかった症例2はSellerの分類で2度の房室弁逆流を認めた．また，肺動脈楔入圧が著しく高く，心室の駆出率も最低で最も心室機能が低下していたと考えられ，心係数は最も小さかった．また，各症例の対正常右房容積は大きな差がなかったが，この症例の右房駆出率は最も低くその平均圧は最も高かった．他方症例4は，肺動脈血流パターンにおいて心房収縮に伴う前方流の加速が4例中最も明瞭に認められた症例であるが，この例は心房収縮に伴う右房圧の上昇が最も高く，また右房の駆出率もよく右房機能の関与の大きな症例と考えられた．

洞調律の症例5，6の血行動態は洞調律群の平均に近かった．

考　案

洞調律のフォンタン術後の肺動脈血流パターンは，心房収縮期にみられるA波と，その後次のA波までなだらかにつづくD波の二相性であることが知られている．そのパターンの形成因子のひとつとして，Nakazawaら[4]は肺動脈，上大静脈，下大静脈の圧と血流を分析し次のような解釈を述べている．右房の収縮により前方流A波が形成される．このとき血液の一部は主に下大静脈へ逆流する．この血液は再度右房の拡張に伴って右房へ流れ込むが，そのまま，肺動脈へも流れ込み，血流のD波が形成される．（右房のDamming up effect）

その後DiSessaら[7]は肺静脈の血流についても分析し，心室拡張期において肺静脈から左房への血流が起こることも肺動脈血流のD波の形成に影響しているであろうと推測している．肺動脈血流パターンの形成においては肺動脈の上流に位置する右心房，上大静脈，下大静脈等と，下流の動脈側心室，左房，肺静脈等の各々が関与する可能性があるが，洞調律の症例ではその各々を分離して検討することはむずかしい．そこで今回は完全房室ブロックの術後症例の分析し検討を試みた．

フォンタン術後の完全房室ブロック例の両心房の圧の変動を観察すると，右房圧はその収縮による一時的な上昇と（a波）その拡張による下降（X谷）がありその後，その反動のごとくわずかな圧再上昇ののち次のa波までほぼ一定の圧となっている．この再上昇にはNakazawaらの指摘した心房収縮期に一時的に上下大静脈へ逆流した血液の心房への還流が関与している可能性がある．右房圧への心室収縮の影響はいずれの症例もあまりはっきりしなかった．

左房圧の変動の要素としては，まずv波が挙げられ，これは肺静脈から左房への血液流入が房室弁の閉鎖により途絶され左房圧が上昇することにより形成されるといわれ，心室収縮のサイクルに一致する．また

Presented by Medical*Online

心房収縮期にはa波がみられるがその圧上昇幅はv波に比べ小さかった．一方圧の下降としてはv波終了に続くy谷があり，これは心室流入期における左房から左室への血液流入に一致したものである．

両心房の圧較差の変動は以上に述べた各心房圧の変動を反映し，心房，心室各々のサイクルが別々に関係していたが，この圧較差の変動と肺動脈血流のパターンの変動とはよく一致していた．すなわち，圧差の拡大に伴って前方流が，圧差の消失ないし逆転に伴い血流の停止または逆流が起こるという単純な関係である．このことは右心系，左心系いずれもが別個に血流パターン形成に関与していることを示し，両心房の圧変動に関与する系のすべてが血行動態に影響することを示唆する．なお圧較差の変動と血流変動の時相の差については，肺血流の変動が，圧較差の変動に比較し症例1で200msec，症例2で130msec時相の遅れが見られた．症例1及び症例2では右房圧にv波が認められないにもかかわらず肺動脈圧にはv波がみられた．これは左房のv波が肺血管床を経由して伝達したと考えられる．上述の時相の遅れは，ミラーカテーテル自体のtime delay（37±3msecといわれる）[13]のほかに，左房圧の変動が肺動脈側へ伝達，影響するのに要する時間が考えられる．

以上の観察を基に洞調律例のパターンを検討したところ，全く同様に圧較差の変動と血流パターンの変動を対応させることが可能であった．すなわち右房のa波による圧上昇と，左房のy谷による圧下降の合成による圧差の拡大に血流のA波が，右房圧のx谷による圧下降と左房圧のc波による急激な圧上昇の合成による圧較差の縮小に血流のA波とD波の間の減速または逆流が対応していた．続いて，右房圧がx谷より回復し圧較差が拡大すると再度前方流D波が開始した．そして左房圧がそのv波の頂点に向い両心房間の圧差が減少するのに対応してD波も減速し，v波の頂点はD波とA波の間の減速部分に対応した．このため洞調律のフォンタン術後例に於いても右房左房両者の圧変動が相互に関係して肺動脈血流パターンが形成されていると考えられた．このことは，各心房の圧変動に影響する上下大静脈，右房，肺静脈，左房，左室さらに全身の血管系等のすべてがそのパターン形成に関与するであろうことを示唆する．

上大静脈を直接肺動脈に吻合するTotal cavo pulmonary shunt（TCPS）[14]は血行動態的には右房をBypassしたフォンタン型手術と考えられる．TCPS後の肺動脈血流パターンについては，三浦らがパルス・ドプラ法を使って観察し，それが肺静脈血流パターンに似た2相性であることを報告している[15]．彼らは，この手術後では右房のポンプ機能がないため，その形成因子には左房左室の収縮拡張の影響が考えられ，左心系の圧変動が肺動脈血流の変動に関与しているであろうと推測しているが，このことは，今回の我々の観察と一致している．

血行動態との関係を，圧較差の点から検討すると，左房のv波は圧較差を減少させる要素であり，v波を高くする房室弁逆流は不利な要因と考えられる．また心室機能が悪く左房圧の平均が高いことも圧較差を小さくするため心拍出量を低下させる要因と考えられる．症例2はその例と考えられる．特に心室の求心性肥大は，そのコンプライアンス低下のためフォンタン型手術のRisk factorとなることは知られているとおりである[16]．右房圧については，右房収縮時のa波の高いことは圧較差の一時的な拡大をもたらし，有利なことと考えられる．症例4では，右房圧のa波による圧上昇が最も大きく，血流波形においても心房収縮による前方流の加速がはっきりしており，右房の関与の大きい症例と考えられた．一方症例2は，右房圧の平均が著明に高かったためか心房収縮による前方流の加速がほとんど見られず，右房のポンプ機能はあまり働いていないと考えられた．右房の収縮は両心房間の圧差の拡大による前方流の加速としてその意義を認めうるが，その寄与の程度は症例によってまったく異なると思われた．従来フォンタン術後の血行動態における右房収縮の意義については論議が多く[17)~19)]，この点については今後さらに検討が必要と思われる．

肺動脈血流A波の開始の時相に関して，Nakazawaら[4]は心電図のP波の開始以降としているのに対し，DiSessaら[7]はT波の終了時でありP波より前であると反論している．今回の観察からA波の開始は右房のa波と左房y谷の合成と考えられる．このため心拍数が少なくR-R間隔が長ければ，左房のy谷は心房収縮よりかなり前に起こるため血流のA波はP波より前に開始し，心房収縮のa波によって圧較差は拡大され加速が起こるということになるであろう．また心拍数が多く，左房のy谷と右房のa波がほぼ同時に起これば，血流のA波の開始はP波の開始に一致することになると考えられる．

最後に，肺動脈血流パターンに影響する因子として呼吸が挙げられるが，フォンタン術後の肺動脈血流の

Presented by Medical*Online

流速が吸気時に加速することはすでに指摘されている[5]．今回の計測中にもこの傾向が認められたが，呼吸相と血流パターンそのものの変化についての検討は今後の課題としたい．

結　語

完全房室ブロックのフォンタン術後症例において肺動脈血流パターンと右房左房圧を分析して検討した結果，肺動脈血流パターンは右房左房の圧較差の変動とよく一致していることが認められた．このことは血流パターンの形成に，左右心房の圧変動をもたらす因子が各々別個に関与していることを示すと考えられた．洞調律の術後症例でも，この関係は全く同様であり，両心房間の圧較差の変動は従来知られた肺動脈血流パターンとよく一致していることが判明した．この結果右房左房両者の圧変動を規定する血管系，心房，心室等のいずれもがフォンタン術後の肺動脈血流パターンの形成に関与していると考えられた．

文　献

1) Fontan, F. and Baudet, E.: Surgical repair of tricuspid atresia. Thorax, 26: 240, 1971.
2) Marcelletti, C., Mazzera, E., Oithof, H., Sebel, P.S., Losekoot, T.G. and Becker, A.E.: Fontan's operation: An expanded horizon. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 80: 764, 1980.
3) Gale, A.W., Danielson, G.K., McGoon, D.C. and Mair, D.D.: Modified Fontan operation for univentricular heart and complicated congenital lesions. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 78: 831, 1979.
4) Nakazawa, M., Nakanishi, T., Okuda, H., Satomi, G., Nakae, S., Imai, Y. and Takao, A.: Dynamics of right heart flow in patients after Fontan procedure. Circulation, 69: 306, 1984.
5) 里見元義，中沢　誠，高尾篤良，中江世明，高梨吉則，今井康晴，中村憲司，小国弘量，羽田野為夫，山田芳弘：Fontan 手術後の右心系血流動態のパルスドプラエコー法による検討．心臓，15: 573, 1984.
6) Hagler, D.J., Seward, J.B., Tajik, A.J. and Ritter, D.G.: Functional assessment of the Fontan operation. Combinded M-mode, two-dimentional and Doppler echocardiographic studies. J.A.C.C., 4: 756, 1984.
7) DiSessa, T.G., Child, J.S., Perloff, J.K., Wu, L., Williams, R.G., Laks, H. and Friedman, W.F.: Systemic venous and pulmonary arterial flow patterns after Fontan's procedure for tricuspid atresia or single ventricle. Circulation, 70: 898, 1984.
8) Gale, A.W., Danielson, G.K., McGoon, D.C. and Mair, D.D.: Modified Fontan operation for univentricular heart and complicating congenital lesions. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 78: 831, 1979.
9) Graham, T.P., Atwood, G.F., Jaulkner, S.L. and Nelson, J.H.: Right atrial volume measurements from biplane cineangiography, Methodology, Normal values, and alterations with pressure or volume overload. Circulation, 49: 709, 1974.
10) Nakazawa, M., Marks, R.A., Isabel-Jones, J. and Jarmakani, J.M.: Right and left ventricular volume characteristics in children with pulmonary stenosis and intact ventricular septum. Circulation, 53: 885, 1976.
11) Nakata, S., Imai, Y., Takanashi, Y., et al.: A new method for the quantitative standardization of cross-sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart disease with decreased pulmonary flow. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 88: 610, 1984.
12) Nakazawa, M., Nojima, K., Okuda, F., Imai, Y., Nakanishi, T., Kurosawa, H. and Takao, A.: Flow dynamics in the main pulmonary artery after the Fontan procedure in patients with tricuspid atresia or single ventricle. Circulation, 75: 1117, 1987.
13) Kolettis, M., Jenkins, B.S. and Webb-Peploe, M. M.: Assessmentt of left ventricular function by indeces derived from aortic flow velosity. Br. Heart J., 38: 18, 1976.
14) Kawashima, Y., Kitamura, S. and Matsuda, H.: Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies. A new operation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 87: 74, 1984.
15) 三浦拓也，松田　暉，中埜　粛，岸本英文，加藤寛，広瀬　一，川島康生：Total cavopulmonary shunt 手術および心房内 septation を伴う Fontan 型手術後の右心系血流の検討．J. Cardiology, 18: 837, 1988.
16) Kirklin, K.J., Blackstone, E.H., Kirklin, J.W., Pacifico, A.D. and Bargeron, L.M.: The Fontan operation: Ventricular hypertrophy, age and date of operation as risk factors. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 92: 1049, 1986.
17) Matsuda, H., Kawashima, Y., Takano, H., Miyamoto, K. and Mori, T.: Experimental evaluation of atrial function in right atrium-pulmonary artery conduit operation for tricuspid atresia. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.,

Presented by Medical*Online

81 : 762, 1981.
18) Sharratt, G.P., Johnson, A.M. and Monro, J.L. : Persistence and effects of sinus rhythm after Fontan procedure for tricuspid atresia. Br. Heart J., 42 : 74, 1979.
19) Alboliras, E.T., Porter, C.J., Danielson, G.K., Puga, F.J., Schaff, H.V., Rice, M.J. and Driscoll, D.J. : Results of the modified Fontan operation for congenital heart lesions in patients without preoperative sinus rhythm. J. Am. Coll. Cardiol., 6 : 228, 1985.

Cause of Biphasic Pulmonary Artery Flow after Fontan Procedure: Analysis of Patients with Complete Atrioventricular Block and Sinus Rhythm

Hiroyuki Aotsuka[1)3)], Toshio Nakanishi[1)], Makoto Nakazawa[1)], Susumu Kanda[1)], Hiroshi Katayama[1)], Gengi Satomi[1)], Yasuharu Imai[2)], Hiromi Kurosawa[2)] and Atsuyoshi Takao[1)]
Department of Pediatric Cardiology[1)], and Pediatric Cardiovascular Surgery[2)], Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College
Department of Cardiology, Chiba Children's Hospital[3)]

Pulmonary artery (PA) blood flow pattern after Fontan procedure is biphasic, i.e. a rapid forward flow with atrial systole (called A wave) and a slow forward flow between two A waves (D wave). But the precise mechanism of this flow pattern has not been clearly identified. We recorded PA flow pattern with catheter-tipped velocity transducer or pulsed Doppler echocardiography in patients after Fontan procedure with complete atrio-ventricular block (CAVB) and with sinus rhythm, and compared it with right and left atrial pressure obtained simultaneously. Velocity change of PA flow had close relation to that of pressure difference between both atria in CAVB and in sinus rhythm. The "a" wave of right atrium (RA) and "y" descent of left atrium (LA) made pressure difference wider and accerelated the flow. The "x" descent of RA and "v" wave of LA diminished the pressure difference, and made the flow slower. In conclusion not only pressure chanbge of venous side but also that of arterial side affected the PA flow pattern after Fontan procedure.

Presented by Medical*Online