研　究　会

第6回小児心機能血行動態談話会

日　時　昭和61年10月25日
会　場　国立循環病センター
世話人　神谷　哲郎（国立循環器病センター小児科）

心機能よりみた大血管転位の手術適応

（倉敷中央病院心臓病センター
小児科）　馬場　清

完全大血管転位の手術適応といっても，今回の応募演題はすべてArterial Switch Operationを前提としたものと考えられる．このように完全大血管転位の手術適応は，日本において，新しい局面に至っていると考えられる．その理由は，①マスタード法ないしセニング法は，手術手技としてほぼ確立したものの，長期予後は必ずしも満足すべきものではないこと，②解剖学的に正常の心室・大血管関係に復元することが，より望ましいと考えられ，しかも技術的に可能であることが実証されたこと，③麻酔を含めて外科側の進歩が著しく，救命率が急速に向上してきたこと，などがあげられる．

しかしながら，手術適応については，まだ十分な検討がなされているとは云えず，今回ワークショップとして，心機能からみた手術適応の問題が取り上げられたことは，時期を得た選択であったと思う．

小児科の立場からは，血行動態的に考えれば，生後直ちに大血管をswitchしてしまうことが理想と考えられるが，手術侵襲を新生児に加えることの不利な条件や，外科の立場からみた技術的な問題を加味すると，Arterial Switch Operationの現時点での年齢的適応は新生児期以降となるであろう．しかし，他の疾患でもそうであったように，技術の向上に伴い，次第に適応年齢が下がってくることは十分予想される．そういった場合，問題となるのは“行き過ぎ”ではないかと思う．そのためにも，手術適応は厳密でなくてはならない．そこで，一つの方向として，心機能から手術適応を決めるべく努力をすることは，極めて有用なことであろう．

ワークショップに応募された施設は，現在の日本で，Arterial Switch Operationに関しては，とくに先進的なところであり，その内容は，今後の臨床で評価されるべき問題を非常に多く含んでいるものと考えられる．それが観血的方法であれ，非観血的方法であれ，できればどの施設でも簡便に使用できる指標が望まれる．今回，各演者は，それぞれの経験に基づいた手術方法あるいは指標設定に対する意義を述べられているので，それらを吟味することで今後の方向を模索してゆけば良いのではないかと思う．そして，数年後に，再び，長期予後を含めて，手術適応の再評価がなされることを期待したい．

なお，ワークショップの討論が白熱し，予定時間を2時間以上もオーバーしてしまい，一部の演者に大変御迷惑をおかけしたものの非常に有意義であったことをつけ加えておく．

1．新生児期，乳児期早期のJatene手術の3例

（大阪府立母子保健総合医療センター
小児循環器科）
杉本　久和，泉井　隆廣，広瀬　修
（同　心臓外科）島崎　靖久，中田　健

新生児期，乳児期早期に単純完全大血管転位（以下TGA（I））に対してarterial switch operationを行った3例の経過について報告する．

症例1．40週，2,800g，男児．

生後10日目にチアノーゼを主訴として入院心エコー，ドプラー検査にてTGA（I），PDA closing FOと診断しBASを施行した．その後も心エコー検査にてPDAは充分に開存しており，拡張期左室後壁厚は2mmで，心室中隔は右室へ張り出していた．生後24日目に行った心臓カテーテル検査で収縮期LV/RV比は0.92であった．また冠動脈もswitch operationに差し支えないと考えられた．手術までの経過中PDAによる心不全症状が認められ，furosemideの投与を行っ

Presented by Medical*Online

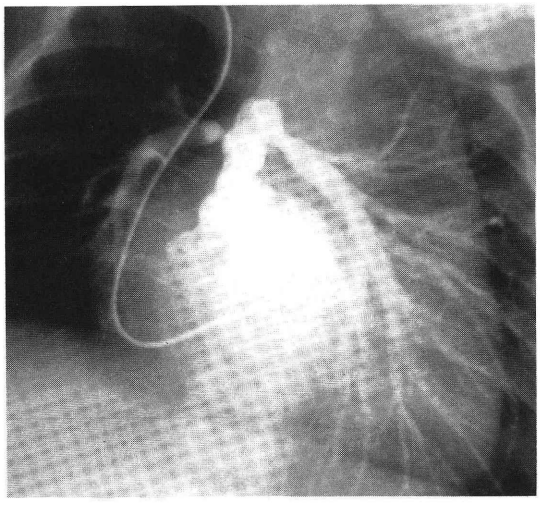


Fig. 1

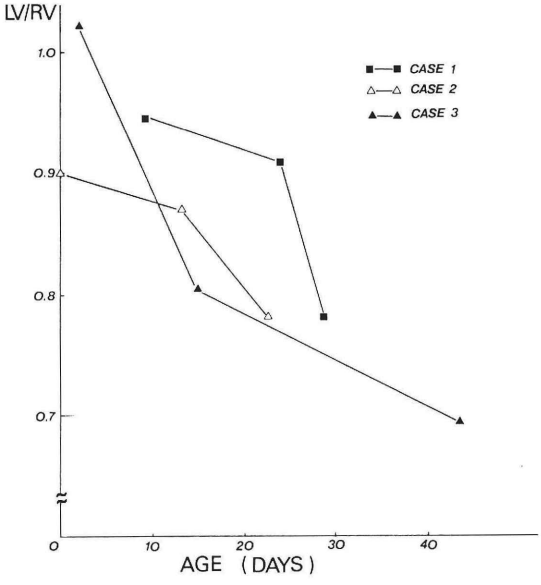


Fig. 2　Peak systolic pressure ratio

た．生後27日目にswitch operationを施行し，術中圧測定でもLV/RV比は0.78であった．術後3日目に抜管が可能で翌日より経口哺乳も開始でき，術後22日目に退院したが，術後3カ月目にstormyな敗血症で死亡した．死亡前日のパルスドプラー検査で，肺動脈弁閉鎖不全兼狭窄の所見が得られた．

症例2．38週，2,700g，男児．

生下時よりチアノーゼがあり，出生当日に搬送入院しBASを施行した．その後心エコー検査にてPDAは閉鎖していったが，左室後壁厚は2mmで，心室中隔は右室へ張り出したままであった．生後14日目に心臓カテーテル検査を行い，LV/RV比は0.86であった．心不全症状が認められたためfurosemideを投与した．生後22日目にswitch operationを施行したが左冠動脈のkinkingによって左室梗塞を生じ，table deathとなった．

症例3．38週，3,000g，男児．

チアノーゼ，呼吸困難を主訴として生後1日目に搬送入院し，心エコー，パルスドプラ検査にてTGA (I)，PDA, closing FOと診断し，BASを施行した．BAS後もチアノーゼが残り，またswitch operationも考えて生後2日目よりPGE_1の投与を開始した．その後の心エコー検査にてPDAは充分に開存していたが，心室中隔の平担化と左室後壁の菲薄化がみられた．生後17日目に心臓カテーテル検査を行い，LV/RV比は0.8であった．PDAによる心不全症状が強くfurosemide等にても充分には改差しなかった．生後44日目にswitch operationを施行，術中圧測定でLV/RV比は0.7であった．術後しばらくは経過良好であったが，術後3カ月目ぐらいより啼泣時のチアノーゼ，不気嫌，肝腫大，体重増加不良となった．心エコー検査を行い，右房腔，右室腔は著明に拡大し，重度の肺動脈弁閉塞不全兼狭窄，三尖弁閉鎖不全であった．右心カテーテル，肺動脈造影ではFig. 1のように右肺動脈は分岐後狭窄が高度で，肺動脈弁閉鎖不全も重度であり，主肺動脈圧は80/8 $\overline{42}$mmHgであった．このため，switch operationより6カ月目に右肺動脈の狭窄解除を行った．術中所見では肺動脈弁閉鎖不全は冠動脈尖が退縮し消失していたためであった．術後臨床症状は改善した．

＜考案＞

新生児期，乳児期早期にTGA (I)に対してarterial switch operationを行った3例について検討した．

この時期において左室後壁は軽度菲薄化したもののFig. 2のようにLV/RV比は0.7以上でswitch operationに適当であった．また経時的にLV/RV圧比を推定するのに左室短軸像で収縮期の心室中隔の動態をみるのが参考になった．

1例ではPGE_1を長期にわたって使用したが，心不全症状が強く，利尿剤等では充分にcontrolできなかった．また左室後壁もやや菲薄となり，LV/RV圧比も低下していったことより，PGE_1を積極的に用いて手術までもっていくのがよいかどうかは不明である．

1例をtable death，1例を遠隔期に敗血症で失い，

Presented by Medical*Online

他の1例も再手術が必要であったことを考えると，心機能の面ばかりでなく，対象となる心臓の大きさもswitch operationの適応の重要な決定因子となると考えられる．

---

2. I型大血管転位にたいするBlalock-Taussig短絡手術—解剖学的根治手術の準備手技としての有用性と限界—

（静岡県立こども病院循環器科）
中野　博行，上田　憲
斉藤　彰博，土谷　之紀
（同　心臓血管外科）
横田　通夫，曲　人伸，北野　満
嶋田　一郎，水原　寿夫

I型大血管転位（TGA1）の手術方針は現在のところ確立しているとはいえず，手術方法およびその実施時期は一定していない．近年，本症において解剖学的根治手術（Jatene術）が試みられるようになったが，手術の成功のためには左室の圧および容量負荷が十分であることが前提となる．一方，本症BAS後にみられる低酸素血症の悪化はしばしば対処に苦慮するところである．我々は，このような症例にたいし低酸素血症の軽減および解剖学的根治手術の準備手技としてprostaglandin E_1（PGE_1）の長期投与ないしはBlalock-Taussig短絡手術（BT shunt）を行ってきたので，その有用性および限界について述べる．

〔対象と経過〕

対象は，8例のTGA1（男児3例，女児5例）で，BASの実施はそれぞれ日齢0（3例），日齢1（4）で他の1例は27日であった．BAS後に低酸素血症をきたした7例にPGE_1を投与したが，PGE_1無効あるいは心不全増強例にBT shuntを行った．1例においてPGE_1長期投与後に一期的に解剖学的根治手術を施行した．BT shuntは2.5カ月および8カ月に施行した2例を除いて全例生後35日以内に4mm Gore-texを用いて行った．

BAS後のPO_2が28.9mmHgの最高値を示した1例を除いてBAS後の当日から3日後の間にPGE_1を開始した．PGE_1の投与期間は1日から39日（平均13.1日）で，無効2例，LOS 1例，強い心不全が3例にみられた．4例にみられたdynamic LVOTOはPGE_1投与後あるいはBT shunt後全例軽快した．

〔血行動態分析の結果〕

二期手術前の血行動態分析（7カ月1例，10カ月1例，他は全例3カ月以内に心カテ施行）では，右室容積は正常の188～224%（208%）と著しく増大し，また右室拍出量も5.84～7.13l/min/m²（6.74l/min/m²）と増大傾向にあった．左室容積は正常の110～141%（125%）と軽度増大し，左室駆出率も0.61～0.89（0.71）と低下していなかった．なお，左室拍出量は5.59～7.00l/min/m²（6.29l/min/m²）と増大していた．2DEによる左室後壁厚は拡張末期で2.1～3.5mm（3.0mm），収縮末期で4.5～7.5mm（5.3mm）であった．BT shunt後の圧分析では，LVP/RVPは0.20～1.00（0.69）の間にあり，0.20と全く左室圧上昇を認めなかった症例は8カ月にBT shuntが行われた．また，LVP/RVPが0.58および0.54と不十分な圧上昇例は3カ月および78日目にBT shuntが行われた．左室圧上昇と心不全症状の出現および心房間交通の大きさとは有意の関係がみられ，十分な左室圧上昇例では強い心不全を伴い，また心房間交通が5mm以下では全例LVP/RVPが0.75以上であった．

〔二期手術〕

Jatene術はPGE_1の長期投与後に一期的に行った症例を含めて6例に成功した．LVP/RVPが0.20の例にはSenning術を行った．LVP/RVPが0.54の例はJatene術を行い死亡したが，本例には冠動脈の走行異常と低形成がみられた．LVP/RVPが0.58の例では，肺動脈絞扼術（PAB）施行の後Jatene術に成功した．

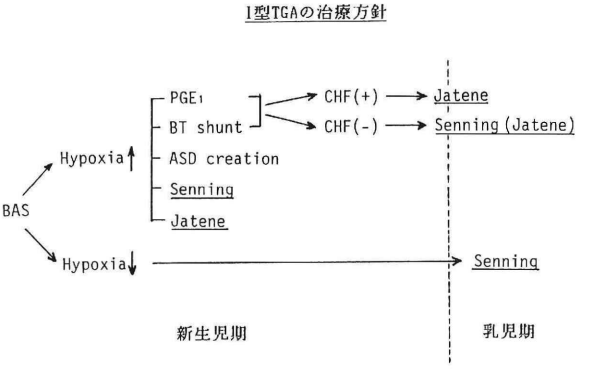


図1　現時点におけるI型TGAの治療方針．BAS後のhypoxiaに対する治療が最大の問題となる．将来，新生児期のJatene手術が安全に実施でき，かつ長期予後がatrial switchに比べて良好であることが明らかになれば，生後2週以内にarterial switchを行う．TGA：大血管転位，BAS：心房中隔欠損作成術，BT：Blalock-Taussig，ASD：心房中隔欠損，CHF：心不全

Presented by Medical*Online

〔考察〕

二期的Jatene術を目的としてPABを準備手技として行う方法は，左室に急激な圧負荷をかける結果afterload mismatchをきたし，きわめて危険といえる．一方，BT shuntは圧および容量負荷が徐々に加わるため低酸素血症の改善と左室trainingに有用であるが，この手技が有用な例では必然的に強い心不全をきたす欠点がある．つまり，いずれの方法も準備手技としては不適切といえる．TGA1にたいするJatene術の適応を論じるには，準備手技が安全であること，長期予後が心房内転換術に比べて確実に良好であること，手術死亡率が低いことなどが前提となる．Jatene術のmorbidityとmortalityが低いことが明らかにされたうえで，新生児期早期に一期的Jatene術を施行することが今後の方向となろう（図1）．

---

3. 完全大血管転位におけるタリウム心筋イメージングによる左室パフォーマンスの評価

（倉敷中央病院心臓センター小児科）
水戸守寿洋，馬場　清
（国立循環器病センター小児科）
小野　安生，木幡　達
越後　茂之，神谷　哲郎
（島根医科大学小児科）岸田　憲二
（国立循環器病センター放射線科）西村　恒彦

〔目的〕完全大血管転位（TGA）における手術術式としては種々の方法が挙げられるが，近年atrial switch operationに比較し，arterial switch operationの優位性が論じられている．後者の術式の適応は左心室の発育が重要な因子とされるが，断層心エコー図をはじめとして非侵襲的に左室パフォーマンスを評価する方法は十分とはいえない．今回われわれはTGAのI型とII型において^{201}TlCl心筋イメージングを施行し，心内修復術前のTGAにおける左室（T-scan）パフォーマンスの評価を試みた．

〔対象・方法〕対象はTGA I型23例とTGA II型15例である．年齢は1カ月から14カ月の間にあった．心カテーテルはT-scanと同時期に行なわれており，それによりえられたpulmonic ventricleとsystemic ventricleの圧比をPp/s，正側2方向にバイプレーンシネより積分法でグラハムらの式を使用して算出した拡張末期容積比をVp/sとしてもとめた．T-scanはOhio-Nuclear社製410S型シンチカメラを用い，^{201}TlClを30～50μCi/kg静注し，15分後より正面，左前斜位30度，45度，60度と左側面の5方向より30万カウントずつ撮影した．これより心室中隔と左右心室壁を最も明瞭に分離できる角度より心電図ゲート法を用い

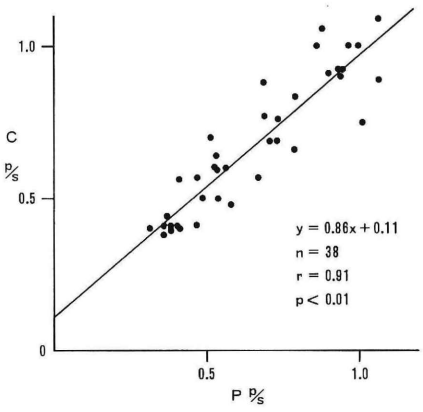


図　1

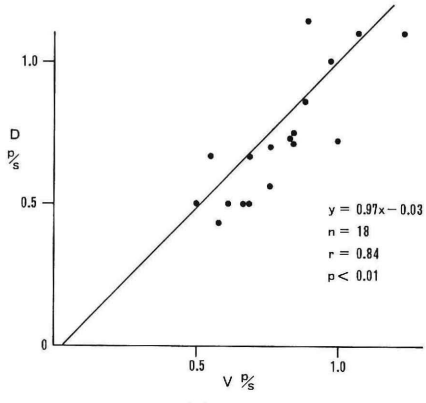


図　2

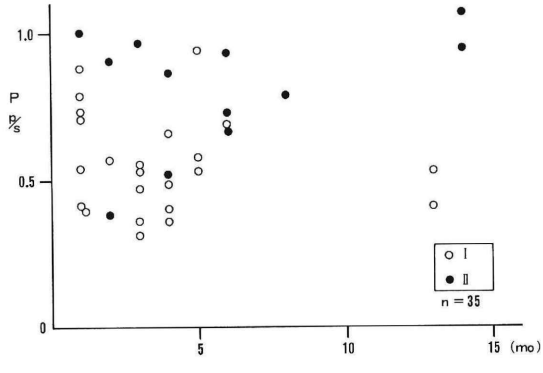


図　3

Presented by Medical*Online

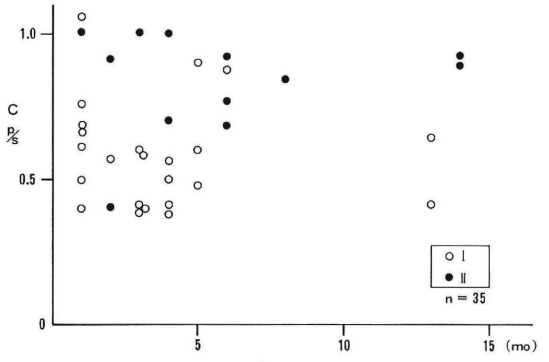


図　4

てえられた拡張末期像を分析の対象とした．これらのイメージにDEC製ガンマ11を用いてスライスラインを設定し，pulmonic ventricleとsystemic ventricleのカウント比を求めた(Cp/s)．また心室中隔と各心室壁までのピークカウントの距離の比をDp/sとし，Pp/sとCp/s, Vp/sとDp/sをそれぞれ比較した．

〔結果〕Pp/sとCp/sはFig. 1に示すように，$y=0.86x+0.11$, $r=0.91$, $p<0.91$と良好な相関がみられた．またVp/sとDp/sに関しても容積分析を行った18例に関してはFig. 2に示すように$y=0.97x-0.03$, $r=0.84$, $p<0.01$と良好な相関がみとめられた．以上よりTGAにおける圧，容積の評価にはT-scanは有用であると考えた．

またFig. 3では心カテーテルより求めた心室圧比Pp/sと月齢を比較した．これより，心室中隔欠損を伴なうII型TGAは月齢にかかわらずPp/sが高いが，I型TGAでは月齢がすすむにつれてPp/sが低下してくる傾向がみられるが，心筋イメージング上も，Fig. 4に示すごとくCp/sはII型は月齢に関係なく高値を示すのに比べて，I型TGAではやはり月齢の高いものほどCp/sは低下していく傾向がみられ，I型TGAで問題となるpulmonic ventricleの“やせ”がT-scanで追跡が可能と考えられた．またI型TGAに対して肺動脈絞扼術と短絡手術を施行することでpulmonic ventricleの“トレーニング”をはかる試みがなされているが，T-scan上も術後にはpulmonic ventricleの壁のカウントの上昇が認められ，二期的arterial switch operationの施行時期の決定にも有用と考えられた．

〔総括〕I型およびII型TGAに対してT-scanを行ない，pulmonic ventricleのパフォーマンスの評価を試みた．圧，容積ともに心カテーテルよりえられた値をよく反映しており，また二期的arterial switch operation施行期の決定にも本法は有用であると考えた．

---

4. 非侵襲的検査法による大血管転位の左室圧の評価の可能性についての検討

（福岡市立こども病院循環器内科）
大島　昭雄，福田　省史，溝口　康弘
吉井　　薫，砂川　博史，本田　　悳
（同　新生児科）岩尾　初雄
（同　心臓血管外科）
米永　國宏，角　　秀秋
中野　英一，安井　久喬

【要旨】我々の施設は1984年5月より本年10月現在で大血管転位1型20例，同2型7例の計27例にJatene法による大血管スイッチ手術を施行し，冠状動脈の起始部位の問題のために術後にkinkingを起こして失った1例を除く全例に良好な手術結果を得ている．Jatene術に重要な左室機能の評価は心臓カテーテル法・心臓血管造影法検査によっているが，今回，心電図，心エコー図法検査での左室機能評価の可能性について検討した．

【緒言】従来大血管転位の根治術として心房内血流変換法であるMustard術，Senning術が用いられていたが，最近では各施設でJatene法による大血管スイッチ手術が行なわれるようになってきた．我々の施設では出生後も高い左室圧が維持される大血管転位2型7例，動脈管開存または動的左室流出路狭窄（dynamic LVOTO）を伴った大血管転位1型7例にJatene手術を行い，これらの合併のないTGA1型12例と動的左室流出路狭窄が存在するものの左室心筋重量（LV mass）が低下していた同型1例には肺動脈絞扼術兼Blalock-Taussig短絡術（PAB+B-T）を行ない，左室トレーニング後に大血管スイッチ手術を施行することにより，良い手術成績を得ることができた．

今回は2期的に根治したTGA1型に限って心電図ならびに心エコー図法検査による左室機能の簡略的評価を検討するため，PAB+B-T前，Jatene前の心臓カテーテル法・心臓血管造影法検査による諸パラメータと比較した．

【結果】心血管造影法検査の施行時期はPAB+B-T前では平均3.9カ月，Jatene前では平均9.2カ月で，心電図・心エコー図法検査はそのほぼ同一時期に行なわれたものを採用した．まず心電図の左室成分の指標と

Presented by Medical*Online

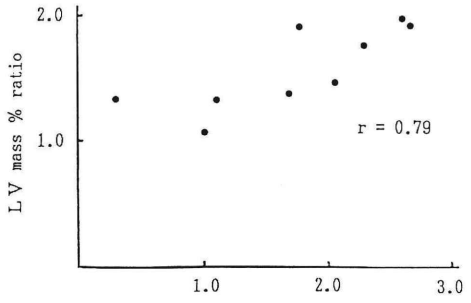


図1　RV5 ratio

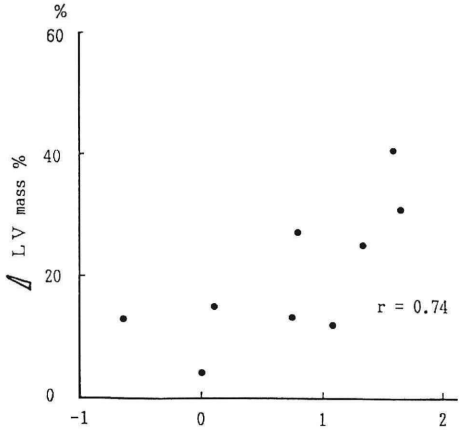


図2　⊿RV5

して，RV5について検討してみた．RV5はPAB＋B-T前では平均1.0mvで，Jatene前になると平均1.5mvと増加がみられた．しかしRV5とLV圧，LV/RV圧比，LV massの絶対値とその%正常値と間には明らかな相関はみられなかった．そこでRV5絶対値よりも諸因子の影響の少ないと考えられるRV5変化率と心臓カテーテル法・心臓血管造影法検査による左室機能を示す各パラメータの変化率とを検討した．LV mass%はPAB＋B-T前平均40%からJatene前平均59%に増加しており，LVトレーニングの効果は明らかであった．PAB＋B-T前後のLV圧比，LV圧増加率とLV mass変化率とには相関はみられなかったが，RV5の変化率と，LV mass%比・LV mass増加率との間には正の相関が得られた．図1はPAB＋B-T前とJatene前のRV5比を横軸，左室心筋重量比を縦軸にプロットしてその関係を示したものであるが，これらの間にはr＝0.79の良い正の相関が得られた．つまりRV5はLV圧よりもLV massの変化をよく示すものと考えられた．

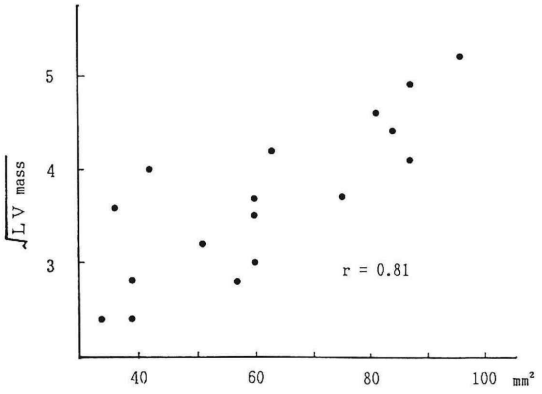


図3　LVPW thickness×LVDD

図2はRV5増加率を横軸に，LV mass%増加量を縦軸にプロットしたものだが，これらの間にもr＝0.74の良い正の相関が得られた．

つぎに心エコー図法検査によるLV massの簡略的推定法について検討した．LV massに大きく関与する左室壁厚と拡張容積は心エコー図法検査で求めた左室後壁厚（LVPW thickness）と左室拡張期内径（LVDD）で表現するようにし，これらの積と比較するため心血管造影法検査によるLV mass（Simpson法）は次元を合わせる形で1/2乗した．その結果は図3に示すように$\sqrt{\text{LV mass}}$とLVPW thickness×LVDDとの間には良い正の相関がみられ，r＝0.81という数値が得られた．

【考案】我々の施設では大血管スイッチ手術の適応条件として，LV圧≧60mmHg，LV/RV比≧0.8，LV mass≧60%正常値としている．大血管スイッチ手術適応のこれらの3条件のなかでLV massを我々は最も重要視しているが，なかでもLVPW thickness×LVDDは心血管造影法検査により求めたLV massと良い相関を示し，体表面積を知ることにより成長の著しい乳児期でも%正常値の推定を可能とする．

完全大血管転位における arterial switch operation の適応基準．TGA の術前の心パフォーマンスの検討

（島根医科大学小児科）
岸田　憲二，小笹　　浩，渡辺　弘司
羽根田紀幸，森　　忠三
（国立循環器病センター）
越後　茂之，山田　　修，神谷　哲郎

Presented by Medical*Online

八木原俊克，内藤　泰顕

大血管転位（TGA）に対するより生理的な術式として，arterial switch operation（ASO）がおこなわれVSDを伴うTGAではよい成績が得られている．しかしVSDのないTGAでは乳児期早期より左室心筋のregressionがおこるためASOはしばしば困難となる．この術式を選択する場合，術前にはpulmonic ventricleであったLVがsystemic ventricleとして十分機能しうるものかどうか判定する必要があり，これを明らかにするため，ASOを施行したTGAの術前の心カテ検査より得られた各種心パフォーマンス指標を，術後死亡群・生存群別に対比，ASOの適応について考察（1），また合わせてsimple TGAに対するASOの手術時期についても考察した（2）．

1．ASOの適応（限界）について

対象は1981年より1985年までの間に国立循環器病センターにてASOを施行した21例（表）のうち，下記の症例を除いた15例である．大動脈弓離断等合併例（case 11, 12），DORV（case 6），1歳以上の症例（case 8, 18）は，重症度，PVOの進行等の差が大きく今回の検討からは除いた．術中coronary tearをおこした1例（case 5）も除いた．この15例を生存群11例（TGA・PDA 1, TGA 1, TGA・VSD 9）と死亡群4例（全例TGA）に分けた．心室容量分析はHP社製5,600M angio-analizer systemを使用し2方向同時撮影シネアンギオ像よりLV，RVとも積分法で算出Grahamらの式を用いて補正，LVM（左室心筋重量）はRackleyの方法に沿って算出，% of normal表示した．有意差検定はStudent tによった．両群間のカテ時年齢に有意差はなかった．＜結果＞LVEDV（左室拡張末期容積）は，生存群197±58%，死亡群102±22%で死亡群は有意に低下していた（$p<0.004$），RVEDV（右室拡張末期容積）は生存群177±41，死亡群182±31で両群間で有意差はなかった．LVMは生存群132±28，死亡群78±6で死亡群は有意に低く（$p<0.003$），顕著な対比を示した．生存群・死亡群の重複はなかった．LVP/RVP（左室収縮期圧/右室収縮期圧）も死亡群で有意に低く（$p<0.005$），1例を除いて0.5以下であった（図1）．以上によりASOの適応限界はLVM≧80%，LVP/RVP≧0.5とした．＜考察＞最初の症例1，2での成功およびBano-Rodrigoらの報告より当時『生後3ヵ月頃までの症例ではLV muscleのregressionも少なくASO可能』と判断（誤断）case 3, 4, 7を失った．以後適応を厳しくし，手術成績が一定してきた症例15くらいまでで，ほぼ基準をきめ，症例17を除いて死亡例はない．症例17は，術後左心不全に対する認識が不十分

表

No.	op. date	age	diagnosis	LVP/RVP	LVEDV	RVEDV	LVM	Progno.
1	12/18/81	11.6m	TGA small VSD	0.78	139.8	136.4	106.5	S
2	5/13/82	3.0m	TGA large PDA p. BAS	0.52	118.5	136.3	110.6	S
3	7/20/82	3.9m	TGA p. BAS	0.48	91.2	151.5	80.7	D
4	9/16/82	3.4m	TGA p. BAS	0.29	71.9	165.8	69.3	D
5	11/ 4/82	3.8m	Dextro TGA VSD PH	0.97	204.4	174.7	180.2	D
6	2/ 2/83	7.6m	DORV straddl. MV PH	1.11	215.2	224.8	160.0	S
7	3/24/83	4.9m	TGA small PDA p. BAS	0.47	125.7	232.3	82.6	D
8	7/19/83	2y7m	TGA VSD PDA PH	1.01	178.0	207.0	101.3	D
9	8/16/83	4.2m	TGA VSD PH p. BAS	0.88	244.7	191.2	123.5	S
10	9/ 6/83	4.4m	TGA VSD PDA PH p. BAS	1.11	264.9	205.1	127.0	S
11	12/13/83	4.4m	IAA PDA po. TGA VSD PH	1.12	190.2	241.7	161.2	D
12	1/26/84	1y10m	C/A po. p. PAB Dextro TGA VSD PH	0.94	125.3	156.1	100.6	D
13	2/ 7/84	4.6m	TGA small VSD PH p. BAS	0.79	118.8	143.6	85.4	S
14	2/14/84	4.6m	TGA VSD PH p. BAS	0.76	214.0	185.5	141.6	S
15	6/ 7/84	5.3m	TGA p. BAS PH	0.69	240.0	206.9	124.6	S
16	6/19/84	10.2m	TGA VSD PDA PH p. PAB & ASD-Cr	—	177.3	164.0	146.2	S
17	9/11/84	5.7m	TGA p. BAS	0.64	118.7	179.2	82.4	D
18	9/14/84	5y3m	TGA VSD PDA p. PAB	1.06	110.4	137.4	89.1	S
19	11/20/84	4.8m	TGA VSD (outlet & peri) PH	0.93	264.5	269.6	190.6	S
20	12/20/84	5.1m	TGA VSD PH	—	213.7	133.0	163.3	S
21	2/ 5/85	6.3m	TGA small VSD p. BAS	0.50	119.8	164.8	95.3	S

Presented by Medical*Online

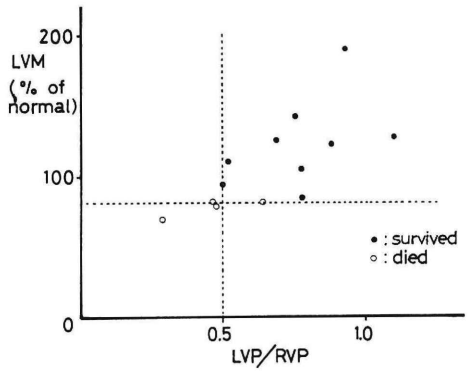


図1　LVP/RVP & LVM in TGA before op.

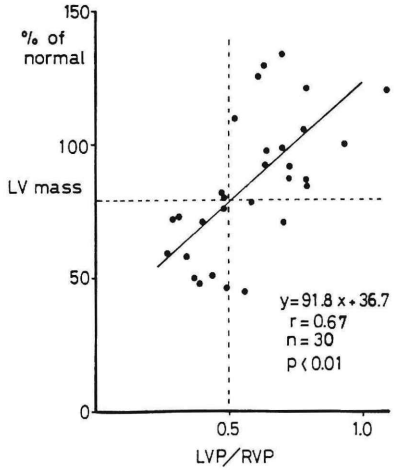


図2　LV mass & LVP/RVP in TGA

で抜管後急速に左心不全が進行頓死したものである．術後左心不全が強く，管理に難渋した例は80<LVM<100，0.5<LVP/RVP<0.7の症例で心エコー図による観察では術後LVDdの拡大，LVEFの極端な低下が起こり，一見状態がおちついているように見えても抜管すれば急速に左心不全の進行を招くため，綿密な呼吸循環管理を要した．現在までにこの“境界領域”に入るものは計6例であるが，症例17以外すべて生存している．このように我々の基準は適応限界を示しており，十分な術後管理を前提としたデータである．

2．simple TGAのagingによる左心指標の変化

左心指標からみたASOの理想的な手術時期を明らかにするため生後6カ月以下のVSDを伴わないTGAにつき1で述べたASOの適応基準をどの程度満足するか調べた．<対象>生後6カ月以下の心カテを施行したsimple TGA 30例でagingによる変化を明らかにするためI群：1カ月未満11例（0.25±0.15カ月），II群：1カ月以上2カ月未満4例(1.18±0.08カ月），III群：2カ月以上6カ月以下15例(4.07±1.03カ月)の3群に分けた．<結果>I群では全例(100%)，II群では2例(50%)，III群では2例(14%)がASOの基準をみたした．また30例全例のLVP/RVPとLVMの相関をみたところ，y=91.8x+36.7（x：LVP/RVP，y：LVM % of normal，r=0.67，p<0.01）と直線回帰され（図2），LVP/RVPの値0.5を境にしてLVMの顕著な低下がみられた．<まとめ>この検討からsimple TGAではASOは生後1カ月未満に施行するのがよく，LVP/RVPが0.5以上の場合LVMは温存されると考える．

6．心機能から見たJatene手術の適応

（東京女子医科大学心研）
中沢　誠，野島　恵子，小山耕太郎
里見　元義，高尾　篤良，今井　康晴
黒沢　博身

Jatene手術の適応が問題となるのは，心室中隔欠損のないI型で，左室圧が体血圧に等しいII型では全て適応となる．今回，I型に対する肺動脈絞扼術(PAB)後，心内修復術となった例で，左室機能面からJatene(J)手術の適応について検討したので報告する．対象は30例で，PAB手術を平均7カ月に施行，この内24例でJ手術，5例でSenning(S)手術，残りの1例(TK例)でJ手術後低心拍出量のためS手術へ切り替えた．S手術となった理由は，3例で肺高血圧(PH)，1例で低左室圧，1例(KT例)で低左室駆出率(0.19)である．心内修復術は平均14カ月であった．左室右室(LV/RV)圧比は，0.63から1.67で，J手術死亡は，0.68，0.63の2例で，0.64の1例はS手術となった．TK例では1.38．心エコー図での左室後壁厚(LVPWT)は3.5mmから8.5mmで，J手術死亡2例，S手術例では共に3.5mmであった．TK例，KT例は共に7mm．左室拡張末期容積(LVEDV)，左室心筋重量(LVM)，左室駆出率(LVEF)は，J手術成功例とその他の例で差がなかった．LVEDV/LVMはJ手術死亡例，S手術例で高い傾向を示した．心血管造影と心エコー図を組み合わせて左室壁応用（子午線方向=Str-Aop)を算出したが，J手術終了時の予測値を求める目的で，圧として大動脈拡張期圧を用いた．100 mmHg/cm 2以上の2例は共にJ手術死亡例であっ

Presented by Medical*Online

た．低LV圧のためS手術となった例では96であった．更に，Str-Aop/(LV/RV圧比）をとると，150以上の3例中2例がJ手術死亡例，1例がS手術例，139の1例は遠隔期に，頻拍発作から低心拍出量となって死亡した．Str-Aopは，KT例52，TK例42で対象例の中で最も低い群であった．各々のLVEFは0.33，0.19で，心収縮期性の低下を示した．

以上より，LV/RV圧比＞0.8，LVPWT＞4.5mm，Str-Aop＜90，Str-Aop/(LV/MV圧比)＜100，左室一回拍出量が正常かそれ以上，心収縮性の著しい低下がないこと(LVEFが壁応力に見合っている)，が安全な適応基準と言える．

---

7. 左室圧・容積曲線よりみた大血管転位にたいするarterial switch operationの適応

（国立循環器病センター小児科）
越後　茂之，福島　英樹，矢沢　健司
清水　俊男，山田　　修，神谷　哲郎
（同　心臓外科）八木原俊克

【目的】大血管転位にたいするarterial switch operation（以下ASO）の血行動態よりみたもっとも大きな特徴は，術前は肺循環を担っていた左室が，術直後より体循環を担うことにあり，左室にかかる後負荷は増加する．このようなASOの適応については厳密な検討が必要であるが，左室心筋重量や左室右室収縮期圧比などが適否の指標になりうると報告されてきた．しかし，これらの指標にはいずれも左室容積や心筋収縮性の評価は含まれず，またASO後の左室機能も予想されない指標である．今回，これらの指標の欠点を補ったASOに対する新しい指標の有用性を臨床例について検討した．

【方法】対象は大血管転位の小児12例で，全例術前に心臓カテーテル検査を施行し，その後ASOを行った．術前の毎秒90コマ2方向シネアンジオによる左室造影像より，1心拍について各コマの容積をもとめ，左室圧とあわせて術前の左室圧・容積曲線を描いた．この圧・容積曲線より，左室収縮末期点をもとめ，0点とを結んで，菅らのいうEmax[1]に替わるものとした．したがって，前負荷および後負荷が変動しても，この直線上に左室収縮期末期点がくるものとした．これより，術前の大動脈圧切痕における圧(Aop)をASO後の体循環を担う左室の収縮末期圧とみなすと，術後の左室収縮末期圧が予想される．これと各症例の体表面積に対応する正常小児よりもとめた1回拍出量（SV）とをあわせて，ASO後の左室圧・容積曲線を想定し，予想される術後の左室拡張末期容積（EDV2）をもとめた(図1)．この術後の左室拡張末期容積と術前の左室拡張末期容積（EDV1）の比，すなわちEDV2/EDV1の値を，ASO後の生存例，死亡例について比較した．

【結果】ASOを施行した12例のうち，生存例は9例で死亡例は3例である．生存例のEDV2/EDV1は，最低値が0.59，最高値が1.36，平均0.72±0.22であった．死亡例のEDV2/EDV1は，最低値が1.41，最高値が

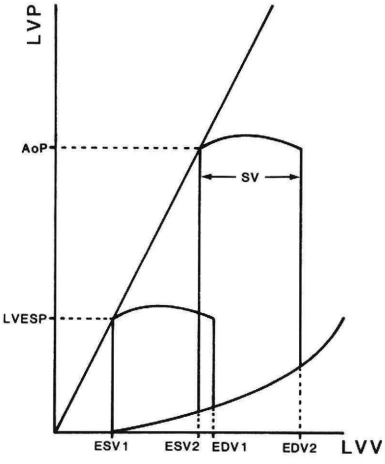


図　1

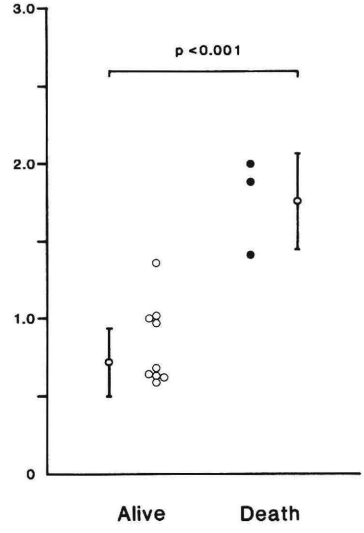


図2　TGA
EDV2/EDV1（Aop）

Presented by Medical*Online

2.00, 平均1.76±0.31であった. 以上のように, EDV2/EDV1は, 1.40を境界にして, 生存例と死亡例に2分された(図2). また, 両群間には0.1%以下の危険率で, 有意の差がみられた.

【考案】この方法により, ASO後の圧・容積曲線が術前の時点で想定され, これより得られたEDV2/EDV1は, ASOの適否を決定する重要な要素である左室容積や心筋収縮性を示す指標などから導きだされており, さらに1.40を境界として生存例と死亡例が2分され, ASOの適否を判断する指標として, 臨床的に有用であると考える.

ところで, Sponitz, H.M.らはイヌの摘出心による実験より, 左室のpassive pressure volume curveは, 左室内圧が12mmHgを越えた段階で, 容積がわずかに増えただけでも著明な左室内圧の増加を伴うとしている[2]. すなわち, 左室拡張末期容積がある段階を越えれば, わずかな容積の増加によって左室拡張末期圧が著明に上昇するものと考える. したがって, EDV2/EDV1が1.40を境界として生存例と死亡例に2分される理由としては, ASO後の左室拡張末期容積が術前の左室拡張末期容積の1.4倍程度に拡張すると, Frank-Starling reserveが限界に至り, afterload mismatchが生じるためと考える.

参考文献

1) Suga H, et al.: Load independence of the instantanious pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart rate on the ratio. Circ Res 32: 314—322, 1973.
2) Sponitz HM, et al.: Relation of ultra-structure to function in the intact heart: Sarcomere structure relative to pressure volume curves of intact left ventricles of dog and cat. Circ Res 18: 49—66, 1966.

---

8. Fontan型手術後の肺動脈血流速度波形の分析 —三尖弁閉鎖群と単心室群との比較—

(東京女子医科大学循環器小児科)
野島　恵子, 中沢　誠, 高尾　篤良
(同　循環器小児外科)
黒沢　博身, 今井　康晴

Fontan型手術の適応は, 近年, 三尖弁閉鎖(TA)群ばかりでなく単心室(SV)群にもひろげられ, その症例も増加している. カテーテル先端型電磁血流計を用いて術後の肺動脈血流速度波形を分析し, Fontan型手術後の体静脈, 右房, 肺動脈を中心とした右心系

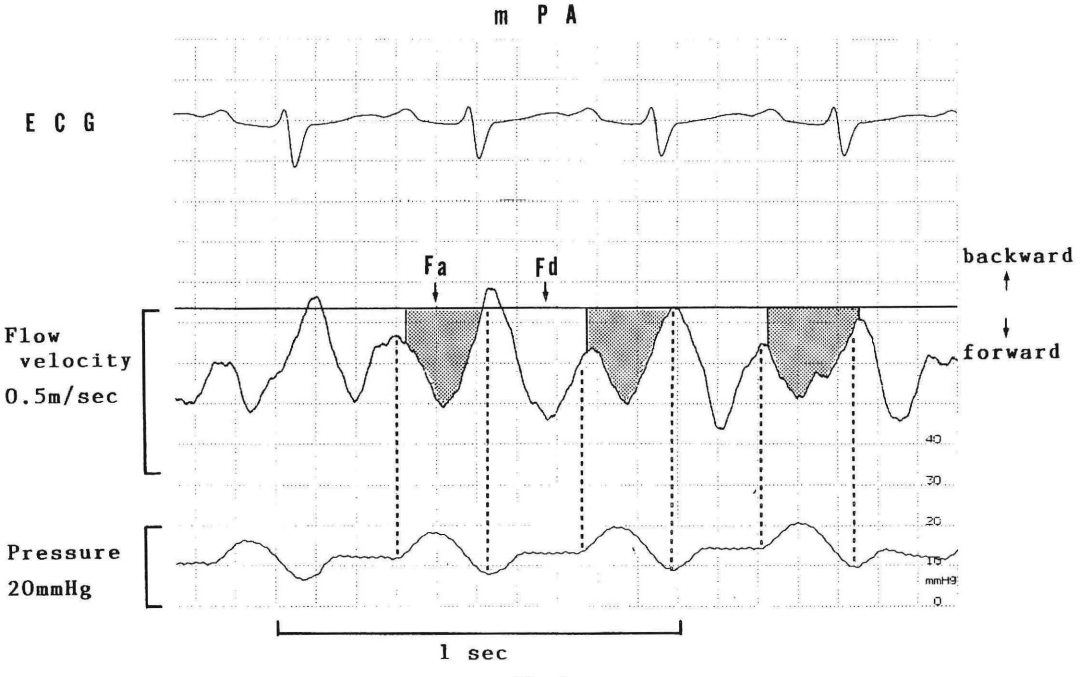


図　1

Presented by Medical*Online

の血行動態について検討した.

＜方法＞

TA群10例（Ib : 5, Ic : 1, IIb : 3, IIIa : 1）と，SV群12例（type A : 6, type B : 5, type C : 1）を対象とした. TA群では右房—肺動脈直接吻合が7例, 右房—右室直接吻合が2例，右房—肺動脈グラフト使用が1例であった. SV群では12例とも右房—肺動脈直接吻合で, 内10例はASD作成とともに心房のpartitionを行い2例は右側房室弁の閉鎖を行った. 全例，挿入弁は使用しなかった.

Fontan型手術後1カ月から4年の間に心カテーテル検査を施行し，カテーテル先端型電磁血流計（Millar, VPC-663A）を主肺動脈内に挿入し，肺動脈血流速度波形及び肺動脈圧を記録した（図1）. 肺動脈内前方流全体に対する右房収縮に一致した前方血流の画積比をFraction a（Fa）とし，また右房弛緩期に体静脈系から肺動脈へ流入する前方血流の面積比をFraction d（Fd）とした. Fa, Fdはともに5心拍を計測し，その平均を求めた. 心拍出量は熱稀釈法により測定した.

＜結果＞

TA群，SV群の2群の比較では，心拍出係数（CI）はTA群2.45±0.48，SV群2.74±0.66（l/min/m^2）.

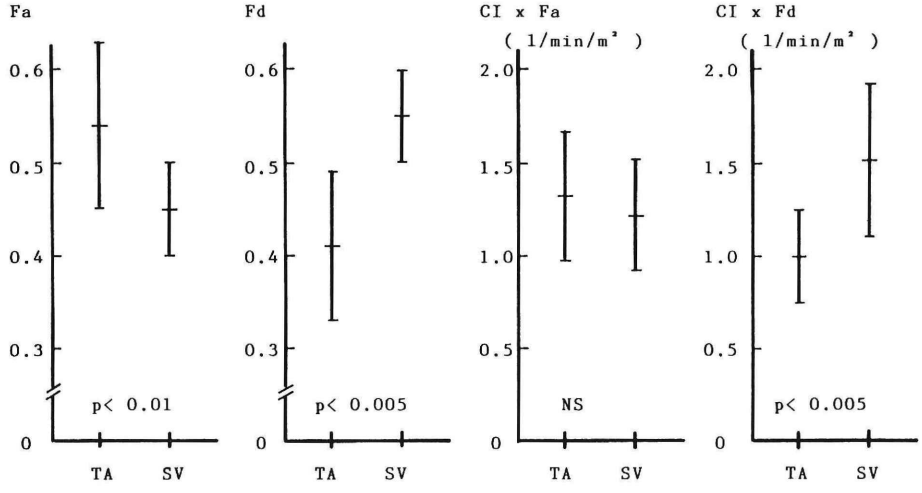


図　2

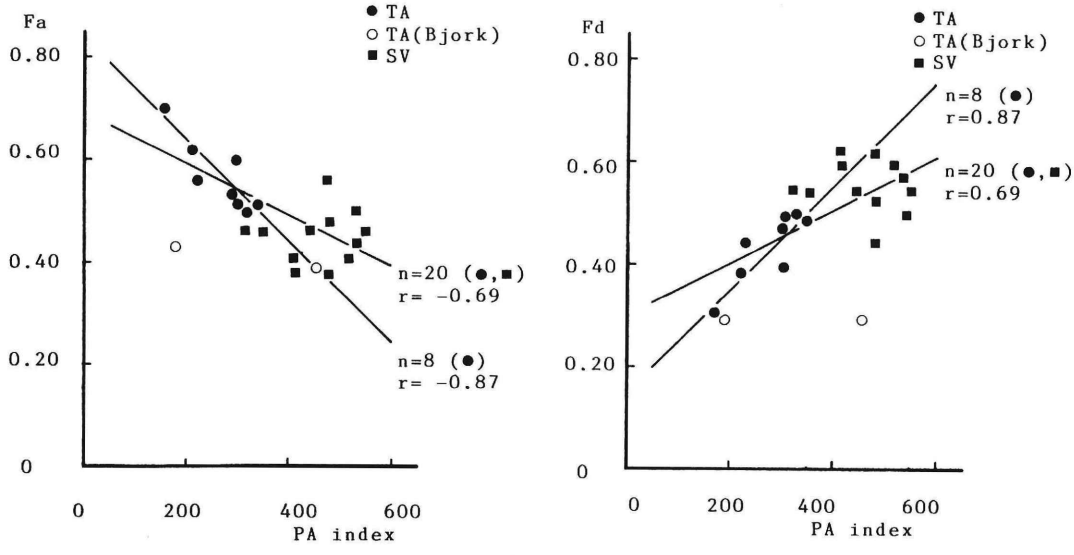


図　3

Presented by Medical*Online

心室拡張末期容積はTA群108±30, SV群113±21(%). 心室駆出率はTA群0.52±0.04, SV群0.47±0.07と両群に有意差は認められなかった. PA indexはTA群282±81, SV群458±70と, 有意にSV群で高値であった ($p<0.005$). 右房最大容積はTA群162±63, SV群107±30 (%of normal), 手術前の右房圧a波はTA群17±3, SV群13±3 (mmHg) と有意にTA群で高値を示した ($p<0.01$) が, 右房容積変化率はTA群0.30±0.08, SV群0.29±0.06と両群に差は認められなかった. FaはTA群0.54±0.09, SV群0.45±0.05とTA群で高く ($p<0.01$), 逆にFdはTA群0.41±0.08, SV群0.55±0.05とSV群で高値を示した ($p<0.005$). CIにFaを乗した値は, 右房収縮期の前方拍出量と近似すると考えられるが, 両群に有意差はなかった. CIにFdを乗した値は, 右房弛緩期の肺循環への前方拍出量であるがSV群で有意に高値であった ($p<0.005$) (図2). FaとPA indexは逆相関し, FdとPA indexは正の相関関係にあった(図3).

＜結論＞

1) TA群では, Fa, 右房最大容積, 右房圧a波が大きく, SV群ではFd, CI×Fd, PA indexが大であった.

2) CI×Faは両群に差はなく, Fontan型手術後では術前の心内構造の差に関係なく, 右房収縮期の前方拍出量はほぼ一定と考えられる.

3) TA群でPA indexの小さい例ではFaが大きく, 右房収縮期の前方拍出の役割が相対的に増加する.

4) PA indexの大きい例では, 肺循環への前方拍出には右房収縮の関与は少なく, 右房弛緩期により多くの血流が得られると思われる.

5) PA indexが大きく, 術後のFdが大きくなると期待できる場合には, 右房機能が低下した例や心房性不整脈のある例まで手術適応は拡大される.

---

9. Mモード心エコー図による小児の左室拡張動態に関する研究—年齢による変化—

(島根医科大学小児科)
堀野　信子, 渡辺　弘司, 岸田　憲二
羽根田紀幸, 小笹　　浩, 森　　忠三

小児期の非侵襲的左室拡張機能の指標として, 左室のMモード心エコー図から左室内径拡張最高速度 (+

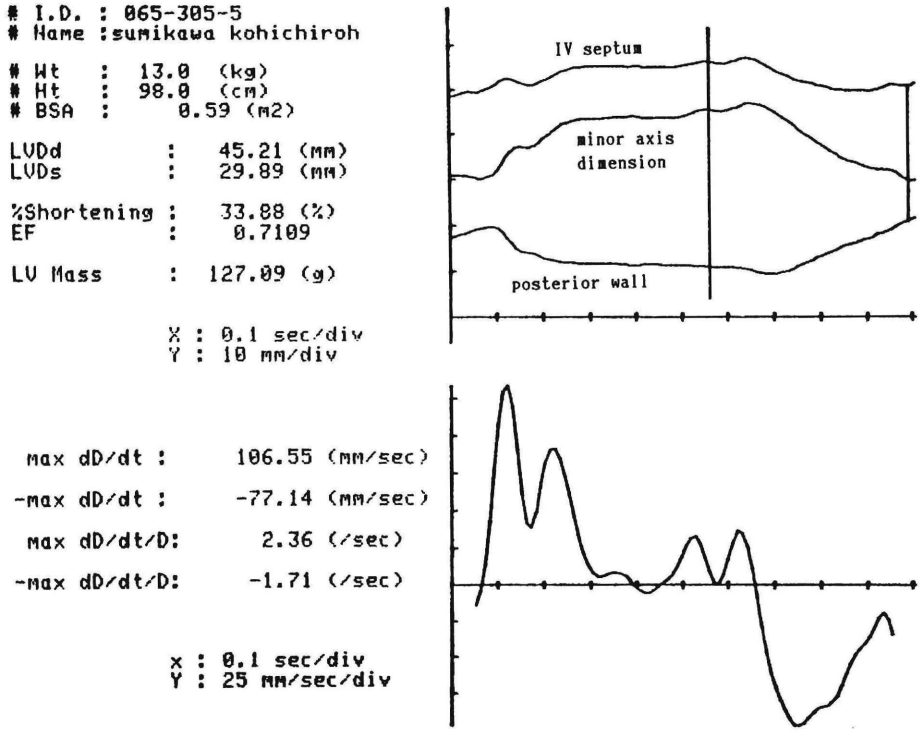


図　1

Presented by Medical*Online

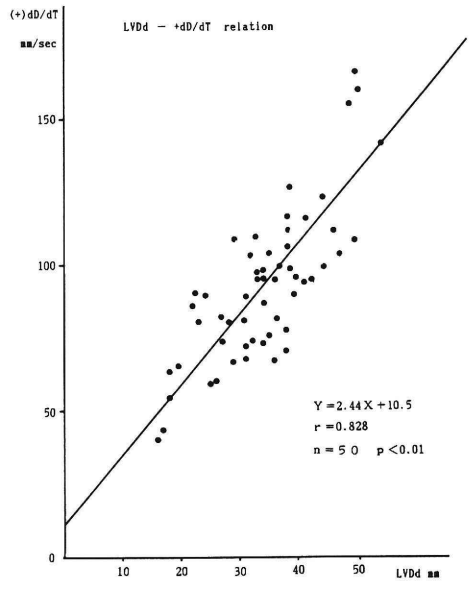


図　2

max dD/dt）を求め，正常小児の成長発育に伴う変化と，正常値，心拍数，後負荷，心収縮力の変化による影響をみた．

（対象・方法）当科外来，入院患者のうち明らかな心疾患，高血圧を認めない生後1カ月から18歳までの50名を対象とした．Mモード心エコー図は断層法を併用して記録した．また，冠動脈造影にて冠血管障害を認めない川崎病既往患者の16名にRA pacingを，10名に135/minのpacingを行いながらmethoxamine負荷を，1名にdobutamine負荷を行った．心カテ中のエコー記録はE for Mに内蔵した機種を用い，同時にカテ先マノメーターによって左室圧，dp/dtを記録した．エコー図の紙送り速さはいずれも100mm/secとした．得られたエコー図から，ソニーテクトロニクス社の4051型マイクロコンピュータを用いて左室拡張末期径（LVDd），左室収縮末期内径（LVDs），左室内径短縮率（%FS），左室駆出率（EF），+max dD/dtを認めた．壁運動は本体にGPIBで接続されたグラフィックタブレットを用いて用手法によりトレースした．微分値は，デジタルフィルタを施した波形の微分値から求めている．トレースは最低3心拍を行い平均値をdataとした．

（結果）1）+max dD/dtは体表面積にべき数回帰し（r=0.827, p<0.001），LVDdとは直線回帰を示した（r=0.838, p<0.001）．したがって，+max dD/dtを決定する因子として，LVDdがまずあげられる．

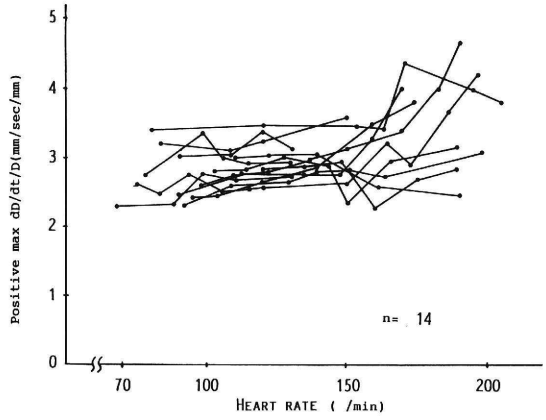


図3　Positive maximal velocity of LV dimension on pacing

2）+max dD/dtをLVDdで除した+max dD/dt/Dは正常小児の安静時における心臓の大きさにかかわらずほぼ一定の値（2.68±0.48mm/sec/mm）を示し，心拍数150/minまでは変動しないことがわかった．3）後負荷の変化に対しては，後負荷が増加すると+max dD/dt/Dは減少する傾向を示したが，収縮期血圧120mm/Hgまでは殆ど変動しないことがわかった．4）+max dD/dtは，左室の圧指標である−max dp/dtとは弱い相関（r=0.412, p<0.01）しか示さなかった．5）Dobutamine負荷により，心拍数，後負荷が変化しないにもかかわらず+max dD/dt/Dは大きく上昇し，心収縮力の変化は+max dD/dt/Dに大きく影響すると考えられた．

（考察）以上のように，+max dD/dtはLVDdとinotropic stateによって大きく影響されるので安静時の+max dD/dtはLVDdで標準化するのがよいと考えられ，+max dD/dt/Dは小児の非侵襲的拡張期左心機能の指標として用いることが可能と思われる．ただし，後負荷の影響についての結果は，心カテを行いえた対象者のLVDdが殆どの例で35mm以下であったため，収縮期血圧120mmHg以上でLVDdの増加が見られたが，より大きい心臓を持つ，小児血圧検診における血圧高値群（収縮期血圧120〜130mmHg）においては殆ど無視できる程度になることが予測される．また，この指標と圧指標との違いについては，今後検討する予定である．

Presented by Medical*Online

10. 先天性心疾患における右房の圧，容積曲線

（東京女子医科大学循環器小児科）
野島　恵子，中沢　　誠，高尾　篤良

先天性心疾患は右心系の異常をきたすことが多く，右房の圧，容積は，その心内構造の違いによって様々な動態を示す．また，Fontan型手術にみられれるように，肺循環へ直接連なる心腔として右房の機能の解析は重要性を増している．しかし右房機能は，低圧系という右房そのものの分析の困難さばかりでなく，体静脈，右室，肺動脈，左房と複雑に関連しているため，解析は未だ十分になされていない．今回，我々は先天性心疾患の心カテーテル検査結果より右房の圧—容積曲線を描き，右房の機能解析を試みた．

＜方法＞

心カテーテル検査時右房中央で右房圧を記録し，それにひき続き毎秒60コマでシネアンジオ2方向（正，側）にて右房造影を行った．圧記録，造影ともに心電図記録を併用し1心拍を10等分し（約50msec毎），右房容積をarea-length法にて計測した．各々10個の右房容積測定時と同期した心電図上の右房圧を計測し，圧—容積曲線を描いた．右房容積は年齢による差を除くため，Grahamらの正常最大容積（RAVmax＝54.6×BSA$^{1.233}$）を100%として，その割合で示した．

＜結果＞

1. 正常に近い群（図1）

ファロー四徴症の根治術後1カ月の2例を対象とした．両者ともシャント残存はなく，右室収縮期圧35～45mmHg，肺動脈収縮期圧30～40mmHgと良好に修復され，ほぼ正常に近い血行動態を示していた．圧の上昇とともに容積の減少するa loopと，圧の上昇とともに容積も増加するv loopの8の字形を描くことができる．a loopは右房の収縮期に一致しv loopは右房の充満拡張期に一致した．

2. 三尖弁閉鎖（TA）群（図2）

TA IIcの1例（実線）とTA Iaの1例（点線）を対象とした．前者は心房間交通が悪く，右房圧a波26mmHgで左房圧とほぼ10mmHgの圧較差を生じ，また右房容積も最大166%と増加していた．a loopは上方へ大きく広がり，流出障害のため右房は収縮力を増加させているが，その持続は短く，右房のコンプライアンスの低下が推測される．後者は心房間交通が良好で右房—左房圧較差は認められなかった．a loopは上方へ伸びているがその程度は小さく，右房の収縮力は前者より弱いものと思われる．両者とも図1でみられたような圧の低下とともに容積も減少する，心室への急速流入期は認められなかった．

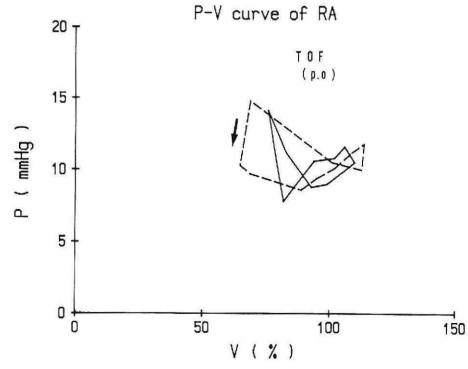


図　1

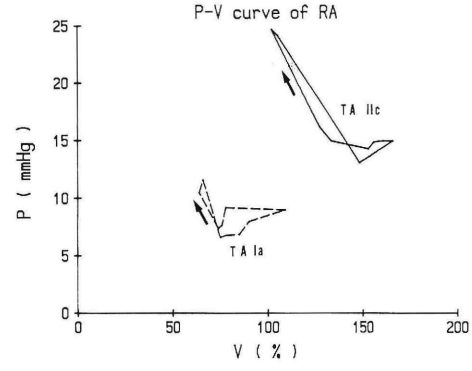


図　2

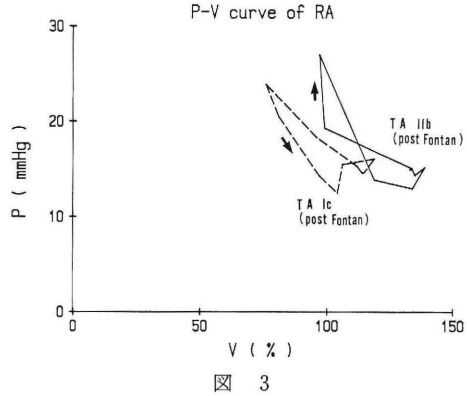


図　3

3. TAのFontan型手術後（図3）

Fontan型手術後のTA IIb（実線）とTA Ic（点線）を対象とした．前者は僧房弁閉鎖不全を合併しv loopがやや大きくなっているが，両者ともa loopは上方へ急峻に伸び，右房の収縮力の増加と右房コンプライア

Presented by Medical*Online

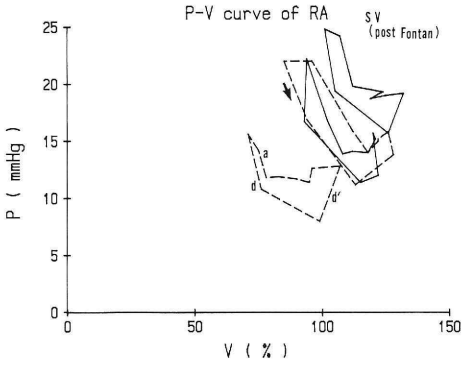


図　4

ンスの低下を示す．8の字形を両者ともに描出した．

4．単心室のFontan型手術後（図4）

4例を対象とした．1例（中央実線）に右側房室弁の閉鎖を行い，他の3例はASD作成と心房のpartitionを行った．すべて8の字形は形成しなかったが，右房の収縮に一致して左上方への広がりを示した．しかしその広がりも右側房弁閉鎖の1例を除くとTAほど急峻ではなかった．図4のaは右房収縮，dは右房弛緩拡張期，d′は体静脈から右房への流入期と考えられ，右房収縮の役割が少ないことが示される．

＜結語＞

症例も少なく方法論にも問題があるが，今後の右房機能解析のためには右房の圧—容積曲線は興味深い知見を与えるものと思われる．

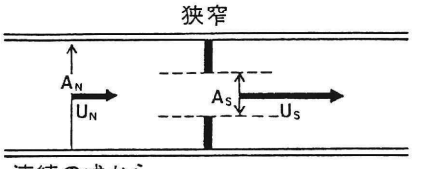
11．流速の情報に基く最もreasonableな狭窄の評価法—狭窄部断面積比の推定—

（北里大学医学部胸部外科）

半谷　静雄，石原　昭

最近，超音波ドプラ法による心大血管内のvelocimetryの普及はめざましい．従って，もし流速の情報のみで心大血管の狭窄の程度がわかれば，非侵襲的に狭窄が評価でき，その臨床的意義は大きい．そこで，最近簡易ベルヌーイ式（$\Delta P=4U^2$）を用いて，流速の情報から圧較差の推定が広く行われている．しかし，この式は全ての心血管の狭窄には応用出来ない[1]．

一方，心大血管の狭窄は管腔内断面積の狭小化として促えられる．従って，狭窄部と健常部との断面積比（以下，狭窄部断面積比％Rと略す）が流速の情報だけでわかれば，より正確に非侵襲的な狭窄の評価が可能となる．そこで，我々は“管腔内の連続の式”から流速の変化がそのまま管腔内の断面積変化を反映することに着目し，velocimetryから狭窄部断面積比％Rを求め，狭窄の指標としての有用性と問題点につき検討を行った．

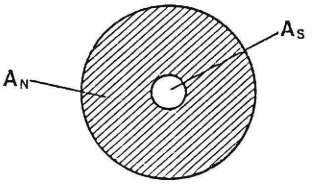


連続の式から

$$A_N U_N = A_S U_S$$

A_N：狭窄部より上流側の管腔内断面積
U_N：〃　〃　の血流速度
A_S：狭窄部位の管腔内断面積
U_S：〃　の血流速度

狭窄部断面積比（％R）



$$\%R=(A_N-A_S)/A_N=1-U_N/U_S$$

図　1

一般に心大血管でみられる狭窄はその形態から，◎オリフィス型狭窄と◎砂時計型狭窄に大別できる．そこで，教室で経験した36症例を，その心血管造影所見からオリフィス型と砂時計の2群に分けて研究対象とした．

⊙狭窄部断面積比（％R）の測定原理：図1に示す管腔内の正常部と狭窄部の断面積をそれぞれA_N, A_S, そこを通過する流体の流速をU_N, U_Sとすれば，管腔内連続の式から$A_N \cdot U_N = A_S \cdot U_S$の関係が成立する．従って％Rは図1下段の式より，正常部と狭窄部の流速の値のみで算出可能である．

そこで，先の36症例を対象にMillar社製のmultisensor catheter（VPCシリーズ）を用いて，狭窄部前後の流速U_N, U_Sを実測し，この式から％Rを算出した．又，同時に狭窄部前後のピーク圧較差（ΔP）の実測も合せて行った．

Presented by Medical*Online

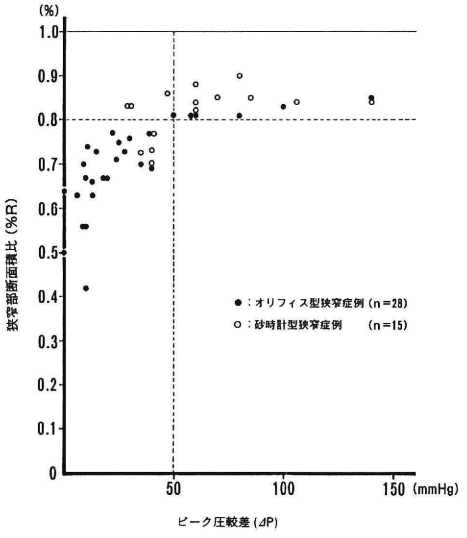


図2　ピーク圧較差と狭窄部断面積比との関係

＜測定結果＞

図2に流速から求めた%Rと狭窄部前後ピーク圧較差（⊿P）との関係を示した．横軸がピーク圧較差，縦軸が狭窄部断面積比（%R）を示し，y（%R）=1.0の実線は狭窄部断面積比が1.0，即ち完全閉塞の状態を示している．グラフから明らかなように，closed circleで示すオリフィス型狭窄例では%Rと⊿P間にy=1.0に近接する指数関数に類似の関係がみられ，%Rが0.8前後を越えると⊿Pは急増する傾向がみられた．一方，open circleで示す砂時計型狭窄例でも，やはり両者間に指数関数類似の関係がみられたが，オリフィス群に比べ，ややばらつきが多く，またオリフィス群よりも同じ⊿Pに対して%Rはやや高値を示す傾向がみられた．

＜考案＞

管腔内の狭窄度を少しづつ増してゆくと，急に流量の減少もしくは圧較差の増大を示す時の狭窄の度合は，流体力学では“臨界狭窄”としてよく知られている．そして，心大血管系で治療の対象となる狭窄の程度は，まさに，この臨界狭窄と考えられ，心大血管の臨界狭窄は諸家の実験結果から0.7～0.9程度とされている．先に得られた測定結果，即ち%Rが0.8前後を越えると⊿Pの急増をみた事実は，これらの実験結果と極めて良く一致しており，%R 0.8以上の症例を治療対象例として，大きな誤まりはないものと思われる．しかし，砂時計型狭窄症例ではオリフィス型と同じ%Rを示しても，流れの剝離による圧力損失（⊿P）はオリフィス型よりも少く，狭窄効果はより軽度と考えられ，これが同じ⊿Pを示しながら，砂時計型の%Rがより高値を示した原因と考えられる．

＜結語＞

① Velocimetryで得られる狭窄郎断面積比（%R）に基く心大血管の狭窄の評価を試み，%Rと狭窄部ピーク圧較差（⊿P）間に，y（%R）=1.0に近ずく指数関数の関係を認めた．

② %Rが0.8前後でピーク圧較差は急増する傾向にあり，%R≧0.8前後が治療の対象となる狭窄の程度と判断されたが，同じ⊿P値に対して砂時計型狭窄群の%Rはオリフィス群よりも高値を示す傾向がみられた．

③ 本法の応用により，狭窄の形態に左右されることなく，超音波ドプラ法を用いた非侵襲的な狭窄の正確な評価が充分に可能と思われる．

超音波連続ドプラ法による狭窄部位の血流量の推定

（国立循環器病センター小児科）
佐藤　勇，土屋　恵司，新垣　義夫
山田　修，神谷　哲郎
（大阪大学医学部小児科）中島　徹

［目的］小児期の先天性心疾患には，大血管の狭窄を伴うものがあり，このような症例でその狭窄部位の血流量を計測することは，臨床的に有用である．近年，超音波ドプラ法を用いた心拍出量の算出の報告が見られているが，狭窄部位での血流量に対する非観血的定量法に関する検討はまだない．われわれは，その可能性について，実験的に連続波ドプラ法（CW）を用いて血流量を算出し，電磁流量計による計測値と比較検討した．

［方法］流入弁流出弁を有するaxial typeの拍動流ポンプを用いて，秒80拍の拍動流を形成し，狭窄モデルを取る通る開放回路を設定した．狭窄モデルは，断面積比狭窄度91%，84%，75%の3種類のオリフィス型狭窄モデル，同様の断面積比狭窄度で狭窄後に長さ10mmのロート状の広がりを加えて狭窄後の形態を変化させた3種類の狭窄モデル，及び75%狭窄に長さ20mmのロート状の広がりを加えた狭窄モデルの，計7種類について検討した．グリセリン加生理食塩水で高ズリ速度3.11mPa•sと1.21mPa•sの2種類の液体を作成し，超音波反射体としてセファデクスG-50を混入した．流量は狭窄モデルの直前に設置した電磁流量計

Presented by Medical*Online

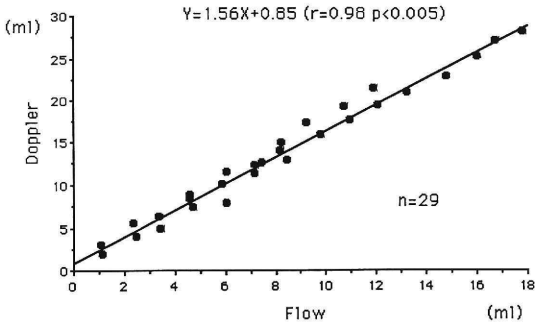


Fig. 1 Corelation of Flow Uolume by Electromagnetic Flowmetry and by Doppler method Orifice like stenosis models

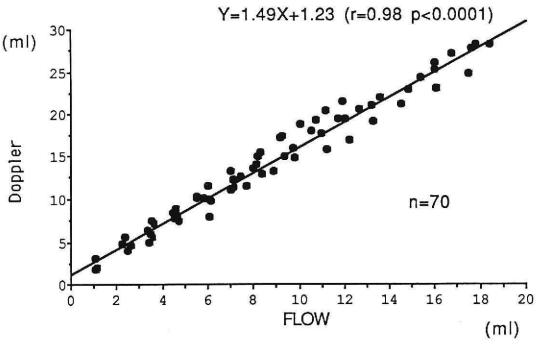


Fig. 2 Corelation of Flow Uolume by Electromagnetic Flowmetry and by Doppler Method Pooled Data

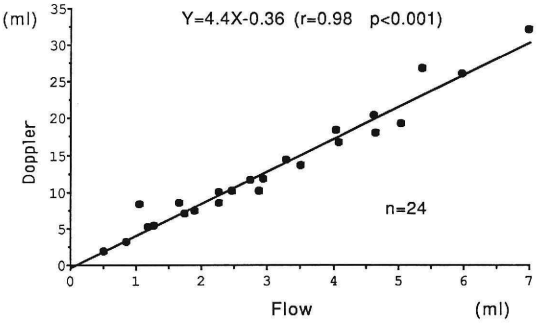


Fig. 3 Corelation of Flow Uolume by Electromagnetic Flowmetry and by Doppler Low Viscosity Material

を用いて測定した．超音波ドプラ装置は，Aloka 社製SSD-730で2MHz の探触子を用い，ビーム方向が流れと平行になるように固定した．流量を0.1L/min から1.8L/min まで変化させ，それぞれの狭窄について6回ないし12回の測定を行なった．Contron 社製 Cardio 200を用いてドプラ波形の面積を計測し，5拍動の平均をとり，1拍動の時間で除した．得られた値と狭窄部の断面積とをかけて，CW で求めた1回拍出量とした．CW で算出された1回拍出量（Y）と電磁流量計で諸測された値（X）とを，比較検討した．

［結果］高ズリ速度3.11mP•s の流体については以下のごとくであった．

狭窄形態	回帰式
91%オリフィス型狭窄	Y＝1.50X r＝0.98
84%オリフィス型狭窄	Y＝1.71X＋0.95 r＝0.99
75%オリフィス型狭窄	Y＝1.48X＋1.49 r＝0.99
10mm ロート状91%狭窄	Y＝1.67X＋0.03 r＝0.99
10mm ロート状84%狭窄	Y＝1.81X＋0.27 r＝0.99
10mm ロート状75%狭窄	Y＝1.50X＋1.51 r＝0.99
20mm ロート状75%狭窄	Y＝1.40X＋0.68 r＝0.99

オリフィス型狭窄全体では，Y＝1.56＋0.85 （r＝0.98, p＜0.001）の直線回帰が認められた（Fig. 1）．狭窄後の形態の変化させた4種類の狭窄モデル全体では，Y＝1.44X＋1.47（r＝0.98, p＜0.0001）であった．7種類の狭窄すべてについて検討すると，Y＝1.49X＋1.23（r＝0.98, p＜0.0001）の直線回帰が得られた（Fig. 2）．同様の実験を，粘性の低い液体(高ズリ速度1.21mP•s)を用いてオリフィス型狭窄で検討したところ，狭窄の程度に関係なく，Y＝4.4X－0.36（r＝0.98, p＜0.0001）であった（Fig. 3）．

［考案］CW による最大流速波形の計測で得られた流量と電磁流量計で測定された流量は，狭窄の程度，狭窄後の形態と関係がないと考えられた．もちいた流体は，高ズリ速度3.11mPa•s と実際の血液粘度よりやや低値であった．また，より粘性の低い流体では，得られた直線回帰の係数は大きくなった．このため，実際の血液では，この係数はより1に近くなると推測された．このことより，ドプラ法による血流量算出において強く影響する因子は，流体の粘性であると考えられた．

［総括］狭窄モデルを用いた実験で，連続波ドプラ法によって算出された流量は，電磁流量計によって計

Presented by Medical*Online

測された流量とよい相関を示し，今後臨床的な応用が可能と考えられた．

---

13. 酸素消費量の回復速度と運動強度の関係の生理学的意義—$\dot{V}O_2$応答曲線の提案—

（福岡市立こども病院循環器内科）
砂川　博史，溝口　康弘，福田　省史
吉井　　薫，本田　　憙

【シミュレーションの理論】

生体系をホメオスタシスの場と考えると，エネルギー産生調節系に一次遅れのフィードバックモデルを当てはめることができる．この時，外乱（エネルギー消費）によるオフセット（dE）とエネルギー産生速度（$\dot{V}O_2$）との関係（$\dot{V}O_2$応答曲線）は，この系の動作特性（負荷に対する$\dot{V}O_2$の増加の様子）を示し，この系に各種のステップ信号を印加することで調べる事ができる．今回の研究はヒトにおいて種々の強度のステップ負荷（Off-step）を加え，$\dot{V}O_2$応答曲線を認べたものである．

【理論的背景】一次遅れフィードバックループではステップ信号印加時の操作量（$\dot{V}O_2$）の過渡特性は指数関数をとり式（＊）で表わされ，その時定数はループゲインKの逆数である．故に，負荷終了後の$\dot{V}O_2$の回復速度からKを求めることができる．

$$y=A\cdot\exp\left[-\frac{t}{Tc}\right]+B\ (*),\quad K=\frac{1}{Tc}$$

y：時々刻々の$\dot{V}O_2$，B：基礎代謝，

Tc：時定数，K：Loop gain

【対象と方法】10歳～35歳の男女で，健常者及び先天生心臓病術後等である．

かく被験者はブルース法に従い，ステージ2～6の四段階強度の負荷を行なった．

アニマR1500Sを用い$\dot{V}O_2$を30秒毎に連続測定し，各強度毎に負荷終了時と終了後30秒の$\dot{V}O_2$を用い，式（＊）に合致するものとして時定数を計算し，その逆数をループゲイン達数Kとした．

【結果】図1は代表的な6例の各ステージでのKの値と$\dot{V}O_2$の関係を図示したもので，どの例も中程度の負荷でKは高く，負荷がそれより強くなるとKの値は

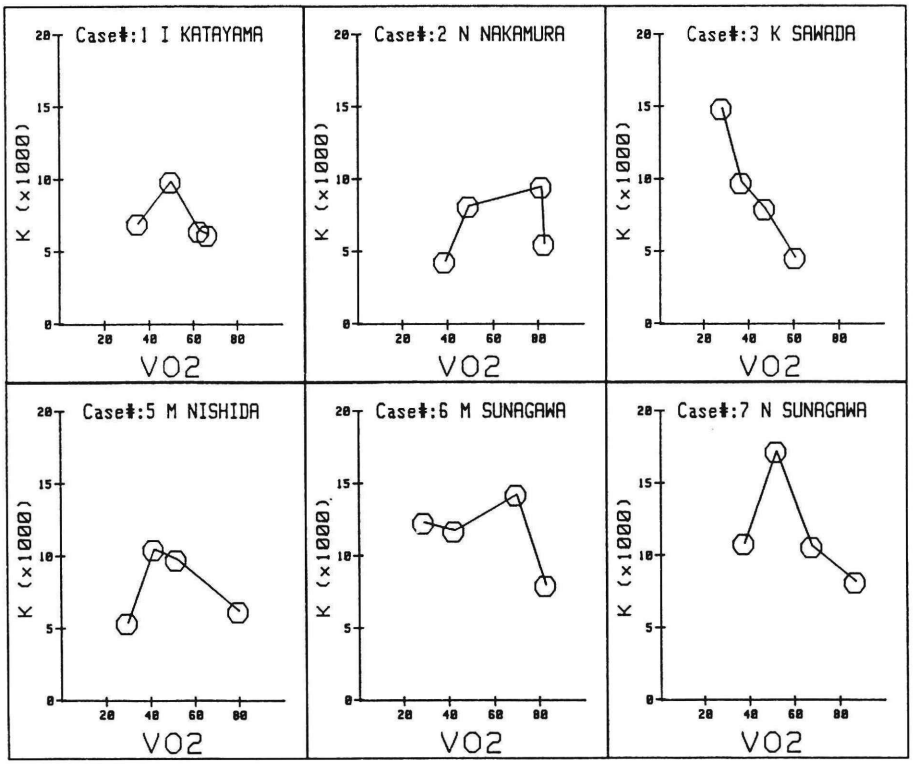


図　1

Presented by Medical*Online

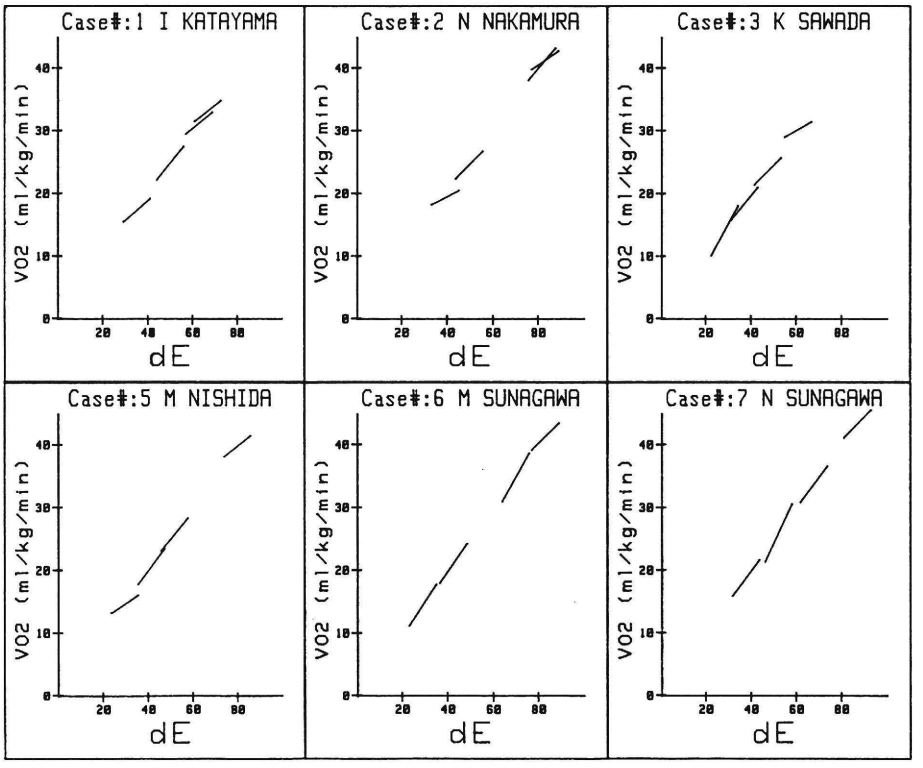
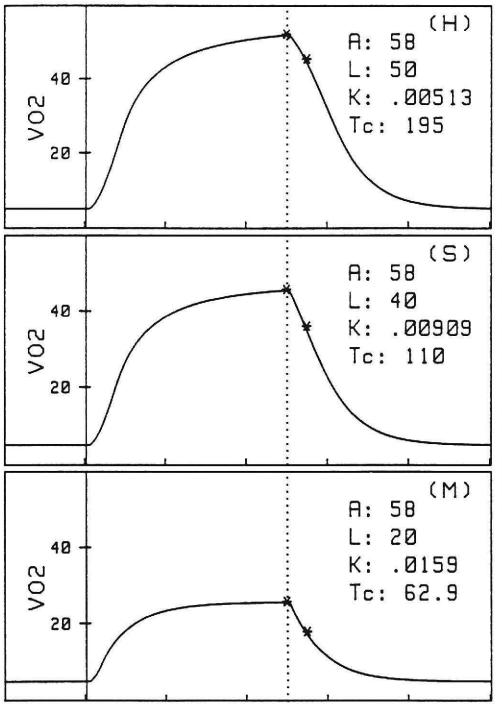


図 2



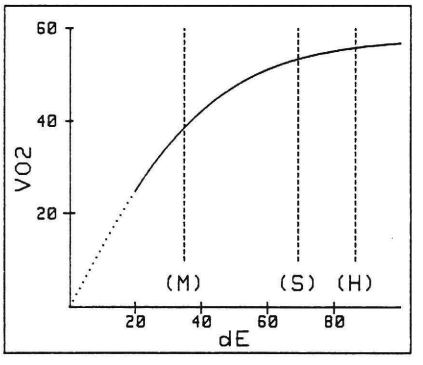


図 3

Presented by Medical*Online

低下した．また一部の例で弱い負荷でもKの値は低かった．即ち$\dot{V}O_2$とループゲインKの間には，まん中が高く，両側で低い形の関係があると推測される．

従って，このKを用い理論的に計算で求められたdE-$\dot{V}O_2$関係（$\dot{V}O_2$応答曲線）は，図2に示した様に，dEが小さいところで緩い勾配を持ち，中程でやや急になり，dEが大きく成るに連れて再び徐々に傾きが弱まるという，いわゆる，Sigmoid curveの関係を呈した．

【考案】この関係曲線はその個人の，運動負荷に対する$\dot{V}O_2$の反応の全てを示している．即ち，図3右に示す$\dot{V}O_2$応答曲線で見ると，M点迄は$\dot{V}O_2$の回復はほぼ完全に指数関数であるが，S点迄の負荷では，その回復には，やや遅れが出現し，H点にも及ぶ負荷ではその傾向は一層著しくなる．即ち，相対的に負荷が強く成る程，$\dot{V}O_2$の回復パターンは理想的な指数関数から，より大きく遅れる事になる．

従って，或定常負荷を行ない，それを突然停止し，その後の$\dot{V}O_2$の低下の様子が，奇麗な指数関数をとれば，中程度の負荷，もし少し低下が遅れ，その後指数関数的に下がるなら高度の負荷と見なすことができる．よって，この現象を利用すれば，臨床では，心疾患を有する被験者や小児を対象にした場合，その運動負荷が，本人の持つ耐容限界の中で，どの程度の負荷になっているかを簡単に見極める事が出来る．

【結論】$\dot{V}O_2$を一次遅れのフィードバックループの操作量と見なし，$\dot{V}O_2$応答曲線を回復期の$\dot{V}O_2$から求めた．$\dot{V}O_2$応答曲線はSigmoid曲線を描いた．この関係を考慮し回復期の$\dot{V}O_2$の低下のパターンを見る事により，その個人の持つ$\dot{V}O_2$キャパシティ内での負荷の程度を推定出来ることを述べた．

---

14. 蹲踞姿勢の循環動態

（国立療養所岩木病院）五十嵐勝朗
（弘前大学第一生理）尾崎　俊行

〔はじめに〕

低酸素発作の治療に蹲踞（squatting）がある．その蹲踞による循環動態のメカニズムについて色々討論されてきたが必ずしも統一されていない．非観血的方法でその解明を試みたので報告する．

〔対象〕

9～16歳の循環器系に異常のない男女児12名を対象とした．

〔方法〕

被検者に検査内容を十分に話して協力を得たうえで5分間立位状態，その後蹲踞姿勢をとり，そのまま5分間持続した．蹲踞の状態で呼吸は普通の状態で極力息こらえがないように注意した．この状態を脈波・コロトコク音記録計で血圧，心拍出量，心拍数などを計測し，得られた成績を平均値で検討した．

〔成績〕

1）systolic pressure（SP）mmHg

立位101，蹲踞直後103，5分後111とほとんど変化ない．

2）diastolic pressure（DP）mmHg

立位60，蹲踞直後51，5分後61と蹲踞直後がやや低下した．

3）mean pressure（MP）mmHg

立位74，蹲踞69，5分後78とほぼ水平的に推移した．

4）heart rate（HR）

立位94，蹲踞直後74，5分後72と蹲踞直後から有意に減少した．

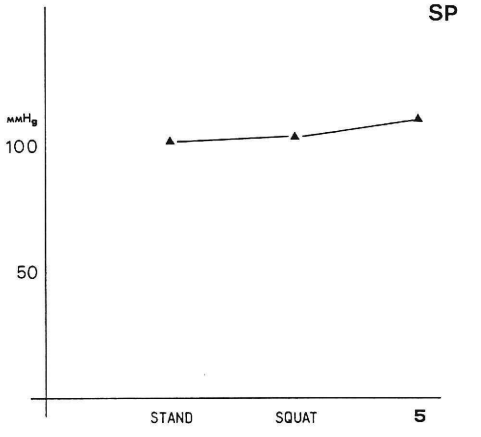


Fig. 1　systolic pressure

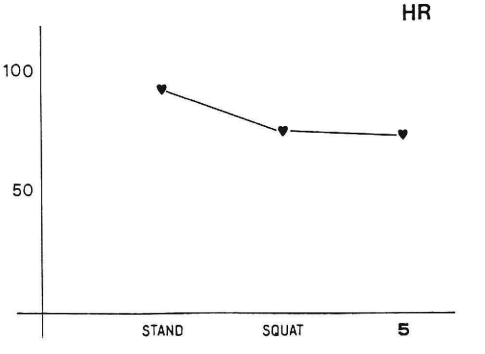


Fig. 2　heart rate

Presented by Medical*Online

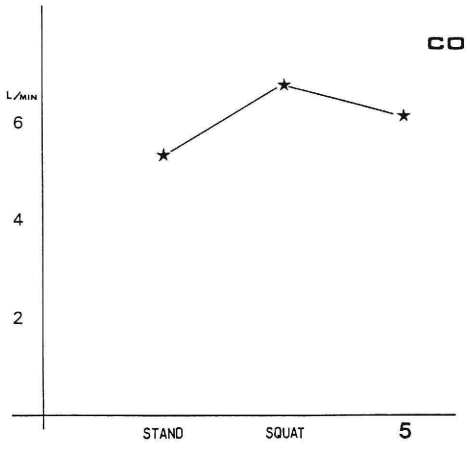


Fig. 3　cardiac output

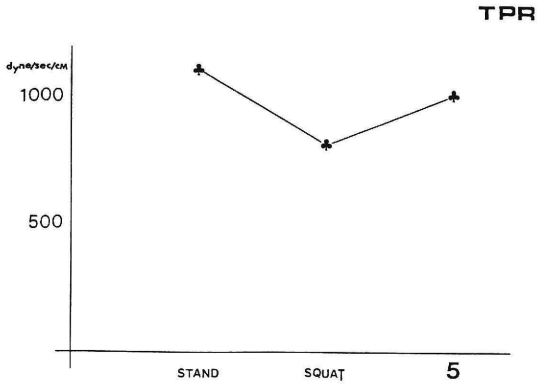


Fig. 4　total peripheral resistance

5) stroke volume (SV) ml

立位57, 蹲踞直後93, 5分後87と蹲踞で有意に上昇した.

6) cardiac output (CO) *l*/min

立位5.41, 蹲踞直後が6.86, 5分後6.16と蹲踞で増加した.

7) cardiac index (CI)

立位3.84, 蹲踞直後4.86, 5分後が4.00とCOと同様の傾向であった.

8) total pericpheral resistance (TPR) dyne/sec/cm^{-5}

立位が1,114, 蹲踞直後828, 5分後が1,047で蹲踞直後が有意に低下した.

〔考察〕

Rudolphは蹲踞の影響を筋肉と血管の2つの圧迫と分けて説明している. すなわち蹲踞により下肢の筋肉の圧迫により静脈還流 (venous return) が増加し右室の容量と圧が上昇, また下肢の血管の圧迫によりsystemic vascular resistanceが上昇してその結果systemic pressureの上昇をもたらすとしている. 私共の成績ではSP, DP, MPはほとんど変化なく, HRは蹲踞により減少したがCOは増加し, またTRPが減少した. このことから蹲踞により下肢が圧迫されvenous returnが増加しStarlingの法則でSVが増加, COも増加した. TPRはMPをCOで除して求められる. MPが蹲踞でほとんど変化ないためにTPRが上昇しないことが推察される. この血圧が蹲踞によって上昇しない理由の一つに息ごらえをさせないことも関与しているのかもしれない. 実際に低酸素発作時の治療として蹲踞姿勢をとる時の患者は息ごらえをすることも考えられる. 今後は息ごらえをも加えて検討していく.

〔結論〕

循環器系に異常のない9～16歳の男女児12名を対象に脈波, コロトコフ音記録計を用い立位, 蹲踞直後, 5分後の循環動態の変化を検討した. その結果蹲踞姿勢でSP, DP, MPはほとんど変化ないが, HRは減少, SV, COは増加, TPRは減少した. このことから蹲踞によりvenous returnが増加COが増加しTPRは減少することが推察された.

文　献

1) 五十嵐勝朗他：体位変換による動脈血圧変動に関する臨床的検討. 第63回日本生理学会大会. 1986. 4. 山形.
2) Guntheroth. W., et al.: Venous return with knee-ehest position and squatting in tetralogy of Fallot. Am. Heart J. 75: 313, 1986.
3) Rudolph. A.,: Congenital diseases of the heart. Year Book Chicago 1974.
4) Keith J., et al.: Heart Disease in Infancy and Child hood. Macmillan Pub. N.Y. 1978.

15. 心疾患における心房性利尿ホルモン濃度と血行動態との関係

（徳島大学小児科）
松岡　優, 倉橋　佳英
富松　宏文, 宮尾　益英

心房性Na利尿ペプタイドは哺乳類の心房で合成, 分泌され, 強力なNa利尿作用と降圧作用を有することが知られてきた. しかし, 先天性心疾患児 (CHD) におけるヒト心房性Na利尿ペプタイド (hANP) の分

Presented by Medical*Online

泌動態については，未だ十分な研究がなされていない．そこで，今回CHDを右房ないし左房の圧負荷および容量負荷としてとらえて検討したので報告する．

〔対象と方法〕

対象は2カ月から15歳までのCHD 56名である．なお，CHDの病態と血漿hANP濃度の関係を検討する目的で，心・胸郭比（CTR）そして心臓カテーテル検査所見より肺・体血流量比，平均右房圧および平均肺動脈wedge圧を測定した．

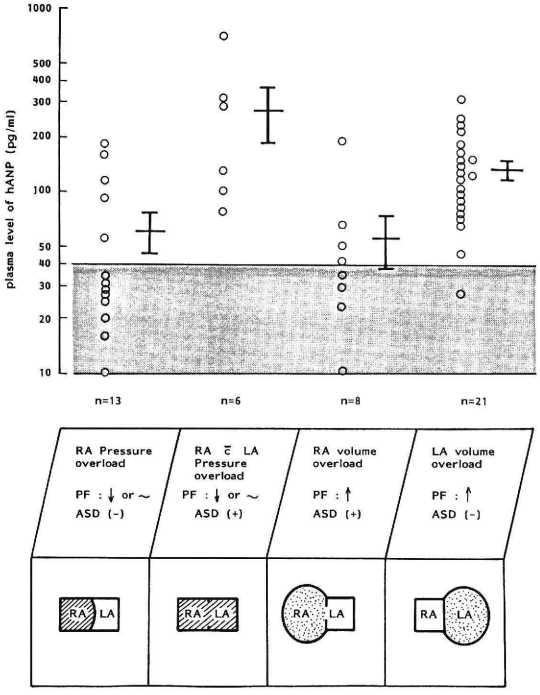


図1　I群　II群　III群　IV群
hANP concentration in congenital heat disease

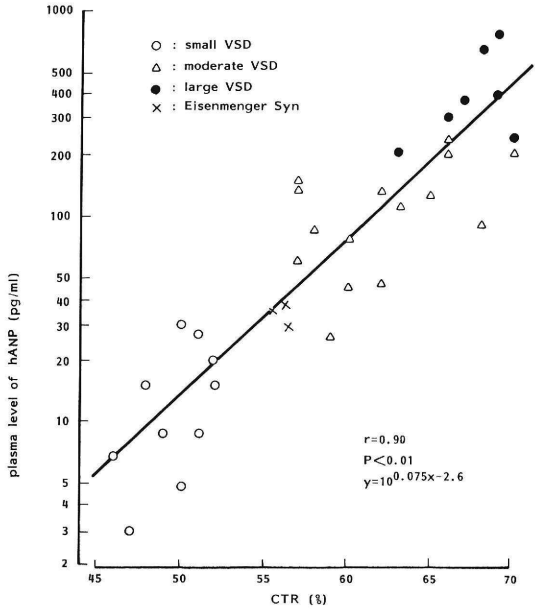


図2　Rlationship between CTR and hANP concentration

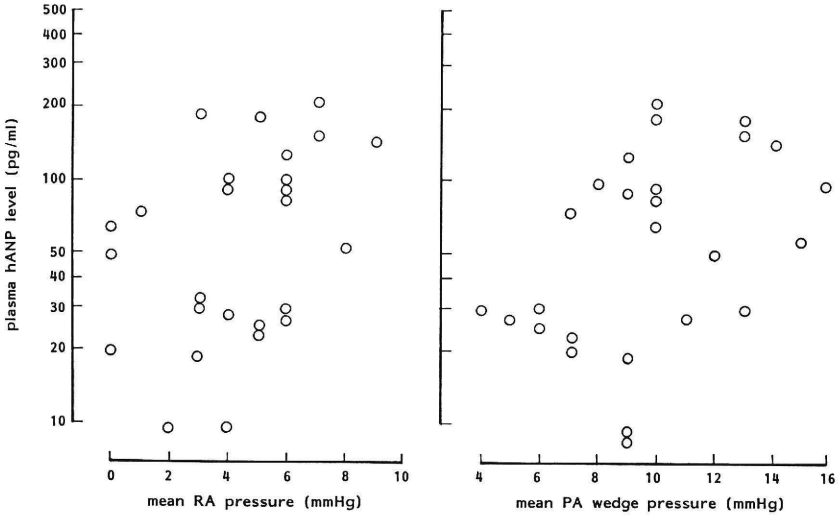


図3　Relationship between hANP concentration and mean RA, or mean PA wedge pressure in CHD patients

Presented by Medical*Online

〔結　果〕

1. CHD患児を心房の圧および容量負荷によって4群に分けた．I群：右房圧負荷群，心房中隔欠損症(ASD)がなく，肺血流量の増加していない群，II群：両方圧負荷群，ASDがあるが肺血流量の増加していない群，III群：右房容量負荷群，ASDがあり肺血流量の増加している群，IV群：左房容量負荷群，ASDがなく肺血流量の増加している群．健康小児の血漿hANP濃度が40pg/ml以下であるのに対して（斜線の部分）心房負荷のある群は平均値が高値を示した(図1)．なかでも左房の圧および容量負荷を持つ群（II，IV群）は右房の圧および容量負荷群（I，III群）よりも有意に高値を示した．ただし，このCHDのなかには心不全状態にある症例を除いた．

2. 心室中隔欠損症患児(VSD)における血漿hANP濃度とCTRとの関係を図2に示した．全ての病態下で血漿hANP濃度はCTRと良い相関があった（r＝0.90）．

また左—右短絡量の多い例ほど血漿hANP濃度が高い事を示している．さらに注目すべきは同じ肺高血圧症のあるEisenmenger化したVSDがlarge VSDの症例よりも著明に血漿hANP濃度が低いことである．この事実はlarge VSDにおける高い血漿hANP濃度が圧負荷よりもむしろ容量負荷によることを示している．

3. CHD患児における右房圧および平均肺動脈wedge圧と血漿hANP濃度との関係

心不全のない患者における平均右房圧および平均肺動脈wedge圧は図3に示すごとく有意な相関がなかった．

〔結語〕

心不全のないCHDにおいて，左右心房の負荷でも容量負荷でもhANPは心房より分泌されると思われる．しかし，右房圧負荷よりも両房圧負荷そして右房容量負荷より左房容量負荷の方がhANPの分泌が多いと思われた．またVSDにおけるhANPの分泌は左—右短絡量と比例すると思われる．

新しい強心薬Milrinoneの未熟心筋における陽性変力効果

（東京女子医科大学心研小児科）
小川　俊一，中西　敏雄，高尾　篤良

最初になり新しい強心薬が開発され，ジギタリスやカテコラミンとともに心不全患者の治療に用いられようとしている．Milrinoneはその中でも最も新しいものでAmrinoneとともにBipyridine誘導体の一つである．そこで，本研究ではmilrinoneの変力効果を家兎新生仔と胎仔の摘出心を用いて調べた．

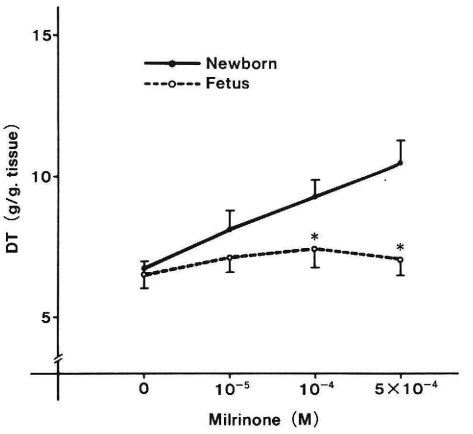


図　1

＜方法＞生後3～5日の新生仔家兎および帝王切開にて取り出した胎生28日の胎仔（満期は31日）の摘出心に房室ブロックを作製し，心筋温を37℃に保ち，90回/minの電気的刺激下で心機能を測定した．コントロール潅流液はKrebs-Henseleit溶液を用い，95%O_2，5%CO_2で十分にガス化しpHを7.4とした．コントロールの心機能を記録した後，潅流液をmilrinoneを含む液に変え，各濃度での心機能を測定した．次により純粋なphosphodiesterase阻害剤であるIBMX（Isobutyl Methylxanthine）を用い同様に各濃度での心機能を測定し，Milrinone，IBMX潅流後の心筋内Cyclic AMP濃度も測定した．また，カルシウムやdibutyryl cyclic AMPの陽性変力効果も併せて測定した．

＜結果および考按＞Milrinoneによる心機能指標の変化をみると，新生仔心ではDT（Developed tension）は10^{-5}Mより上昇し，5×10^{-4}Mにて最大を示しコントロール値の155%であった（$p<0.05$）（図1）．一方胎仔心ではコントロールに比し有意な上昇は認められなかった．次にdT/dt（DTの一次微分）についてみると新生仔心では10^{-5}Mより有意に上昇し，5×10^{-4}Mで最大を示し，コントロール値の190%であった（$p<0.05$）．一方胎仔心でも軽度な上昇が認められたがコントロールの126%に上昇するにとどまった．以上の結果はmilrinoneは少なくとも陰性変力効果はなく新生

Presented by Medical*Online

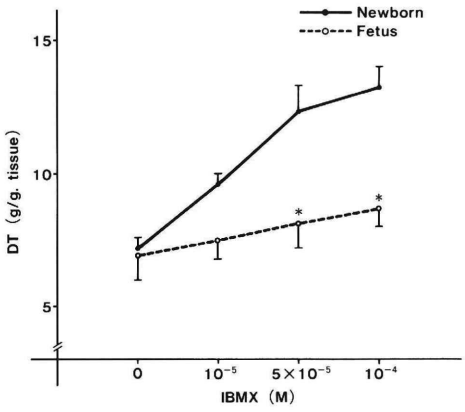


図　2

仔，胎仔ともに陽性変力効果のみ認められることを示す．次に弛緩過程に及ぼす影響を調べた．Half relaxation time は新生仔心ではコントロールの88.5%へ，胎仔心でも89%へと両群同様に短縮した．このことはMilrinone の phosphodiesterase や cyclic AMP への影響は両年齢群で同様であることを予想させる．次に，より純粋な phosphodiesterase 阻害剤である IBMX を用いてその変力効果をみると，DT は新生仔心，胎仔心ともに上昇したが，新生仔心でコントロールの188%に上昇したのに比し，胎仔心では130%上昇にすぎず，胎仔での効果は有意に小さかった（$p<0.05$）（図2）．dT/dt についてみても，ほぼ DT と同様で，2群とも 10^{-4}M で最大値を示し，コントロールの245%および150%であった．Half relaxation time は新生仔心ではコントロールの85%へ，胎仔心でも84%へと両群同様に短縮した．以上のように Milrinone 以外の phosphodiesterase 阻害剤でもその陽性変力効果は胎仔で少なかった．次に，IBMX と Milinone の心筋内 Cyclic AMP 濃度への影響をみてみると，IBMX，Milrinone ともに，新生仔心と胎仔心で心筋内 cyclic AMP 濃度を上昇させた．その上昇の度合いは胎仔心と新生仔心で同じかむしろ胎仔心の方が大きかった．このことは，IBMX や Milninone は胎仔の心臓でも新生仔と同様

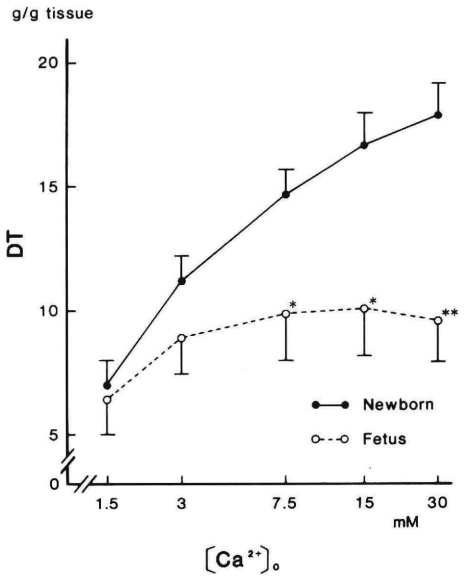


図　3

に phosphodiesterase を阻害し，Cyclic AMP を上昇させていることを示す．これらの結果は Cyclic AMP やそれに続くカルシウムの陽性変力効果が一時的に胎仔で少ない可能性を示唆する．そこで，dibutyril c-AMP を潅流液に入れその陽性変力効果をみたが，胎仔心においてその効果は有意に少なかった．c-AMP は最終的には細胞の Ca 濃度を上げる結果陽性変力効果をもたらす．そこで最終 mediaton である Ca の陽性変力効果を調べてみると，胎仔心では新生仔心に比し Ca^{2+} による DT の増加が有意に低かった（図3）．これらのことより Milrinone における新生仔心と胎仔心の陽性変力効果の差は Ca^{2+} の効果の差に起因している可能性が高い．

＜結語＞

1．Milrinone の陽性変力効果は未熟胎仔心筋で少ない．

2．それは Ca 自体の陽性変力効果が胎仔心で少ないことによる．

Presented by Medical*Online