

一側肺動脈遮断試験による左右肺血管抵抗の評価 isomerism 心における肺静脈狭窄との関連について

(平成13年2月21日受付)

(平成13年12月3日受理)

大阪府立母子保健総合医療センター心臓血管外科

小野 正道 岸本 英文 川田 博昭 三浦 拓也
船津 俊宏 盤井 成光 森 透

同 小児循環器科

中島 徹 萱谷 太 高田 慶応 稲村 昇 北 知子

key words : 一側肺動脈遮断試験, 肺血管抵抗, isomerism 心, ヘリカルCT

要 旨

isomerism 心7例(left isomerism 4例, right isomerism 3例)に対する左右肺血管抵抗の評価に一側肺動脈遮断試験(PACT)を施行し,ヘリカルCTにおける肺静脈の径と比較検討した.ヘリカルCTで測定したPVDI(肺静脈下葉枝入口部径/体表面積)は右で14.4~28.1 mm/m²,左で10.0~22.0 mm/m²であった.7例中5例の左肺は12 mm/m²未満の低値であり,左側の肺血流量の低下が疑われ,PACTを行ったところ3例で右肺動脈遮断後の左肺動脈平均圧が10 mmHg以上上昇し,肺動脈心房間圧較差が20 mmHg以上となり左側の高肺血管抵抗と診断した.この3例の左肺はヘリカルCTにおいていずれも脊椎又は下行大動脈と心房による左肺静脈下葉枝の圧排所見を認めた.他の4例の左肺,および全例の右肺では遮断後の肺動脈平均圧の上昇は10 mmHg以下であり,肺動脈心房間圧較差は15 mmHg以下であった.isomerism 心においては左右の肺血管抵抗が大きく異なる症例が存在し,PACTがその評価に有用であった.

はじめに

Fontan手術をめざす症例では手術適応の決定に肺血管抵抗の評価が極めて重要である^{1)~3)}.われわれは,Fontan手術が最終手術と考えられるisomerism心において,ヘリカルCTを用いた形態学的検討を行ない,左右肺静脈が心房の側に偏位して還流する症例では,脊椎を横断する肺静脈が後方から脊椎または下行大動脈により圧排されて一側の肺静脈狭窄をきたし肺血管抵抗に左右差を生じやすいことを報告してきた^{4,5)}.今回ヘリカルCTにより左右の肺静脈径の計測を行った症例に対し,術中に一側肺動脈遮断試験(Pul-

monary Artery Clamping Test; PACT)を行い,血流負荷時の肺動脈心房間圧較差の測定から左右肺血管抵抗の評価を行った.

対 象

1993年以降に当科で手術を施行したisomerism心21例中,ヘリカルCTおよび術中一側肺動脈遮断試験(一側の肺動脈を遮断し全肺血流を反対側の肺動脈に流す試験)を施行した7例を対象とした.一側肺動脈遮断試験施行時月齢は4~91(平均32.4)カ月で,施行した手術はFontan手術1例,bidirectional Glenn(BDG)手術5例,肺動脈絞扼術1例であった.対象の心奇形は全例単心房で,症例4を除く6例が単心室,共通房室弁であった.5例に肺動脈狭窄を認め,上大静脈は,右側1例,左側3例,両側3例であった.気管

別刷請求先:(〒594 1101)大阪府和泉市室堂町840
大阪府立母子保健総合医療センター心臓
血管外科 岸本 英文

支形態と肺動脈形態が右相同を示すものを right isomerism(4例), 左相同を示すものを left isomerism(3例)とした(表1).

先行手術としては, BT shunt が2例に, 大動脈縮窄解除術と肺動脈絞扼術, 永久ペースメーカー植え込み術が各1例に行われていた. 術前心臓カテーテル検査における心係数(CI)は3.5~6.2(平均4.3) l/min・m², 肺体血流比(Qp/Qs)は0.4~3.0(平均1.4) 左右肺動脈径は右が正常の81%~158%, 左が78%~202%であった. 肺静脈は, 症例1~6では心房に還流しており, 症例1は左右肺静脈が心房中央に還流する中心型⁵⁾, 症例2~6は左右肺静脈が心房右側に還流する右偏位型⁵⁾であった. 症例7は右肺静脈が右側心房, 左肺静脈が門脈に還流していた(表2).

左右肺静脈径の計測は稲村らの報告⁵⁾に従い, ヘリカ

ルCTにより行った. 肺血流量の指標として右または左肺静脈下葉枝入口部径を体表面積で除した値を右または左のPVDI(Pulmonary Vein Diameter index)として求めた.

$rt(lt)PVDI = \text{右(左)肺静脈下葉枝入口部径(mm)} / \text{体表面積(m}^2\text{)}$

rtPVDIは3.5~11.0 mm, rtPVDIは14.4~28.1 mm/m², ltPVDIは2.3~9.6 mm, ltPVDIは10.0~22.0 mm/m²であった(表3). ヘリカルCTより, 症例3~7の5例の左側ではいずれも左肺静脈が脊椎を横断するところで圧排所見を認め, 形態的に左肺静脈狭窄を認めた. この5例ではPVDIに左右差を認め, ltPVDIが12 mm/m²未満と低値であり, 左肺の血流低下すなわち左肺の高肺血管抵抗を疑った.

表1 PACT 施行7例の内訳

| 症例 | 月齢 | PACT 時手術 | 診断 | 気管支, 肺動脈形態 |
|----|----|----------|----------------------------------|------------|
| 1 | 33 | BDG | SA, SV, CAVV, PS, lt SVC | 右 |
| 2 | 21 | BDG | SA, SV, CAVV, PS | 右 |
| 3 | 44 | Fontan | SA, SV, CAVV, PS, lt SVC | 右 |
| 4 | 17 | bil. BDG | SA, hypo RV, TGA, bil SVC | 左 |
| 5 | 17 | BDG, PAB | SA, SV, CAVV, TGA, PS, lt SVC | 左 |
| 6 | 4 | re PAB | SA, SV, CAVV, DORV, CoA, bil SVC | 左 |
| 7 | 91 | bil. BDG | SA, CAVV, TGA, PS, bil SVC | 右 |

BDG: bidirectional Glenn, PAB: pulmonary artery banding, SA: single atrium
SV: single ventricle, CAVV: common atrioventricular valve
PS: pulmonary valve stenosis, rt: right, lt: left, bil: bilateral, SVC: superior vena cava
hypo RV: hypoplastic right ventricle, TGA: transposition of the great arteries
DORV: double outlet right ventricle, CoA: coarctation of the aorta
症例4, 6は肺動脈狭窄, 閉鎖病変を認めず

表2 心臓カテーテル検査と肺静脈形態

| 症例 | 先行手術 | CI | Qp/Qs | Rp | rt PA(% of N) | lt PA(% of N) | 肺静脈還流部位 |
|----|-----------------|-----|-------|-----|---------------|---------------|--------------|
| 1 | rt BT | 3.5 | 0.9 | 1.0 | 9.1(87%) | 10.9(124) | 心房の中心 |
| 2 | | 4.0 | 4.0 | 0.6 | 15.8(158%) | 17(202) | 右側心房 |
| 3 | | 3.7 | 1.0 | 1.4 | 10(85%) | 11(111) | 右側心房 |
| 4 | PM imp, lt BT | 6.2 | 0.4 | 2.2 | 8(87%) | 6.1(78) | 右側心房 |
| 5 | | 4.8 | 1.4 | 0.8 | 8.1(81%) | 9.8(117) | 右側心房 |
| 6 | CoA repair, PAB | 3.8 | 2.1 | 1.1 | 5.4(96%) | 6.5(135) | 右側心房 |
| 7 | | 4.7 | 1.2 | 1.8 | 12(83%) | 19.2(159) | 右: 心房, 左: 門脈 |

CI: cardiac index, rt: right, lt: left, PA: size of pulmonary artery(mm)
% of N: percent of normal, BT: Blalock Taussig shunt, PM imp: pace maker implantation
CoA: Coarctation of the Aorta, PAB: pulmonary artery banding

表3 ヘリカルCT による肺静脈径と PVDI

| 症例 | BSA | rt PVD | lt PVD | rt PVDI | lt PVDI |
|----|------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | 0.5 | 8 | 9.6 | 16 | 19.2 |
| 2 | 0.29 | 6.9 | 6.4 | 23.7 | 22 |
| 3 | 0.55 | 8.7 | 6.5 | 15.8 | 11.8 |
| 4 | 0.31 | 8.7 | 3.7 | 28.1 | 11.9 |
| 5 | 0.44 | 6.8 | 4.7 | 14.4 | 10.7 |
| 6 | 0.23 | 3.5 | 2.3 | 15.2 | 10 |
| 7 | 0.79 | 11 | 8.4 | 14.4 | 11.2 |

BSA : body surface area(m²) rt : right, lt : left, PVD : pulmonary vein diameter(mm)
 PVDI : pulmonary vein diameter index(mm/m²)

方 法

GOF による全身麻酔下, 胸骨正中切開を行い, 左右肺動脈を剥離した。まず遮断前の肺動脈圧及び心房圧を測定した後, 一側肺動脈を遮断鉗子で遮断し, 全肺血流を対側の肺動脈に流し, 22 G 針を用いて対側の主肺動脈を穿刺し, 日本光電社製ポリグラフを用いて肺動脈圧および心房圧を測定した。症例4では左側のBT shuntの末梢での遮断が困難であったため, 右側を遮断した左側の測定のみを行い, 残る6例では両側の遮断試験を施行した。一側肺動脈遮断試験の評価には, 遮断前後の肺動脈平均圧の変化, および遮断後の肺動脈心房間圧較差を用いて行った。

結 果

1. 遮断前後の平均肺動脈圧の変化

左肺動脈遮断時の右肺動脈平均圧は10~18(平均13.7)mmHg から14~21(17.8)mmHgへと0~10(4.2)mmHg 変化した(図1a)。右肺動脈遮断時の左肺動脈平均圧は10~19(14.0)mmHg から13~40(24.7)mmHgへと0~23(10.7)mmHg 変化した(図1b)。このうちヘリカルCTで形態的左肺静脈狭窄を認めた症例3~7のうち症例3,4では遮断前後の圧変化は2mmHg, 9mmHgと, 形態的肺静脈狭窄を認めない他の肺の圧変化と差がなかったが, 症例5,6,7ではそれぞれ18mmHg, 19mmHg, 23mmHgと他の肺に比し著しい圧の上昇を認めた。

2. 肺動脈心房間圧較差

左肺動脈遮断時の右肺動脈心房間圧較差は9~15(平均12.2)mmHgであり(図2a), 右肺動脈遮断時の左肺動脈心房間圧較差は5~34(17.9)mmHgであった(図2b)。ヘリカルCTで形態的左肺静脈狭窄を認めた症例3~7のうち症例3,4では圧較差は13mmHg, 15

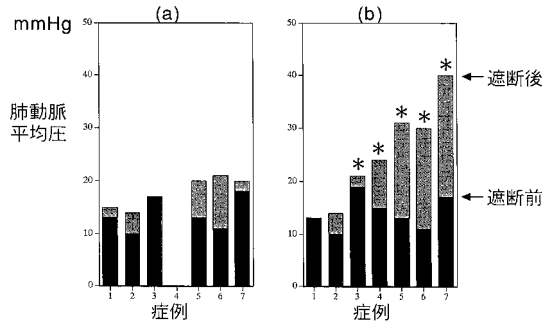


図1 遮断前後の肺動脈圧の変化

左肺動脈遮断時の右肺動脈圧の変化(a)は0~10(平均4.2)mmHgで, 右肺動脈遮断時の左肺動脈圧の変化(b)は0~23(平均10.7)mmHgであった。*はヘリカルCTにて形態的肺静脈狭窄を認めた肺で, この症例3,4,5,6,7での遮断前後の圧変化は2,9,18,19,23mmHgであった。

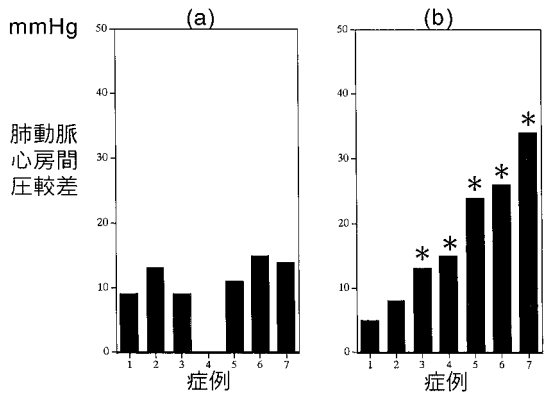


図2 遮断時の肺動脈心房間圧較差

左肺動脈遮断時の右肺動脈心房間圧較差(a)は9~15(平均12.2)mmHgで, 右肺動脈遮断時の左肺動脈心房間圧較差(b)は5~34(平均17.9)mmHgであった。*はヘリカルCTにて形態的肺静脈狭窄を認めた肺でこの症例3,4,5,6,7の圧較差はそれぞれ13,15,24,26,34mmHgであった。

mmHgで肺静脈狭窄を認めない他の肺と同様であったが, 症例5,6,7の圧較差はそれぞれ24mmHg, 26mmHg, 34mmHgと高値であった。

3. PVDI と肺動脈心房間圧較差の関係

横軸にヘリカルCTによるPVDIを, 縦軸にPACTによる肺動脈心房間圧較差をとり両者の関係を求めた

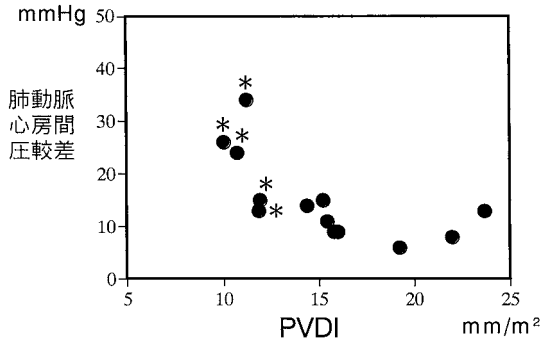


図3 ヘリカルCTのPVDIとPACTの肺動脈心房間圧較差の関係

*に示すヘリカルCTにて形態的肺静脈狭窄を認めた肺ではPVDIは10.0~11.8(平均11.1)mm/m²で、他の肺の14.4~28.1(平均18.8)mm/m²に比し低値で、うち3例では肺動脈心房間圧較差は24, 26, 34 mmHgと他の肺に比し著しく高値であった。

(図3). ヘリカルCTで形態的肺静脈狭窄を認めた5例の左肺ではPVDIが10.0~11.8(平均11.1)mm/m²と他の肺の14.4~28.1(18.8)mm/m²に比し低値で、うち3例ではPACTにおける肺動脈心房間圧較差が24, 26, 34 mmHgと他の肺に比し著しく高値を示した。また、形態的肺静脈狭窄を認めない肺では肺動脈心房間較差は高値を認めなかった。

今回の症例では、PACTにおいて遮断後肺動脈心房間圧差が左右ともに15 mmHg以下であった症例1~4では肺血管抵抗に左右差がないと判断し、Fontan手術またはbidirectional Glenn(BDG)手術を行い経過は良好であった。症例5はPACTにおいて遮断後の肺動脈心房間圧差が右肺で12 mmHg, 左肺で24 mmHgとなったが、同時に正常肺動脈弁輪径の60%の肺動脈絞扼術を追加することによりBDGを行いえた。症例6では遮断後の肺動脈心房間圧差が右肺で15 mmHg, 左肺で26 mmHgで左肺血管抵抗が高値のためBDGは困難と判断し、再度肺動脈絞扼術を行った。症例7では遮断後の肺動脈心房間圧差が右肺で14 mmHg, 左肺で34 mmHgで、左肺静脈還流異常を修復することによりBDGを行い得た。全例、手術死亡はなく、遠隔生存を得ている。

考 察

Isomerism心においては、一側の肺静脈が大動脈又は脊椎を乗り越えるところで狭窄を起こすことがあり、ヘリカルCTによる形態的評価が有用であること

を報告してきた^{4,5)}。このような症例では、肺静脈狭窄側の低肺血流を生じ、一側の高肺血管抵抗が生じる可能性があるが、これについて言及した報告はない。一側の肺静脈狭窄が高度であれば、この肺の血管抵抗が異常高値となることが予想されるが、対側肺の血管抵抗が正常であれば通常の心臓カテーテル検査から導かれる全肺血管抵抗は低値にとどまる。かかる症例では全肺血管抵抗のみでは正確な肺血管抵抗の評価が行われず、右心系バイパス手術を行っても良好な血行動態を得られないことがある。そこで我々は、ヘリカルCTで形態的に一側の肺静脈狭窄を疑った5例を含むisomerism心7例に対し、ヘリカルCTにおけるPVDIと一側肺動脈遮断試験により左右肺血管抵抗の評価を試みた。

ヘリカルCTにおけるPVDIは、川平ら^{6,7)}が提唱しているPV indexの概念を応用して算出した。川平らは、先天性心疾患患児の心血管造影における肺静脈径からPV indexを提唱し、これがPA indexより正確に肺血流量を反映することを報告し、Fontan手術症例においても肺血流量評価の有用な指標となることを示している。今回はより非侵襲的なヘリカルCTにおける肺静脈下葉枝入口部前後径からPVDIを算出し、左右肺血流量の指標としたところ、肺静脈が大動脈又は脊椎に圧排され、形態的に肺静脈狭窄所見を認めた症例3~7の左肺では、肺静脈の心房入口部径も小さく、PVDIは10.0~11.8 mm/m²で、右肺のPVDIの14.4~28.1 mm/m²に対し低値であった。これに対し、肺動脈径は右肺が正常⁸⁾の81~96%, 左肺が正常の78~159%であった。

一側肺動脈遮断試験(PACT)による肺血管抵抗の評価は、澤渡ら⁹⁾により提唱された方法を参考に行った。澤渡らは、一般に低肺血流であるFontan手術候補症例において、血流負荷をかけた状態での肺血管抵抗を測定することにより、術後肺血管抵抗をより正確に予測し得たと報告している。また、正常肺循環系では、肺血管抵抗は血流量により動的に変化し、一側肺動脈遮断により対側肺動脈圧は30~40%(5~7) mmHg上昇し、肺血管抵抗は40~50%減少する¹⁰⁾といわれているが、Fontan手術候補症例では、肺血流負荷によって血管抵抗が正常肺の反応と同じく低下する症例とともに、肺血管抵抗が上昇する症例が存在した事も報告している。しかし、澤渡らは肺血管抵抗に左右差がある症例の原因として肺静脈狭窄の存在については言及していない。我々はPACTによる遮断後の肺動脈心房

間圧差をもって左右肺血管抵抗を評価した結果、症例1,2の両肺および症例3~7の右肺では肺動脈心房間圧差は5~15 mmHgであった。これに対しヘリカルCTで形態的肺静脈狭窄を疑った症例3~7の左肺では、症例3,4では肺動脈心房間圧差は13,15 mmHgであったが、症例5,6,7では24,26,34 mmHgと高値であり、肺静脈狭窄による左高肺血管抵抗と判断した。心臓カテーテル検査時のQpを用いてPACT時の片肺の肺血管抵抗を算出すると、症例1,2の両肺および症例3~7の右肺では0.5~2.9(1.8) u/m²であったが、症例3~7の左肺ではそれぞれ3.5,6.0,3.6,3.3,6.1 u/m²と高値となった。高肺血管抵抗の原因としては肺血管床低形成と肺静脈狭窄があるが、今回の症例では高肺血管抵抗の原因はいずれも肺静脈狭窄によるものと考えられた。PACT時の全肺血管抵抗を算出すると0.3~1.8 u/m²であり、全例Fontan手術の適応を満たしているが、肺静脈狭窄を残したままFontan手術を行うことはリスクが高いと考えられた。そこで、症例5では同時に正常肺動脈弁輪径の60%のPABを追加することでBDGを行い、この症例は、その後逆流を有する共通房室弁の二弁口化手術と肺静脈狭窄解除術をFontan手術への準備手術として行い、最終的にFontan手術を施行し得た。症例6では、BDGは困難と判断し再度肺動脈絞扼術を行ったが、この症例もその後肺静脈狭窄解除術と共にBDGを施行し得た。この結果、今回検討した7例全例において、PACTにより肺静脈狭窄の存在の有無が血行動態的にも明らかになり、これらを解除することにより手術死亡、遠隔死亡を認めることなく右心系バイパス手術を行い得た。

今回施行したPACTのlimitationとして、症例により肺血流量に大きな差があり、PACT時の肺血流量が必ずしも右心バイパス術後の肺血流量と同等でない症例が存在することがあげられる。特に高肺血流症例では有意でない肺静脈狭窄をPACTにより有意と判定してしまう可能性がある。しかし今回の検討において、PACT時に異常値を認めた症例ではPVDIがいずれも低値で、形態的にも肺静脈の圧排所見を認めた。従って、肺静脈狭窄の診断は、PACTのみでなく総合的に行うことが重要であると考えられる。また、今後症例を重ねていくことによりこの問題点に対する解答が得られていくものと考えられる。

まとめ

1. Fontan手術を目指すIsomerism心7例に一側肺動脈遮断試験による血流負荷時の左右肺血管抵抗の

評価を行う一方、ヘリカルCTによる肺静脈狭窄の形態診断および肺血流量の指標としてのPVDIの計測を行った。

2. ヘリカルCTにおいて形態的肺静脈狭窄を認めた5例中3例で、一側肺動脈遮断試験における遮断時肺動脈心房間圧較差が24,26,34 mmHgと高値を認め、高肺血管抵抗が存在すると診断した。この3例のPVDIは10.7,10.0,11.2 mm/m²と他の肺に比し低値であった。一側肺動脈遮断試験における肺動脈心房間圧較差とヘリカルCTにおけるPVDIはIsomerism心における左右肺血管抵抗の評価と手術術式の選択に有用であった。

3. PACTで一側肺の高肺血管抵抗を認めた症例では、肺静脈狭窄を解除することにより、右心系バイパス手術を行い得た。

尚、本論文の要旨は第34回日本小児循環器学会総会(1998年、東京)において発表した。

文 献

- 1) Choussat A, Fontan F, Basse P, Vallot F, Chauve A, Brilcaud H: Selection criteria for Fontan's procedure, Paediatric Cardiology 1977, RH Anderson, EA Shinebourne, ed., Edinburgh, 1978, Churchill Livingstone, Inc., p 559-566
- 2) Myers JL, Waldhausen JA, Weber HS, Arenas JD, Cyran SE, Gleason MM, Baylen BG: A reconsideration of risk factors for the Fontan operation. Ann Surg 1990; 211: 738-744
- 3) Senzaki H, Isoda T, Ishizawa A, Hishi T: Reconsideration of criteria for the Fontan operation. Circulation 1994; 89: 1196-1202
- 4) 稲村 昇, 中島 徹, 萱谷 太, 前野敏也, 岸本英文, 川田博昭, 井川誠一郎, 川平洋一, 上田秀樹, 中田 健: Helical CTによって診断し得た一側肺静脈狭窄を呈する right isomerism の1例. 日小循環誌 1995; 11: 170-174
- 5) 稲村 昇, 中島 徹, 萱谷 太, 前野敏也, 岸本英文, 川田博昭, 井川誠一郎, 川平洋一, 上田秀樹, 中田 健: 心房還流型肺静脈を有する無比症候群の肺静脈還流形態 Helical CTによる検討. 日小循環誌 1997; 13: 22-29
- 6) Kawahira Y, Kishimoto H, Kawata H, Ikawa S, Ueda H, Nakajima T, Kayatani F, Inamura N, Nakada T: Diameters of the pulmonary arteries and veins as an indicator of bilateral and unilateral pulmonary blood flow in patients with congenital heart disease. J Card Surg 1997; 12: 253-260
- 7) Kawahira Y, Kishimoto H, Kawata H, Ikawa S,

- Ueda H, Nakajima T, Kayatani F, Inamura N, Mori T : New indicator for the fontan operation : diameters of the pulmonary veins in patients with univentricular heart. J Card Surg 1999 ; 14 : 259 265
- 8) 岸本英文, 八木原俊克, 磯部文隆, 山本文雄, 西垣恭一, 中谷 充, 藤田 毅, 高橋長裕, 神谷哲郎, 川島康生: 肺動脈弁欠損を伴うファロー四徴に対する手術術式の検討. 日胸外会誌 1993 ; 41 : 57 62
- 9) 澤渡和男, 今井康晴, 黒沢博身, 福地晋治, 河田政明, 松尾浩三, 青木 満, 山岸正明, 太田 淳, 中沢 誠: Fontan 手術の新しい手術適応評価法 肺動脈遮断試験による肺血流負荷時の肺血管抵抗. 日胸外会誌 1989 ; 37 : 14 23
- 10) Brofman BL, Charms BL, Cohn PM, Elder J, Newman R, Rizika M : Unilateral pulmonary artery occlusion in man. Control studies. J Thorac Surg 1957 ; 34 : 206 227

Usefulness of pulmonary artery clamping test for the evaluation of pulmonary vascular resistance in isomerism heart with pulmonary venous obstruction

Masamichi Ono, Hidefumi Kishimoto, Hiroaki Kawata, Takuya Miura,
Toshihiro Funatsu, Shigemitsu Iwai and Tohru Mori

Department of Cardiovascular Surgery, Osaka Medical Center for Maternal and Child Health

Tohru Nakajima, Hutoshi Kayatani, Yoshinobu Takada,

Noboru Inamura and Tomoko Kita

Department of Pediatric Cardiology, Osaka Medical Center for Maternal and Child Health

To evaluate right and left pulmonary vascular resistance, we performed preoperative helical CT and intraoperative pulmonary artery clamping test (PACT) for seven patients with isomerism heart (four cases in left isomerism and three cases in right isomerism). PVDI (diameter of inferior pulmonary vein/body surface area) calculated at helical CT was 14.4 ~ 28.1 mm/m² in the right lungs and 10.0 ~ 22.0 mm/m² in the left lungs. In five of seven cases, PDVI of the left lung was below 12 mm/m², which was considered to have low pulmonary flow. In three of these five cases, changes of left mean pulmonary artery pressure was over 10 mmHg, and pressure gradient between left pulmonary artery and atrium was over 20 mmHg after right pulmonary artery clamping. We diagnosed that these three cases had significant high left pulmonary vascular resistance for right heart bypass procedure. In the other left lungs and all of the right lungs, change of mean left pulmonary artery pressure was below 10 mmHg, and pressure gradient between pulmonary artery and atrium was below 15 mmHg after clamping. In three cases demonstrating over 20 mmHg pressure gradient after clamping in the left lungs, helical CT showed compression of lower branch of left pulmonary vein between vertebra or descending aorta, and common atrium where it overridden the vertebra and descending aorta. In patients with isomerism heart, Pulmonary artery clamping test (PACT) was useful to evaluate unilateral high pulmonary vascular resistance, and to have good result in cavo-pulmonary shunt operation.