

超音波断層法を用いた総肺
静脈還流異常における共通
肺静脈腔の評価

Two-dimensional echo-
cardiographic evaluation
of the common pulmo-
nary venous chamber in
total anomalous pulmo-
nary venous connection

齊藤 彰博
土谷 之紀
上田 憲
中野 博行

Akihiro SAITO
Yukinori TUCHITANI
Ken UEDA
Hiroyuki NAKANO

Summary

Morphology of the common pulmonary venous chamber and its spatial relationship to the left atrium were investigated in 19 patients with total anomalous pulmonary venous connection using two-dimensional echocardiography. The subjects were 12 males and seven females, ranging in age from newborn to 11 months with a median age of 34 days. Nine of the 19 patients were less than one month; 15 of 19 were less than two months. Ten patients had the supracardiac type (type I); three, the cardiac type (type II); and six, the infracardiac type (type III).

To image the common pulmonary venous chamber the suprasternal short-axis coronal plane was used. The chamber was recorded simultaneously with the right pulmonary artery. A more anterior angulation for this view facilitated imaging the left atrium. The outlines of both the chamber and left atrium were traced. We calculated (1) the ratio of the width to the height of the chamber (W/H), (2) the angle made by the direction of the long-axis of the chamber and a horizontal line (Axis), (3) the quotient of the distance from the center of chamber to the bottom of the left atrium divided by the longitudinal dimension of the left atrium (B/A) and (4) the product of the width and height of the chamber (W×H).

The W/H was 1.94 ± 0.29 (type I); 1.21 ± 0.27 (type II); and 0.63 ± 0.15 (type III). There were statistically significant differences ($p < 0.01$) among all types. The width was greater than the height in types I and II, but the height was greater than the width in type III.

Axes were -19.0 ± 5.7 degrees (type I); -5.1 ± 5.0 (type II); and 91.7 ± 9.3 (type III). There were statistically significant differences between all of the types ($p < 0.01$). The long-axis was horizontal in types I and II, and vertical in type III.

The B/A was 0.74 ± 0.13 (type I); 0.57 ± 0.10 (type II); and -0.04 ± 0.30 (type III). There was a significant difference between type III and all other types ($p < 0.01$). The common pulmonary venous chamber was located slightly superiorly to the left atrium in types I and II, but it was located in-

feriorly to the left atrium. In the six patients with type III, both lower pulmonary veins were located more inferiorly than the lower border of the left atrium.

W×H was 94.9 ± 57.1 (type I); 170.7 ± 12.9 (type II); and 66.7 ± 17.4 (type III). It was significantly larger in type II than in any other type. There was a close positive correlation ($r=0.78$) between W×H and age at the time of examination.

The common pulmonary venous chamber differed in size, location and morphology according to type. The sites of pulmonary venous drainage seemed to influence these differences. The technique described here facilitates evaluating the size and morphology of the chamber and the spatial relationship between the chamber and the left atrium, in addition to accurate diagnosis and identification the sites of pulmonary venous drainage. Without cardiac catheterization, this technique is essential prior to corrective surgery for total anomalous pulmonary venous connection.

Key words

Two-dimensional echocardiography Congenital heart disease Total anomalous pulmonary venous connection
Common pulmonary venous chamber

はじめに

総肺静脈還流異常は新生児期, 乳児期早期に症状の悪化を示すことが多く, 緊急で根治手術を必要とすることの多い重篤な疾患である¹⁾. 診断目的の心臓カテーテル検査は全身状態の悪化を伴うことが多く, 特に共通肺静脈腔の造影を目的とした右心系での造影は肺鬱血を増強し, 殊に危険な検査である^{2,3)}. このため, 近年, 心臓カテーテル検査を行わず, 断層心エコー図法の所見のみで根治手術が施行されるようになり, 良好な手術結果を得ている⁴⁾. このように本症の診断そのものや還流部位の特定に関しては, 断層法のみでも決定的な診断が可能であるが⁵⁻⁸⁾, 根治手術に際して是非必要となる共通肺静脈腔の形態や, 共通肺静脈腔と左房との空間的位置関係に関しては, 断層心エコー図法で得られる情報は心血管造影に比し, 十分とは言えなかった.

本稿の目的は, 断層心エコー図法を用いて共通肺静脈腔の形態診断がどこまで可能かを明らかにし, その形態を左房との位置関係の比較で検討することである.

対象と方法

対象は開院以来静岡県立こども病院を受診し,

術前に断層心エコー図法が施行できた総肺静脈還流異常 22 症例中, 状態が悪く緊急手術を急いだため十分な検討が出来なかった下心型の 1 例, 今回報告する共通肺静脈腔の検索法を適用しなかった初期の傍心型 2 例を除く 19 例で, 男 12 例, 女 7 例である. 内訳は左の無名静脈に還流する上心型 (I 型) が 10 例, 冠静脈洞に還流する傍心型 (II 型) 3 例, 下行静脈を経て横隔膜下に還流する下心型 (III 型) 6 例である. 検査時年齢は生後 0 日から 11 ヶ月で, 中央値は 34 日である. 19 例中 9 例は 1 ヶ月以内, 15 例は 2 ヶ月以内であった.

断層心エコー図法には ATL 製の Mark III を用い, 3.5 または 5 MHz の探触子を用いた.

共通肺静脈腔の描出には, 被検者を安静仰臥位にし, 探触子を胸骨上または胸骨上窩におき, 前額面にほぼ平行で, 右肺動脈の検出できる短軸断面を求めると, 右肺動脈の下方に記録できる (Fig. 1). 同じ断面からやや前方に断面を平行移動すると共通肺静脈腔が消え, 肺動脈とともに左房が記録される (Fig. 1). 共通肺静脈腔と左房をトレースし重ね合わせると両者の空間的位置関係が明らかになる. 共通肺静脈腔の大きさは肺静脈を除いた長方形の部分の計測し, 左右径を横, 上下径を縦として比較した (Fig. 1~3). 共通肺静脈腔の前額面での向きは Fig. 4 の如く決定した.

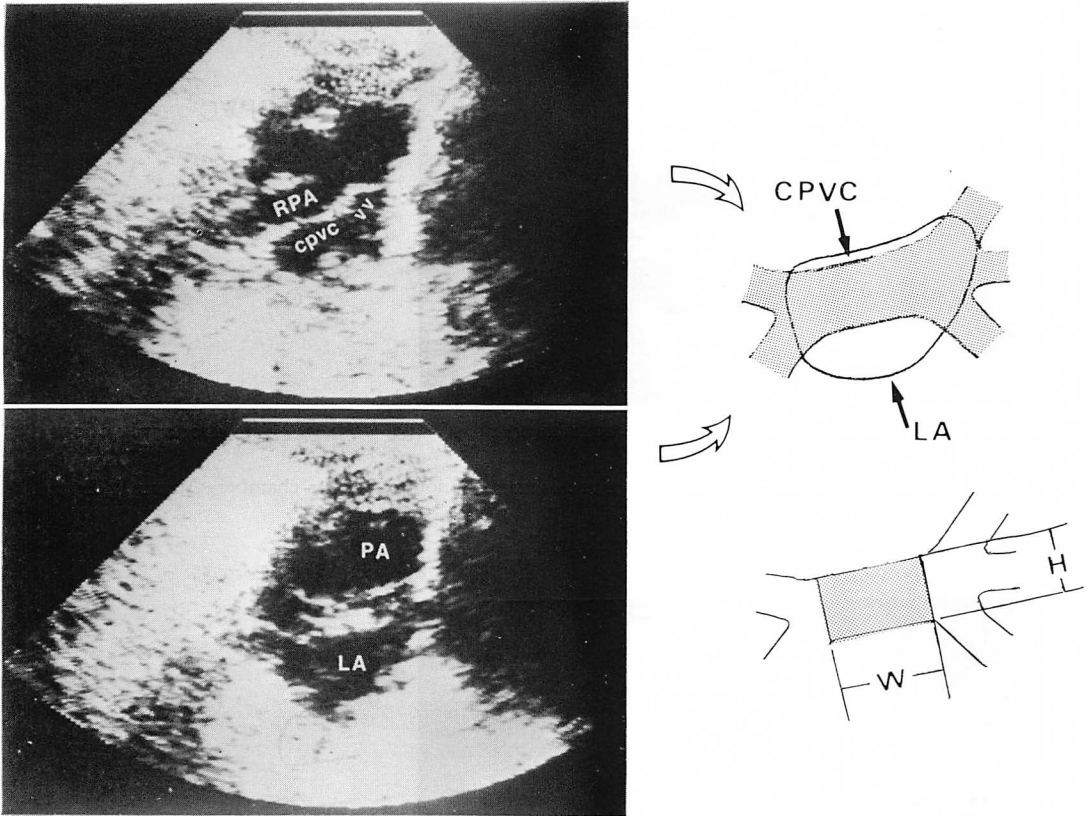


Fig. 1. Typical two-dimensional echocardiograms of the right pulmonary artery, common pulmonary venous chamber and vertical vein of type I (left upper panel) and the left atrium (left lower panel), and the outlines of the left atrium and common pulmonary venous chamber (right panel).

Concerning the common pulmonary venous chamber, the hashed square in the right lower panel is measured as its area.

RPA=right pulmonary artery; CPVC=common pulmonary venous chamber; vv=vertical vein; PA=pulmonary artery; LA=left atrium; H=height; W=width.

成 績

I型から III型までの典型的な共通肺静脈腔の断層心エコー図像を Figs. 1~3 に示した. I型 (Fig. 1) では共通肺静脈腔は横長で、やや左上がりの形態を示し, II型 (Fig. 2) では共通肺静脈腔全体が大であった. これに対して III型 (Fig. 3) では I型や II型とは異なった形態を示した. 共通肺静脈腔は縦長で、4本の肺静脈が比較的ばらばらに注ぎ、太い下行静脈に移行した.

共通肺静脈腔の前額面における長軸方向の向きを、心電図における QRS 軸表示法に従って、左向きを ± 0 度、上向きを -90 度、下向きを $+90$ 度と表すと (Fig. 4), I型においては -10 度から -25 度の範囲にあり、平均と標準偏差は -19.0 ± 5.7 度であった. これに対して II型では 0 度から -10 度 (平均 -5.0 ± 5.0 度) であり, III型では $+75$ 度から $+100$ 度 (平均 $+91.7 \pm 9.3$ 度) であった. 三者間に危険率 1% 以下で有意差を認めた.

共通肺静脈腔の中心が左房のどの位置にあるか

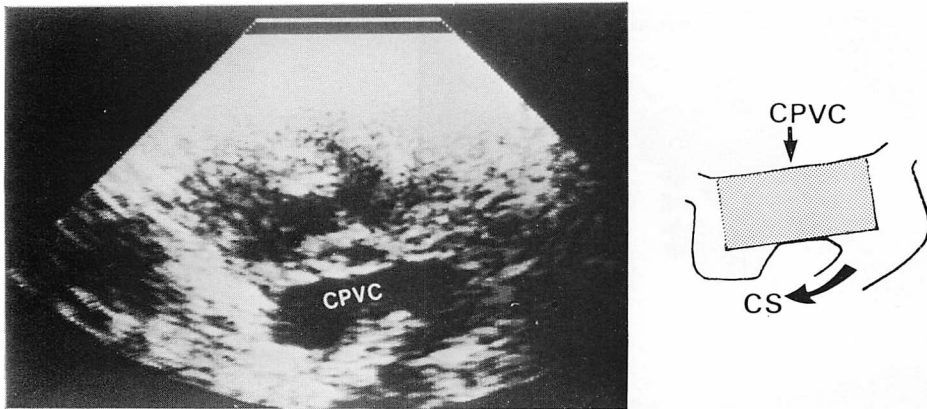


Fig. 2. Typical two-dimensional echocardiogram of the common pulmonary venous chamber, type II and its schema.

Hashed square is measured as an area of a common pulmonary venous chamber. Arrows indicate the pulmonary venous blood flow.

CPVC=common pulmonary venous chamber; CS=coronary sinus.

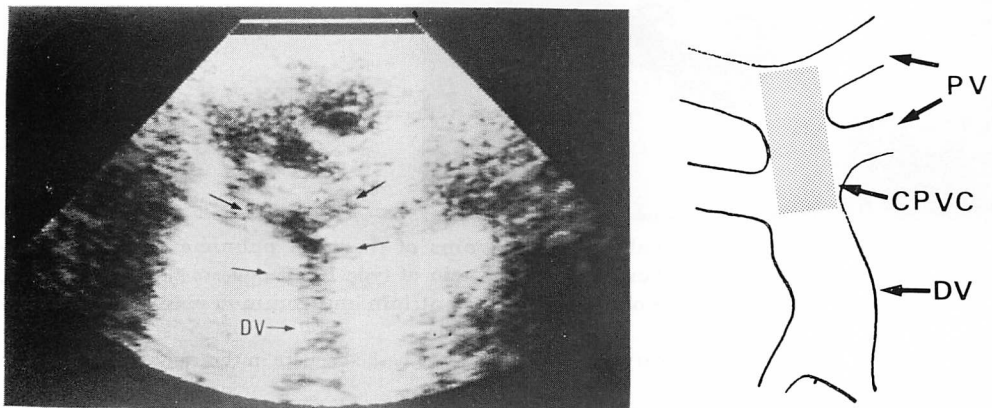


Fig. 3. Typical two-dimensional echocardiogram of the pulmonary vein, common pulmonary venous chamber and descending vein of type III, with its outline sketch.

As the common pulmonary venous chamber, hashed square is measured. Arrows indicate four pulmonary veins.

CPVC=common pulmonary venous chamber; DV=descending vein; PV=pulmonary vein.

を検討するために、左房底から中心までの距離 (B) を左房の上下径 (A) で割った値を比較検討した (Fig. 5)。I型ではこの値は 0.52 から 0.88 (平均 0.74 ± 0.13) であったが、II型では 0.46 から 0.66 (平均 0.57 ± 0.10) で、両者の間には有意差を認めなかった。これに対して III型では -0.56 から 0.26 (平均 -0.04 ± 0.30) と低かった。III型

の値は I型, II型どちらの間にも有意差を認めしたが、I型と II型との間には有意差を認めなかった。

共通肺静脈腔が左房よりも下方に位置するために、左房と共通肺静脈腔との前後の重なりが少なくなればなるほど、根治手術時に両者間に良好な吻合を作ることが困難になる。今回検討した III

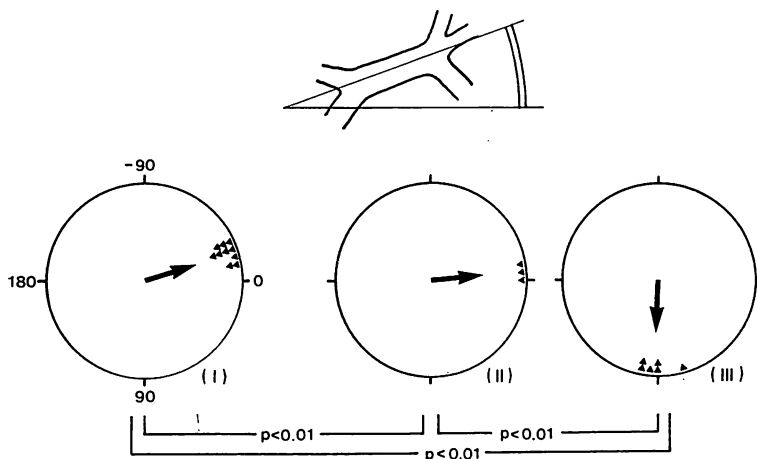


Fig. 4. Direction of the long axis of the common pulmonary venous chamber in the frontal plane.

Each direction is represented in a way similar to expressing the electrical axis in the electrocardiogram. Triangles indicate the direction in each patient, arrows indicate the mean direction of each type and numbers indicate the angles. Mean values and standard deviations are -19.0 ± 5.7 degrees in type I, -5.0 ± 5.0 in type II and $+91.7 \pm 9.3$ in type III. The long axis is nearly horizontal in types I and II, and vertical in type III.

I, II, III=type I, type II and type III, respectively.

型の6例全例で、左右の上肺静脈は左房後方に位置していたが、下の肺静脈は左右共に左房底より下方に位置していた。このように左房と共通肺静脈腔との空間的重なりが少ないため、根治手術が困難であったIII型症例の典型的な断層心エコー図をFig. 6に示した。この断層像は左房から共通肺静脈腔・下行静脈にかけて、矢状面に平行な断面で記録した長軸断面である。共通肺静脈腔の上端は左房下端に位置し、両者の空間的重なりがほとんど無い状態が認められる。この症例は術後3ヵ月で吻合部狭窄のために死亡した。

共通肺静脈腔の横縦の比を比較すると(Fig. 7), I型では1.43から2.40(平均 1.94 ± 0.29)で、ほぼ2.0に近く、II型では0.92から1.45(平均 1.21 ± 0.27)でほぼ1.0, III型では0.50から0.88(平均 0.63 ± 0.15)で0.5に近い値を示した。

共通肺静脈腔の横縦の長さの積の比較では(Fig. 8), I型では60から242 mm^2 (平均 94.9 ± 57.1), III型では48から98 mm^2 (平均 $66.7 \pm$

17.4)とともに小さく、両者間に有意差を認めなかったが、II型では156から180 mm^2 (平均 170.7 ± 12.9)とI型・II型と比較して有意に大きな値を示した。

横縦の長さの積と検査時の日齢との比較では(Fig. 9), 両者の間には相関係数 $r=0.78$ と良好な関係が認められ、検査年齢が高いほど共通肺静脈腔の大きさが増す事が示された。特にII型の症例は、同年齢のI型やIII型の症例と比較して、共通肺静脈腔の大きい傾向が示された。

考 接

1. 検出法

今回対象とした症例は22例であるが、共通肺静脈腔を描出できたのは19例である。しかし、残りの3例は初期の症例や検索時間の少なかった症例であり、必ずしも描出が困難であったわけではない。I型では比較的容易であるが、II型・III型となるに従い、やや描出に困難さを増すと思わ

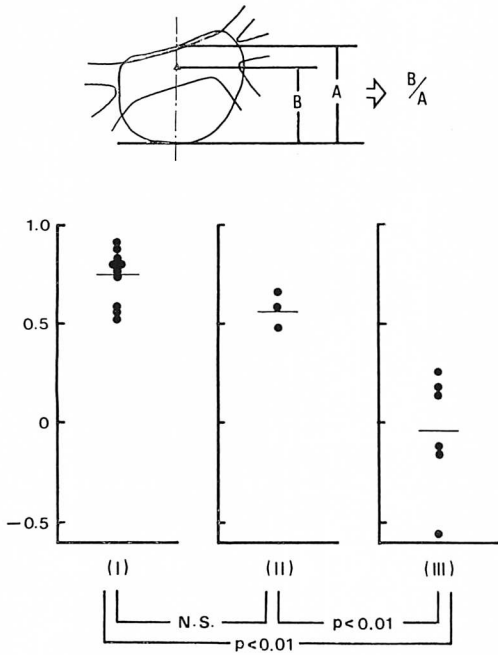


Fig. 5. The quotient of the distance from the center of the common pulmonary venous chamber to the bottom of the left atrium (B) divided by the longitudinal dimension of the left atrium (A), expresses the relative location the of common pulmonary venous chamber to the left atrium.

The common pulmonary venous chamber is situated higher than the left atrium in type I, is just posterior to the left atrium in type II, and is lower than the left atrium in type III.

I, II, III = type I, type II and type III, respectively.
N.S. = not significant

れた。描出時の探触子の位置は、胸骨上窩に置くよりはむしろ胸骨の上に置く方が、明瞭な描出が可能である。左房との位置関係を検討する場合には、超音波ビームの中心を正確に尾側に向ける必要がある。また、共通肺静脈腔記録時と左房記録時に探触子の向きが動かないよう、注意が必要である。

2. 共通肺静脈腔の形態

これまでは心血管造影により検討されており^{1,2,9)}、断層心エコー図法による形態の検討は少

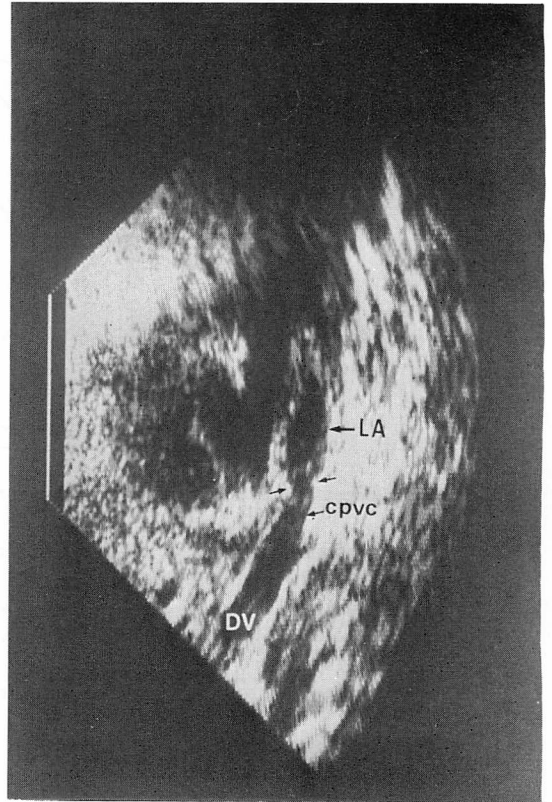


Fig. 6. A parasternal sagittal plane of the two-dimensional echocardiogram of the left atrium, common pulmonary venous chamber, and descending vein in a patient with type III.

Anastomosis between the left atrium and the common pulmonary venous chamber at corrective surgery is difficult because the left atrium is in contact with the common pulmonary venous chamber at only a small area (arrows).

LA = left atrium; cpvc = common pulmonary venous chamber; DV = descending vein.

ない⁶⁾。I型はいままでにも報告されてきたように⁶⁾、横長の形態を示した。これに対してII型では横長ながらも正方形に近くなり、III型ではむしろ縦長の形態を示した。また長軸方向も各型により異なり、I型では長軸は左上がりを示し、II型ではほぼ真横を向き、I・II型共に水平位を取ったのに対して、III型では下方を向きほぼ垂直位を取ることが示された。このような共通肺静脈

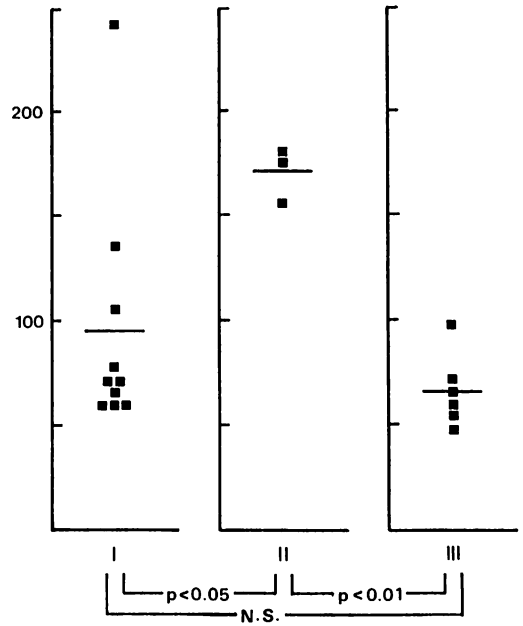
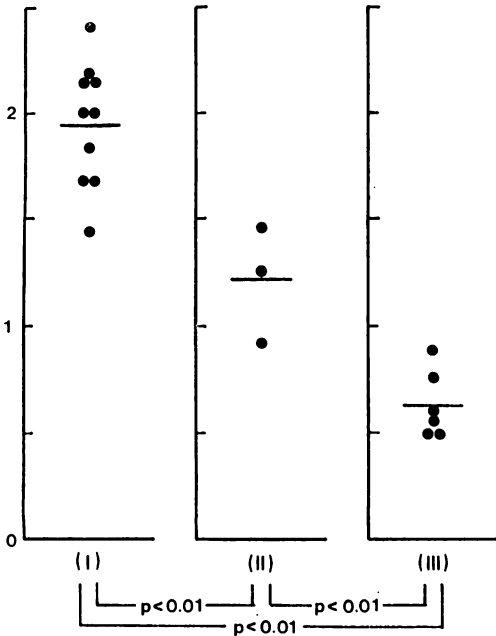
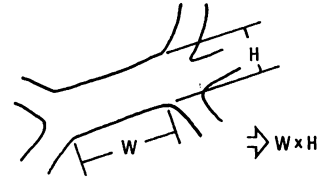
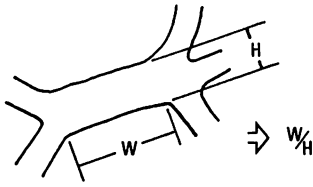


Fig. 7. The quotient of the width divided by the common pulmonary venous chamber in three types.

Horizontal bar indicates a mean value. Mean values and standard deviations are 1.94 ± 0.29 in type I, 1.20 ± 0.27 in type II and 0.63 ± 0.15 in type III. The width is greater than the height in types I and II, but the height is greater in type III.

W=width; H=height.

Fig. 8. The product of the width and height of the common pulmonary venous chamber in three types.

Horizontal bar indicates a mean value. Mean values and standard deviations are $94.9 \pm 57.1 \text{ mm}^2$ in type I, $170.7 \pm 12.9 \text{ mm}^2$ in type II and $66.7 \pm 17.4 \text{ mm}^2$ in type III. The product of type II is larger in size than type I and III.

W=width; H=height.

腔の形態と長軸の向きとは、静脈血を還流する異常血管の向きと関係があると思われる。つまり、共通肺静脈腔の左上方から垂直静脈に出て、左の無名静脈に還流する I 型では、共通肺静脈腔は横長の形態をとり、長軸も還流する垂直静脈の方を向くために、左上がりになると考えられる。冠静脈洞を経てすぐに右房に還流する II 型では、長軸方向は横を向くものの、左上がりになる必然性

はない。下行静脈により横隔膜下に還流する III 型では、共通肺静脈腔が縦長になり、長軸方向が下方を向くのが自然である。III 型の共通肺静脈腔の形態については Kawashima ら¹⁰⁾が手術時の所見として“tree-shape”であると報告しているが、本稿の断層所見と一致する。本稿では右側の上下大静脈に還流する I-b 型を検討することができなかつたが、総肺静脈還流異常の共通肺静脈腔

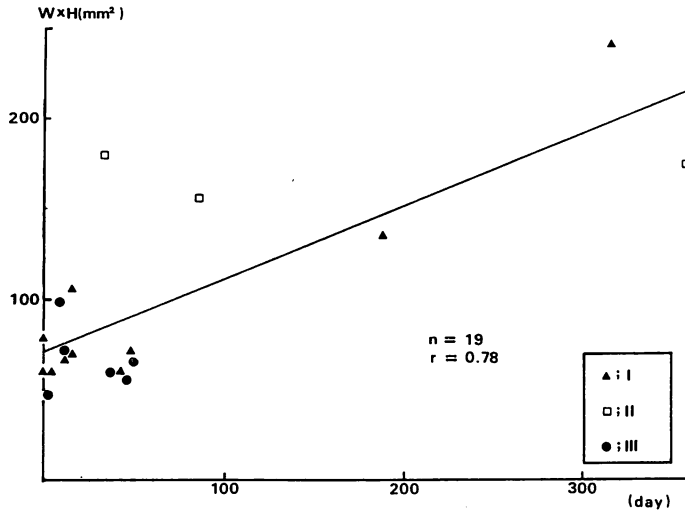


Fig. 9. Correlation between the product of width and height of the common pulmonary venous chamber and age at examination.

The regression equation is $y = 0.40x + 71.0$ and the correlation coefficient is 0.78. Closed triangle is type I, open square is type II and closed circle is type III. The size of the common pulmonary venous chamber is larger in patients examined at older ages and in patients with type II.

の形態は、還流する静脈の方向により規定されるものと思われる。

3. 共通肺静脈腔と左房との位置関係

I型では左房の後上方に位置し、II型では左房のすぐ後方に位置することが示されたが、どちらも左房との前後面での重なりは大きく、根治手術時に左房との間に吻合を形成する事に、解剖学的な困難は無いものと思われた。これに対して、III型では共通肺静脈腔の中心はほぼ左房の下端に一致し、共通肺静脈腔の約半分しか左房と重なり合わないことが示された。また左右の下の肺静脈はIII型の全例で、左房の下端よりも下方にあることも示された。Kawashimaらの報告¹⁰⁾もこの点に言及しており、3例中2例では左右の下の肺静脈が左房下端よりも低位置にあり、残り1例では左下肺静脈が左房より低位置にあったと報告している。このようにIII型では左房と共通肺静脈腔との空間的重なりが少ないため、手術時には注意を要する。

4. 共通肺静脈腔の大きさ

共通肺静脈腔の大きさを各型により比較検討した報告はまだみられないようであるが、II型ではI型やIII型と比較して有意に大きいことが示された。これはII型では還流部位の狭窄を伴うことが少なく、したがって肺血流量も多いために、共通肺静脈腔が発育するものと思われる。これに対して、I型やIII型では肺静脈の狭窄を合併する事が多いために、相対的に小さな共通肺静脈腔を示すものと思われた。検査時の日齢と共通肺静脈腔の大きさの比較では、同年齢層の比較でも、II型ではI型やIII型と比較して共通肺静脈腔の大きい事が示され、共通肺静脈腔の大きさの違いは年齢の違いによるものでないことが示された。また同じ比較からは、検査時年齢の大きい方が共通肺静脈腔が大きい傾向が示された。本研究の成績からは共通肺静脈腔の経時的変化に関しては言及できないが、共通肺静脈腔が日齢の高いものほど大きくなる点は、共通肺静脈腔の大きい症例はそれだけ肺静脈の狭窄も少なく、臨床症状も

軽いために発見されるのが遅れる傾向にあると解釈するのが妥当と思われる。

結 論

断層心エコー図法を用いて、総肺静脈還流異常における共通肺静脈腔の形態を検討した。

上心型では共通肺静脈腔は横長で、その長軸はやや左上がりの水平位をとり、左房の後上方に右肺動脈に平行に存在する。容積は一般に大きくないが、左房との接触面積は大きく、左房との吻合は比較的容易である。

傍心型の共通肺静脈腔の形態は正方形に近いやや横長で、長軸はほぼ水平位をとり、左房のすぐ後方に存在する。容積は3型の中で一番大きく、左房との接触面積も大きいため、吻合上、特に問題は無い。

下心型の共通肺静脈腔はI・II型と異なり縦長の形態を示し、長軸は垂直位をとる。左房の後下方にあって、左房とは共通肺静脈腔の約半分しか接触しない。左右の下肺静脈は左房下端よりも下方にあり、共通肺静脈腔の容積も小さいため、左房との吻合は困難なことが多い。

断層心エコー図法は総肺静脈還流異常における共通肺静脈腔の形態的検索にとり、容易、かつ有用な検査法である。

要 約

断層心エコー図法を用いて、総肺静脈還流異常における共通肺静脈腔の形態と左房との空間的位置関係を検討した。対象は19例の総肺静脈還流異常で、男12例、女7例であった。内訳は上心型(I型)が10例、傍心型(II型)が3例、下心型(III型)が6例で、検査時年齢は生後0日から11ヵ月、中央値は34日であった。19例中9例は1ヵ月以内で、15例は2ヵ月以内であった。

胸骨上から前額面に平行な断面で、かつ右肺動脈が同時に記録できる断面を用いて共通肺静脈腔を描出した。同断面をやや前方に移動して左房を記録し、共通肺静脈腔の①横径と縦径の比(W/H)、②長軸が水平線となす角度(axis)、③腔の中心から左房の下縁までの距離を左房の縦径で補正した値(B/A)、④腔の横径と縦径との積(W×H)を計測した。

W/HはI型では 1.94 ± 0.29 、II型では 1.21 ± 0.27 、III型では 0.63 ± 0.15 で、どの二つの型の間にも統計学的に有意な($p < 0.01$)差が認められた。I型、II型では横径が長いのにに対して、III型では縦径が長かった。

AxisはI型では -19.0 ± 5.7 度、II型では -5.1 ± 5.0 度、III型では $+91.7 \pm 9.3$ 度で、どの二型間にも有意差($p < 0.01$)を認めた。I型、II型では共通肺静脈腔の長軸方向は水平位を取るのに対して、III型では垂直位を取った。

B/AはI型では 0.74 ± 0.13 、II型では 0.57 ± 0.10 、III型では -0.04 ± 0.30 の値を示した。III型と他の2型との間には有意の差を認めた($p < 0.01$)。I型・II型における共通肺静脈腔は左房よりも上方に位置するのに対して、III型では左房よりも下方に位置していた。III型の6例全例で、左右の下肺静脈は左房下端よりも下に位置していた。

W×HはI型では 94.9 ± 57.1 、II型では 170.7 ± 12.9 、III型では 66.7 ± 17.4 で、II型と他のI型・III型との間に有意差を認めた。W×Hと検査時年齢との間には、良好な($r = 0.78$)相関が認められた。II型では他よりも共通肺静脈腔が大きい傾向にあり、またこの腔は検査時年齢が高くなるほど大きくなる傾向にあった。

共通肺静脈腔は各型により大きさ、位置、形態が異なっており、肺静脈の還流部位がこの違いに影響を与えると思われた。

本稿で述べた方法を用いれば、総肺静脈還流異常の診断や還流部位の同定だけでなく、共通肺静脈腔の詳しい形態的検討や、左房との位置関係の検索が可能であり、心臓カテーテル検査なしで手術をする場合に、本法は非常に有用な方法と思われた。

文 献

- 1) Gathman GE, Vadas AS: Total anomalous pulmonary venous connection. Clinical and physiologic observations of 75 pediatric patients. *Circulation* **42**: 143, 1970
- 2) Tynan M, Behrendt D, Urquhart W, Graham GR: Portal vein catheterization and selective angiography in diagnosis of total anomalous pulmonary venous connexion. *Br Heart J* **36**: 1155, 1974
- 3) Lam J, Naeff SJ, Lubbers WJ, Nijveld A: 2D echocardiographic diagnosis of total anomalous pulmonary venous connection of the infradiaphragmatic type. *Eur Heart J* **5**: 842, 1984
- 4) Stark J, Smallhorn JF, Huhta J, de Leval M, Macartney FJ, Rees PG, Taylor JFN: Surgery for congenital heart defect diagnosed with cross-sectional echocardiography. *Circulation* **68** (Suppl II): II-129, 1983
- 5) Sahn DJ, Allen HD, Lange LW, Goldberg SJ: Cross-sectional echocardiographic diagnosis of the sites of total anomalous pulmonary venous drainage. *Circulation* **60**: 13-17, 1979
- 6) Smallhorn JF, Sutherland GR, Tommasini G, Hunter S, Anderson RH, Macartney FJ: Assessment of total anomalous pulmonary venous connection by two-dimensional echocardiography. *Br Heart J* **46**: 613, 1981
- 7) Snider AR, Silverman NH, Turley K, Ebert PA: Evaluation of infradiaphragmatic total anomalous pulmonary venous connection with two-dimensional echocardiography. *Circulation* **66**: 1129, 1982
- 8) Huhta J, Gutgesell HP, Nihill MR: Cross-sectional echocardiographic diagnosis of total anomalous pulmonary venous connection. *Br Heart J* **53**: 525, 1985
- 9) Mehrizi A, Dekker A, Ottesen OE: Angiocardiographic feature of total anomalous venous return into coronary sinus simulating tricuspid atresia or stenosis. *J Pediatr* **65**: 615, 1964
- 10) Kawashima Y, Matsuda H, Nakano S, Miyamoto K, Fujino M, Kozuka T, Manabe H: Tree-shaped pulmonary veins in infracardiac total anomalous pulmonary venous drainage. *Ann Thorac Surg* **23**: 436, 1977