

先天性大動脈疾患に対する CT の診断的価値

Diagnostic value of CT in congenital disorders of the great vessels

山田 善重
諸岡 信裕
渡辺 滋
増田 善昭
稲垣 義明
吉田 秀夫*

Zenju YAMADA
Nobuhiro MOROOKA
Shigeru WATANABE
Yoshiaki MASUDA
Yoshiaki INAGAKI
Hideo YOSHIDA*

Summary

Computed tomographic (CT) studies of the cardiovascular system were performed on 850 cases at our institute during the last five years. The aorta was clearly demonstrated by CT from the aortic root to the bifurcation of the iliac artery, and in most cases the main aortic branches including the coronary, brachiocephalic, common carotid, subclavian, celiac, superior mesenteric, renal and iliac arteries were satisfactorily evaluated (Fig. 1-3). Therefore CT renders us encouraging to detect the abnormality of these arteries.

This paper described the CT findings of congenital anomalies of the great vessels in 14 patients with 16 anomalies including two cases of *l*-corrected transposition of the great vessels, two of double aortic arch, one of aneurysm of the sinus of Valsalva, six of patent ductus arteriosus (PDA) and five of right-sided descending aorta, two of which had double aortic arch aforementioned and the remaining three had dextrocardia. The diagnosis of these abnormalities except for PDA were made only by CT. For instance, *l*-corrected transposition of the great vessels was diagnosed easily by observing the side-to-side relationship of the great vessels, the aorta is situated to the left and anterior to the pulmonary artery. In the case of double aortic arch, not only the left and right aortic arch, but also the degree of narrowing as well as compression of the trachea and esophagus were well evaluated. The diagnosis of aneurysm of the sinus of Valsalva was made by the characteristically marked dilatation of the aorta at the level of sinus of Valsalva on CT. Only in one case of PDA, the ductus connecting the descending aorta to the left pulmonary artery was demonstrated by CT.

Plain CT was well tolerable, but enhanced CT was much more informative to detect cardiovascular abnormalities, and moreover, dynamic CT was rewarding in the detailed evaluation of blood flow in the cardiovascular system.

千葉大学医学部 第三内科
千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)
*千葉県救急医療センター
千葉市磯辺 70-9 (〒260)

The Third Department of Internal Medicine, Chiba
University School of Medicine, Inohana 1-8-1,
Chiba 280

*Chiba Prefectural Emergency Medical Center, Isobe
70-9, Chiba 260

Presented at the 24th Meeting of the Cardiology Society held in Tokyo, March 23-24, 1982
Received for publication February 8, 1983

Key words

Computed tomography (CT) Congenital anomalies of the great vessels Corrected transposition of the great vessels Double aortic arch Dynamic scan of the aorta

はじめに

近年, X線コンピューター断層法(以下CT)はスキャン時間の短縮, 画質の向上化, dynamic scanの導入などにより, めざましい発展をとげており, 心・血管系における極めて有用な非観血的検査法の1つとなっている。

これまででは, 大動脈の走行およびその分枝の状態をみるには動脈造影を必要とした。しかし, CTが使われるようになり, 特に造影CTによって大・中血管の検出やその状態の把握が可能となってきた¹⁾。我々もCT検査を行うことにより, 大動脈基部から腹部大動脈までの大血管の走行を容易にみることができ, また, 多くの例で, その主要分枝としての冠動脈, 腕頭動脈, 総頸動脈, 鎖骨下動脈, 腹腔動脈, 上腸間膜動脈, 腎動脈などの検出も可能となった(Figs. 1~3)。本報告は従来報告の比較的少ない, 大動脈の先天異常に対するCTの診断的価値を検討したものである。

対象と方法

対象は過去5年間に当教室で成人に行った心・血管系CT 850例のうち, 心臓カテーテル法, 超音波法, RI法などによって診断の確定した大動脈の先天性異常を有する14例である。その内訳はL型修正大血管転位症2例, 重複大動脈弓2例, バルサルバ洞動脈瘤1例, 動脈管開存症(PDA)6例, 下行大動脈の椎骨右側走行5例(重複大動脈弓の2例と右胸心3例)である。

使用したCT装置はJEOL Dynamic scanner²⁾, GE CT/T 8800 および Siemens Somatom 2である。撮影にさいしては, 仰臥位深吸気位にて呼吸停止させ5~20秒スキャンを行った。まず非造影の単純CTを施行し, その後, 肘静脈より76% ウログラフィン 20 mlの急速静注, あるい

は100 mlの点滴静注法にて造影CTを行った。また修正大血管転位症とPDAの1例では, 造影剤の経時的な流れを追うために, 1回の撮影時間が4.6秒, 待機時間が1.5秒で, 数回を連続撮影するdynamic scanを用いた。

結 果

1. L型修正大血管転位症

2例のCT像では, 大動脈は左側方にある解剖学的右室から, 肺動脈は左前方にある解剖学的左室から起始しており, また上行大動脈は肺動脈の左前方に位置し, かつ肺動脈と平行に走行するという特徴的な所見が得られた。Fig. 4はその1症例の肺動脈分岐レベルにおけるdynamic scanである。肘静脈より76% ウログラフィン 20 mlを急速注入すると同時に, 撮影を開始した。0は同レベルにおける単純CT像である。まず1で上大静脈(SVC)が造影され, 続いてその約6秒後の2では, 心の中央部に存在した肺動脈主幹(PA)と左右の肺動脈が造影され, さらにその約6秒後の3では, 肺動脈の左前方に位置している上行大動脈(AA)が造影されており, 肺動脈と上行大動脈両者の位置異常があることがわかる。またこのようにdynamic scanでは造影剤の流れを経時的に追うことが可能であった。

Fig. 5-aは同症例の大動脈弓レベル(A)から心室レベル(I)まで1.5 cm間隔でスライスした造影CT像であり, Fig. 5-bはそのシエマである。上段右図のCはFig. 4と同じ肺動脈分岐レベルで, 肺動脈(PA)の左前方に上行大動脈(AA)が存在しており, 両者の位置異常がある。それより1.5 cm および 3 cm 下方のレベルのD, Eでもこの関係は同じであり, 大動脈と肺動脈が平行関係を保っていることが示され, L型大血管転位症であることが推定された。また, 下方

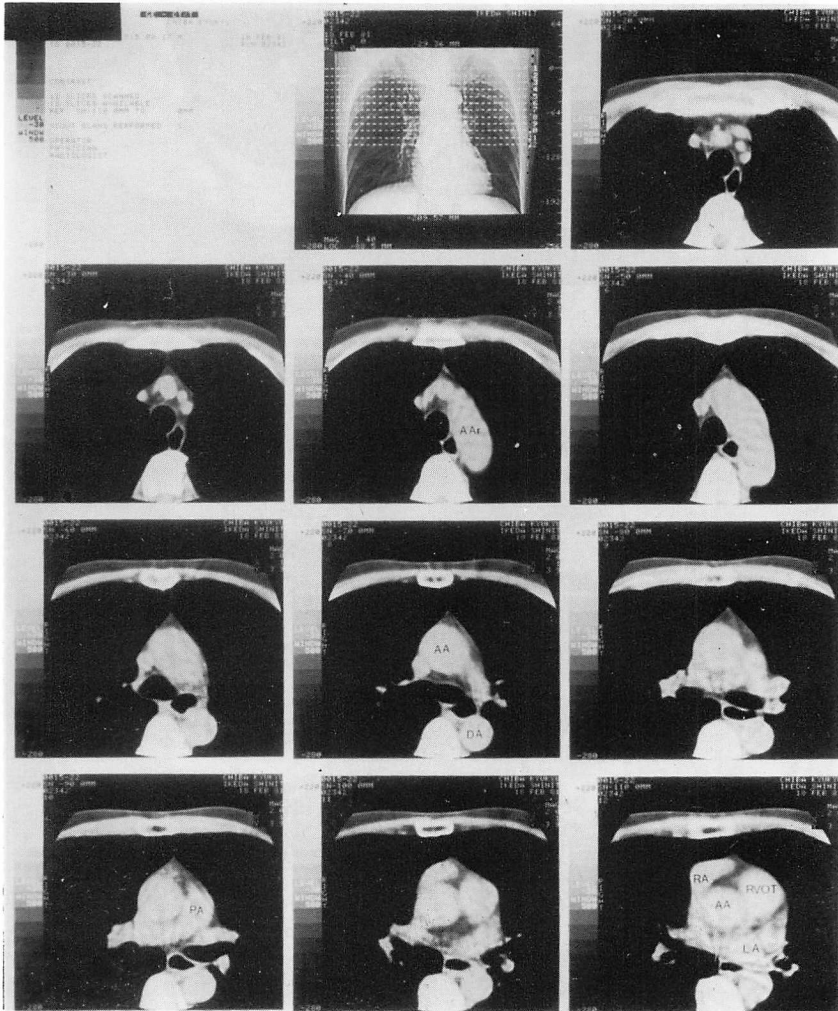


Fig. 1. Plain CT images of the normal aorta and its branches.

These plain CT scans are obtained from the levels of the upper mediastinum to the aortic root. Normal structures of the aorta and its branches are shown.

AAr=aortic arch; AA=ascending aorta; DA=descending aorta; PA=pulmonary artery; RA=right atrium; LA=left atrium; RVOT=right ventricular outflow tract.

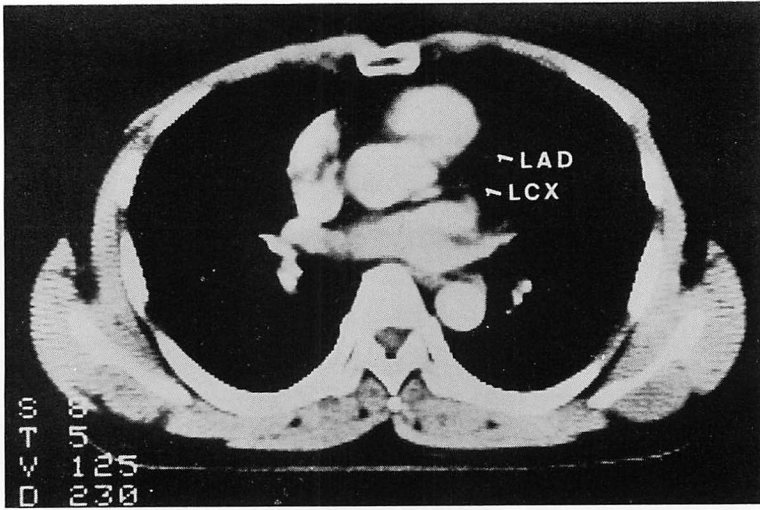


Fig. 2

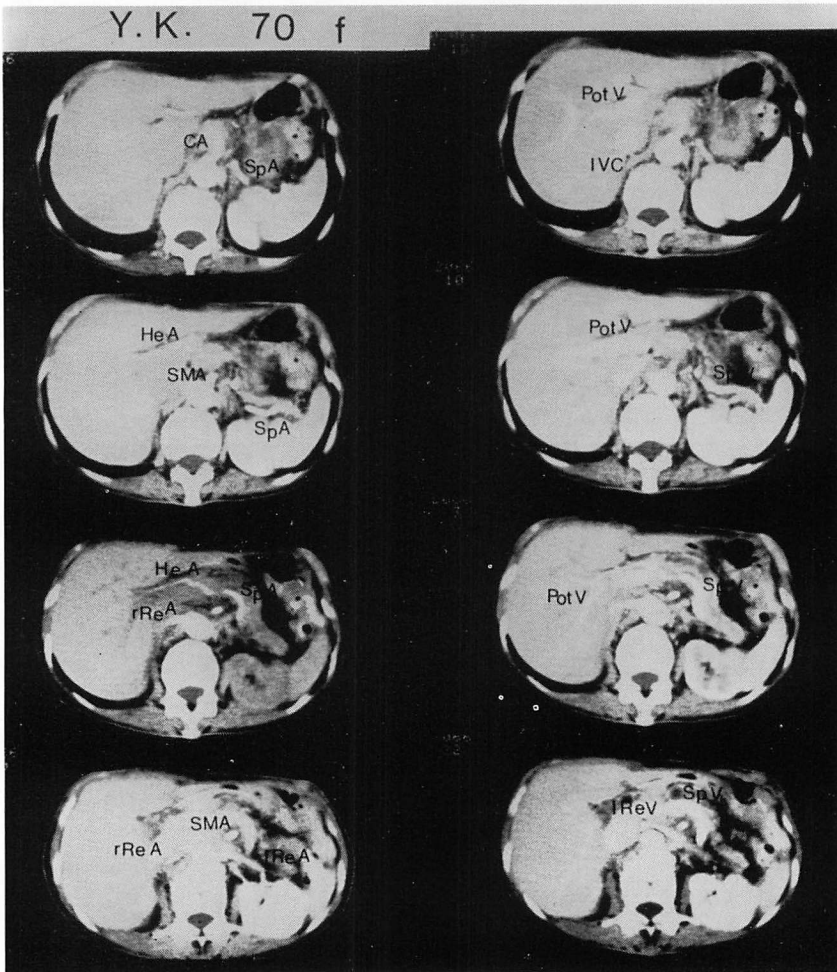


Fig. 3

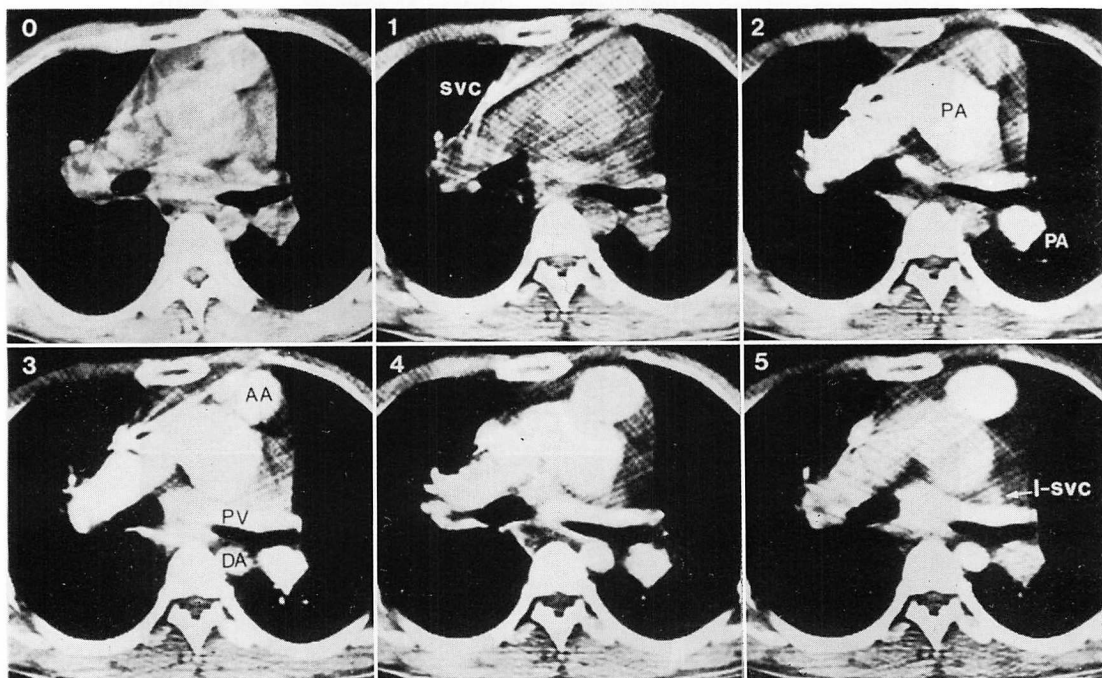


Fig. 4

Fig. 2. Normal coronary arteries by enhanced CT.

The left anterior descending and left circumflex coronary arteries are shown in enhanced CT images at the level of the sinus of Valsalva.

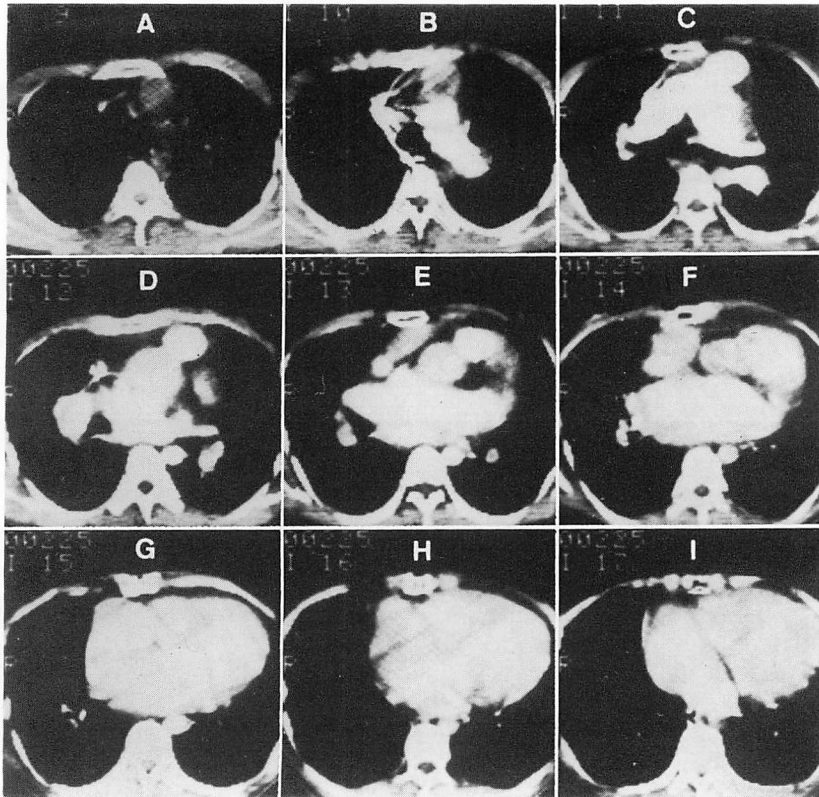
Fig. 3. Enhanced CT images of the normal abdominal aorta.

The branches of the abdominal aorta including celiac artery (CA), superior mesenteric artery (SMA), right renal artery (rReA) and left renal artery (lReA) are shown.

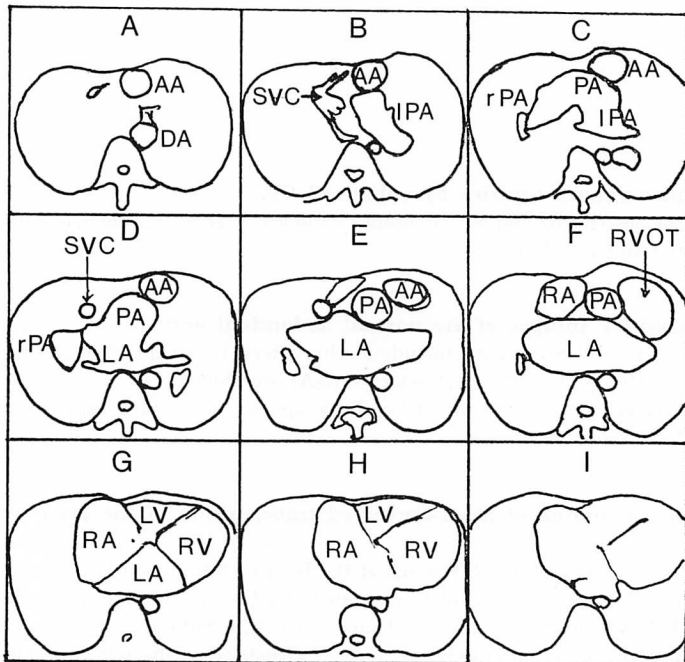
SpA=splenic artery; HeA=hepatic artery; PotV=portal vein; SpV=splenic vein; lReV=left renal vein; IVC=inferior vena cava.

Fig. 4. Dynamic scanning of the L-corrected transposition of the great vessels (51-year-old male).

These figures show the dynamic CT scans at the level of bifurcation of the pulmonary artery. At first, the superior vena cava (SVC) is enhanced (panel 1). About six seconds after injection of contrast medium, the pulmonary arteries (PA) are enhanced (panel 2). Subsequently, about 12 seconds after injection of contrast medium, the ascending aorta is visualized at the left and anterior to the main pulmonary artery (panel 3).



a)



b)

Corrected TG V N S 51 m

Fig. 5

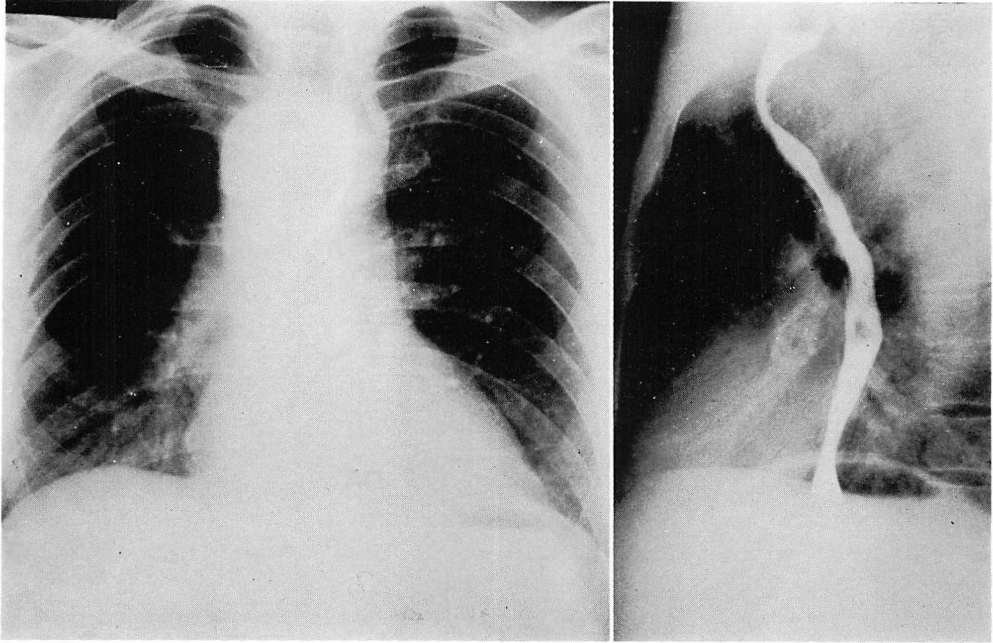


Fig. 6

Fig. 5. Enhanced CT images (a) and the schematic diagrams (b) of the L-corrected transposition of the great vessels (the same patient as in Fig. 4).

These figures show the cardiovascular CT images from the levels of the aortic arch to the left ventricle.

The ascending aorta (AA) is located at the left and anterior to the main pulmonary artery (PA) (panel C). The AA is arising from the right ventricular outflow tract (RVOT), and the PA is situated in the center of the heart (panels E and F).

Fig. 6. Posteroanterior chest radiograph and lateral esophogram (double aortic arch, 53-year-old male).

Mediastinal widening and anterior bulging of the esophagus and trachea are shown.

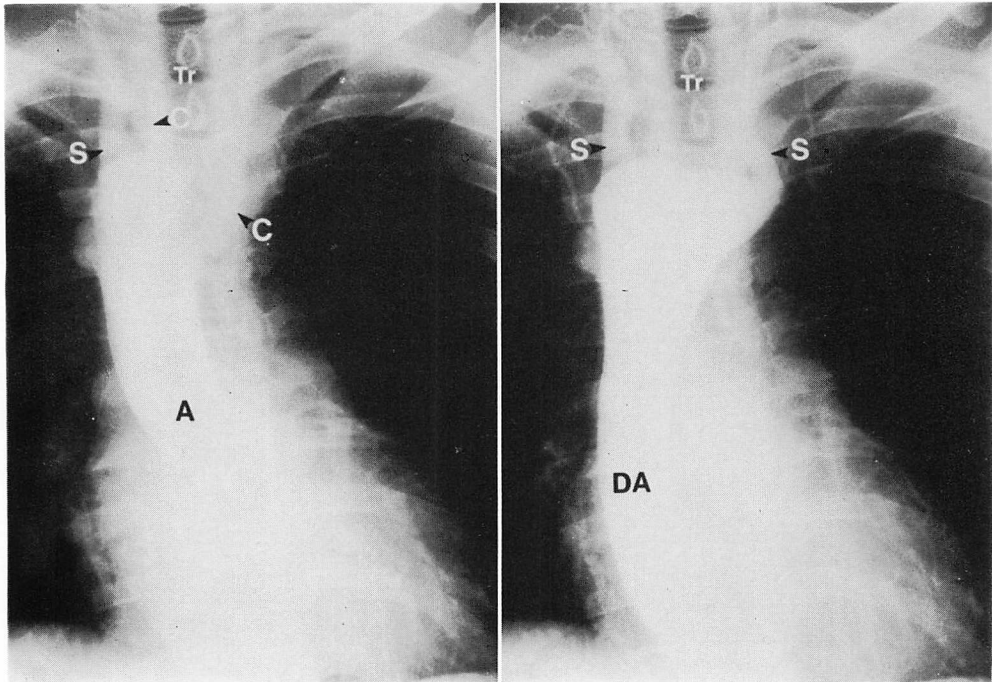


Fig. 7. Aortograms of the double aortic arch (the same patient as in Fig. 6).

The first branch of the ascending aorta is the left common carotid artery (left panel, right C). Right subclavian (S) and right common carotid arteries (left C) branch off from the right aortic arch. The left subclavian artery originates from a diverticulum of the descending aorta (right panel, S).

A=ascending aorta; DA=descending aorta; C=common carotid artery; S=subclavian artery; Tr=trachea.

のレベルのもとでは、大動脈は楕円形の解剖学的右室流出路 (RVOT) につながり、肺動脈主幹 (PA) は通常では大動脈基部が認められるはずの心の中央部に存在しており、大動脈弁が肺動脈弁より上方に位置していることが考えられた。G では、心の左前方に解剖学的左室 (LV) が認められ、それは肺動脈と連絡していると考えられた。なお全体を通して、右房 (RA)、左房 (LA)、肺静脈 (PV)、上大静脈 (SVC) には位置の異常は認められず、L 型修正大血管転位症と診断した。

2. 重複大動脈弓

2 例とも、大動脈弓レベルで左右の大動脈弓が検出された。造影 CT では右大動脈弓のみが開存し、左大動脈弓は一部が嚢状となり閉鎖されていた。

症例は 53 歳男性で、自覚症状は特に無いが、健康診断時に胸部 X 線写真で大動脈の走行異常を指摘され、精査目的にて当科を受診した。Fig. 6 はその胸部 X 線像である。正面像では大動脈弓の右方突出が認められ、また食道造影側面像では、大動脈弓部の食道が前方に圧迫されていることから、重複大動脈弓が考えられた。Fig. 7 は同症例の大動脈血管撮影である。左総頸動脈は左図でみられるように、上行大動脈 (A) の途中より分枝し、右鎖骨下動脈 (S) と右総頸動脈は右大動脈弓の上端より直接分枝しているのが認められた。また、左鎖骨下動脈は右図にみられるように、変形拡大した大動脈弓の左先端より分枝していた。以上のように大動脈造影にて重複大動脈弓および主要分枝は明確に判定できるが、気管や食

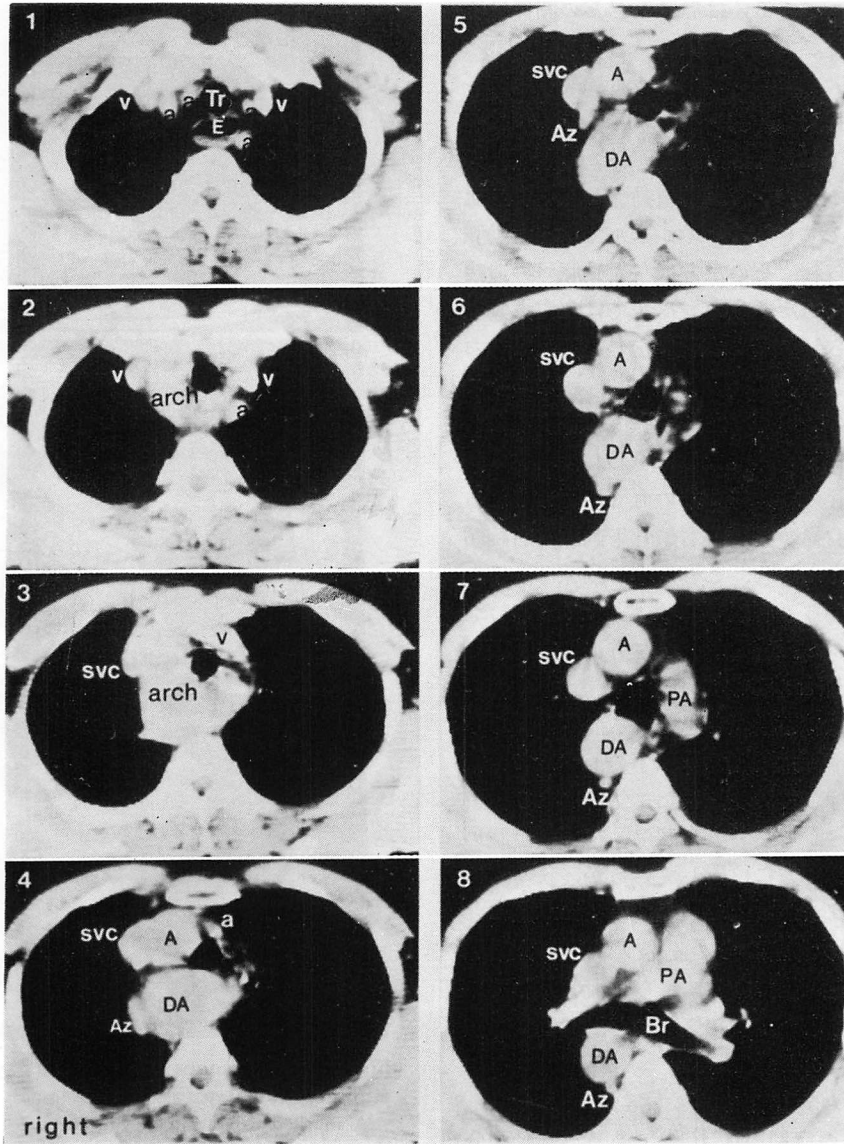


Fig. 8. Enhanced CT images of the double aortic arch (the same patient as in Figs. 6 and 7).

Contrast enhanced CT images are recorded from the levels of the upper mediastinum to the bifurcation of the pulmonary artery. The right aortic arch and the remain of the left aortic arch lying to the posterior side of the trachea and esophagus are shown at the panel 3. The left common carotid artery (a) is shown at the left side of ascending aorta (A) (panel 4, 1 cm lower than panel 3). The left subclavian artery (a) arising from the lateral margin of the diverticulum which is the remain of the left aortic arch at the panel 2 (1 cm higher than panel 3). The right subclavian and right common carotid arteries are noted to the left side of the trachea and esophagus at the panel 1 (1 cm higher than panel 2). The descending aorta is located to the right side of the spine in this case.

Tr=trachea; E=esophagus; V=vein; SVC=superior vena cava; Br=bronchus; PA=pulmonary artery; a=artery; A=ascending aorta; DA=descending aorta.

道の狭窄の程度, あるいは静脈などとの関係は明確ではない. そこで我々は次に CT を行った.

Fig. 8 はこの造影 CT 像である. 縦隔上部レベル (1) から肺動脈分岐レベル (8) まで 1 cm 間隔にスライスした. 上行大動脈 (A) は縦隔前方を上行し, 4 のレベルで左総頸動脈と思われる血管 (a) を分枝していた. 3 のレベルでは右大動脈弓の形成がみられ, その左方は左大動脈弓の遺残部とつながっていた. 2 のレベルでは左右大動脈弓の上端がみられ, その左側に分枝動脈 (a), および両側に静脈 (V) が認められた. すなわちこの動脈は, 3 のレベルの左大動脈弓の遺残部より分枝した左鎖骨下動脈であると思われた. 1 のレベルでは, 気管の右方に 3 本の血管が認められるが, 中央より右総頸動脈, 右鎖骨下動脈, 右腕頭静脈であると考えられ, この 2 本の動脈は, 下方の右大動脈弓から直接分枝したものとされた. また, 同レベルの気管 (Tr) の左方には左総頸動脈, 左腕頭静脈と思われる血管が, 食道 (E) の左後方には左鎖骨下動脈と思われる血管が認められた. 一方, 下行大動脈は 4 以下のレベルでは椎骨の右側を走行しており, また, 気管および食道は 2~6 のレベルで左右大動脈弓, 下行大動脈のために正常より前方に位置しているが, 狭窄はほとんど認められなかった. 以上のように本症における CT では大動脈からの分枝の状態も大動脈造影同様に判定可能であり, さらに血管撮影ではみることのできない食道や気管など, 周囲の組織との関係もみることができた.

3. バルサルバ洞動脈瘤

Fig. 9 はこの症例の CT 像である. 肺動脈分岐部直上のレベル (1) では上行大動脈 (AA) はほぼ正常の大きさを示しているが, 大動脈基部のレベル (3) に限局して上行大動脈より右外方へ著明に拡大突出した瘤 (VAn) が認められ, バルサルバ洞動脈瘤と診断した. また本例は大動脈造影法, 超音波断層法にても同様な所見が認められた.

4. 動脈管開存症 (PDA)

6 例に CT を施行したが, そのうちの 1 例で

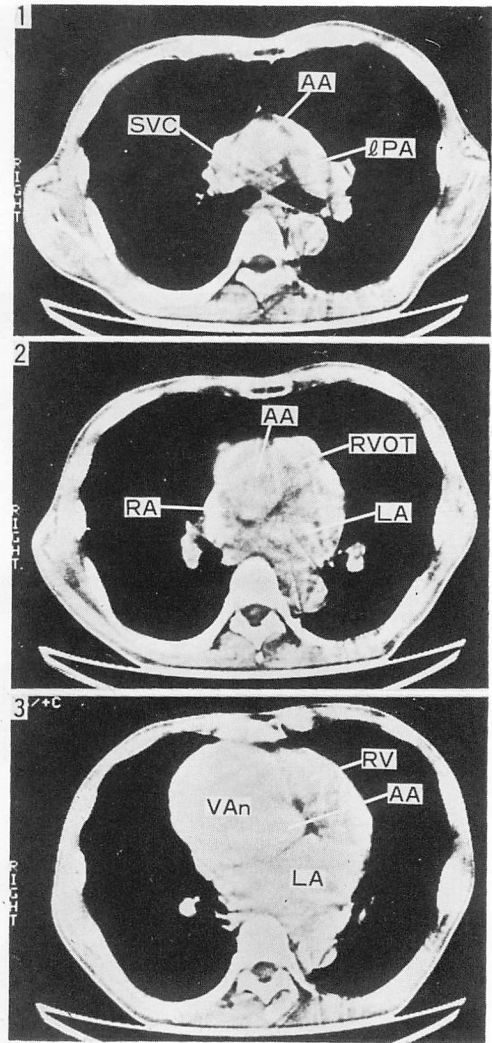


Fig. 9. CT images of an aneurysm of the sinus of Valsalva (59-year-old male).

A marked dilatation of the aorta is shown only at the level of the sinus of Valsalva (3). At the upper level of the aortic root, the ascending aorta is almost normal in size.

VAn=aneurysm of the sinus of Valsalva; LA=left atrium; RA=right atrium; AA=ascending aorta; RV=right ventricle; RVOT=right ventricular outflow tract; SVC=superior vena cava; IPA=left pulmonary artery.

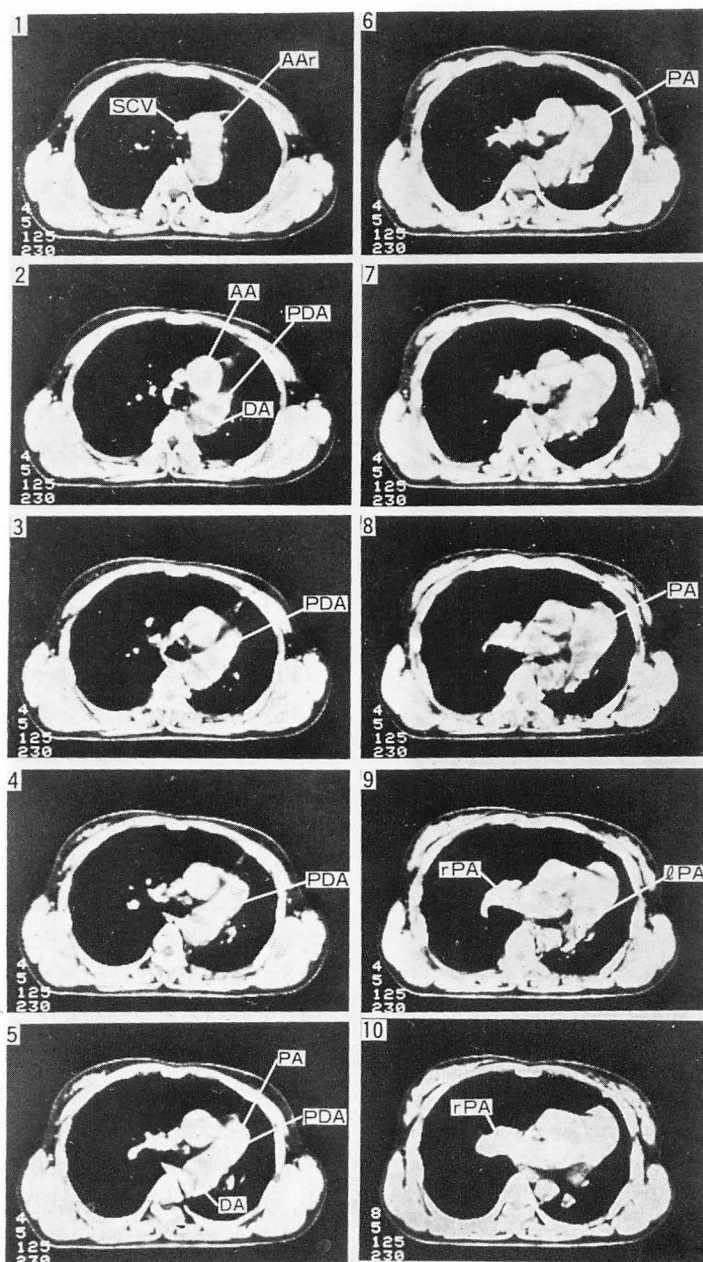


Fig. 10. Enhanced CT of the patent ductus arteriosus (34-year-old female).

These figures show the enhanced CT images scanned every 4 mm interval from the levels of the aortic arch to the bifurcation of the pulmonary artery. The ductus arteriosus (PDA) connecting the descending aorta and the left pulmonary artery is demonstrated at the panels 2 to 7.

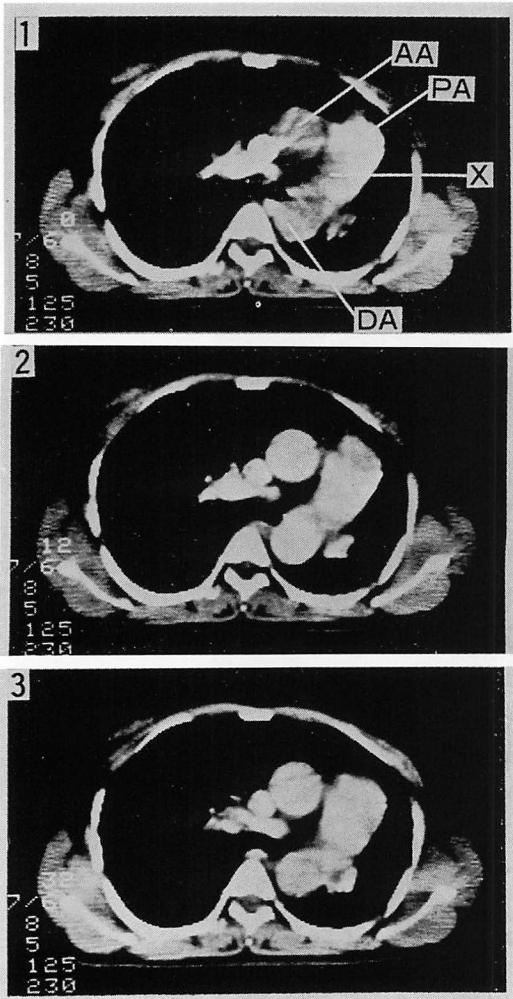


Fig. 11. Dynamic scans of PDA (the same patient as in Fig. 10).

1: About 6 sec after injection of contrast medium, the pulmonary artery is enhanced, but the ascending and descending aorta and ductus arteriosus are not opacified.

2: About 12 sec after injection of contrast medium, the ductus arteriosus is visualized at the same time with the ascending and descending aorta.

3: About 24 sec after injection of contrast medium, the ascending aorta, descending aorta and pulmonary artery are shown to be enhanced equally, demonstrating the left-to-right shunt in PDA.

は動脈管を証明することができた. 他の5例は初期のCT装置であるため解像力が悪く, 動脈管を証明することができなかったが, 最近のCT装置を使用すればさらに証明できる例が増えるものと考えられる.

Fig. 10 は動脈管を証明できた造影CTの1例である. 大動脈弓部レベル(1)より肺動脈分岐レベル(10)までを4mm間隔でスライスした. 2の大動脈弓直下の下行大動脈(DA)より左前方に突出した管(PDA)が認められ, それは肺動脈分岐部付近まで続き, 8のレベルで左肺動脈(IPA)に連絡していた. またこの管は大動脈や肺動脈と同じ濃さで造影されており, 血流があると判断された. 以上より, 下行大動脈と左肺動脈を連絡する動脈管であることが証明され, 動脈管開存症と診断された. 次にシャントの方向をみるために, 6のレベルで連続6回のdynamic scanを行った.

Fig. 11 はそのCT像である. 6スライスのうち代表的な3スライスを示した. 造影剤注入約6秒後の1では, 肺動脈は造影されているが, 動脈管および大動脈は造影されておらず, 明らかな右左シャントは存在しないと考えられた. さらに12秒後の2では, 大動脈が造影されると同時に動脈管も造影されており, 大動脈から肺動脈への左右シャントが考えられた. それよりさらに12秒後の3では, すでに造影剤が均等化しており, 肺動脈と大動脈および動脈管は同じ濃さで示されている. 以上のように, dynamic scanはシャントの方向をみるのに有用であると考えられた.

5. 下行大動脈の椎骨右側走行

下行大動脈は正常では椎骨の左側を走行するが, 先に述べた重複大動脈弓の2例および右胸心の3例で椎骨の右側を走行する所見が認められた.

考 按

縦隔内大血管の先天異常の診断において, 従来では, 大動脈の走行状態およびその分枝の状態を

みるには血管撮影を必要としたが、近年、非侵襲的かつ簡便な X 線 CT 法が応用されるようになってその診断はより容易となり、若干の報告³⁻⁷⁾がなされるようになってきた。すなわち、Taber ら³⁾ および Glanz ら⁴⁾ は CT による右大動脈弓の診断としてそれぞれ 1 例を症例報告し、McLoughlin ら⁵⁾ は大動脈弓や鎖骨下動脈の分枝異常 7 例に対し、CT の診断的有用性を述べている。また、Baron ら⁶⁾ は縦隔内大血管の奇形として、左上大静脈、右大動脈弓、L 型および D 型大血管転位症、肺動脈狭窄症、総動脈幹などの 12 例に、Webb ら⁷⁾ は重複大動脈弓、下行大動脈の右側走行、鎖骨下動脈の分枝異常などの 10 例について、CT の診断的有用性を報告している。

今回我々は各種の大動脈の先天異常 14 例について、CT の診断的価値を検討したが、その結果、PDA を除き全例で CT のみでもそれらの診断は可能であった。すなわち Baron ら⁶⁾ によれば、CT では容易に大血管転位症における大動脈の起始状態や肺動脈と大動脈の位置関係などが判定でき、大動脈が肺動脈の左側にあれば L 型、右側にあれば D 型と診断可能であるという。このさい大動脈と肺動脈の区別が問題となるが、我々は本症例の 2 例に対し上下スライスの立体関係および dynamic scan より、右心肺動脈系と左心大動脈系を区別し、肺動脈の左前方に大動脈が認められることより L 型大血管転位症と診断し得た。これらの例は超音波法でも診断可能であったが、CT ではより容易に診断された。また大動脈弓やその分枝の異常に対する CT の有用性は、Taber ら³⁾、Glanz ら⁴⁾、McLoughlin ら⁵⁾、Baron ら⁶⁾、Webb ら⁷⁾ の報告にみられるように、数多く報告されている。

重複大動脈弓は単純胸部 X 線像で上縦隔が拡大し、食道造影側面像では大動脈弓部で食道が前方に圧迫されている所見を示すが、縦隔腫瘍との鑑別は難しい。本症の CT では、2 例とも大動脈弓レベルにおける左右の動脈弓が容易に検出され、特に造影 CT 法を行えば、その開存の程度

も評価可能であり、両者の鑑別は可能と考えられる。また大動脈造影法に比べ診断力は劣るものの、鎖骨下動脈や総頸動脈などの大動脈主要分枝も CT により判定が可能であり、これらの分枝動脈の異常も検出できた。さらに CT では大動脈造影法では判定し難い気管や食道などの圧迫の程度も知ることができることを考えると、本症の診断に対して、CT は大動脈造影法に勝るとも劣らぬ検査法であると考えられる。

現在まで、バルサルバ洞動脈瘤や PDA に関する CT の報告はみられないようである。バルサルバ洞動脈瘤は超音波断層法によっても容易に診断可能であるものの、胸部大動脈全体を観察することは困難である。一方、CT では大動脈の基部の拡大の有無を観察できることはもちろんのこと、上行・下行大動脈全過程にわたってその拡大の程度を知ることができるので、両者を併用することによりさらに診断能力が増すものと考えられる。また PDA に関しては、6 例中 1 例で動脈管の開存を CT 像より証明できたが、他の 5 例は明らかではなかった。その理由としては、その 5 例では初期の CT 装置を使用しており、解像力が現在のそれよりは劣っていたためか、また造影法などの CT 上の手技が十分に確定されていなかったためと考えられる。したがって、現在の CT 装置を使い、さらにスライス間隔を小さくして仔細に観察すれば、動脈管を証明できる例が増えるものと考えられる。また Fig. 11 に示したように、dynamic scan が、本症におけるシャントの方向をみるのに有用であったことを考えると、この方法は、PDA の他、心房中隔欠損症など、他のシャント性心疾患にも応用できるものと思われる。

以上、先天性大動脈疾患の診断に CT は有用であり、造影 CT 法や dynamic scan を併用すれば、その診断的価値はさらに高くなると思われる。今後、本法は従来超音波法では検出の困難であるこのような血管疾患に対し、広く用いられるべきであると考えられる。

要 約

我々は当教室において、過去5年間に成人850例に心血管系CTを施行し、大動脈基部から腸骨動脈分岐部に至るまで、大動脈の経過を追うことができた。また、多くの例で冠動脈、腕頭動脈、総頸動脈、鎖骨下動脈、腹腔動脈、上腸管膜動脈、腎動脈、総腸骨動脈など、大動脈の主要分枝を検出できた。したがって、これらの範囲の大血管の異常の検出にCTを用いるべきであると考えた。

今回はこれらの850例のうち、大動脈および大血管の先天異常を有する14例に対し、CTの診断的価値を検討した。その内訳はL型修正大血管転位症2例、重複大動脈弓2例、バルサルバ洞動脈瘤1例、動脈管開存症(PDA)6例、下行大動脈の椎骨右側走行5例(重複大動脈弓の2例および右胸心3例)である。

PDAの症例を除き、これらはCTのみでも診断可能であった。すなわち、L型修正大血管転位症では肺動脈と大動脈の起始の状態および位置関係で、大動脈が肺動脈の左前方を平行に上行している所見より診断は容易であり、重複大動脈弓では、診断のみならず血管輪による気管や食道の圧迫および狭窄の程度、また左右大動脈弓の開存の程度を判定し得た。バルサルバ洞動脈瘤では、大動脈基部のバルサルバ洞に限局して、上行大動脈の著明な拡大が認められることより診断は容易

であった。PDAの1例では、下行大動脈と左肺動脈を連絡する動脈管が証明された。

以上の診断は単純CTでも可能であるが、造影CTがより有用であった。またdynamic scanでは造影剤の流れを経時的に追うことができ、この方法は右心系と左心系の区別、およびPDAのシャントの方向をみるのに有用であると考えられた。

文 献

- 1) Korobkin M, Kressel HY, Moss A, Koehler RE: Computed tomographic angiography of the body. *Radiology* 126: 807-811, 1978
- 2) Tateno Y, Tanaka H: Low-dosage X-ray imaging system employing flying spot X-ray microbeam (dynamic scanner). *Radiology* 121: 189, 1976
- 3) Taber P, Chang LWM, Campion GM: Diagnosis of retro-esophageal right aortic arch by computed tomography. *J Computer Assisted Tomography* 3: 684-685, 1979
- 4) Glanz S, Gordon DH: Right aortic arch with left descent. *J Computer Assisted Tomography* 5: 256-258, 1981
- 5) Mcloughlin MJ, Weisbrod G, Wise DJ, Yeung HPH: Computed tomography in congenital anomalies of the aortic arch and great vessels. *Radiology* 138: 399-403, 1981
- 6) Baron RL, Gutierrez FR, Sagel SS, Levitt RG, Mcknight RC: CT of anomalies of the mediastinal vessels. *Am J Roentgenol* 137: 571-576, 1981
- 7) Webb WR, Gamsu G, Speckman JM, Kaiser JA, Federle MP, Lipton MJ: CT demonstration of mediastinal aortic arch anomalies. *J Computer Assisted Tomography* 6: 445-451, 1982