会期：2004年10月22日
会場：グランキューブ大阪

マルチスライスCTによる心臓血管イメージング

松尾信郎・堀江 稔

滋賀医科大学呼吸循環器内科

Cardiovascular Imaging by Means of Multi-slice CT in Cardiology

Shinro Matsuo, and Minoru Horie

Department of Cardiovascular and Respiratory Medicine,
Shiga University of Medical Science

はじめに

わが国の冠動脈造影は、年々増加の一途をたどっており、Japanese Coronary Intervention Studyの報告では、1997年から2000年の間には、年間約54万件の冠動脈造影検査が施行されている。このなかで血行再建術やバイパス術の対象となったものは17万件であった。この研究から約7割もの患者に診断的冠動脈造影が行われていることが分かる¹⁾。従来の冠動脈造影は少なからず侵襲性があり、検査時の合併症の危険は皆無ではない。一般には入院治療が必要とされ、医療費に占める割合も年々増加している。このため非侵襲的に行える簡単な検査の普及が望まれる。

非侵襲的冠動脈検査法であるCTの臨床応用は、主に電子ビームCTやヘリカルCTを用いた冠動脈石灰化の定量化が主流であり、造影剤による冠動脈直接描出は以前には困難であった。なぜなら、冠動脈の画像化には心拍動や呼吸の影響などの不利な条件があり、良好な画像描出が困難であった。最近登場した心電図同期マルチスライスCT(multi-slice CT; MSCT)は、連続撮影で得られたデータから任意の時相を取り出し、volume rendering (VR), maximum intensity projection (MIP), multiplanar reconstruction (MPR)等の画像再構成法で、冠動脈の内腔の血流情報と血管壁の情報が得られるようになった。

滋賀医科大学附属病院では、2002年10月から8列MSCT、そして、2004年11月から16列MSCTを使用し診療を行っている。そこで本稿では、循環器内科の立場からMSCTによる冠動脈狭窄およびプラーク評価、血管形態評価、心機能評価、そして診断の現状と有用性について述べる。

1. CT撮像方法と評価法

われわれの施設で使用しているMSCTは、東芝社製

Aquilion(8列)とシーメンス社製Sensation Cardiac(16列)である(Fig. 1)。ワークステーションはAMIN Zio M900 Singleを用いている。また、心電計はフクダ電子Dyna Scopeを、自動注入器は根本杏林堂A-250を使用している。検査方法は、静脈ライン確保(右手肘静脈)し、心電図の装着を行い、心電図波形を確認した後、撮影時の息止めを容易にするために経鼻酸素吸入(3l/min)を行う。位置決め用の単純CT撮像後に、非イオン性ヨード造影剤(オプチレイ、タイコヘルスケアジャパン)を肘静脈から自動注入後、real prep法により撮像する²⁾。造影剤は濃度の違うものが数種類あるが、プラーク評価目的ではプラークへの造影効果の影響を少なくするため、われわれは低濃度(320mgI/ml)のオプチレイを用いている。一回呼吸停止下に心基部から心尖部へ向かい、約10~15cmの範囲をヘリカルスキャンにて撮影する。心拍数調整は、心拍数60以上の場合には β 遮断剤セロケン(40mg)1tabを使用する(CT撮影約60分前に内服)。気管支喘息など β 遮断薬の使用禁忌の例ではヘルベッサ(田辺製薬)を使用する場合もある。そして、造影剤の注入のタイミングとスキャン開始の正確な同期は大変重要である。画像再構成はretrospective ECG gated reconstructionを行い、画像スライス厚1mmないし0.5mm、再構成間隔0.25mm、心拍位相70%で、セグメント再構成法は場合により他の位相を追加する。プラーク評価やステント内評価にはスライス厚0.5mmを用いる。再構成では、絶対反し時間を用いたP波法がある。これは、拡張末期における心房収縮による心室容積拡大の時相を避けるために、再構成幅(時間分解能)の終端を心房収縮開始の指標であるP波の頂点におく方法である。また、心房細動や心房性期外収縮などの不整脈がある場合には、絶対遅延時間を用いたT波法を用いることがある。これは心周期のなかで、心室容積に変化の少ない心位相画

像を描出するために、T波の終わりに再構成の中心をおく方法である。今までの心電図同期再構成法では心房細動の場合は適応ではないとされていたが、今後は使えるようになってくるものと考える。また、各RR間隔を100等分に分割し、それぞれのRR間隔で相対的な指定パーセントを中心に再構成する相対遅延パーセント法がある。心拍数が多いと画像の劣化をきたすことはよく知られている。症例によって個人差があるが、このほか撮影中の心拍変動によっても画像が劣化するため注意が必要である。息止め後すぐには徐脈となることが多く、数秒の間隔をおいてから撮影を開始する。心拍変動が大きい場合には拡張期が変動するために再構成法のなかで相対遅延パーセント法よりも、絶対遅延パーセント法を用いた画像が良好である場合がある。

2. 冠動脈狭窄評価

虚血性心疾患患者50例において、同時期に従来の冠動脈造影とMSCTによる冠動脈造影との比較をした。冠動脈造影をgold standardとしたときのMSCTによる冠動脈狭窄病変の診断感度は80.2%，特異度は95.6%であった³⁻⁶⁾。われわれの施設ではVR画像を参考画像として用い、axial画像、MPR画像、MIP画像により三次元画像診断を行ったところ、冠動脈狭窄病変を正確に診断することが可能であった。ただし、MSCTの狭窄度と冠動脈造影の狭窄度は必ずしも一致しないことは観察方法が違うために起こりうる。冠動脈造影で正常と診断された場合でも、MSCTによりプラークが存在し軽度の狭窄病変と診断する症例を経験している。イマトロンCTによる冠動脈石灰化評価検出は冠動脈硬化の指標であるが、MSCTにおいてもより鮮明に石灰化の評価が可能であり、石灰化の情報は冠動脈疾患のリスク評価および術前の情報として重要である。読影においてはMPR画像、MIP画像を多用する。患者への説明には、視覚的に分かりやすいVR画像を用いることが多い。著者は検査により先天性冠動脈起始異常(単冠動脈)などが偶然に観察された症例を経験した。右冠動脈や左冠動脈の起始異常が見つかることもある。

3. スtent内評価および石灰化

現在のインターベンション治療においてはstent留置が治療の主流である。現在主流であるステンレス・スチールやナイチノールstentの内腔は十分評価可能である。最近わが国でも薬剤溶出stent (drug eluting stent: DES)が使用できるようになり、stent留置後の新生内膜増殖を抑制することで再狭窄率が一層減少することが報告されている。われわれ

Fig. 1 滋賀医科大学CT室 右は著者、左は牛尾技師

の施設では、stentの開存部位の有無をstentに直交するラインでプロフィールカーブを作製し、stent内のCT値を計測することで診断した。これによりstentの開存の有無に関しては100%診断可能であった(100%:13/13)⁶⁾。Fig. 2に例を示す。しかしながら、stentの内腔は、stentによるアーチファクトのために評価が困難となることが多い。特にstent径が小さいほど評価は困難である。stent径が3.5mm以上あり、心拍数が60/分以下であれば通常のcurved MPR像によってstent内腔の評価を行うことができる。われわれは、冠血行再建術後の症例の一部に対してはMSCTのみで経過観察を行っている。DESによって再狭窄率が減る可能性があり、MSCTにより再狭窄の評価ができれば医療費の抑制や患者負担の軽減の観点からも有用である。しかし、実際よりもstent内は細く描出されることがあり、このため負荷心筋シンチグラフィによる虚血評価が必要となることもある。

冠動脈の石灰化はMSCTでの冠動脈の内腔の評価には妨げになり得る。石灰化が多い症例では冠動脈硬化症の存在するリスクが高いことが報告されている。実際に高度の石灰化例においては、axial像にて石灰化病変を観察し内腔の狭窄を評価することが必要である。高度の石灰化例やstent留置症例ではプロフィールカーブを描いて、解析方法を工夫することにより、stentの開存性が評価可能となる。冠動脈細分枝は細分枝を末梢まで完全に追える場合に細分枝の描出が可能と判断した。冠動脈細分枝の描出能は右室枝(RV branch)において91%，第一対角枝(#9)においては87%であった⁶⁾。

4. プラーク評価

急性冠症候群は、粥状プラークの崩壊と、これに伴う血栓形成が急性の心筋虚血を意味する病態学的概念であるが、虚血性心疾患診断のgold standardである冠

Fig. 2 68歳男性, 狭心症の症例 ステンツ留置術1年後のフォローアップ検査. 右冠動脈のセグメント#2に留置されたステント画像
(a)ステント部位の短軸断面像
(b)垂直断面像

動脈造影は血管壁の病態を必ずしも反映せず, 狭窄の有無よりも壁性状評価が可能な検査法が望まれている. なぜなら, 急性冠症候群の主病因といわれる不安定プラーク (vulnerable plaque) を観察することは, その後の心筋梗塞発症を予知できる可能性があるからである. 不安定プラークの特徴は薄い線維性皮膜 (fibrous cap) や calcified nodule, びらん (erosion) が挙げられる. 血管内超音波と血管内視鏡が臨床的に利用される検査法であるが, 多数の症例において外来で臨床応用するためには, より非侵襲的な評価が必要である. われわれは10例, 31の狭窄部位においてMSCT冠動脈内視鏡のプラークの性状評価を比較検討した結果, lipid coreを含む(破綻しやすい)soft plaque (n=10, CT値 17 ± 24 Hounsfield単位, HU), 比較的安定な中間群のintermediate plaque (n=8, CT値 98 ± 21 HU), 石灰化プラーク (calcified plaque) (n=13, CT値 499 ± 192 HU) をCT値より鑑別可能であった^{3, 4)} (Fig. 3). これにより血管内超音波 (IVUS) を用いて観察されたプラークの所見をMSCTにおいて観察することができ, IVUSで観察された線維性プラーク, 脂質コアと線維性皮膜の観察がMSCTにおいても可能であった. 68歳男性で右肩の痛みを主訴に当院外来を受診し, 心電図は完全右脚ブロックであった症例において, 血清酵素値, 心エコーのいずれにも異常を認めなかった. 直ちにMSCTによる冠動脈造影とプラークの評価を行った. VR画像およびcurved MPR画像では左前下行枝セグメント#6に有意狭窄を認めた. 狭窄部に偏在性のプラークを認め, そのCT値は, 10~30HUであった. 病変部位の血管は陽性リモデリング (positive remodeling) を認めた. 以上から, この症例は左前下行枝セグメントの#6を責任病変とする急性冠症候群であると診断し, 直ちに冠動脈造影と責任病変部にステント留置術を行った. Fig. 4に示すとおり, プロフ

Fig. 3 プラークのCT値とIVUS所見との関係

ファイルからCT値を測定した. プラークのCT値を測定する際には留意しておく点がある. 造影によるpseudoenhancement, 心拍動による影響, partial volume effect, 石灰化による影響, プラークの不均一性やプラークそのものへの造影効果などである. これらの要因はCT値に少なからず影響するため, CT値の測定精度についての血管径や心拍数によって変動する可能性も報告されているが, 基礎的な多くの検討が望まれる. Fig. 5に左冠動脈主幹部のプラークを観察した例を示す. 病変部位のリモデリングは病変部の近位側と遠位側の両方を比較し, 病変部の血管径が増大していれば陽性リモデリングといい, 血管径が減少していれば陰性リモデリング (negative remodeling) と呼ぶ. 血管内腔が40%程度の狭窄に達すると, 血管が外に向かって広がり内腔を維持しようとする反応が陽性リモデリングである. 陰性リモデリングの方が陽性リモデリングより, ステント留置後の内膜増殖が少なく, ステント留置術後の成績が良い. また, 陽性リモデリングを

Fig. 4 プロファイルカーブによるCT値の測定

Fig. 5 左冠動脈主幹部のプラーク

きたしている病変部にはプラークが多いことが分かっている。このように近年、陽性リモデリングが脆弱プラークの危険因子であるとして注目されるようになり、その評価にMSCTの有用性が期待されている。今後は血行再建術の施行前に、病変部のプラークやリモデリングの情報を非侵襲的に観察することも循環器内科医には有用である。また、強力な脂質低下療法によりプラークの面積が減少することが、血管内超音波検査を用いた研究により明らかにされた。抗動脈硬化薬の治療効果判定にMSCTを用いた画像診断が臨床応用され、プラーク量を測定できる可能性があると考えられる。不安定プラークの性状の特徴は脂質の情報だけではなく、マクロファージ、好中球の浸潤やプラーク内の calcified nodule、血管のリモデリングなどの情報が必要であり、MSCTでの限界も存在する。

5. 心機能評価

MSCTでは、冠動脈イメージングと同じデータを用いて、心機能の解析が可能である。心機能の情報は臨床医にとって有用である。心機能の解析には、壁運動と壁厚増加率の評価、容積計測(左室拡張期、収縮期容量、左室駆出率、心筋重量)心筋灌流(造影剤による染まり)が含まれる。また、われわれの施設では容積曲線微分解析ソフト; VCDiff(第1ラジオアイソトープ研究所)を用いることにより拡張能の解析を行うことが可能である⁷⁾。シーメンス社製のSensation Cardiac付属のArgusにおいても、複数の心時相で再構成した画像から心腔内の輪郭抽出を行い、各時相の心室容積や心筋の厚さ等を計算することができる。Fig. 6に心機能評価の例を示す。虚血性心疾患では、心筋虚血を生

じると拡張能異常が起こり、後に収縮能異常、左室充満圧上昇、心電図変化、そして胸痛を生じる^{8, 9)}。拡張能評価には、初期の心疾患での異常を検出できる可能性があり、临床上重要である。また、肥大型心筋症のような非対称性心筋肥大症例においても正確に心機能を測定できる可能性がある¹⁰⁻¹²⁾。

多断面の心臓軸断面で動画像を観察することにより左室内腔の評価と心筋壁厚の増加の観察ができる。広範囲の貫通性陳旧性心筋梗塞の場合には、梗塞部位の壁収縮異常とともに心筋壁の非薄化と壁収縮低下が観察される。小さい範囲の心筋梗塞の場合には、梗塞部位の壁収縮がみられないが、周囲の壁収縮に引きつられて左室内腔の動きがほぼ正常にみられるような状態を観察することもある。心筋壁厚が薄くバイアビリティのない心筋に対する血行再建術は、壁運動の改善はみられないのに対し、壁厚がありバイアビリティの保たれている場合には血行再建術後の機能的回復が認められる。心臓核医学検査がバイアビリティ検査の gold standardであるが、MSCTにより心筋壁厚を正確に測定することができるため、心筋バイアビリティ有無の推測がある程度は可能である。CTにおいてはヨード濃度とCT値が比例するために、心筋組織内の血流量あるいは血流量評価の定量的評価がCT値測定により可能である。不整脈源性右室心筋症の心室壁の評価にも有用である(Fig. 7)。ただし、心機能評価は現在のところ冠動脈評価に付随して得られる情報であり、検査の主目的ではないことが多い。

6. 解離性大動脈瘤

解離性大動脈瘤の診断において超音波検査や

Fig. 6 心機能評価

Fig. 7 不整脈源性右室心筋症の心室壁

Fig. 8 解離性大動脈瘤と心臓バイパスの同時手術

MSCT, MRIは、必要不可欠な検査である。胸部痛で来院した場合で、胸部レントゲンで解離が明らかでない場合でも的確に診断することができる。大動脈解離は広範囲に進展する場合が多く、カテーテルによる造影が破裂の危険を伴うのに対して、MSCTにより非侵襲的に血栓化した偽腔の描出や剥離内膜の描出が可能である。上行大動脈解離に対する人工血管置換術と心臓バイパス術の同時手術を行った症例をFig. 8に示す。

7. 心臓バイパス術後評価

現在の16列のMSCTにおいても心臓バイパス術後の開通性の評価はVR像やcurved MPR画像において十分可能である。最近では心拍動下冠動脈バイパス手術により早期に退院する例が多く、また、多枝病変や複雑病変に対するバイパスが増えているのでバイパス吻合部に対する経過観察だけでなく既存の冠動脈病変についてもMSCTにより評価することで、虚血性心疾患治療の有用な情報が得られる。静脈グラフト、内胸動脈、胃大網動脈を用いたグラフトの開存性の評価において良好な結果が得られている。

8. 心臓腫瘍

心臓腫瘍には粘液腫や心線維腫といった良性腫瘍や悪性リンパ腫のような悪性腫瘍などがある。MSCTにより腫瘍の大きさ、性状だけでなく、進展度が迅速に診断できる。Fig. 9の症例は左房粘液腫である。原発性心臓腫瘍全体の3割、原発性良性心臓腫瘍の4割を占める。心腔内のいずれの箇所にも発生しうるが、

Fig. 9 心臓腫瘍の症例 左房粘液腫

3/4は左心房内の卵円窩領域から発生する有茎性の腫瘍として認められる。粘液腫は塞栓症や急死の原因となりうるので、全例外科治療の適応となり、診断後すぐに外科的に切除された。一方、血管肉腫、横紋筋肉腫、線維肉腫、悪性リンパ腫が代表的な原発性悪性心臓腫瘍である。その頻度は原発性心臓腫瘍の1割以下である。30歳代から50歳代にかけて好発し、粘液腫と異なり右心房が好発部位である。これらの肉腫に対しては放射線療法や化学療法を行うことが多い。著者はMSCTでの腫瘍形態所見から悪性腫瘍が疑われたため、経皮経管的に腫瘍の生検を行いB細胞悪性リンパ腫と確定診断した症例などを経験した(Fig. 10)。心臓腫瘍の迅速な鑑別診断にMSCTは有用である。また、

Fig. 10 B細胞悪性リンパ腫 (a)血管内エコー画像, (b)生検病理組織. B細胞が多数観察される.

Fig. 11 アブレーション治療前の肺静脈奇形の症例

心エコーでは観察の困難な心尖部や左心耳の血栓の観察を行うことができる。

9. 心房粗動のアブレーション治療

心房粗動の多くは右心房の三尖弁輪周囲を巡回するリエントリーを機序とする。この回路を横断するように線状に右房壁を高周波通電により加熱し凝固壊死させることにより、心房粗動を根治する。このような手術前の左心房や肺静脈の形態評価にMSCTは大変有用である。これにより静脈奇形の有無や血管の走行、細い枝の走行や左心耳の血栓の有無を術前に非侵襲的に知ることができ、また、術後の経過観察にも有用である¹³⁾。手術前に形態情報が得られることで合併症の発生を予防できる可能性がある。Fig. 11に肺静脈奇形の

症例を示す。心房細動でのMSCTの撮影は、洞調律に比べると困難となるが収縮期画像を用いることでほとんどの場合十分な画像が得られる¹⁴⁾。

10. 動脈管開存

動脈管は母親の胎内にいるときは誰にでもある大動脈と肺動脈を結ぶ管であり、出生後、数時間で自然に閉鎖する。この動脈管が何らかの原因で閉鎖しないために、心臓から拍出された血液の一部が大動脈から開存した動脈管を通り肺動脈に流れる状態を動脈管開存症(patent ductus arteriosus : PDA)といい、比較的頻度の高い先天性心疾患の一つである。Fig. 12は連続性雑音が聴診され、動脈管開存症と診断した症例である。

Fig. 12 動脈管開存症の症例

11. 今後の展開

心電図同期MSCTは、一度の撮影にて心機能解析から冠動脈描出までone-stop shopとして可能であるため、今後大いに普及する非侵襲的検査法であると考えられる。今後の展開としては、MSCTの16列、さらには256列への多チャンネル化、被曝量低減、時間分解能のさらなる改善などが期待される。64列MSCTでは、 β 遮断薬やカルシウム拮抗薬による心拍数調整が不要となり、撮影時間の短縮により心拍変動の影響を受けにくくなることが期待される。現在のシステムでは約100mlの造影剤を使用しているため、腎機能低下や心不全患者においては使いにくい。また、検出器の多列化に伴い被曝量が増加する。臨床的には診断結果が出るまでに数時間を要する。このため緊急検査には対応しづらく、即治療が必要となることが予想される場合には心臓カテーテル検査となることが多い。カテーテル操作が困難な解離性大動脈瘤や動脈瘤の患者、安静

の保てない患者、負荷心電図にて陽性の患者、冠動脈危険因子を持つ患者などを対象に検査を行っていく必要がある。

12. 結 語

MSCTによって、臨床医はまず、冠動脈疾患において重要な冠動脈の情報(狭窄度、プラーク、リモデリング)を非侵襲的に知ることができる。そして、付録として心機能の評価(収縮能、拡張能)や心筋性状評価が可能となる。しかも、この心機能の情報は臨床的に有用である。冠動脈疾患で閉塞を起こしている人は、氷山の一角に過ぎない。冠動脈危険因子を複数持つ人のなかに閉塞をきたさない動脈壁の異常のみが存在する病態がある。将来的にMSCTによる動脈壁の性状評価が、最も重要であると考えられる。しかし、放射線被曝と造影剤の使用の問題などは残されている。こういった欠点を克服する余地はあるものの、MSCTは循環器画像診断のモダリティとして十分な価値を有すると考える。また、臨床においてMSCTは非侵襲的に検査できることで、入院日数の減少、撮影患者数の増加、使用造影剤の減少、他の検査の減少などが見込まれ、医療経済的にも有用性を期待することができる。医療費の個人負担が増加するなかで、MSCTで得られる情報を有効に利用することで、患者の満足度を向上するうえでも意義があると考えられる。ただし、解析や画像の再構成には放射線技師の大変な労力が必要であり、今後は解析の自動化などの発展が必要である。

謝 辞

滋賀医科大学附属病院放射線技師および放射線科医師のMSCT検査の技術的な貢献に感謝する。

参考文献

- 1) Nishizaki K, Yamazaki T, Fujiwara H, Japanese Coronary Intervention Study (JCIS) Group: Assessment of coronary intervention in Japan from the Japanese Coronary Intervention Study (JCIS) Group-Comparison between 1997 and 2000. *Circ J*, 68(3), 181-185, (2004).
- 2) 安野泰史: 心臓CTの基本的撮影法. 画像診断, 21(12), 1290-1296, (2001).
- 3) Matsuo S, Nakamura Y, Matsumoto T, et al.: Noninvasive evaluation of coronary artery plaque with ECG-gated multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 43(5), 363-364, (2004).
- 4) Matsuo S, Nakae I, Matsumoto T, et al.: Noninvasive evaluation of coronary artery plaque with electrocardiographically-gated multislice computed tomography. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 2005 (in press).
- 5) Matsuo S, Nakamura Y, Matsumoto T, et al.: Visual assessment of coronary artery stenosis with electrocardiographically-gated multislice computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging*, 20(1), 61-66, (2004).
- 6) 松尾信郎, 中村保幸, 松本鉄也, 他: マルチスライスCTによる冠動脈病変評価における有用性の検討. 循環器科, 54(5), 428-432, (2003).
- 7) Matsuo S, Matsumoto T, Nakae I, et al.: Evaluation of cardiac resynchronization therapy in drug-resistant idiopathic dilated cardiomyopathy by means of Tc-99m tetrofosmin electrocardiography-gated single-photon emission computed tomography. *Exp Clin Cardiol*, 9(4), 248-250, (2004).
- 8) Matsuo S, Nakamura Y, and Kinoshita M: Poststress left ventricular function in patients with coronary artery disease using measured by TI-201 ECG-gated SPECT. *Exp Clin Cardiol*, 7(1), 30-34, (2002).
- 9) Matsuo S, Takahashi M, Nakamura Y, et al.: Evaluation of cardiac sympathetic innervation with iodine-123-metaiodobenzylguanidine imaging in silent myocardial ischemia. *J Nucl Med*, 37(5), 712-717, (1996).
- 10) Matsuo S, Nakamura Y, Takahashi M, et al.: Myocardial metabolic abnormalities in hypertrophic cardiomyopathy assessed by iodine-123-labeled beta-methyl-branched fatty acid myocardial scintigraphy and its relation to exercise-induced ischemia. *Jpn Circ J*, 62(3), 167-172, (1998).
- 11) Matsuo S, Nakamura Y, Tsutamoto T, et al.: Impairments of myocardial sympathetic activity may reflect the progression of myocardial damage or dysfunction in hypertrophic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol*, 9(4), 407-412, (2002).
- 12) Matsuo S, Matsumoto T, Nakae I, et al.: Impaired sympathetic nerve function may play an important role in enhancing coronary vasoconstriction in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*, 110(17), III-602 (Suppl.), (2004).
- 13) Matsuo S, Nakamura Y, and Kinoshita M: Warfarin reduces silent cerebral infarction in elderly patients with atrial fibrillation. *Coronary Artery Dis*, 9(4), 223-226, (1998).
- 14) Matsuo S, Matsumoto T, Nakae I, et al.: Anomaly of the left atrium in patients with atrial fibrillation detected by ECG-gated multi-slice computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging*, 21(4), 455-458, (2005).