

特集 小児画像診断の正常変異, 偽病変, 境界病変, アーチファクト

胸部心大血管領域のアーチファクト, 正常変異

田波 穰, 細川崇洋, 佐藤裕美子, 白田 剛, 小熊栄二

埼玉県立小児医療センター 放射線科

Artifacts and normal variations in pediatric imaging – Chest and cardiovascular area –

Yutaka Tanami, Takahiro Hosokawa, Yumiko Sato, Go Shiota, Eiji Oguma

Department of Radiology, Saitama Children's Medical Center

Abstract

Misdiagnosis in pediatric imaging is not an uncommon event. Practical and technical challenges occur when imaging infants and children, presenting clinicians and research teams with a unique set of problems. These include procedural difficulties (e.g., participant anxiety or movement restrictions), technical obstacles (e.g., availability of child-appropriate equipment), and the challenge of choosing the most appropriate analysis methods for pediatric imaging. Artifacts are false images, or parts of images, that do not represent true anatomic structures. Physicians should have a basic understanding of the physical principles of imaging artifacts to make a correct interpretation of pediatric images. Moreover, if physicians are not familiar with common normal anatomical variants, they can easily be mistaken for pathology. Here, we first review some of the most common artifacts encountered in pediatric imaging. Second, we will summarize and review normal variations of trachea, lung and great vessels.

Keywords : *Artifact, Normal variation, Pediatric imaging, Chest, Cardiovascular*

はじめに

小児の画像検査は実に多くのバリエーションが存在する。その理由としては、体格が様々である事、検査時のアーチファクトが多い事、多数の正常変異が存在する事などがあがる。特に、学童期以下の年齢では検査への理解が十分でない、長時間の検査に耐えられない、検査室の環境に影響されやすいといった特徴があるため、時に体動によるアーチファクトのために検査自体が成立しない場合がある。また、乳幼児では胸腺の存在や気管の柔軟性などが、胸部の画像

診断に大きな影響を与える。本稿では胸部画像診断における比較的頻度の高いアーチファクトについてまず取り上げ、次に気管、肺、大血管の正常変異について述べる。

各検査におけるアーチファクト

アーチファクトとは技術上の原因や被写体の動きなどによって人体情報以外の陰影が発生する疑似画像である。小児領域ではさまざまなアーチファクトを伴い、これらが読影上問題となる

事がある。胸部大血管領域で使用される画像検査は主に単純X線写真、CT、MRIである。心臓に関しては小児循環器科により超音波検査が行われており、放射線科がその過程に携わる場合は少ない。また、核医学検査は別項が設けられているため、本稿では割愛する。

1) 胸部単純X線写真

胸部単純X線写真は新生児、乳児の画像診断において最初に行われることが多い画像検査であるが、新生児、乳児の胸部単純X線像は撮影条件が良好な場合はむしろ少なく、様々な因子が画像に影響を与える¹⁾。胸部単純X線写真で臨床問題となるのは呼気相撮影、体位や撮影時の位置決めの影響、患児の胸郭のねじれの影響、皮膚など体外のアーチファクトなどがある。呼気相に撮影された写真では、肺野は全体に透過度が減少する (Fig.1)。また、心胸郭比も呼吸相により異なり、呼気相では心胸郭比が増大する。

これらの所見から心拡大や無気肺との鑑別が問題となる場合がある。第8肋間よりも頭側に横隔膜が位置する場合には呼気相撮影が疑われるが、一枚の写真で横隔膜の位置を議論するよりも複数の写真を比較し、臨床的な症状と関連させながら読影やカンファレンスを行う事が肝要である。また、横隔膜挙上の原因がない事や正しい姿勢での撮影が行われていることをチェックする事も必要である。焦点フィルム間距離の短いポータブル装置で仰臥位の撮影を行うと、心臓は球状に大きく投影され、心胸郭比は相対的に大きくなる。また肋骨で形成される骨性胸郭の上方に鎖骨が投影され、後方の肋骨が水平に描出される。

患児の体位や撮影時の位置決めも所見に影響する。例えば、患児が反り返ったり、照射野の中心が胸部よりも下に設定されているとX線ビームが体の水平面からずれて前下方から後ろ上方へと抜け、肺尖撮影に似た像を呈する。鎖

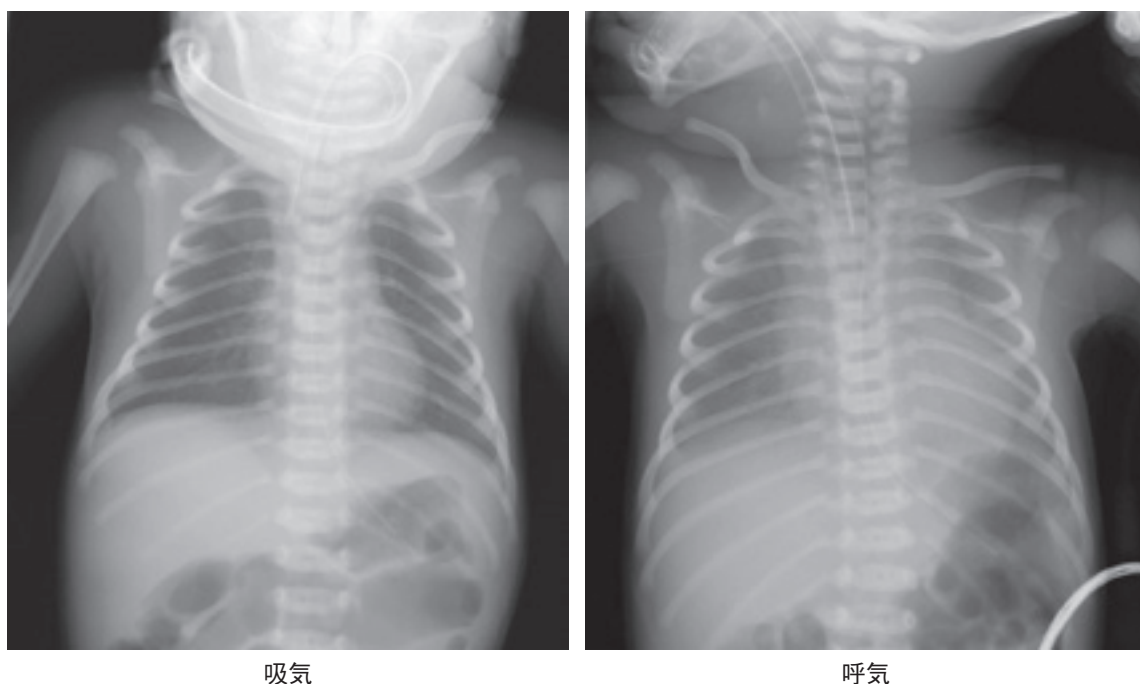


Fig.1 4日 女児 吸気相、呼気相による変化

同日に撮影された新生児の胸部単純X線写真であり、呼吸状態などに大きな差はなかった。吸気相では、肺野は全体に透過度が減少し心胸郭比が増大する。

骨は肺尖より上方に投影され、横隔膜も高位に写る。また、肋骨は写真上、水平に走り、心尖は拳上して見え、フォロー四徴症などの心疾患と類似した心陰影を呈する事がある。

また体の回転やねじれによる縦隔陰影や胸郭の見かけの変形も診断上問題となることがある。例えば右前斜位気味となった場合の右肺野はX線透過性を増し、縦隔陰影はその側に突出する。胸郭が変形していない患児の胸部単純X線写真で椎体の棘突起と鎖骨または肋骨の前端の距離が左右対称でなければ距離の大きい方へ体が回転していると考えられる。

体外の構造もアーチファクトの原因となる(Fig.2)。例えば、臥位や背臥位の状態でもポータブル撮影を行う場合に、ベッドと皮膚との間にカセットを差し込んだ状態で撮影を行う。新生児では皮下脂肪組織が少なく、この時に皮膚面にしわが寄った状態で撮影を行うと線状のアーチファクトとして認められる場合がある。肺内

の他の気管支や血管陰影、横隔膜、心胸腺陰影、肋骨などと無関係に肺野の外まで走行すれば、アーチファクトと認識可能である。

心臓の収縮期、拡張期によって年長児、成人では心臓の大きさに差が目立つが、新生児ではその差は小さい。また出生後の循環血液量の変化も心胸郭比に影響を及ぼす。例えば、生後24時間まで心陰影は縮小し、生後4日頃に正常範囲となるが、これは生理的体重減少に並行する変化である。心臓の長軸方向の回転によっても心横径は変化する。心臓の長軸は矢状断面から約45度傾いているが、時計方向の回転ではこの角度が大きくなり、正面像で心横径が大きくなり、側面像では小さくなる。反時計方向の回転では逆に矢状断面からの角度が小さくなり、正面像では心横径が小さくなる。心臓のrotationによる心陰影の変化は特定の心腔の拡大を生じる先天性心疾患や漏斗胸などの胸郭異常でよく認められる。

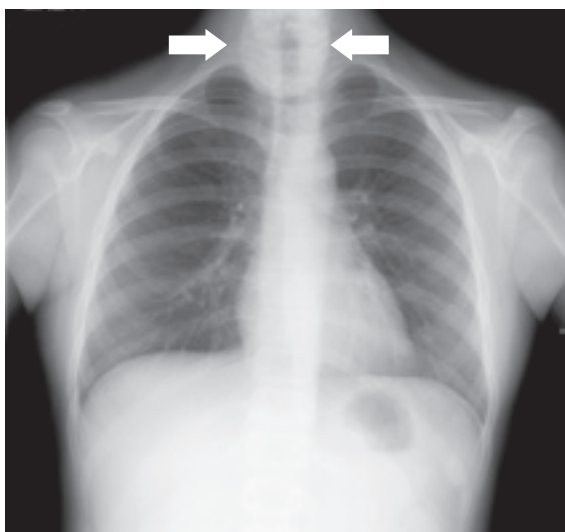
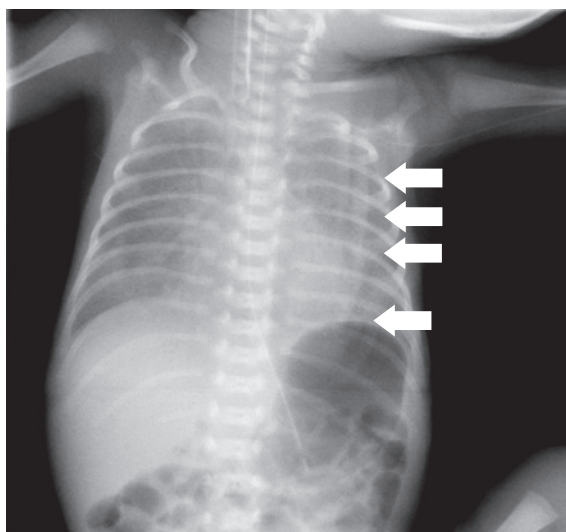


Fig.2 皮膚や髪の毛など体外の構造が胸部単純X線写真に写りこむことによりアーチファクトとなる。

a: 8日 女児 皮膚によるアーチファクト

b: 12歳 女児 髪の毛によるアーチファクト

a | b

2) CT

CTでのアーチファクトの原因としては物理的な要因、患者要因、スキャナー機能の欠陥に起因するもの、再構成によるものに大別される。小児領域で最も頻度高く問題となるのは、動きによるアーチファクトである。小児、特に乳幼児では心拍数が高く、吸気位保持も困難な場合が少なくない。近年心電図同期CTが普及してきたが、肺野の撮像範囲は広く、呼吸同期の困難さもあって、成人のように息止めした状態で心電図同期撮影を行える症例は限定される。心電図同期CTの適応としては冠動脈起始異常や川崎病など冠動脈疾患が多い。

3) MRI

MRIは被ばくがない事や造影剤を用いない状態でもコントラスト分解能が高い事、流速の定量評価が可能である事など多くのメリットを有しているが、解剖学的情報を得る点ではMDCT

が優れた診断能を有する事からMRIの適応が限定されているのが現状である。ファロー四徴症の術後の右室機能評価は超音波検査が困難な領域の一つであり、MRIによる重要なターゲットとなっている。最終的にはMRIのアーチファクトは測定された流速や心室容積の計測の信頼性に影響する。

撮影時点では金属によるアーチファクトが問題となる場合が多い (Fig.3)。MRIで注意が必要な金属は体内電子機器、体内金属、体外金属に分けられる。その内、体内電子機器、体内金属に関しては依頼医により検査施行前にチェックが行われているが、例えば気管内カニューレや脳室腹腔シャントのバルブなどで表面からの観察では金属の存在がわからないにも関わらず、大きなアーチファクトの原因となるものがある。また、体外金属のチェックは説明を受けた患者家族により行われる場合が多く、時として問題となる。



Fig.3 1歳 男児 体外金属によるMRIのアーチファクト

症例は金属を使用した気管カニューレを交換しない状態でスカウト画像が撮影されたMRIである。最初の撮影の時点で担当放射線技師が異常に気づき、検査を中止としたが、外部からの観察では金属を使用していたものであるとはわからず、また家族も気管カニューレについて十分な説明を受けていなかった。このように、アーチファクト自体が体外の金属異物の存在を示す場合がある。

正常変異

1) 胸腺

胸腺は生下時には平均10～15gの重量があり、生後2週までに約半分になり、その後生後6か月までに20～25gに増加する。心拡大と胸腺肥大の鑑別は重要であるが、時として胸部X線像のみでは両者の鑑別は不可能な場合があり、超音波検査が有用である。これは新生児では大動脈、肺動脈の高さが近く、さらに心基部あるいは心陰影全体が胸腺陰影に重なる事が多いためである。

胸部X線像での胸腺陰影の形態的特徴について以下に述べる (Fig.4)。

- A) 胸腺は非常に柔らかい組織で、肋骨によって圧迫されると側方縁が波状を呈することがある (thymic wave sign)。
- B) 胸腺は非対称で境界は比較的明瞭である。右葉は一般に左葉より大きく、心陰影右縁を形成する事もあるが、下縁は明瞭でいわゆる sail sign を呈する事がある。
- C) 拡大しているかに見える心陰影に胸腺が含まれる場合、その陰影が上縦隔から連続して、sail sign などの明らかな所見がなくとも、心陰影の下方では心臓の境界で段差や陥凹が認められる事がある。

D) 胸腺組織は前縦隔を占めるが、心臓を後方へ偏倚させることはない。

胸腺の陰影は肺のどの区域にも一致せず、陰影に重なって正常の肺血管影が認められる。胸腺陰影と心拡大の鑑別点としては心陰影の前後径が増加していない事、側面像で胸骨後方の肺野を占める軟部陰影が存在する事が挙げられる。

CT, MRI 上、胸腺は平滑な辺縁を有し、内部均一な前縦隔の軟部陰影として認められる。小児では辺縁が外側に凸である事が多い。正常の胸腺は気管、気管支、大血管を圧排せず、むしろ他の構造に合わせて変形する。

2) 気管、気管支

小児の気管は胸郭に比較して長く、しばしば呼気時に右に偏倚して認められ、気管の buckling と呼ばれる。肺が呼吸に伴い伸縮する際に、固定されていない気管遠位部が移動するためと考えられており、5歳ごろまでの乳幼児では正常所見である。頻度は1歳未満では68%、1～2歳では50%、2～3歳では25%、3～4歳では15%、4歳以降では6%と報告されている²⁾。正常では前方及び右への偏倚の頻度が多く、後方及び左への偏倚は通常認められない。

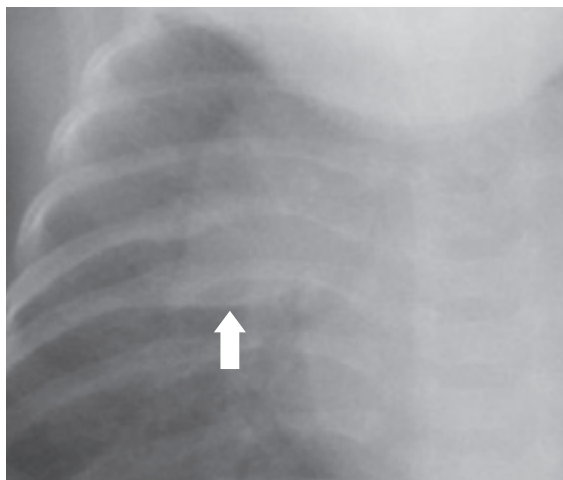
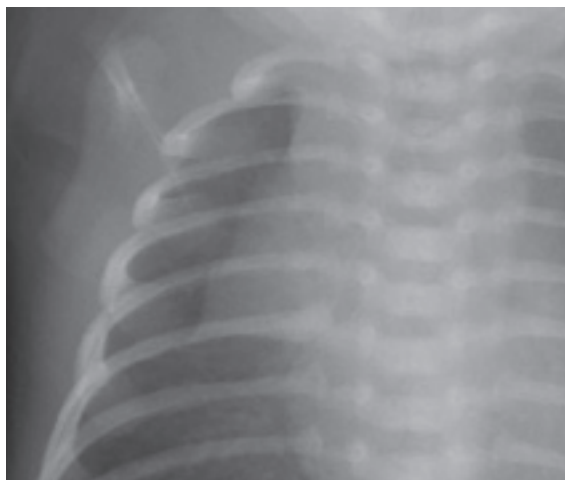


Fig.4 正常胸腺

a: 19日 男児 Thymic wave sign

胸腺が肋骨によって圧迫され、側方縁が波状を呈している。

b: 4か月 男児 Sail sign

右葉下縁は明瞭でsail signを呈している。

a | b

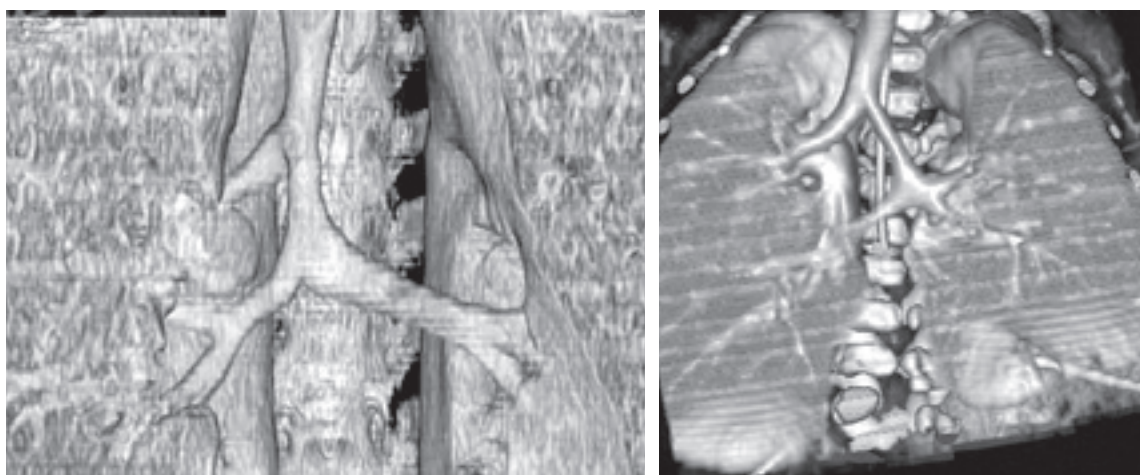


Fig.5 気管の分岐異常

a: 17歳 女児 気管気管支

気管から上葉に直接分岐する気管支が認められる。

b: 4日 女児 Bridging bronchus

右中葉と下葉の気管支は左主気管支の内側から分岐し、縦隔を通り越して右側に向かう。

a | b

気管気管支の正常変異は主として分岐異常である^{3~5)} (Fig.5)。分岐異常は、欠損(肺実質の欠損を伴う)、閉鎖(気管支は途絶するが、末梢肺実質と末梢気管支は存在する)、過剰(正常より数が多い分岐)、位置異常(分岐する位置の異常)、不規則分岐(正常とは異なる分岐異常、Scimitar症候群などの肺低形成との合併が多い)、左右相同に分類される。胸部単純X線写真正面像で気管が確認できない場合には気管狭窄を疑い、側面像で確認する事が重要である。気管支造影、気管支鏡検査、CT検査により区域枝から亜区域枝レベルの1~12%程度に正常変異が報告されているが、多くの場合、临床上は問題にならない。

気管気管支は、広義の気管気管支は気管あるいは主気管支から上葉に直接分岐する気管支の正常変異群である。分岐するのは葉気管支全体、区域枝、亜区域枝など様々なパターンがある。狭義の気管気管支は気管支が気管分岐上2~6cmの範囲内から分岐するものとされる。特に右上葉気管支全体が、気管から直接分岐するタイプはpig bronchusと呼ばれる。右側に多いが、左側あるいは両側に分岐する場合もある。たいていは無症状で画像診断時に偶然発見されるが、時に繰り返す肺炎の原因となりうる。

Bridging bronchusは右中葉と下葉の気管支の稀な分岐異常である。右中葉と下葉の気管支は主気管支の内側から分岐し、縦隔を通り越して右側に向かう。Bridging bronchusはpulmonary artery slingの80%に合併し、気管狭窄との合併も知られている。

Accessory cardiac bronchusは右主気管支や中間気管支幹から内側へ分岐する過剰気管支で心臓方向に向かって走行する1~5cm程度の構造である。正常な気管支粘膜及び軟骨を有し、憩室とは区別される。先端は盲端であることが最も多いが、奇静脈食道陷凹に、右肺下葉と区別される細気管支や痕跡的な肺小葉組織を有する場合がある。多くは無症状で偶然発見されるが、咳や血痰の原因になりうる。

3) 肺

左肺は二葉、右肺は三葉ありそれぞれ大葉間裂、小葉間裂により境界されている。大葉間裂及び小葉間裂が十分に形成されない場合には分葉不全と呼ばれ、手術時に問題となる。葉間裂には正常変異が多く、奇静脈間裂以外に上副葉間裂、下副葉間裂、左小葉間裂などが時に認められる⁶⁻⁷⁾。正常の奇静脈は胸郭入口部からまず

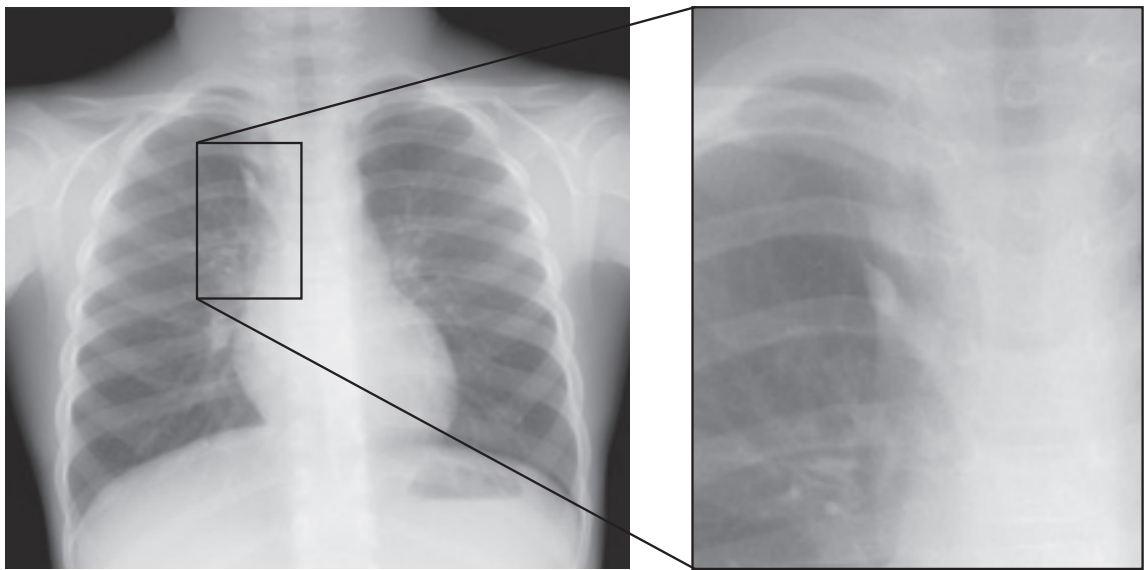


Fig.6 4歳 男児 奇静脈葉

奇静脈により区切られた区域を奇静脈葉，奇静脈の走行に伴って認められる葉間裂を奇静脈葉裂と呼ぶ。

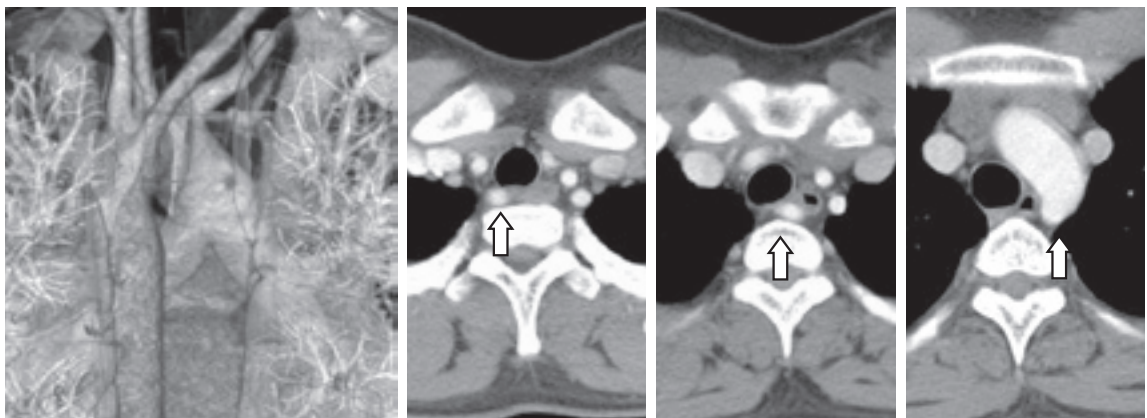


Fig.7 18歳 男児 右鎖骨下動脈起始異常

右鎖骨下動脈起始異常は Edwards の重複大動脈では右総頸動脈と右鎖骨下動脈の間に断裂を生じたもので，大動脈弓の正常変異で最も多い．大動脈弓から右総頸動脈，左総頸動脈，左鎖骨下動脈，右鎖骨下動脈の順に分岐する．

a：背側から観察した volume rendering image

透亮像として描出されている気管の背側を右鎖骨下動脈が走行している．

b～d：胸郭乳口部から大動脈弓部レベルまでのCT横断像

右鎖骨下動脈が食道の後方を通り，右側へ向かう．このため，食道後縁に圧痕像を伴う．この症例では左上大静脈遺残も認められる．

a | b | c | d

内側に移動、のちに下降して上大静脈背側に位置する。最初の内側の移動が不十分な状態で下降に移動すると肺が奇静脈により区切られた状態になる。奇静脈により区切られた区域を奇静脈葉、奇静脈の走行に伴って認められる葉間裂を奇静脈葉裂と呼び、約0.2%の頻度で認められると報告されている(Fig.6)。下副葉間裂は約5%の頻度で胸部単純X線写真にて認められ、下葉内で上下に走行する。上副葉間裂は比較的稀な副葉間裂であり、下葉の頭側を横走する。下副葉間裂と異なり、横走する事から側面像でも同定可能である。

4) 大動脈弓部

大動脈弓部の奇形は発生と関連し、Edwardsの理論的重複大動脈弓による分類が主流である⁸⁻¹⁰⁾。原始大動脈弓のどの部分にも断裂、退縮が起こらなかったものは重複大動脈弓と呼ばれ、気管と食道はこの血管輪に囲まれる。乳幼児期に喘鳴、咳嗽、呼吸困難などの気管圧迫症状で発見されることが多いが、無症状の事もある。通常は右側弓が優勢であり、胸部X線写真では気管透亮像は正面像で不明瞭、側面像で背側からの圧痕像が認められる。Fig.7では頻度の高い右鎖骨下動脈起始異常の症例を提示する。

まとめ

本稿では小児領域における胸部心大血管領域のアーチファクト、正常変異について概説した。本稿が少しでも皆様の明日からの臨床にお役に立てれば幸いである。

●文献

1) 仁志田博司, 河野 敦, 編集: 第5章 胸部正常像とバリエーション及び解剖学的解説. 新生児, 乳児の臨床画像診断. 東京, 医学書院, 1999, p112-115.

2) Chang LW, Lee FA, Gwinn JL : Normal lateral deviation of the trachea in infants and children. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 1970 ; 109 : 247-251.

3) 荒木 力, 原 裕子, 編著: 気管支分岐異常. 画像診断別冊 KEY BOOKシリーズ すぐわかる小児の画像診断. 東京, 学研メディカル秀潤社, 2001, p206-207.

4) Ghaye B, Szapiro D, Fanchamps JM, et al : Congenital bronchial abnormalities revisited. Radiographics 2001 ; 21 : 105-119.

5) McGuinness G, Naidich DP, Garay SM, et al : Accessory cardiac bronchus: CT features and clinical significance. Radiology 1993 ; 189 : 563-566.

6) Suwatanapongched T, Bua-Engam C, Sukkasem W, et al : Visibility and variability of pleural fissures on normal digital chest radiographs of 1,000 healthy adults. Jpn J Radiol 2015 ; 33 : 201-209.

7) Hayashi K, Aziz A, Ashizawa K, et al : Radiographic and CT appearances of the major fissures. Radiographics 2001 ; 21 : 861-874.

8) 仁志田博司, 河野 敦, 編集: 第6章 心・大血管 胸部X線正常像とバリエーション及び解剖学的解説. 新生児, 乳児の臨床画像診断. 東京, 医学書院, 1999, p144-150.

9) 山岸敬幸, 白石 公, 編集: 大動脈弓の発生とその異常. 先天性心疾患を理解するための臨床心臓発生学. 東京, メジカルビュー社, 2007, p143-150.

10) Ramos-Duran L, Nance JW Jr, Schoepf UJ, et al : Developmental aortic arch anomalies in infants and children assessed with CT angiography. AJR Am J Roentgenol 2012 ; 198 : 466-474.