

서울대학교 의과대학 진단방사선과학교실
정진욱

Radiological Intervention for Pulmonary Vasculature

Jin Wook Chung, M.D.

Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

서론

폐혈관계에도 다양한 혈관 질환이 발생한다. 폐혈관계의 중재적시술 중 가장 흔히 시행되는 것은 객혈의 치료를 위한 동맥색전술이다. 객혈은 결핵, 기관지 확장증, 국균증, 폐암 등의 흔한 원인 이외에도, 폐동정맥기형이나 가성동맥류(폐결핵에 의한 라스무센 동맥류, 베체트씨 병에 의한 폐동맥류, 감염성 또는 외상성 폐동맥류, 대동맥이나 쇄골하동맥의 가성동맥류) 등의 드문 원인에 의해서도 유발되므로 그 원인을 숙지하고 단순 흉부촬영, CT 혈관조영술 등의 영상 검사를 통해 원인을 밝혀 내는 것이 중요하다.

다량의 객혈은 대개 체순환 동맥혈 공급(systemic blood supply)에 의해 유발되므로 안전하고 효과적인 동맥색전술을 위해서는 폐의 체순환 동맥혈 공급에 대한 정확한 이해와 해부학적 지식이 필요하다.

이 외에 폐혈관계 중재적시술의 대상이 되는 질환을 간략히 살펴보기로 한다.

폐의 체순환 동맥혈 공급 유형

1. 발달과정 이상에 의한 폐의 체순환 동맥혈 공급 양상

폐에 대한 기형적 체순환 동맥혈 공급은 대개 정상

적인 폐동맥이 발달되지 못했을 때(선천성 부재)에 대한 반응으로 발생한다. 따라서, 선천성 심질환, 선천성 폐질환과 연관되어 있는 경우가 대부분이고 드물게 정상 심폐를 가진 사람에서 독립적인 기형으로 발견된다.

발달과정 이상에 의한 폐의 체순환 동맥혈 공급의 주요 경로는 다음 세 가지로 대별할 수 있다.

- (1) 기관지동맥
- (2) 동맥관개존증 (PDA)
- (3) 대동맥과 폐동맥 사이에 형성된 주요 측부동맥 (MAPCAs: major aortopulmonary collateral arteries)

기관지동맥은 폐동맥이 형성된 후 수주 뒤인 태생 후 9-12주에 발생한다. 출생 후 폐에 정상적인 체순환 동맥혈을 공급하게 되며, 상배대동맥(upper dorsal aorta)이나 우측 제1늑간동맥에서 기시하는 1-3개의 작은 동맥으로 구성되어 있다. 기관지동맥과 폐동맥 사이의 문합은 모세혈관이나 모세혈관이전세동맥에서 일어나며, 그보다 근위부에 정상적인 연결통로가 있는지 여부에 대해서는 논란이 있다. 기관지동맥은 식도, 늑간, 횡경막하, 내유방, 관상, 및 기타 인접한 체동맥과 문합할 수 있다. 만일 출생 후 폐동맥혈 공급이 차단되면 측부순환 혈류가 증가되어 기관지동맥이 커지고 기관지동맥과 문합이 있는 동맥도 동반해서 커질 수 있으며, 흉막유착이 생기면 흉벽의 체동맥들도 측부순환에 참여하게 된다. 즉, 기관지동맥은 주로 출생 후 후천적인 원인에 의해 발생하는 체순환 측부순환을 담당한다.

PDA는 태생학적으로 여섯 번째 대동맥궁에서 유래한다. 초기 태아 때는 좌우 한 쌍으로 존재하나

Address for correspondence: **Jin Wook Chung, M.D.**
Department of Radiology, Seoul National University Hospital, 28, Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Phone: 82-2-2072-2910, Fax: 82-2-743-6385
E-mail: chungjw@radcom.snu.ac.kr

정상적인 발달과정으로 우측 동맥관은 태생 후 45일 이내에 흡수되고 좌측 동맥관만 남게 된다. 폐동맥협착이나 폐쇄가 있을 때에는 일측 또는 양측의 PDA가 중심부 폐동맥 또는 좌우 폐동맥의 일부나 전체에 전신동맥혈을 공급한다. 이런 PDA는 태생 후 좁아지거나 막히는 경우가 많고, 그렇게 되면 기관지동맥을 경유한 후천적 측부순환이 유발된다.

MAPCAs는 하행대동맥이나 그 분지에서 기시하는 비교적 큰 동맥으로 태생학적인 기원을 살펴보면, 폐동맥이나 여섯 번째 대동맥궁이 발생하기 전에 폐아(lung bud)에 혈액을 공급하던 원시후새궁동맥(primitive postbranchial arteries)이 비정상적으로 태생 후까지 계속 잔존한 것으로 생각된다. MAPCAs는 기관지동맥과는 여러 가지 점에서 다른데, 1) 출생 시 이미 큰 측부순환 동맥으로 존재하며, 2) 폐동맥과의 문합이 기관지동맥과는 달리 폐문 근처에서 이루어지고, 3) 기관지에 영양을 공급하는 혈관망을 형성하지 않으며, 4) 늑간동맥과 연결되지 않으며 기관지동맥과는 보통 연결이 없고, 5) MAPCAs의 내막협착은 폐동맥과의 문합 부위나 근위부에 보통 존재하며, 6) 중심 폐동맥과 유사한 탄성 벽구조를 가지고 있고, 7) 기관지동맥이 시간이 지남에 따라 점점 굵어지는 것과는 달리 MAPCAs는 비교적 같은 굵기를 유지하는 점 등이다. 폐분리증, 저발생 폐 증후군(hypogenetic lung syndrome, Scimitar syndrome), 및 선천성 심질환 없는 정상 폐의 기형적 체순환 동맥혈 공급도 MAPCAs와 같은 기원으로 생각된다.

2. 후천적 폐 질환에 의한 폐의 체순환 동맥혈 공급

폐결핵, 국균증, 기관지확장증, 등의 만성 폐질환에 의한 만성 염증, 폐 혈관상(pulmonary vascular bed)의 파괴 등으로 기관지동맥과 폐동맥간의 모세혈관이전세동맥에서 기관지동맥과 폐동맥 사이의 문합이 생기고 여기에 늑막유착에 의한 흉벽과 횡경막의 체순환 동맥이 가세하여 폐실질에 체순환 동맥혈이 과다하게 유입되어 객혈을 유발하게 된다. 폐농양, 폐암, 특발성 출혈, 낭성섬유증, 기관지 이물질 등도 원인이 될 수 있다.

기관지동맥 색전술

주로 만성 폐질환에 동반되는 객혈은 대부분 그 양이 적고, 보통 24시간 이내에 자연적으로 지혈된다. 그러나 24시간 내에 300 ml 이상의 대량 객혈 혹은 내과적으로 조절이 되지 않는 객혈은 질식 등의 이유로 치명적일 수 있으므로 동맥색전술의 적응증이 된다¹. 동맥색전술은 만성적 폐질환이 있거나 폐기능 장애가 있는 환자 등 수술이 어려운 경우에 매우 유효한 치료 방법이다. 최근 일주일 동안 하루에 100 ml 이상의 객혈이 3회 이상 있거나, 만성적인 소량 객혈, 기관지내시경이나 수술의 안전성을 높이기 위해서도 동맥색전술이 시행되는 경우가 늘고 있다.

안전하고 효과적인 동맥색전술을 시행하기 위해서는 1) 객혈의 원인이 일반적인 체순환 동맥혈 과다공급이 아닌 폐동정맥기형이나 가성동맥류 등에 의한 것이 아닌지 확인하고, 2) 기관지동맥의 해부학적 위치와 그 변이를 숙지하고 있어야 하며(약 20%의 환자에서 대동맥 이외에서 기시하는 기관지동맥 변이가 관찰됨(Figure 1), 3) 기관지동맥 이외에도 늑간동맥, 내유방동맥, 외측흉동맥, 하횡경막동맥, 식도동맥 및 관상동맥 등, 흉벽과 횡경막의 체동맥이 직접 또는 기관지동맥과의 문합을 통해 객혈의 원인이 될 수 있다는 사실을 알고 있어야 하며²(Figure 2), 4) 기관지동맥이나 늑골간동맥은 폐동정맥 뿐 아니라 관상동맥, 척추동맥, 근동맥(radicular artery) 등과 연결되어 있는 경우가 있으므로 색전술을 시행하기 전에 반드시 동맥조영술을 시행하고 주의 깊게 확인하여야 한다.

최근 CT혈관조영술의 발전으로 시술하기 전 객혈의 원인을 밝히고 기관지동맥의 해부학적 변이 및 비후된 체순환 동맥의 유무를 확인할 수 있어 시술 시간을 단축하고 시술의 안전성과 효과를 증진시키는 결과를 가져오고 있다³.

혈관조영술을 시행하면 1) 조영제의 혈관외 유출(extravasation)은 드물게 관찰되는 대신, 대부분의 경우에 2) 폐실질의 병적인 과혈관화, 3) 기관지동맥-폐동맥 단락, 3) 동맥주위 확산이나 모세혈관 내 정체(periarterial diffusion or capillary stasis), 4) 기관지동맥류 등을 관찰하게 된다.

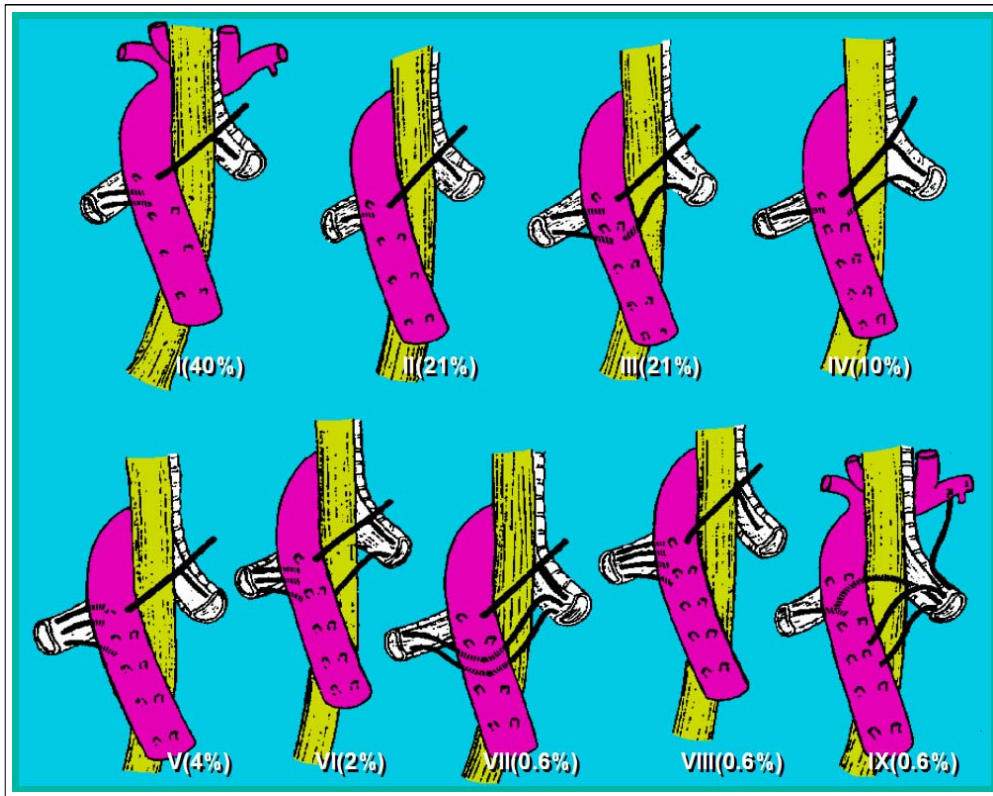


Figure 1. Anatomic variations of bronchial arteries

동맥색전술에 주로 사용되는 색전 물질은 젤포움 (gelfoam), 금속 코일, 폴리비닐알콜 입자(PVA particle) 등이며 색전물질의 크기는 200-250 μm 보다 커야 조직의 괴사를 피하고 척추동맥으로 유입되는 것을 막을 수 있다. 무수에탄올과 같은 액상 색전물질은 조직 괴사를 유발할 수 있으므로 사용하지 않는다.

합병증은 대부분 경미하여 발열, 흉통, 기침 등이 있을 수 있으며 보통 5-7일 정도 지속되고 대개 진통제나 진정제로 치료될 수 있다. 보다 심각한 합병증으로 척수경색으로 인한 횡단성 척수염, 기관지 허혈에 의한 주기관지 협착, 기관식도루, 종격동 혈종, 뇌 색전증 등이 보고되어 있으나 미세도관을 사용하고, 고화질의 디지털감산혈관조영 장비 하에서 안전 수칙을 지키면서 시술하면 거의 예방할 수 있다.

객혈에 대한 동맥색전술의 초기 지혈성공률은 77-94%로 비교적 좋은 결과를 보고하고 있다¹⁴. 특히 미세도관의 사용과 영상과 술기의 발전으로 시술의 안전성과 초기성공률은 계속 향상되어 왔다. 원인 질

환 별로 보면 기관지확장증의 경우가 초기 지혈성공률이 가장 좋고 폐암의 경우가 가장 좋지 않은 것으로 보고되었다. 그러나, 재발률이 매우 높아(40-50%) 가능하면 수술이나 화학요법 등의 원인 질환에 대한 근본적인 치료법과 병행하는 것이 바람직하다.

재출혈은 시기적으로 두 번의 정점을 보이는 두 봉우리 형태를 보이는데 하나의 정점 색전술 후 1-2개월 경과 후에, 두 번째 정점은 1-2년 후에 나타나며 전자는 불완전한 색전술이나 누막을 경우한 측부순환의 발달로 인해, 후자는 원인질환의 진행이 원인인 것으로 생각된다. 재출혈의 원인을 정리해 보면 1) 불완전한 색전, 2) 색전물질의 재개통, 3) 원인질환의 진행, 4) 국균증, 5) 새로운 측부순환의 발달 등이 있다. 재출혈은 젊은 환자, 진행된 누막비후를 동반하고 있는 경우, 병변의 범위가 넓고 양측성인 경우, 과도한 신생혈관이 형성되어 있는 경우, 많은 체순환 측부혈관을 갖는 경우에 흔하다. 재발이 가장 흔한 질환은 공동성 국균증으로 공동의 두꺼운 벽이 과혈관성을 보

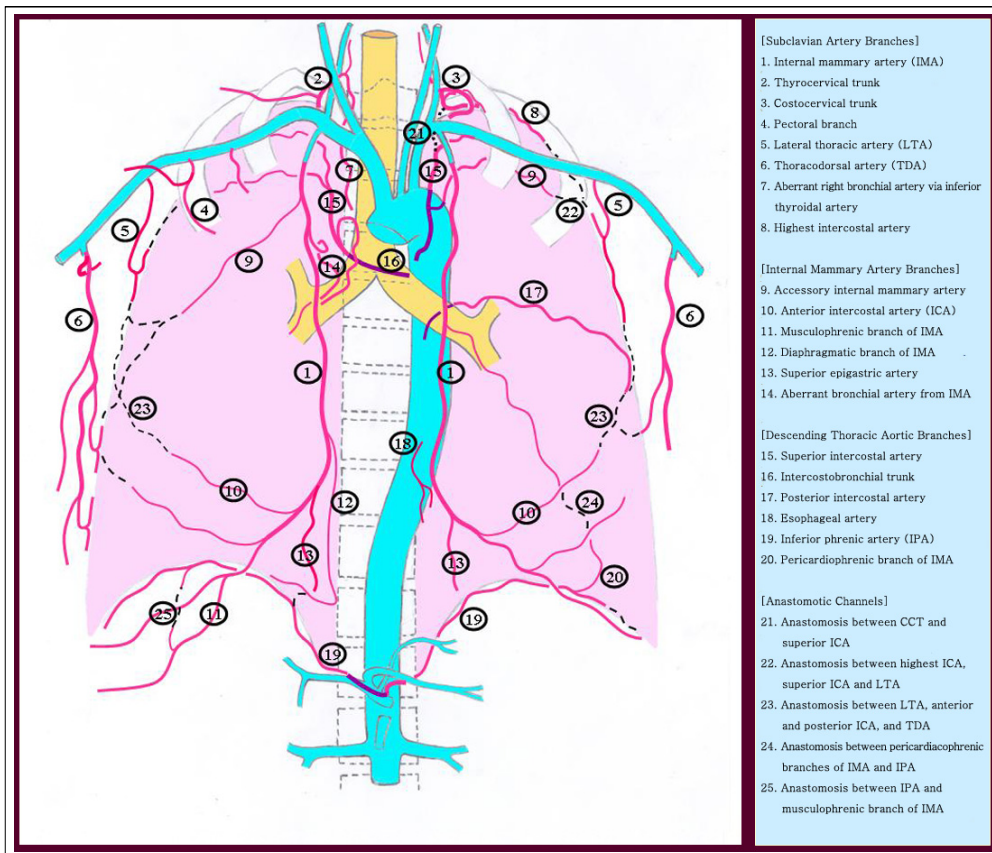


Figure 2. Nonbronchial systemic arteries and their anastomoses

이고 다양한 체순환 측부혈관을 가지므로 완전한 색전이 매우 어렵다.

폐 동정맥기형 또는 동정맥루

방사선학적으로 정확한 진단 뿐 아니라 폐동맥색전술로 완치가 가능하므로 그 개수, 위치, 혈관구조까지 관심을 가지고 보아야 하는 질환이다. 선천성인 경우가 대부분으로 하나의 영양동맥과 유출정맥으로 구성되어 있는 단순형이 80-90%, 두 개 이상의 영양동맥을 갖는 복합형이 나머지 10-20%를 차지한다. 드물게 미만형으로 나타나기도 한다. 2/3가 하엽에 위치하고 1/3에서 다발성이며 40-90%에서 유전출혈모세혈관 확장증(hereditary hemorrhagic telangiectasia, HHT)과 연관되어 있다. HHT 환자의 15% 정도에서 폐 동정맥기형이 발견되고 다발성일 확률이 높다.

환자는 저산소증에 의한 호흡곤란, 객혈, 혈흉 등의

호흡순환기계 증세와, 뇌졸중, 뇌농양, 간질 등의 신경계 증세를 보이는데, 신경계 증세는 HHT의 신경계 침범에 의한 증세이거나 폐동정맥루를 통한 기이색전증(paradoxical embolism)에 의한 것일 수 있다. 비출혈도 HHT 환자에서 흔히 보이는 소견이다.

단순흉부촬영에서 원형이나 엽상 종괴로 보이고 영양동맥과 유출정맥이 보이는 경우 진단을 의심할 수 있다. 과거에는 폐동맥조영술로 확진하였으나, 최근에는 조영증강 나선식 CT나 MR로 혈관성 병변임을 확인할 수 있고, 특히 CT 혈관조영술을 시행하여 그 삼차원적 혈관구조를 정확히 평가할 수 있게 되었다⁵.

폐동맥색전술이 일차적인 치료법이다. 안전한 시술에 있어 가장 중요한 것은 시술에 사용되는 색전물질이 전신순환으로 유입되지 않도록 주의하는 것으로 (특히 직경이 클 때) 적절한 크기와 모양의 코일이나 혈관폐색기구를 이용해 늘어난 동맥류 자체나 영양동맥을 정확히 차단하면 완치가 될 수 있다. 색전술이

불충분하게 되면 시술 후 재발하게 되는데, 재발 여부는 나선식 CT로 평가할 수 있다^{6,7}.

폐 동맥류

주폐동맥의 동맥류는 좌우단락을 동반하는 선천성 심질환, 폐동맥판막 결여(특히, 팔로사징후), 폐동맥판막협착, 폐동맥고혈압, 감염(내막염과 연관된), 매독, 외상, 특발성 등의 원인으로 생기는데 방사선학적 증재적 시술로 치료할 수 없다.

보다 원위부 폐동맥에도 동맥류가 생길 수 있는데 그 원인은 감염, 외상(심도자, 스완간쯔 삽관), 혈관염(베체트 증후군, 타카야수 동맥염), 폐결핵의 라스무센 동맥류, 등을 들 수 있다. 이는 대부분 가성동맥류로 치명적 출혈을 유발할 수 있어 금속 코일 등을 이용한 색전술을 시행하게 된다⁸.

타카야수 동맥염의 폐동맥 침범

타카야수 동맥염의 폐동맥 침범은 많이 연구되어 있지는 않지만, 그 빈도가 예상보다 훨씬 높은 것으로 생각된다. 관류 페스캔의 80%에서 관류 결손이 관찰되고⁹, 폐동맥조영술의 40-50%에서 폐색, 협착, 불규칙성의 소견이 관찰되었다. 박편CT에서 대동맥의 경우와 마찬가지로 중심폐동맥의 혈관벽변화를 관찰할 수 있다¹⁰.

베체트 증후군의 폐 소견

베체트 증후군의 혈관계 합병증은 정맥혈전증과 폐색전증, 동맥류 형성과 폐색으로 나타나며 전체 환자의 25%에서 관찰된다¹¹.

폐 혈관염과 혈전증은 남자에서 대부분 관찰되며 폐경색, 출혈, 및 국소적 무기폐를 초래하여 단순흉부촬영에서 공기 공간 경화로 보인다. 베체트 증후군에서 동맥류가 잘 생기는 부위는 복부대동맥, 대퇴동맥, 그리고 폐동맥의 순으로, 폐동맥류의 가장 흔한 원인이 베체트 증후군이고 다발성인 경우가 많다. 상대정맥의 급성 정맥혈전증은 상부 종격동 확장으로 보인

다. CT 검사의 유용성은 폐동맥류와 상대정맥의 혈전을 손쉽게 진단할 수 있다는 것이다. CT 혈관조영술을 시행하면 좀 더 작은 폐동맥류를 정확하게 진단할 수 있다.

베체트 증후군의 폐동맥류는 자연 소실되는 경우도 보고되어 있으나 치명적 출혈을 야기할 수 있으므로 금속 코일 등으로 안전하게 색전할 수 있는 위치이면 색전술을 시행하는 것이 바람직하다¹². 특히, 심부정맥혈전증과 폐색전증으로 잘못 진단하여 항응고치료나 혈전용해술 시행할 경우 치명적 출혈이 생길 위험성 높으므로 정확한 진단이 중요하다.

폐 색 전 증

색전의 원발소로는 하지의 심부정맥혈전증이 대부분을 차지하며 그 외 상지정맥, 우심, 신정맥 및 중앙혈전(간세포암, 신세포암, 등)이 원인이 될 수 있다. 정맥혈전증을 조장시키는 요인은 1) 비정상적인 혈관벽, 2) 정맥혈 혈류 정체, 3) 고지혈증이다.

우리나라에서는 하지의 심부정맥혈전증의 빈도가 낮으므로 항인지질항체 증후군(antiphospholipid antibody syndrome), 항트롬빈 III 부족(antithrombin III deficiency), 단백질 C와 단백질 C와 S 결핍, 경구용 피임약, 신증후군, 악성종양, 등 응고항진상태를 유발할 수 있는 질병이 상대적으로 폐색전증의 중요한 원인이 되고, 여기에 정맥협착과 운동억제가 심부정맥혈전증 및 폐색전증을 촉발하는 역할을 하게 된다.

폐색전증의 진단에는 환기관류스캔이 많이 사용되어 왔으나 최근 들어서는 나선식 CT로 임상적으로 의미 있는 정도의 폐색전증은 쉽게 진단할 수 있고 하지 정맥혈전증 유무를 파악하기 위한 CT 정맥조영술도 함께 얻을 수 있어 널리 시행된다¹³.

항응고치료를 할 수 없거나, 항응고치료에도 불구하고 재발하는 경우, 수술 과정이나 운동억제기간 동안 폐색전증의 위험이 높을 때, 등에서 하대정맥 필터(IVC filter)를 설치하게 된다. 최근 판매되는 제품들은 수술 등 운동억제의 원인이 제거되고 심부정맥혈전이 소실된 다음에 몸 밖으로 제거할 수 있도록 설계되어 하대정맥 폐쇄 등의 합병증을 줄일 수 있게 되었다.

대량 폐색전증에 대한 혈전제거용 기구(rheolytic thrombectomy device)와 혈전용해제를 이용한 중재적 시술이 단순한 경정맥 혈전용해 치료에 비해 환자의 회복 속도를 개선하고 혈전용해제의 용량을 줄인다는 보고가 있다.

참 고 문 헌

1. Remy J, Arnaud A, Fardou H, Giraud R, Voisin C. Treatment of hemoptysis by embolization of bronchial arteries. *Radiology* 1977;122:33-37.
2. Yoon W, Kim JK, Kim YH, Chung TW, Kang HK. Bronchial and nonbronchial systemic artery embolization for life threatening hemoptysis: a comprehensive review. *Radiographics* 2002;22:1395-1409.
3. Yoon W, Kim YH, Kim JK, Kim YC, Park JG, Kang HK. Massive hemoptysis: prediction of nonbronchial systemic arterial supply with chest CT. *Radiology* 2003;227:232-8.
4. Ramakantan R, Bandekar VG, Gandhi MS, Aulakh BG, Deshmukh HL. Massive hemoptysis due to pulmonary tuberculosis: control with bronchial artery embolization. *Radiology* 1996;200:691-4.
5. Remy J, Remy-Jardin M, Giraud F, Wattinne L. Angioarchitecture of pulmonary arteriovenous malformations: clinical utility of three-dimensional helical CT. *Radiology* 1994;191:657-64.
6. White RI Jr, Lynch-Nyhan A, Terry P, Buescher PC, Farmlett EJ, Charnas L, et al. Pulmonary arteriovenous malformations: techniques and long-term outcome of embolotherapy. *Radiology* 1988;169:663-9.
7. Remy-Jardin M, Dumont P, Brillet PY, Dupuis P, Duhamel A, Remy J. Pulmonary arteriovenous malformations treated with embolotherapy: helical CT evaluation of long-term effectiveness after 2-21-year follow-up. *Radiology* 2006;239:576-85.
8. Remy J, Lemaitre L, Lafitte JJ, Vilain MO, Saint Michel J, Steenhouwer F. Massive hemoptysis of pulmonary arterial origin: diagnosis and treatment. *AJR Am J Roentgenol* 1984;143:963-9.
9. Suzuki Y, Konishi K, Hisada K. Radioisotope lung scanning in Takayasu's arteritis. *Radiology* 1973;109:133-6.
10. Park JH, Chung JW, Im JG, Kim SK, Park YB, Han MC. Takayasu arteritis: evaluation of mural changes in the aorta and pulmonary artery with CT angiography. *Radiology* 1995;196:89-93.
11. Ahn JM, Im JG, Ryoo JW, Kim SJ, Do YS, Choi YW, et al. Thoracic manifestations of Behcet syndrome: radiographic and CT findings in nine patients. *Radiology* 1995;194:199-203.
12. Hamuryudan V, Yurdakul S, Moral F, Numan F, Tuzun H, Tuzuner N, et al. Pulmonary arterial aneurysms in Behcet's syndrome: a report of 24 cases. *Br J Rheumatol* 1994;33:48-51.
13. Remy-Jardin M, Remy J, Wattinne L, Giraud F. Central pulmonary thromboembolism: diagnosis with spiral volumetric CT with the single-breath-hold technique-comparison with pulmonary angiography. *Radiology* 1992;185:381-7.