

# 흡기와 호기시의 폐 전산화 단층 촬영: 정상 성인남자의 기관지와 동반하는 폐동맥 직경의 호흡에 따른 변화<sup>1</sup>

전의용 · 김창수 · 최요원 · 전석철 · 윤호주<sup>2</sup> · 김선일<sup>3</sup> · 서홍석 · 함창국 · 박충기<sup>4</sup>

**목 적:** 호흡에 따른 정상적 기관지와 폐동맥직경의 변화를 관찰하기 위하여

**대상 및 방법:** 건강한 20대 남자의 흡기와 호기시 HRCT에서 일치하는 폐분엽 수준 이하의 기관지-폐동맥 쌍을 찾아 기관지 내경과 폐동맥의 외경을 측정하여, 흡기 및 호기시의 차이를 분석하였다.

**결 과:** 상하폐에서 서로 조합이되는 106쌍의 기관지-폐동맥쌍에서 폐동맥보다 내경이 큰 기관지가 흡기시 8.5%, 호기에서는 0.1%였고, 기관지-폐동맥 직경의 비율은 흡기시 폐상부  $0.61 \pm 0.18$ , 폐하부  $0.72 \pm 0.21$ , 전체적으로는  $0.65 \pm 0.20$ 였으며, 호기시에는 폐상부  $0.51 \pm 0.32$ , 폐하부  $0.52 \pm 0.15$ , 전체적으로는  $0.51 \pm 0.26$ 로 상하폐 공히 전폐에서 호기시에 비해 흡기시 기관지가 폐동맥에 비해 의미있게 커졌다. 호기시에 비해 흡기시 폐동맥은 의미있는 변화가 없던 반면 기관지 내경은 상하폐 공히 증가하여 기관지-폐동맥 비율이 흡기시에 증가하는 이유는 기관지 확장때문이었다.

**결 론:** 이 결과는 호흡에 따른 폐의 생리를 이해하는 데 도움이 될 것이다.

## 서 론

기관지 확장증은 1-3mm 두께의 고해상 단층촬영(High resolution computed tomography: 이하 HRCT)으로 비교적 정확히 진단할 수 있으며, 원주형 기관지 확장증의 CT상 진단 기준은 같이 주행하는 폐동맥의 직경보다 기관지의 내경이 클 때 또는 기관지의 직경이 말초로 가면서 감소하지 않을 때라고 알려져 있다(1-5). 이러한 진단 기준은 동반하는 폐동맥의 이상이 없고 최대 흡기시 촬영한 scan이라는 것을 전제로 한다. 그러나 실제 촬영되는 흉부의 CT는 일시적 또는 어떤 질환으로 인해 불완전 흡기 상태에서 이뤄질 소지가 있으며 이러한 상태에서 이뤄진 HRCT로 진단된 기관지 확장증의 범위가, 이상적인 완전 흡기상태에서의 HRCT로 진단된 기관지 확장증의 범위와 얼마나 일치할지 알려진 바가 거의 없다.

정상 또는 여러 질환이 있을 때 기관지의 외경을 동반된 폐동맥의 직경과 비교한 연구들에서 기관지의 외경은 경미한 원주형 기관지 확장증의 진단기준으로는 그 유용성에 제한이 있다는 사실이 보고 되었으나(5-9), 실제 고해상 CT에서 기관지 확장증의 진단에 쓰이는 기관지 내경을 측정할 경우는 드물다(5).

본 연구는, 기관지 확장증과 같은 질환이 있는 상태 연구의 전 단계로서 정상 성인에서 흡기시와 호기시에 HRCT에서의 기관지 외경이 아닌 내경과 동반 폐동맥 직경을 측정하여 이들이 호흡의 상태에 따라 직경에 의미있는 변화가 있는지, 같이 주행하는 폐동맥과 기관지 쌍의 직경 비율이 일정한지, 또한 이러한 변화가 상하폐에서는 어떠한 차이가 있는지 아는 것을 목표로 하였다.

## 대상 및 방법

과거력상 폐결핵이나 늑막염등을 앓은 병력이 없고 흡연한 적이 없으며 흉부 단순 촬영과 폐기능 검사상 정상 소견을 보이고 임상 증상이 전혀 없는 23-26세(평균 24.3)의 건강한 남자 지원자 10명을 대상으로 하였다. 이들 10명의 최대 흡기시 topogram에서 대동맥궁과 하폐정맥의 직하방에서 5mm 간격으로 각각 5-7 영상을 얻고, 최대 호기시 다시 topogram을 얻어 역시 topogram상 호기시와 비슷한 위치라고 생각되는 대동맥궁과 하폐정맥 직하방에서 역시 5mm 간격으로 5-7개의 고해상 단층촬영 영상을 얻었다. 사용한 CT기종은 GE 9800 highlight scanner (GE Medical System, Milwaukee, WI) 이었으며, 스캔 조건은 120 kVp, 170mA, scan time 2 초, 1.5mm collimation, FOV 30-35cm이었으며 bone algorithm을 이용하였고, 다시 FOV 15-25cm으로 후향적으로 재구성하여 양쪽 폐의 영상을 따로 얻었다. window level은 -800, window width는 1500이었다.

<sup>1</sup>한양대학교 의과대학 부속병원 진단방사선과

<sup>2</sup>한양대학교 의과대학 부속병원 호흡기 내과

<sup>3</sup>한양대학교 의과대학 부속병원 계량의학과

<sup>4</sup>한양대학교 의과대학 부속 구리병원 진단방사선과

이 논문은 1996년 4월 1일 접수하여 1996년 5월 31일에 채택되었음

대상이 된 각각의 지원자에서, 이렇게 촬영한 흡기와 호기시 CT 사진을 비교하여 기관지와 폐동맥의 배열을 보아 가장 비슷한 단면이라고 생각되는 한쌍씩을 양측의 상하 폐 각각에서, 즉 우상, 우하, 좌상, 좌하에서 한쌍씩 총 4쌍의 CT 영상을 선택하였다. 이렇게 선택된 각 쌍의 흡기와 호기시 CT 영상에서 양자를 대조하여 일치하는 폐분엽 수준(segmental level) 이하의 기관지와 폐동맥중, 나란히 주행하는 기관지와 폐동맥의 짝을 골랐다. 이 중에서 기관지와 폐동맥중 어느 하나라도 scan 방향에 평행으로 주행하는 기관지와 폐동맥의 짝은 분석에서 제외하였다.

얻어진 양쪽 폐의 CT 영상에 대한 scan data를 magnetic tape에 저장하고 이 magnetic tape를 work-station computer로 옮겨서 version 7.01의 Analyze(Mayo Clinic, Rochester Minnesota, USA)란 software를 이용하여 scan data를 불러들였다. 그리고 흡기와 호기시 CT 영상을 분석하여 일치하였던 기관지와 폐동맥 짝의 직경을 software 내 caliper를 이용하여 한 사람이 측정하였다. 기관지는 내경을, 폐동맥은 외경을 측정하였고 최소 직경을 측정하는 것을 원칙으로 하였으며 한 구조물에 대해 3번 측정하여 평균치를 분석에 사용하였다.

흡기시와 호기시 각각에서 기관지 내경이 동반 폐동맥의 직경보다 큰 경우의 숫자를 구하고, 기관지 내경과 폐동맥 직경 각각의 흡기와 호기시 비율을 계산하여 흡기와 호기시에 각각이 의미있는 변화가 있는지 분석하였다. 또한 기관지-폐동맥 쌍의 기관지 내경과 폐동맥 직경의 비율을 구하여 흡기시와 호기시에 이 기관지-폐동맥 비율이 의미있는 차이가 있는지 분석하였다. 위의 모든 통계적인 분석을 상폐와 하폐, 그리고 이 둘을 합친 전폐에서 모두 따로 하였다. 통계는 paired t-test를 사용하였고 p-value가 0.05 이하일 때 의미가 있다고 처리 하였다.

각폐기능 검사, 흉부 단순 촬영, 그리고 CT는 모두 3일 이내에 시행하였다.

## 결 과

10 명의 폐에서 흡기시와 호기시에 비슷한 위치로 조합이 되는 기관지-폐동맥 쌍은 폐상부 62개, 폐하부 44개,

총 106개였다. 이중 폐동맥보다 큰 기관지는 흡기시에 폐상부 4개(6.5%), 폐하부 5개(11.4%)로 총 9개(8.5%)였으며 호기시에는 폐상부에서 1개(1.6%)뿐으로 폐전체로는 0.1%였다. 기관지-폐동맥 직경의 비율을 평균±표준편차로 표시하였을 때, 흡기시 폐상부  $0.61 \pm 0.18$ , 폐하부  $0.72 \pm 0.21$ 로 전체적으로는  $0.65 \pm 0.20$ 였으며, 호기시에는 폐상부  $0.51 \pm 0.32$ , 폐하부  $0.52 \pm 0.15$ , 전체적으로는  $0.51 \pm 0.26$ 이었다. 흡기시의 기관지-폐동맥 직경 비율에서 호기시의 비율을 뺀 값은 상폐에서  $0.09 \pm 0.04$ , 하폐에서  $0.20 \pm 0.03$ 으로 전체적으로는  $0.14 \pm 0.03$ 였으며, 이때 p-value는 각각 0.03, 0.0001, 0.0001로 모두 의미가 있게 흡기시의 비율이 호기시보다 컸다(Fig. 1).

흡기시 폐동맥 직경을 호기시의 값으로 각각 나눈 값은 상폐에서  $1.08 \pm 1.13$ , 하폐에서  $0.9 \pm 0.17$ , 전체적으로는  $1.01 \pm 0.88$ 로 p-value는 각각 0.57, 0.0005, 0.93으로 하폐에서만 호기시 의미있게 폐동맥이 증대되었다. 흡기시 기관지 직경을 호기시의 값으로 각각 나눈 값은 상폐에서  $1.26 \pm 0.37$ , 하폐에서  $1.26 \pm 0.28$ , 전체적으로는  $1.26 \pm 0.34$ 였으며 각각에 대한 p-value는 모두 0.0001로 상폐 하폐 할것 없이 모두 흡기시 기관지가 의미있게 크기가 커졌다.

## 고 찰

고해상 CT의 도입과 그 소견에 대한 임상적 지식이 축적되면서, 기관지 확장증을 비롯한 기관지 질환의 진단에 고해상 CT의 정확도가 높다고 알려져 있다(1-3, 9-12). 원주형 기관지 확장증의 HRCT 진단기준으로 같이 주행하는 기관지-폐동맥 쌍에서 폐동맥보다 큰 기관지가 포함된다. 그러나 이러한 직경 진단 기준의 전제가 되는, 정상 기관지의 내경은 폐동맥보다 크지 않다는 사실에 문제점을 제기하는 연구가 최근 많이 보고되고 있다.

나란히 주행하는 기관지-폐동맥 쌍의 기관지 직경과 폐동맥의 직경 비율을 artery-bronchus ratio (이하 ABR)라고 하였을 때, 흡기시의 흉부 단순 촬영에서 기관지 외경으로 계산한 ABR을 언급한 보고들중(8, 13, 14), 한 연구에서 양와위 흉부 단순 촬영에서의 ABR은 상폐야에서 0.79-1.31(평균  $1.01 \pm 0.13$ ), 하폐야에서는 0.85-

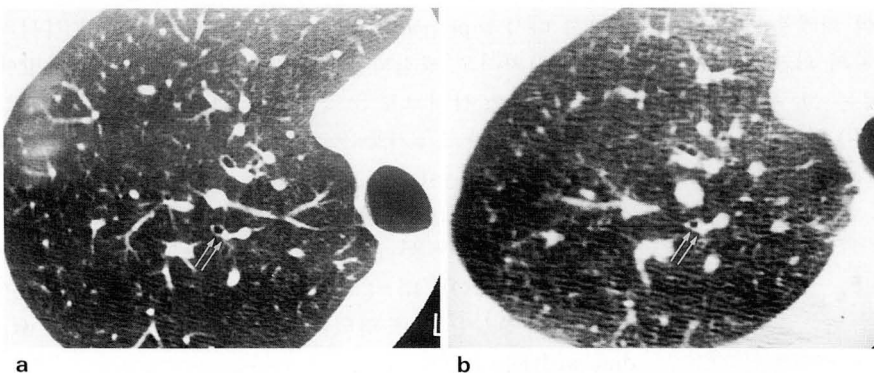


Fig. 1. Inspiration(a) and expiration(b) HRCT of upper lung in a normal adult volunteer. Marked decrease in bronchial diameter at expiration is noted(arrows). The bronchus-artery ratio changed from 1.14 (full inspiration) to 0.69(full expiration).

1.45 (평균  $1.05 \pm 0.13$ )이었다고 보고 하였으며(8), tomography를 이용한 연구에서는 주변 폐야에서 ABR이 0.3-0.8이었다고 보고하였다(13). CT를 이용한 연구에서 정상인의 폐분엽수준의 기관지 외경이 동반 폐동맥보다 92%에서 크게 측정되었고, 8%에서는 기관지외경이 작았고(7) 최근 ABR에 대한 연구가 좀더 보고되면서 HRCT상의 ABR은 각 폐엽 및 소엽별로 차이가 있지만 0.70-1.26 (평균  $1.04 \pm 0.13$ ) 라는 보고가 있었으며(6), David등은 CT상에서 정상인 기관지의 외경이 아닌 내경을 육안적으로 동반 폐동맥 직경과 비교했을때 폐동맥의 1.5배 이상 커진 경우는 없었지만 관찰된 기관지의 19%가 폐동맥보다 커서 CT상 원주형 기관지 확장증의 진단에 주의를 요한다고 보고하였다(5). 위의 연구들은 정상인에서 ABR에 변화가 있을 뿐만 아니라 상당수의 정상 기관지가 폐동맥보다 클 수도 있어 ABR만 가지고는 기관지 확장여부의 판단에 그 유용성이 제한되어 있다는 것을 지적하고 있다.

상기 논문들을 기관지 확장증의 진단 토대로 바로 이용하는 것에는 문제가 없지 않다. David 등의(5) 연구를 제외한 상기 연구들은 ABR에 쓰이는 기관지의 직경으로, 기관지 확장증의 진단에 통상적으로 이용되는 기관지의 내경이 아닌 외경을 이용하였기 때문이다. 그외에 상기의 논문들은 최대 흡기 상태의 CT와 단층촬영에서 ABR을 측정한 것으로, 실제 CT 촬영시 흔히 이뤄지는 불완전 흡기 상태의 HRCT, 또는 최근에 기관지 질환이 의심될 때 부분적으로 시행되는 최대 호기 상태의 HRCT에서의 ABR에 대한 연구는 저자가 아는 한 없다. 같은 사람에서 흡기시와 호기시 고해상 CT를 모두 얻어서 기관지의 직경과 폐동맥 직경의 변화를 본 문헌도 없는 듯하다. 이러한 연구는 정상 폐의 생리적 변화에 대한 지식을 얻는데도 도움이 되지만 불완전 흡기상태에서의 HRCT에 대한 이해를 높이는 데에도 기여할 것으로 사료된다.

본 연구에서 흡기시에 나란히 가는 폐동맥보다 직경이 큰 기관지가 9개로 8.5%나 되는 반면 호기에서는 1개인 1%로 거의 없었다. 따라서 기관지 확장증이 의심될 때 촬영하는 호기 CT에서, 폐동맥보다 크게 관찰되는 기관지는 확장된 기관지라고 진단해도 어느 정도 무리가 없을 것으로 생각된다. 흡기시에 폐동맥보다 큰 기관지가 본 연구에서는 8.5%로 19%인 David 등의(5) 연구보다 적지만 본 연구는 상하폐의 한 단면씩만을 대상으로한 반면 David등은 폐 전체를 대상으로 하였기 때문에 이들 수치를 단순 비교하기는 어려울 것이다.

본 연구 결과 기관지의 내경과 폐동맥의 비율은 일정하지 않고 흡기시에 비해 호기시에 의미있게 감소하였다. 따라서 경우에 따라 최대 흡기시 CT에 폐동맥보다 컸을 기관지가 호기시에 CT가 찍히게 되면 폐동맥보다 적거나 같게 될 수도 있어, 기관지 확장증 진단의 직경 기준만을 적용하면 임상에서 최대 흡기상태에 HRCT scan이 되지않는 경우 기관지 확장증의 폐 범위가 실제보다 적게 인식될 수도 있다는 것을 시사한다. 한편 전폐에서 호흡상태에 따

른 폐동맥의 직경은 의미있는 변화가 없었던 반면, 기관지의 내경은 상하폐 할것없이 흡기시에 의미있게 증가하여서, 기관지-폐동맥 비율이 흡기시에 증가하는 이유는 폐동맥 직경의 변화 때문이 아닌 기관지 확장때문인 것을 알 수 있다. 이전의 논문에서 폐혈관의 크기가 호흡에 따라 변한다는 언급이 있었으나(15, 16), 본 연구에서는 폐동맥 직경이 상폐나 전폐를 대상으로 하였을 때는 흡기시와 호기시에 의미있는 변화가 없었던 한편 하폐에서만 흡기시 폐동맥 직경이 더 작아진 결과는 특이하며, 이에 대해서는 앞으로 좀더 많은 연구가 따라야 할 것으로 생각된다.

현재까지 ABR을 측정한 많은 문헌에서 측정에 정확성이 떨어지는 방법들을 이용하였다. 지금까지 문헌상으로 기관지나 폐동맥의 직경 혹은 면적을 측정하는 방법으로 육안적으로 확대경과 자를 이용한 것에서부터 비디오 카메라나 스캐너를 이용한 디지털영상에서 측정한 것까지 여러 방법이 있었으나 본 연구에서는 workstation에서 CT의 scan data를 직접 처리하였기 때문에 이전 연구들에서 CT 사진을 비디오로 찍는 과정 등에 피할 수 없는 scan data의 소실을 없앴으며 또한 손으로 자를 대서 수치를 측정하지않고 전문적인 software의 caliper를 이용하여 수치를 재었기 때문에 좀더 정확성을 기했다고 할 수 있다.

본 연구의 한계로 건강한 20대 남자만을 대상으로 하였기 때문에 모든 연령에서의 변화를 모두 대표한다고는 할 수 없으나, 나이에 따른 폐동맥 기관지 비율이 거의 변동없다는 연구(13)를 고려한다면 본연구에서 나타난 결과와 크게 다르지는 않을것으로 생각된다. 또한 본 연구가 정상 성인만을 대상으로한 연구이기 때문에, 그 결과를 주된 관심사가 되는 기관지 확장증 환자에 그대로 적용 시키는데는 문제가 있을 수도 있어 기관지 확장증 환자에서의 변화에 대해서는 좀더 연구가 따로 있어야 하겠고, 본 연구에서 주된 측정 대상이 폐분엽기관지 이하였기 때문에 대엽성 기관지나 그상방의 기관지의 변화를 반영하지 못하였던 단점이 있다.

요약하면 정상성인 남자에서 흡기시에 비해 호기시에 기관지-폐동맥 직경 비율 즉, 폐동맥에 대한 기관지내경의 비율이 상하폐에 관계없이 의미있게 감소하였다. 그 이유로는 기관지가 호기시에 의미있게 감소하기 때문이고 폐동맥 직경은 호흡에 따른 변화가 없기 때문에 관여하지 않았다. 본 연구는 정상인에서의 호흡에 따른 기관지 및 폐동맥의 변화를 수치화하여 제시함으로써 폐의 생리를 이해하는데 도움이 될것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Grenire P, Maurice F, Musset D, Menu Y, Nahum H. Bronchiectasis: assessment by thin-section CT. *Radiology* 1986; 161: 95-99
2. Joharjy IA, Bashi SA, Adbullah AK. Value of medium thickness CT in the diagnosis of bronchiectasis. *AJR* 1987; 149: 1133-1137

3. Naidich DP, McCauley DI, Khouri NF, Stitik FP, Siegelman SS. Computed tomography of bronchiectasis. *J Comput Assist Tomogr* **1982**;6:437-444
4. Moonro NC, Cooke JC, Currie DC, Strickland B, Cole PJ. Comparison of thin section computed tomography with bronchography for identifying bronchiectatic segments in patients with chronic sputum production. *Thorax* **1990**;45:135-139
5. Lynch DA, FRRCSI MB, Newell JD, et al. Uncomplicated asthma in adults: Comparison of CT appearance of the lungs in asthmatic and healthy subjects. *Radiology* **1993**;188:829-833
6. Kim SJ, Im J-G, Kim IW, et al. Normal bronchial and pulmonary arterial diameters measured by thin section CT. *J Comput Assist Tomogr* **1995**;19:365-374
7. Falaschi F, Palla A, formichi B, et al. CT evaluation of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *J Comput Assist Tomogr* **1992**;16:897-903
8. Woodring JH. Pulmonary artery-bronchus ratios in patients with normal lungs, pulmonary vascular plethora, and congestive heart failure. *Radiology* **1991**;179:115-122
9. Webb WR. High-resolution CT of the lung parenchyma. *Radiol Clin North Am* **1989**;27:1085-1097
10. Naidich DP, Zinn WL, Ettenger NA, McCauley DI, Garay SM. Basilar segmental bronchi: thin-section CT evaluation. *Radiology* **1988**;169:11-16
11. Naidich DP, Funt S, Ettenger NA, Arranda C. Hemoptysis: CT-bronchoscopic correlation in 58 cases. *Radiology* **1990**;177:357-362
12. Lee KS, Bae WK, Lee BH, Kim IY, Choi EW, Lee BH. Bronchovascular anatomy of the upper lobes: evaluation with thin-section CT. *Radiology* **1991**;181:765-772
13. Wojtowicz J. Some tomographic criteria for a evaluation of the pulmonary circulation. *Acta Radiol(Diagn)* **1964**;2:215-224
14. 김성진, 최연현, 박길선, 김대영. 전폐분엽 기관지와 동맥 직경 크기의 비교. *대한방사선의학회지* **1992**;28(4):541-544
15. 진수일. 성인 정상 폐동맥의 측정. *대한방사선의학회지* **1975**;11:6-9
16. Westermarck N. Importance of intraalveolar pressure in diagnosis of pulmonary disease. *Radiology* **1948**;50:610-618

Journal of the Korean Radiological Society 1996; 35(2) : 201~204

## Inspiratory and Expiratory Pulmonary CT: Change of Bronchial and Accompanying Pulmonary Arterial Diameter During Respiration in Healthy Adult Men<sup>1</sup>

Eui Yong Jeon, M.D., Chang Soo Kim, M.D, Yo Won Choi M.D., Seok Chol Jeon, M.D.  
Ho Ju Yun, M.D.<sup>2</sup>, Sun I. Kim, Ph.D.<sup>3</sup>, Heung Suk Seo, M.D.,  
Chang Kok Hahm, M.D., Chung Ki Park, M.D.<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Hanyang University

<sup>2</sup> Department of Respiratory Medicine, College of Medicine, Hanyang University

<sup>3</sup> Department of Medical Information and Management, College of Medicine, Hanyang University

<sup>4</sup> Department of Diagnostic Radiology, Kuri Hospital, College of Medicine, Hanyang University

**Object:** To evaluate changes in the diameter of bronchi and pulmonary arteries during respiration.

**Materials and Methods:** The ratio of the diameter of matched inner bronchi and accompanying pulmonary arteries was calculated from full inspiration and expiration HRCT of healthy men.

**Results:** In 106 pairs of matched bronchi and pulmonary arteries, the bronchial-arterial ratios were  $0.61 \pm 0.18$  (upper lung),  $0.72 \pm 0.21$  (lower lung), and  $0.65 \pm 0.20$  (total) at full inspiration and  $0.51 \pm 0.32$  (upper lung),  $0.52 \pm 0.15$  (lower lung), and  $0.51 \pm 0.26$  (total) at full expiration HRCT, denoting a statistically significant increase in bronchial diameter of the entire lung at full inspiration. The inner diameter of the bronchus was larger than the diameter of the accompanying pulmonary artery by 0.1% at full expiration and 8.5% at full inspiration.

**Conclusion:** The result of this study would be helpful in understanding the physiology of the lung during respiration.

**Index Words:** Lung, anatomy  
Lung, CT  
Bronchi, CT  
Bronchiectasis