

## 비글견의 컴퓨터단층영상에서 기관내강과 폐동맥 직경비율의 마취제에 따른 영향평가

임종수 · 황태성 · 윤영민 · 정동인 · 연성찬 · 이희천<sup>1</sup>

경상대학교 동물의학연구소

### Influences of Anesthetics in term of Computed Tomography Bronchial Lumen to Pulmonary Artery Diameter Ratio in Beagle Dogs

Jong-su Lim, Tae-sung Hwang, Young-min Yoon, Dong-in Jung, Seong-chan Yeon and Hee-chun Lee<sup>1</sup>

Institute of Animal Medicine, College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

(Accepted: December 14, 2015)

**Abstract :** Bronchoarterial (BA) ratio is a commonly used criterion to define airway dilatation despite the lack of normative human and animals. The objective of our study was to compare the range of normal bronchial to accompanying arterial diameter ratio with previous reports on CT scan of the thorax in dogs and assess influence anesthetics on BA ratio in dogs. Dogs undergoing multidetector CT scan of the chest for nonpulmonary conditions at a single center were prospectively identified. High-resolution reconstruction was performed on those included and both airway lumen and vessel diameters were measured in the lobar bronchi of the left cranial (cranial and caudal parts), right cranial, right middle, left caudal, and right caudal lung lobes. Eight dog were included; Mean of the mean BA ratios was  $1.43 \pm 0.24$  (95% CI = 1.36 – 1.50) in inhalation anesthetic group. In propofol group, the mean of the mean BA ratios was  $1.13 \pm 0.29$  (95% CI = 1.04 – 1.22). In medetomidine group, the mean of the mean BA ratios was  $0.89 \pm 0.19$  (95% CI = 0.83 – 0.95). Comparing individual lobes within anesthetic category, there was no significant difference in mean BA ratio between lung lobes or between dog according to inhalation, propofol, and medetomidine group ( $P = 0.630$ ,  $P = 0.878$ , and  $P = 0.508$ , respectively). The BA ratio in these clinically normal dogs was consistent and may be a useful tool in evaluating for bronchiectasis on CT images. However, some different criteria for bronchiectasis were applied by the anesthetic methods.

**Key words :** bronchiectasis, bronchoarterial ratio, bronchus, computed tomography.

## 서 론

만성기관지염에서 나타날 수 있는 합병증으로는 세균성 감염, 마이코플라즈마 감염, 기관지관지연화증, 폐성고혈압, 기관지확장증이 있다. 기관지 확장증은 기도의 영구적인 확장을 의미한다(1,5,8,16,19). 기관지 확장증은 만성적인 기도의 염증과 기도 폐색에서 이차적으로 발생할 수 있으며, 섬모운동 이상(비운동성 섬모증후군) 같은 특정 선천적 이상과 연관되어 나타날 수 있다.

기관지 질환보다는 기도 견인에 의한 기관지 확장증이 특발성 폐섬유증과 함께 나타날 수 있다(1,5-6,16). 이는 보통 만성적인 기도의 염증으로 인한 파괴적인 영향에 뒤따르는 기관지벽 손상의 말기 변화로 생각되어야 한다(1,5,14). 일반적으로, 개의 기관지 확장증에서는 모든 주기도들이 확장되어 있으나, 경우에 따라 국소화되어 있는 경우도 있다.

재발성 세균 감염과 명백한 세균성 폐렴은 기관지확장증이 있는 개에서 흔한 합병증이다. 사람에서는 고해상 전산화 단층촬영(HRCT)이 기관지확장증 진단에 비침습적인 도구로 선호되고, 조직병리학과 기관지 조영술에 비교했을 때 높은 정확도를 가진다(4,9,21). HRCT를 기관지 조영술에 비교했을 때 96%의 민감도와 93%의 특이도가 나타났다(4). 기관지 내강의 확장, 변연부로 갈수록 기도의 직경이 감소하지 않는 소견, 흉막으로부터 1 cm 이내에 기도가 보이는 경우, 기도를 따라 정맥이 수축, 기관지의 말단부에 공기를 함유한 낭종이 보이는 경우 등을 포함한 다양한 CT 기준들의 조합이 기관지 확장증의 진단에 사용된다(5,7,14,16).

사람에서는 기관지의 직경이 함께 주행하는 폐동맥의 직경보다 큰 경우(BA > 1), 기관지 확장을 결정하는 기준으로 가장 널리 사용하고, 기관지확장증의 진단을 뒷받침한다(5,8,16).

이 연구는 개의 흉부 CT상에서 기관지동맥직경비를 평가하기 위해, 무호흡 유도 흡입마취 및 주사마취 하에서 각각 CT촬영을 하였으며, 촬영 후 영상을 분석하여 기관지동맥직경비를 측정하였다.

<sup>1</sup>Corresponding author.  
E-mail : lhc@gnu.ac.kr

## 재료 및 방법

### 실험동물

8마리의 건강한 비글견이 연구에 사용되었다. 평균 연령 4 살(3-5살)의 수컷 5마리와 암컷 3마리로, 평균 체중은 9.34 kg ( $\pm 1.5$  kg) 이었다. 실험에 사용하기 전, 신체검사, CBC, 혈청화학검사, 흉부방사선검사를 바탕으로 임상적으로 건강한 실험동물을 사용하였으며, 모든 개들은 실험 전 12시간 절식한 후 실험에 사용되었다.

### 흉부 CT 영상

실험에 사용된 CT 장비는 2채널 장비(Somatom Emotion®, SIEMENS Medical Solutions, Germany)이며, 흉부 CT 영상은 helical CT 스캔으로 획득하였다. 실험은 각각의 마취 방법(이소플루란 호흡마취, 프로포폴 CRI, 메테토미딘 IV bolus)하에서 흉외위상대로 촬영을 실시하였다. 모든 실험은 폐의 평가에 적절한 재구성 알고리즘을 사용하여 slice thickness는 3 mm로 하였다. 획득한 영상들은 폐 window (WW 1500; WL -600)에서 관독되었다.

### 마취

흡입마취의 경우, 아트로핀 황산염(제일 아트로핀 황산염 주사액®, 제일제약, 대구, 한국; 0.04 mg/kg, SC)과 라니티딘 (Ranisd inj.®, 제일제약(주), 서울, 한국; 2 mg/kg IV)으로 전처치 하였다. 진신마취는 프로포폴(프로바이브 1%®, 명문 제약(주), 서울, 한국; 6 mg/kg IV)로 유도되었고, 1.9%-2.2% 이소플루란(아이프란®, 하나제약(주), 경기도, 한국)으로 유지되었다. 산소유량은 1.5 L/min로 세팅하였다. 일호흡용적은 호기말 이산화탄소 상태가 35-45 mmHg를 유지하도록 조절하였다. 이소플루란의 흡입농도와 호기말농도, 호기말 이산화탄소 상태와 혀의 탐촉자를 통한 혈중산소포화도는 multi gas monitor (Capnomac, Datex, Helsinki, Finland)를 통해 모니터링 되었다. 주사마취의 경우, 프로포폴(프로바이브 1%®, 명문 제약(주), 서울, 한국; 6 mg/kg IV)로 유도, 0.3 mg.kg/min CRI로 유지)과 메테토미딘(도미토®, 오리온 제약(주), 에스포, 핀란드; 40 µg/kg IV) 이 주사마취에 사용되었다.

### 영상처리 & 기관지동맥직경비 측정

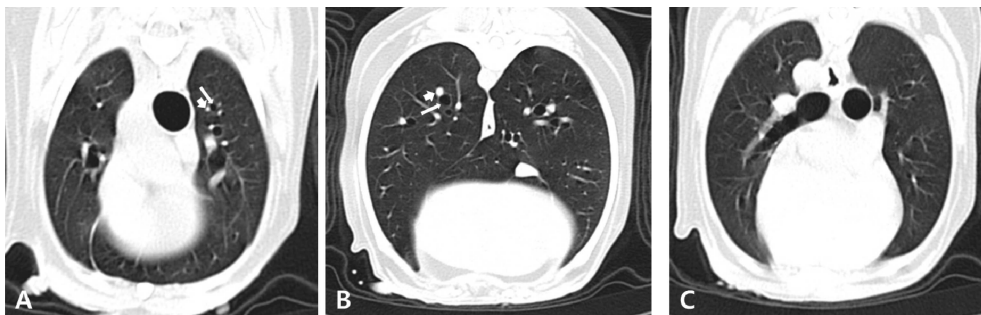
CT 영상 분석은 상용화된 판독·분석 소프트웨어를 사용하여 전용 영상열람대에서 수행되었다. 기관지동맥직경비는 총 3개의 수준에서 좌우양측의 기관지동맥직경비를 측정하였으며(총 6개 부위), 그 위치의 해부학적 지표는 4번째 늑골수준, 11번째 늑골수준, 그리고 우중엽의 뒤쪽부분 수준이었다. 먼저 좌우전엽의 기관지동맥직경비를 평가하고자 4번째 늑골수준에서 기관지 내강의 내경을 전자 캘리퍼로 측정하였으며, 측정시 타원형으로 관찰되는 기관지의 경우 오류를 최소화하고 내경을 측정하는데 있어 경사의 영향을 배제하기 위해 항상 최소 직경을 측정했다. 동일한 영상에서 보이는 동반 주행하는 폐동맥의 직경도 유사한 방법으로 측정했다. 영상화된 기관지가 적절한 수준에서 명확히 관찰되지 않는 경우, 4번째 늑골의 바로 앞 또는 뒤의 인접한 단면에서 기관지를 평가하였다(Fig 1A). 좌·우 후엽에서 나타나는 기관지동맥직경비를 얻기 위해 같은 방법이 11번째 늑골수준에서 사용되었고(Fig 1B), 유사한 방법이 우중엽과 좌전엽의 뒤쪽부분의 기관지 내경을 측정하는데 사용되었다. 이 수준에서의 기관지들은 CT 영상의 장축방향으로 길게 주행하는 양상이 일반적으로 관찰되고, 내경은 가장 넓은 부위에서 측정하였다(Fig 1C).

### 통계분석

통계분석은 SPSS 버전 14.0 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A)을 통해 수행하였고, 모든 데이터는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)으로 비교하였다. 사후검정으로 Scheffé t-test를 실시하였으며, 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

6개 부위에서 측정한 144개의 기관지동맥직경비를 3개의 마취군에서 획득하였다. 흡입마취군에서 평균기관지동맥직경비의 평균은  $1.43 \pm 0.24$  (95% 신뢰구간 = 1.36 - 1.50)이다. 평균기관지동맥직경비의 평균은 프로포폴군에서는  $1.13 \pm 0.29$  (95% 신뢰구간 = 1.04 - 1.22)이고, 메테토미딘군에서는  $0.89 \pm 0.19$  (95% 신뢰구간 = 0.83 - 0.95)이다. 마취군에 따른 각각의 폐엽에서의 평균 기관지동맥직경비는 Table 1-3에 나타나



**Fig 1.** Computed tomography images of the thorax at the level of the 4th rib (A), the 11<sup>th</sup> rib (B), and the caudal part of the right middle lobe (C). The internal diameter of a representative bronchial lumen and the diameter of the corresponding pulmonary artery in cross-section were measured with electronic calipers. The measured bronchi are designated by large, thin arrows while the corresponding pulmonary artery is designated by short, thick arrows.

**Table 1.** Mean bronchoarterial (BA) ratio, standard deviation (SD), and range for each lung lobe in 8 dogs with inhalation anesthesia

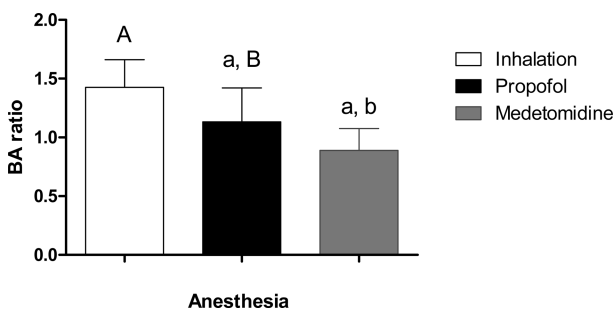
Location	Mean BA ratio	SD	Range
Right cranial	1.4550	0.14861	1.25-1.67
Left cranial, cranial part	1.3900	0.27376	0.96-1.88
Right middle	1.3875	0.24731	1.19-1.87
Left cranial, caudal part	1.3663	0.18845	1.11-1.64
Right caudal	1.5563	0.29150	1.11-1.85
Left caudal	1.3963	0.25928	1.00-1.81
Mean of means	1.4252	0.23618	0.96-1.88

**Table 2.** Mean bronchoarterial (BA) ratio, standard deviation (SD), and range for each lung lobe in 8 dogs with propofol anesthesia

Location	Mean BA ratio	SD	Range
Right cranial	1.1414	0.25063	0.82-1.48
Left cranial, cranial part	1.1129	0.24493	0.80-1.52
Right middle	1.0486	0.28777	0.63-1.48
Left cranial, caudal part	1.0886	0.21106	0.93-1.44
Right caudal	1.1543	0.27999	0.77-1.62
Left caudal	1.2457	0.46324	0.65-2.15
Mean of means	1.1319	0.28873	0.63-2.15

**Table 3.** Mean bronchoarterial (BA) ratio, standard deviation (SD), and range for each lung lobe in 8 dogs with medetomidine anesthesia

Location	Mean BA ratio	SD	Range
Right cranial	1.0143	0.06680	0.91-1.10
Left cranial, cranial part	0.8886	0.12402	0.69-1.00
Right middle	0.8700	0.07874	0.79-1.00
Left cranial, caudal part	0.8486	0.18452	0.65-1.19
Right caudal	0.8886	0.32647	0.37-1.23
Left caudal	0.8214	0.21706	0.45-1.00
Mean of means	0.8886	0.18731	0.37-1.23

**Fig 2.** The comparison of mean BA ratio obtained from inhalation anesthesia and the other injection anesthetics. A, a and B, b means significant difference with  $p < 0.001$ .

었다. 각 군내에서 폐엽간의 평균기관지동맥직경비의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다(흡입마취군;  $P = 0.630$ , 프로포폴 마취군;  $P = 0.878$ , 메테토미딘 마취군;  $P = 0.508$ ).

마취방법에 따른 모든 폐엽의 평균기관지동맥직경비 사이

에는  $p < 0.001$ 로 유의한 차이가 있었다(Fig 2).

## 고 찰

CT는 사람에서 기관지 확장증을 진단하는데 있어 가장 비침습적인 방법으로 간주 되고 있으며, 고해상 전산화 단층촬영은 조직병리학, 기관지 조영술과 유사한 정확도를 가진다(4,9,21). 기관지 확장증은 사람에서는 기관지 확장과 간접소견들을 포함하는 다양한 CT 기준들의 조합을 이용하여 진단된다. 기관지 확장은 변연부로 갈수록 기도의 직경이 감소하지 않는 소견, 흉막으로부터 1 cm 이내에 기도가 보이는 소견등을 보이며, 간접적인 소견들로는 기관지벽 비후, 점액 플러징, 기관지 말단부에 공기음영 등이 포함한다(5,11,16). 개의 기도에 대한 정상과 비정상 CT 소견은 알려진 바가 거의 없다(20).

개에서 기관지와 혈관 직경에 대한 기준데이터는 매우 부족한 상태이다. 본 연구에서 폐병변이 없는 개의 흡입마취시 평균기관지동맥직경비가 1.43 (95% 신뢰구간 = 1.36 - 1.50)로 확인되었다. 이는 호흡정지방법을 이용한 흡입마취시의 기관지동맥직경비를 평가한 이전 연구(2)와 비교했을 때 유사한 결과로 판단된다. 개에서는 기관지동맥직경비율이 2.0를 초과하면 기관지 확장을 정의하는 기준이 계속 사용되고 있다(2). 본 연구에서도 흡입마취시 정상인 경우 2.0을 초과하지 않는 결과를 얻을 수 있으므로, 기관지동맥직경비율의 정상기준은 2.0이 적절할 것으로 사료된다.

MDCT 스캔에서 보이는 기관지와 소동맥의 분포와 크기는 개나 고양이에서는 이전에 보고된 바 없다. 본 연구에서는 3 mm 두께의 slice thickness 사용하여 CT 촬영을 실시하였다. 속이 비어있는 구조인 기관지에 대한 CT 스캔의 공간 해상도 한계가 0.1-0.2 mm이기 때문에(17), 어느 정도 수준의 기관지가 평가 가능한 최소수준의 기관지인지 확신할 수 없었다. 다만, 본 연구에서 평가한 6개부위의 경우, 기관지내강을 측정하는데 어려움은 없었다.

본 연구에서 기관지동맥직경비는 해부학적 위치에 따른 차이, 즉 좌·우엽 사이 또는 전·후엽 사이에 어떤 유의적인 차이도 관찰되지 않았다. 이는 HRCT 스캔(10,15,18)과 조직학적 평가(13)를 이용한 동물(2)과 성인에 대한 이전 보고와 동일한 결과를 보인다. 그러나 사람에 대한 일부 연구에서는 해부학적 위치(3,12)에 따라 이 비율의 미세한 차이가 보고된 바 있으나, 임상적 의의는 불분명하다.

마취방법에 따른 기관지동맥직경비의 변화는 명백하다. 본 연구결과, 주사마취시의 기관지동맥직경비는 흡입마취시의 직경비와 비교하였을 때 유의적으로 감소되었다. 이는 호흡마취하의 호흡정지방법이 기관지벽을 밀어 기관지동맥직경비를 증가시킨 결과라고 판단된다. 따라서 기관지동맥직경비는 마취방법에 따라 그 수치가 변화할 수 있으며, 본 연구결과가 그 기준데이터를 제시하는데 도움이 될 것으로 판단된다. 그러므로 HRCT에서의 기관지확장에 대한 기준들은 적용된 마취에 따라 분류되어야 할 것이다.

본 연구의 한계점으로는 정확한 폐기능의 정상여부를 평가하기 위한 적절한 폐기능 검사가 수행되지 않은 점이다. 신체검사와 흉부방사선검사를 통하여 임상적으로 건강한 실

협동물을 사용하였지만 임상적으로 건강한 개에서도 일부 기관지분비물이나 주위 염증 등에 의해 측정에 오차를 줄 가능성을 완전히 배제할 수 없다고 할 수 있겠다. 또한 디지털 캘리퍼를 사용한 측정 시 측정오류의 가능성에 대해 완전히 배제할 수 없다는 한계점도 있다.

## 결 론

기관지확장증은 사람에서, 그리고 개와 고양이를 포함한 동물에서 다양한 CT 소견들을 바탕으로 진단된다. 뿐만 아니라, 기관지동맥직경비의 사용은 기관지확장증을 진단하는데 있어 매우 민감한 기준이 된다. 결론적으로, 개에서 각각의 폐엽에서의 기관지동맥직경비는 상당히 유사하게 일정하며(2.0 이하), 기관지동맥직경비를 평가할 때, 마취방법에 따라 직경비의 차이를 유발할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요할 것이다.

## 참고문헌

- Barker AF. Bronchiectasis. *N Engl J Med* 2002; 346: 1383-1393.
- Cannon MS, Wisner ER, Johnson LR, Kass PH. Computed tomography bronchial lumen to pulmonary artery diameter ratio in dogs without clinical pulmonary disease. *Vet Radiol Ultrasound* 2009; 50: 622-624.
- Choe KO, Hong YK, Kim HJ; Joo SH, Cho BK, Chang BC, Cho SY, Shlm WH, Chung NS. The use of high-resolution computed tomography in the evaluation of pulmonary hemodynamics in patients with congenital heart disease: in pulmonary vessels larger than 1 mm in diameter. *Pediatr Cardiol* 2000; 213: 202-210.
- Grenier P, Maurice F, Musset D, Menu Y, Nahum H. Bronchiectasis: assessment by thin-section CT. *Radiology* 1986; 161: 95-99.
- Hansell DM. Bronchiectasis. *Radiol Clin North Am* 1998; 36: 107-128.
- Hawkins EC, Basseches J, Berry CR, Stebbins ME, Ferris KK. Demographic, clinical, and radiographic features of bronchiectasis in dogs: 316 cases (1988-2000). *J Am Vet Med Assoc* 2003; 223: 1628-1635.
- Iseman M. Bronchiectasis. In: Broaddus VC, Mason RJ, Murray JF, Nadel JA (eds): *Textbook of respiratory medicine*. Philadelphia: Elsevier Saunders. 2005: 1252-1276.
- Johnson L. Bronchiectasis. In: Ettinger SJ, Feldman EC (eds): *Textbook of veterinary internal medicine*. St. Louis: Elsevier Saunders. 2005: 1233-1238.
- Kang EY, Miller RR, Müller NL. Bronchiectasis: comparison of preoperative thin-section CT and pathologic findings in resected specimens. *Radiology* 1995; 195: 649-654.
- Kim JS, Müller NL, Park CS; Lynch DA, Newman LS, Grenier P, Herold CJ. Bronchoarterial ratio on thin section CT: comparison between high altitude and sea level. *J Comput Assist Tomogr* 1997; 212: 306-311.
- Kim JS, Müller NL, Park CS, Grenier P, Herold CJ. Cylindrical bronchiectasis : diagnostic findings on thin-section CT. *Am J Roentgenol* 1997; 168: 751-754.
- Kim SJ, Im JG, Kim IO, Cho ST, Cha SH, Park KS, Kim DY. Normal bronchial and pulmonary arterial diameters measured by thin section CT. *J Comput Assist Tomogr* 1995; 193: 365-369.
- Long FR, Williams RS, Castile RG. Structural airway abnormalities in infants and young children with cystic fibrosis. *J Pediatr* 2004; 1442: 154-161.
- Marolf AJ, Blaik MA. Bronchiectasis. *Compendium* 2006; 28: 766-775.
- Matsuoka S, Uchiyama K, Shima H, Ueno N, Oish S, Nojiri Y. Bronchoarterial ratio and bronchial wall thickness on high-resolution CT in asymptomatic subjects: correlation with age and smoking. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 1802: 513-518.
- McGuinness G, Naidich DP. CT of airways disease and bronchiectasis. *Radiol Clin North Am* 2002; 40: 1-19.
- Müller NL, Silva CIS. Normal computed tomography of the chest. In: *Imaging of the Chest* 2008, 1st ed. Philadelphia: PA Saunders. 34-80.
- Park CS, Müller NL, Worthy SA, Kim JS, Awadh N, Fitzgerald M. Airway obstruction in asthmatic and healthy individuals: inspiratory and expiratory thin-section CT findings. *Radiology* 1997; 2032: 361-367.
- Reid LM. Reduction in bronchial subdivision in bronchiectasis. *Thorax* 1950; 5: 233-247.
- Winters KB, Tidwell AS, Rozanski EA, Jakowski R, Hoffman AM. Characterization of severe small airway disease in a puppy using computed tomography. *Vet Radiol Ultrasound* 2006; 47: 470-473.
- Young K, Aspestrand F, Kolbenstvedt A. High resolution CT and bronchography in the assessment of bronchiectasis. *Acta Radiol* 1991; 32: 439-441.