대한병리학회지 1993; 27: 11~18

백서 폐장의 모세혈관총 및 맥관혈관 구조의 Corrosion Casting에 의한 주사전자현미경적 관찰

계명대학교 의과대학 병리학교실

권건영 · 조갑래 · 김상표 · 박관규 · 장은숙

Capillary Plexus and Vasa Vasorum of the Rat Lung as Revealed by Scanning Electron Microscope of Corrosion Casts

Kun Young Kwon, M.D., **Kam Rae Cho,** M.D., **Sang Pyo Kim,** M.D.
Kwan Kyu Park, M.D and **Eun Sook Chang,** M.D.

Department of Pathology, Keimyung University School of Medicine, Taegu, Korea

The pulmonary microvasculatures of rats were studied by injection replicas prepared from Mercox. This medium enabled us to easily obtain consistent, stable, and complete injected replicas of the pulmonary vasculature.

In order to investigate the three dimensional structures of the tributaries of the bronchial artery, such as the capillary plexus and vasa vasorum, we performed a scanning electron microscopic(SEM) study of the vascular casts, using Mercox CL-2B as a media.

The alveolar capillaries revealed hexagonal or pentagonal rings of vascular networks. In some areas, the vascular rings composed a square network, The bronchial tree was supplied by the bronchial arteries which form a coarse capillary plexus extending as far as the terminal bronchioles. Occasionally the capillary plexus was connected with adjacent capillary networks in and around the alveolar walls. The walls of the pulmonary artery revealed only a single layer of the vasa vasorum, but those of the pulmonary vein were surrounded by more complicated and well developed vasa vasorum than the pulmonary arterial side. The mean diameters of the venous vasa vasorum are greater than the arterial vasa vasorum. **(Korean J Pathol 1993; 27: 11~18)**

Key Words: Vascular casts, Capillary plexus, Vasa vasorum, Scanning electron microscopy

서 론

폐장은 호흡을 통하여 대기와 인체의 혈액사이에 가스교환을 수행하는 중요기관으로 어느 장기에 못지않게 혈관계가 잘 발달되어 있다. 각종 폐질환에 있어서 폐포의 손상과 폐포중격의 비후는 흔히 볼 수 있으며 폐포 모세혈관과 폐포사이의 간질은 두터워지고 섬유성 변화를 초래하여 가스교환의 기능은 저하되고 심한 경우 폐부전증을 야기시키기도 한다[1,2].

이와같이 폐장의 각 질환을 형태학적으로 정확히 이해하고 병리학적 기전을 규명하는데 있어서 폐 혈관계에서 나타나는 여러가지 변화에 대한 인식은 반드시 필요하며, 따라서 폐혈관계에 관한 연구가 다방면으로 활발히 진행되어 왔다[3~5]. 지금까지 보고된 연구들은 주로 광학현미경적 또는 투과전자현미경적 방법을 이용하였으며 이차원적 관점에서 이루어졌다. 그러나 corrosion casting법을 도입한 이후에는 주사전자현미경적 관찰을 통하여 폐장의 미세혈관계에 대한 입체적인 연구가 이루어지고 있으며 각종 폐질환들의 기전

접 수:1992년 7월 23일, 게재승인:1992년 9월 9일
주 소:대구시 중구 동산동 194번지, 우편번호 700-310
계명대학교 의과대학 병리학교실, 박관규
*이 논문은 1990년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대육성학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

을 정확히 규명하는데 필요한 형태학적 정보를 많이 제공받을 수 있게 되었다[6~9].

저자들은 백서 폐장의 혈관계에 관한 주사전자현미경적 관찰을 실시하여 폐동맥과 폐장맥의 구조와 폐포혈관계와의 상호 연결상을 중심으로 연구를 이미 수행하였으며 몇가지의 형태학적 성적을 얻은 바가 있다[10]. 그리고 백서 폐장의 혈관계에 관한 연구에서 이들 혈관에 영양을 제공하는 맥관혈관(vasa vasorum)의 존재와 그 형태 그리고 기관지를 영양하는 모세혈관총의 분포 및 그 형태학적 특징에 대해서도 많은 관심을 갖게 되었으나 이들에 관한 연구는 문헌상에 상당히 드물게 보고되어 있음을 확인하였다[11].

따라서 저자들은 폐혈관계 중 맥관혈관계 및 모세혈관총에 관한 일단의 연구를 하기 위하여 Mercox CL-2B를 사용한 맥관주조(vascular casting)법을 이용하였으며 주사전자현미경적 관찰을 실시하였다.

재료 및 방법

연구재료로는 일정기간 사육하여 건강이 양호하다고 생각되는 체중 약 250 g정도의 Sprague-Dawley종 백서 30마리를 골라 실험에 사용하였다. 실험군은 Mercox의 주입 경로를 달리하여 다음과 같이 3군으로 나누어 실시하였다.

Goup 1: 하대정맥으로 도관을 넣어 Mercox를 주입하고 흉부 대동맥을 절단한 군(10마리)

Group 2: 좌심실을 뚫고 대동맥으로 도관을 넣어 Mercox를 주입한 후 우심방을 절개한 군(10마리)

Group 3: 흉부 대동맥으로 도관을 넣어 혈액순환에 역행으로 Mercox를 주입한 후 좌심방을 절개한 군(10마리)

연구 방법으로는 복강내로 nembutal 0.2 ml를 주사하여 실험동물을 마취시킨 후 흉강 및 복강으로 연다음 heparin 0.3 ml를 좌심실로 투여하였다. 하대정맥으로 도관을 넣은 후 생리식염수를 주입하면서 즉시 흉부대동맥을 절단하였으며(Group 1) 생리식염수는 분당 4 ml 속도로 관류하여 혈액을 완전히 제거한 다음 0.5% glutaraldehyde와 0.5% paraformaldehyde를 혼합한 고정액으로 20분간 관류하여 혈관벽을 고정시켰다. Plastic 제제인 Mercox CL-2B

Key for abbreviations

AC: alveolar capillary
B: bronchial tree
Ba: bronchial arteriole
CP: capillary plexus
PA: pulmonary artery
Pa: pulmonary arteriole
PC: pleural capillary
PV: pulmonary vein
TB: terminal bronchiole
VV: vasa vasorum

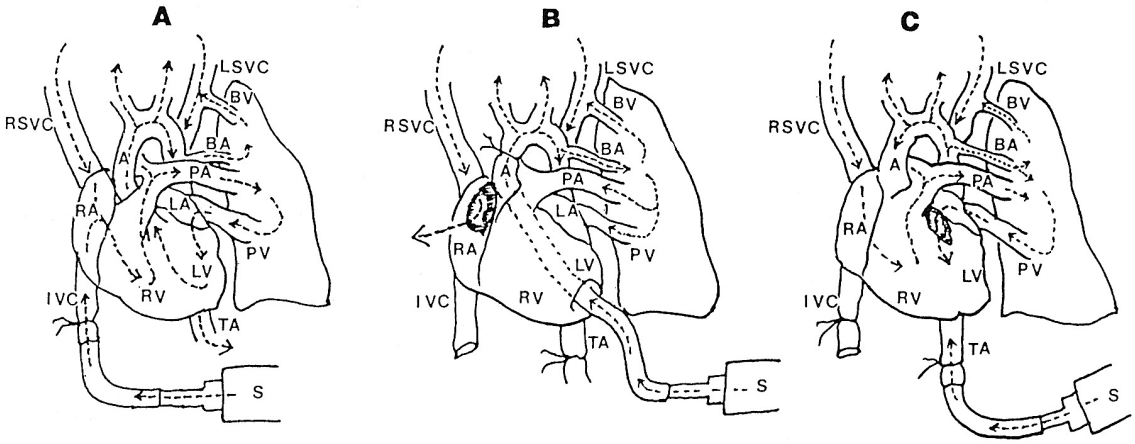

Fig. 1. Schematic drawing to show the Mercox injection methods A, B and C . PA, PV: pulmonary artery and vein; BA, BV: bronchial artery and vein; RA, RV; right auricle and ventricle; LA, LV: left auricle and ventricle; A, TA: aorta and thoracic aorta; RSVC, LSVC: right and left superior vena cava; IVC: inferior vena cava; S: syringe.

(Dainippon Ink and Chemicals, Tokyo) 10 ml에 MA catalyst 0.3 g을 섞어서 분당 2 ml 속도로 하대정맥으로 서서히 주입하여 폐장혈관들을 채운 후 여분의 Mercox는 흉부대동맥을 통하여 빠져 나오게 하였다. 또한 Mercox의 주입경로를 달리하여 대동맥으로 도관을 넣어 주입하는 방법(Group 2)과 흉부대동맥으로 도관을 혈액의 역류방향으로 넣어 Mercox를 주입하는 방법(Group 3)을 병행하였다[8](Fig. 1). Mercox CL-2B로 폐장내 혈관 주입을 마친 후 상온에서 2시간 이상 방치하여 혈관내 Mercox를 완전히 경화시켰다. 충분히 경화된 것을 확인한 후 폐장전체를 백서로부터 떼어낸 후 면도칼로서 일정한 간격으로 폐장을 세절하고 20% NaOH 용액이 든 용기내에 조직편을 넣은 후 12시간 이상 항온 수조(60℃)내에서 방치하여 폐장조직을 완전히 용해시킨 후 증류수로 세척하였다. 혈관구조만 남은 주조를 공기중에서 완전히 말린 다음 osmium원액을 사용하여 맥관주조 시료에 침투시키고 금속시료대에 은이고(silver paste)를 사용하여 시료를 고정시킨 후 IB-3 ion coater(Eiko Co., Japan)로 Pt-Pd를 사용하여 이온증착한 다음 Hitachi S-520형 주사전자현미경으로 가속전압 15 KV로하여 폐장의 폐포모세혈관계와 모세혈관총 및 맥관혈관계의 구조를 관찰하였다. 또한 주사전자현미경의 길이 측정 눈금을 이용하여 폐포모세혈과, 모세혈관총 및 맥관혈관의 직경을 각각 측정하였다. 그리고 맥관혈관의 분포양상과 그 직경에 있어서 폐동맥과 폐정맥에 있어서 차이가 있는가를 알아보고 상호 비교하였다.

결 과

1. 폐포모세혈관계(Alveolar capillaries)

폐포모세혈관은 짧고 원형의 원통형 관으로 이루어진 크기가 다양한 육각형망으로 구성되어 있고 어떤 부위에서는 오각형 또는 사각형망을 보여 주었다. 폐포모세혈관 주조의 표면에는 혈관 내피세포 핵을 나타내는 얕은 흔적을 볼 수 있었다(Fig. 2, 3). 그리고 이들 폐포모세혈관들의 일부에서는 폐세정맥으로 합류되었다. 늑막하 부위에서는 모세혈관들이 폐장 중심부의 모세혈관들과는 다른 형태를 보여 주었는데 이들은 세동맥에서 분지되며 복잡한 혈관망을 이루었고 모세혈관들의 끝 부분은 흔히 막힌채 난원형의 첨단부를 이루었다(Fig. 4).

2. 모세혈관총(Capillary plexus)

기관지 및 기관세지에 영양을 공급하는 기관지 동맥은 폐문 근처에서 시작하여 기관지 혈관초(bronchovascular sheath)내로 주행하면서 평면상으로 분지를 내었다. 이들 혈관들은 분지를 계속하면서 서로 연결하여 모세혈관총을 만들어 기관지와 세기관지등 크고 작은 기도에 혈액을 공급하고 종말 세기관지까지 모세혈관망이 연장 되었다(Fig. 5, 6). 그리고 종말 세기관지에서 모세혈관총을 이루는 기관지 세동맥 및 모세혈관들은 주위의 폐동맥에서 분지된 혈관으로 부터도 유래되며 기관지 세정맥과 함께 호흡 세기관지 및 폐포벽에 위치한 폐포모세혈관과도 교통함을 보았다

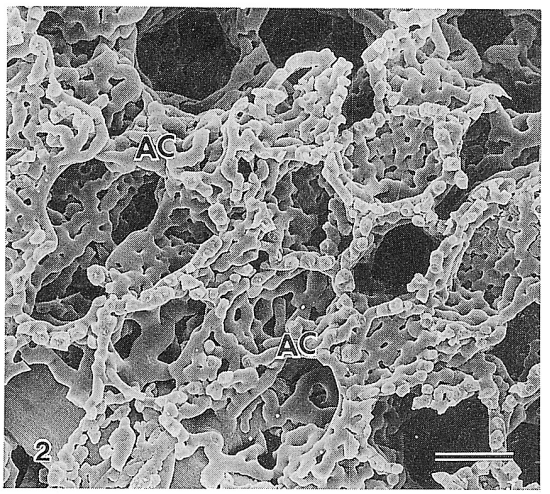

Fig. 2. Alveolar capillaries show basket-like structure. The alveolar capillary rings reveal hexagonal, pentagonal or tetragonal shape. Bar=50 μ(×410).

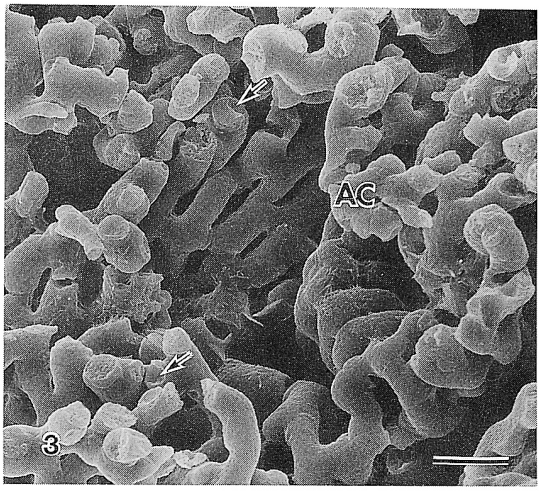

Fig. 3. Higher magnification of Fig. 2 showing the network of alveolar capillaries. Arrows: shallow nuclear imprint. Bar=15 μ(×1400).

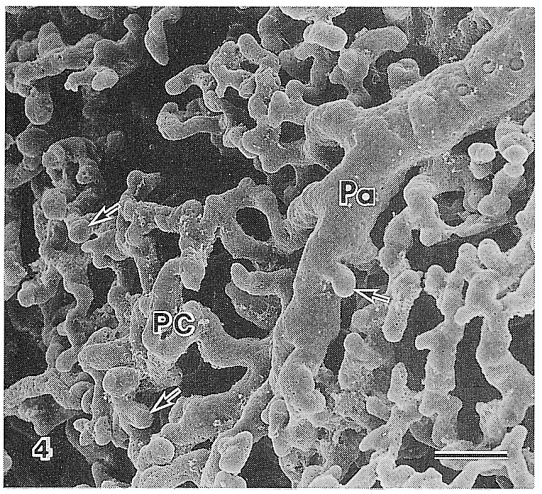

Fig. 4. At the subpleureal part of the lung, many capillaries are observed as being obstructed channels(arrows). Bar=25 μ(×830).

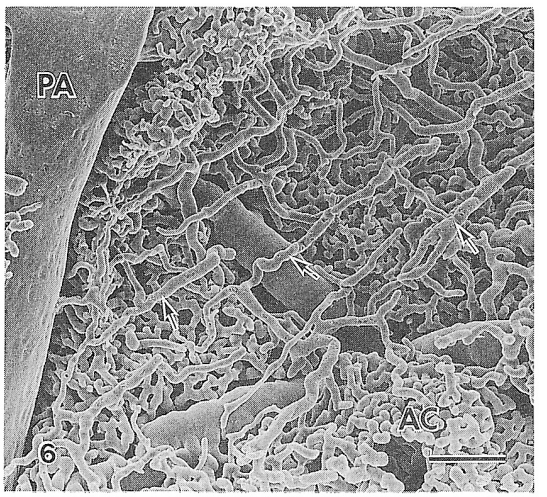

Fig. 6. Higher magnification of Fig. 5 showing regularly arranged capillary plexus(arrows). Bar=60 μ(×350).

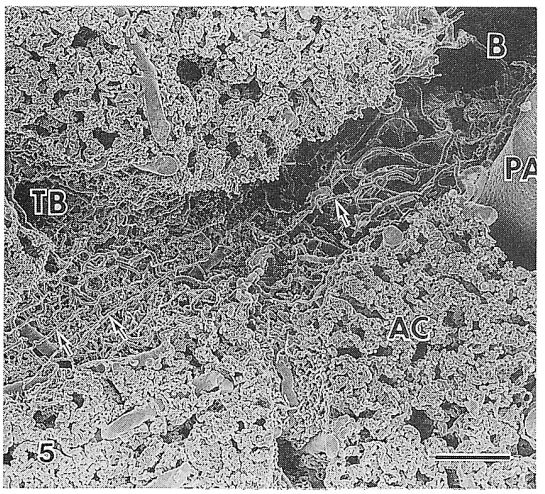

Fig. 5. A part of bronchial tree and surrounding alveolar capillary networks were seen. The bronchial tree was supplied by the bronchial artery which forms the coarse capillary plexus(arrows) extending as far as the terminal bronchiole. Bar=200 μ(×100).

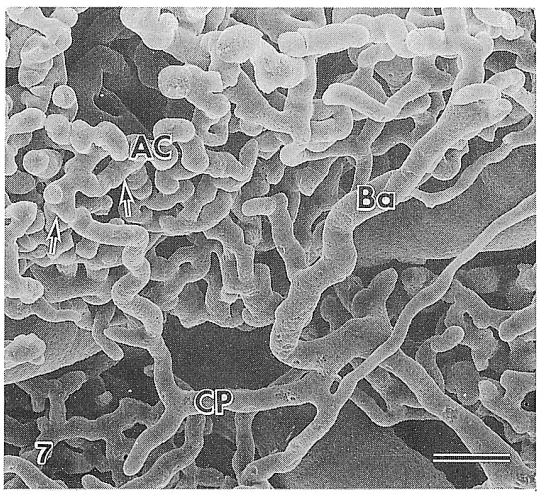

Fig. 7. Vascular connection(arrows) between capillary plexus and alveolar capillaries. Bar=25 μ(×830).

(Fig. 7).

3. 맥관혈관계(Vasa vasorum)

폐동맥 및 폐정맥의 벽에는 기관지 동맥 또는 종격동에 위치한 동맥으로부터 분지된 모세혈관망에 의해 둘러싸여져 있으며 폐장내에서는 맥관혈관들이 세정맥으로 모아지고 이들은 폐정맥으로 합류되었다. 또한 폐동맥 및 폐정맥벽에 위치한 맥관혈관은 기관지 세정맥과 기관지 정맥을 거쳐서 상대정맥으로도 연결되었다. 폐동맥 벽에 위치한 맥관혈관들은 한층을 이루면서 다소 성글게 분포되었다(Fig. 8). 폐정맥벽에서 관찰된 맥관혈관들은 폐동맥벽의 맥관혈관들에 비해 더

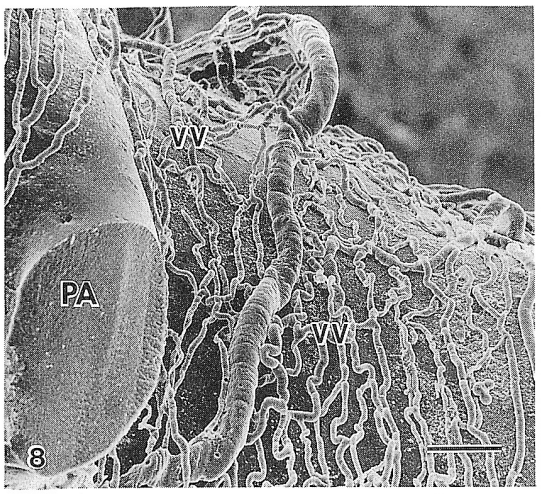

Fig. 8. The surface of the pulmonary artery was covered by a single layer of vasa vasorum. Bar=50 μ(×410).

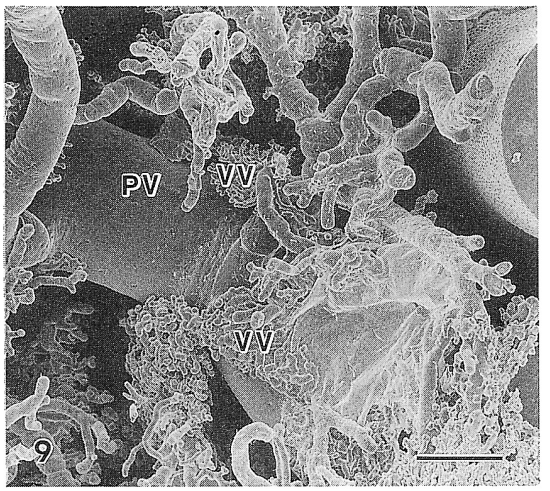

Fig. 9. The surface of the pulmonary vein was covered by more complicated and abundant vasa vasorum than pulmonary arterial side(Fig. 8). Bar=150 μ(×150).

Table 1. Diameter of the alveolar capillary, capillary plexus and vasa vasorum(μ)

	n	Max	Min	Mean±SD	P
Alveolar capillary	50	12.0	5.8	7.9±1.4	
Capillary plexus	50	9.0	4.4	6.6±1.1	
Vasa vasorum			4.0		
Arterial	30	18.9	10.3	8.8±4.2	0.000
Venous	30	35.3	0.2	20.4±5.7	
Arteriolar	30	0.9	0.3	0.5±0.2	0.002
Venular	30	1.6		0.7±0.3	

n: number of random selections in vascular casting specimens,
Max: maximum diameter, Min: minmum diameter,
Mean±SD: mean value and standard deviation, P: P valve

욱 밀집하면서 복잡하게 배열되었고 이들은 흔히 원형 또는 경사진채로 덩어리를 이루면서 분포하였다(Fig. 9).

4. 미세혈관계의 직경측정

폐포모세혈관의 평균 직경은 7.9 μ이었고 모세혈관층은 6.6 μ이었다. 맥관혈관들의 직경은 분포된 위치에 따라 상이하였으며 폐동맥벽에 분포된 맥관혈관의 평균직경은 8.8 μ이었고 폐정맥벽에 분포된 맥관혈관은 20.4 μ이었다. 그리고 폐세동맥벽에 분포한 맥관혈관의 평균 직경은 0.5 μ이었으며 폐세정맥벽에 분포한 맥관혈관은 0.7 μ이었다(Table 1).

고 찰

폐장의 미세혈관계에 대한 과거의 연구들은 주로 광학현미경 또는 투과전자현미경적 수준에서 이루어졌으나 주사전자현미경이 의학 분야에 도입된 이후 혈관계 구조에 대한 연구가 한층 활발하게 이루어지고 있다[8,12]. 이는 종래의 광학현미경이나 투과전자현미경을 이용하여 실시한 연구들은 모두 2차원적 평면구조에 한정 되었으나 주사전자현미경의 개발로 인해 3차원적, 입체적인 구조의 관찰이 가능하여 각종 폐질환에 있어서 혈관계의 변화에 관한 자세한 형태학적 규명이

용이하게 되었다[13,14].

폐장의 미세혈관 구조를 자세히 관찰하기 위하여 최근 맥관주조법을 흔히 사용하는데 그 맥관주조의 제작과정은 먼저 생리식염수로 혈관관류를 시켜 혈관내 혈구성분을 완전히 제거하고 고정액을 주입하여 혈관벽을 고정시킨 다음 주조 제재를 주입시켜 혈관강을 채우고 경화시킨 후 조직을 용해시켜 제거함으로써 완전한 혈관 주조를 얻을 수 있다[6,7,12,15]. 그러나 혈관 관류를 시킬 때 혈액의 희석을 초래하여 동맥주위에 부종을 유발시킬 수도 있는데 이 경우 혈관 관류 시간을 가급적 짧게 하거나 dextran등을 관류 용액에 혼합하는 방법을 시도하기도 한다[16]. Sobin등[17]은 silicone elastomer를 사용하여 고양이 폐장의 세절한 조직을 통해 폐포구조를 광학현미경적으로 관찰하였으나 미세혈관들은 자세히 규명하지 못하였다. 이들 폐장의 미세혈관들은 맥관주조를 하여 주사전자현미경적 관찰을 함으로써 3차원적으로 나타낼 수 있고 맥관혈관과 같은 미세혈관들도 정확하게 나타낼 수 있는데 본 실험에서는 기관지로부터 종말세기관지에 이르기까지 영양을 공급하는 모세혈관총 뿐만 아니라 폐동맥과 폐정맥벽에 분포된 맥관혈관들의 구조도 형태학적으로 나타낼 수 있었으며 모세혈관총에서 기관지 세정맥으로 연결되는 부위도 관찰할 수 있었다. 맥관주조법을 이용하면 혈관 구조의 형태학적 규명에는 매우 유용하나 맥관주조가 상당히 연약하여 취급도중 잘 부서지는 경향이 많으며 인공산물이 많아 미세혈관계 전체를 모두 깨끗하게 재현하기에는 실제로 어려우며 따라서 시료제작과정에 세심한 주의가 필요하다. 본 실험에서 주조 과정을 마친 폐장조직을 먼저 면도칼로 5~7 mm로 세절한 후 20% NaHO용액에 넣어 완전히 용해시킨 경우에는 미세혈관 구조의 보존이 비교적 용이하였으며, 폐장조직 전체를 먼저 용해시킨 후 시료를 세절한 경우에는 세절도중 맥관주조가 잘 부서지면서 많은 인공산물을 보였다.

폐장의 미세혈관계를 잘 나타내기 위해 맥관주조의 주입경로를 연구자들에 따라서 다양하게 시도되어 왔다[6,8]. 본 실험에서는 주조 제재인 Mercox의 주입경로에 따라 3군으로 나누어 실시하였다. 첫째 혈관관류 및 주조 제재의 주입을 하대정맥을 통해서 실시하고 흉부대동맥을 절단한 군으로 혈관관류와 주조배지의 주입시간을 줄일 수 있었고 실험조작이 비교적 간편하였다. 이 방법으로는 정상적인 폐동맥의 혈액순환 방향에 따라 Mercox를 주입하였으므로 폐동맥과 폐세동맥, 폐포모세혈관 및 폐정맥의 구조를 정교하게 잘 나타낼 수 있었다. 그러나 기관지동맥에서 분지 되는 모세혈관총이나 맥관혈관과 같은 미세혈관계의 구조는 잘 관찰할 수 없었다. 둘째 좌심실을 뚫고 대동맥으로 도관을 넣어 Mercox를 주입한 후 우심방을 절개한 군으로 모세혈관총과 맥관혈관의 구조를 정교하게 잘 관찰할 수 있었으나 폐포모세혈관 구조는 첫째 방법만큼 균일하게 나타낼 수 없었다. 그리고 이 방법에서는 도관을 대동맥내로 지나치게 밀어 넣을 경우 대동맥에서 기관지 동맥으로 이행되는 분지점을 지나쳐 Mercox가 기관지 동맥내로 들어가지 못해 미세혈관구조를 나타낼 수 없는 경우도 있었다. 셋째 흉부대동맥으로 도관을 넣어 혈액순환에 역행으로 Mercox를 주입한 후 좌심방을 절개한 군으로 둘째 방법과 유사하게 모세혈관총 및 맥관혈관들을 잘 나타낼 수 있었다. 따라서 폐포모세혈관 구조를 나타내는데는 Mercox의 주입경로로 첫째 방법이 가장 좋은 결과를 나타내었고 모세혈관총과 맥관혈관들을 관찰하는데는 둘째 및 셋째 방법이 보다 나은 결과를 보였다.

본 실험에서는 폐장의 미세혈관을 더욱 정교하게 나타내기 위해 맥관주조에 osmium침투를 실시하였다. 예비실험에서 세절한 맥관주조를 공기중에 말린 후 바로 Pt-Pd로 증착을 실시한 군에서는 주사전자현미경적 관찰을 통해 부분적으로 대전(ćharge)이 올라가는 현상이 심하였으나 본 실험에서는 Murakami[18]가 제시한 osmium-hydrazine-hydrate법을 이용하여 만들어진 맥관주조에 osimium을 침투시킴으로써 대전이 올라가는 현상을 상당히 줄이고 정교한 혈관주조를 관찰할 수 있었다. Weibel 및 Gomez [19]는 투과전자현미경적 관찰을 통해 폐장의 광범위한 형태계측학적 연구를 실시하여 폐포모세혈관의 형태는 원형이 원통형관으로 육각형망을 구성하고 있음을 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 폐포모세혈관망이 다소 불규칙한 형태를 보여주고 있는데 즉 육각형의 모세혈관 구조는 일부에서 관찰되고 나머지 부위에서는 다섯개의 혈관분지를 갖는 오각형망을 보이거나 또 어떤 부위에서는 모세혈관들이 서로 연결하여 사각형망을 이루기도 한다. 이와같이 폐포모세혈관계의 구조가 이처럼 다양한 형태를 보이는 것은 주로 폐포내압에 의해 결정되는 것으로 해석된다[6]. 폐포모세혈관망은 일반적으로 잘 발달된 상호연결되는 교통구조를 갖는데 비하여 늑막하 부위에서는 모세혈관들이 흔히 첨단부가 막힌 형태로 관찰된다. 늑막하 부위에서 모세혈관의 이러한 구조적 특징으로 인해 폐장의 다른 부위에 비하여 혈전증이 보다 잘 초래되는 이유가 된다[6].

폐정맥과 폐세정맥은 폐동맥 및 폐세동맥 보다 풍부한 맥관혈관을 가지면서 원형 또는 타원형으로 복잡하게 분포하고 있다. 또한 맥관혈관들의 직경에서도 폐정맥 맥관혈관의 평균직경은 20.4 μ으로 폐동맥벽에 분포된 맥관혈관의 직경 8.8 μ보다 훨씬 크며($p=0.000$), 폐세정맥의 맥관혈관도 0.7 μ으로 폐세동맥의 맥관혈관 0.5 μ보다 그 직경이 크게 측정되었다($p=0.002$). 맥관혈관이 폐정맥계에서 보다 잘 발달된데 대한 연구로서 Ludatscher[20]는 폐정맥벽의 구조가 이처럼 굵고 풍부한 맥관혈관을 갖는 이유로서 폐정맥내에 혈압이 낮은 상태에서 혈액을 좌심방으로 보내기 위해서는 혈관이 반복적인 수축과 이완작용을 하여야

하고, 이 기능을 원활히 수행할 수 있도록 그 정맥벽이 심근으로 구성되어 있고 또한 이러한 일을 수행하는데 있어서 적절한 영양을 공급받기 위해 맥관혈관이 잘 발달된 것으로 해석하였다.

Mercox제제를 대동맥으로 주입하면 기관지동맥, 모세혈관 및 기관지세정맥이 차례로 차여지며 이와 함께 폐정맥과 주변의 폐포모세혈관 및 폐동맥에도 주조제가 차여짐을 볼 수 있는데 이는 폐장의 순환계에 있어서 폐혈관계와 기관지혈관계가 서로 연결되고 있음을 나타내 주는 소견이라고 볼 수 있다. 즉 기관지혈관계와 폐혈관계 사이에 복잡한 문합이 있음을 생각할 수 있는데 Hayek[21]는 이러한 소견을 관찰하고 돌기동맥(spur artery)에 의한 연결로 생각하였다. 본 실험 성적에서도 폐포모세혈관과 기관지세동맥과의 연결, 세기관지에 위치한 모세혈관총과 폐동맥 혹은 폐정맥벽에 위치한 맥관혈관과의 연결 및 기관지세정맥과 폐정맥의 서로 교통하는 소견을 관찰 할 수 있었다.

결 론

백서 폐장의 폐포모세혈관의 구조를 알아보고 기관지를 영양하는 모세혈관총과 폐장내 각 혈관을 영양하는 맥관혈관들의 존재 및 그 형태학적 특징에 관한 연구를 하고자 Sprague-Dawley종 백서 30마리를 사용하여 맥관주조를 실시하였다. 혈관관류를 하여 혈액을 제거한 후 다양한 경로를 통해 Mercox를 혈관내에 주입한 후 이들 폐장의 미세혈관계를 Hitachi S-520 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

폐포모세혈관은 대체로 육각형의 혈관망을 이루고 있으며 부분적으로 오각형 또는 사각형의 망상구조를 나타내었고, 늑막하 부위에서는 모세혈관이 흔히 그 첨단부가 막힌채 난원형의 형태를 보였다. 기관지 및 세기관지를 영양하는 모세혈관총은 기관지 세동맥으로부터 분지되며 폐포모세혈관과 부분적으로 연결되었다. 폐동맥과 폐정맥 벽에는 맥관혈관에 의해 둘러싸여 있으며 폐동맥 벽에 분포한 맥관혈관은 한층을 이루면서 다소 성글게 분포되었고 폐정맥벽에 분포한 맥관혈관은 폐동맥편에 비해 더욱 복잡한 배열을 보이면서 잘 발달되어 있었다. 맥관혈관들의 직경을 측정하였을때 정맥벽에 분포한 맥관혈관의 직경이 동맥벽의 맥관혈관에 비해 더욱 컸다. 이상의 결과로 보아 폐장의 미세혈관구조는 맥관주조에 의한 주사전자현미경적 관찰로서 보다 용이하게 나타낼 수 있을 것으로 보며, 본 실험결과에서 얻어진 모세혈관총과 맥관혈관의 분포양상 및 그 형태학적 소견들은 향후 각종 폐질환에 있어서 혈관의 변화를 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1) Bitterman PB, Adelberg S, Crystal RG. *Mechanisms of pulmonary fibrosis. J Clin Invest 1983; 72: 1801-13.*
2) Thrall RS, McCormick JR, Jack RM, McReynolds RA, Ward PA. *Bleomycin induced pulmonary fibrosis in the rat. Am J Pathol 1979; 95: 117-27.*
3) Sobin SS, Frasher WG, Tremer HM. *Vasa vasorum of the pulmonary artery of the rabbit. Circulation Res 1962; 11: 257-63.*
4) Nelson AC. *Study of rat lung alveoli using corrosion casting and freeze fracture methods coupled with digital image analysis. Scanning Microsc 1987; 1: 817-22.*
5) Starcher BG, Kuhn C, Overton JE. *Increased elastin and collagen content in the lungs of hamsters receiving and intratracheal injection of bleomycin. Am Rev Respir Dis 1978; 117: 299-305.*
6) Hijiya K, Okada Y. *Scanning electron microscopic study of the cast of the pulmonary capillary vessels in rats. J Electron Microsc 1978; 27: 49-53.*
7) Dilly SA. *Microvascular casting of the human respiratory acinus. Scanning Electron Microsc 1986; III: 1095-101.*
8) Ohtani O. *Microvasculature of the rat lung as revealed by scanning electron microscopy of corrosion casts. Scanning Electron Microsc 1980; III: 349-56.*
9) Schraufnagel DE, Metha D, Harshbarger R, Treviranus K, Wang NS. *Capillary remodeling in bleomycin induced pulmonary fibrosis. Am J Pathol 1986; 125: 97-106.*
10) Kwon KY, Park KK, Chang ES. *Scanning electron microscopic observations of the pulmonary microvascular corrosion casting in rat. Keimyung Univ Med J 1990; 9: 71-86.*
11) Parke WW. *The vasa vasorum of the ascending aorta and pulmonary trunk and their coronary extracardiac relationships. Am Heart J 1970; 80: 802-10.*
12) Lametschwandtner A, Lametschwandtner U, Weiger T. *Scanning electron microscopy of vascular corrosion casts technique and applications. Scanning Electron Microsc 1984; II: 663-95.*
13) Hodde KC, Steeber DA, Albrecht RM. *Advances in corrosion casting methods. Scanning Microsc 1990; 4: 693-704.*
14) Kwon KY, Park KK, Chang ES. *Scanning electron microscopic study of capillary change in bleomycin-induced pulmonary fibrosis. J Kor Med Sci 1991; 6: 234-45.*

15) Lametschwandtner TW, Stockmayer P. *Technical parameters of plastics(Mercox CL-2B and various methylmethacrylates) used in scanning electron microscopy of vascular corrosion casts. Scanning Electron Microsc 1986; I: 243-52.*
16) Schraufnagel DE, Schmid A. *Microvascular casting of the lung: Vascular lavage. Scanning Microsc 1988; 2: 1017-20.*
17) Sobin SS, Tremer HM, Fung YC. *The morphometric basis of the street flow concept of the pulmonary alveolar microvasculation in the cat. Circulation Res 1970; 26: 397-414.*
18) Murakami T. *Osmium impregnation of methyl methacrylate vascular casts for SEM. Arch Histol Jpn 1973; 36: 119-24.*
19) Weibel ER, Gomez DM. *Architecture of the human lung. Use of quantitative methods establishes fundamental relations between size and number of lung structures. Science 1962; 137: 577-85.*
20) Ludatscher RM. *Fine structure of the muscular wall of rat pulmonary veins. Ibid 1968; 103: 345-57.*
21) Hayek HV. *The human lung. NY, Pub Co., 1960, pp288.*