

各種実験動物肺における気管支動静脈の研究 特に肺勘静脈との相互関係について

〔第2篇〕 山羊についての研究

京都大学結核研究所外科療法部（主任 教授 長石忠三）

京 都 厚 生 園（園長 養和田益二博士）

井 上 ス ミ

【目 次】

緒 言

第1章 研究対象

第2章 研究方法

第3章 成績綜括並びに考按

第1節 気管支動脈

第1項 起始及び数

第2項 分布並びに走向

I. 肺外気管支動脈

II. 肺内気管支動脈

A. 気管支莖

1. 軟骨膜

2. リンパ節

3. 粘液腺

B. 肺動静脈壁

C. 肺胸膜

第2節 気管支静脈

第1項 分布並びに走向

第2項 分類

I. 肺外気管支静脈

II. 肺内気管支静脈

A. 表在性気管支静脈長枝

B. 表在性気管支静脈短枝

C. 深在性気管支静脈長枝

D. 深在性気管支静脈短枝

第3節 気管支動脈と気管支静脈との相互関係

第4節 気管支動静脈と肺動静脈との相互関係

第1項 肺動脈と肺静脈との相互関係

第2項 気管支動静脈と肺動静脈との相互関係

結 論

緒 言

第1篇においては、犬の肺における気管支動

静脈と肺動静脈との相互関係を述べ、併せて人の肺のそれとを比較検討した。ところで肉食動物である犬と草食動物である山羊とでは、血管壁の性状に若干差違があるので、気管支動静脈の分布や走向についても、両動物間に差違があるのではないかと考えられ、又血管の分布や走向の検索には、大きい動物の方が観察し易く、且つ手軽に入手することが出来るので、山羊についての気管支動静脈系と肺動静脈系との相互関係を検討した。以下その大要を報告する。

第1章 研究対象

研究対象は 9.0 kg から 38.0 kg までの健康山羊10頭である。

第2章 研究方法

研究方法は第1篇に述べた犬の場合と同様な方法によつている。

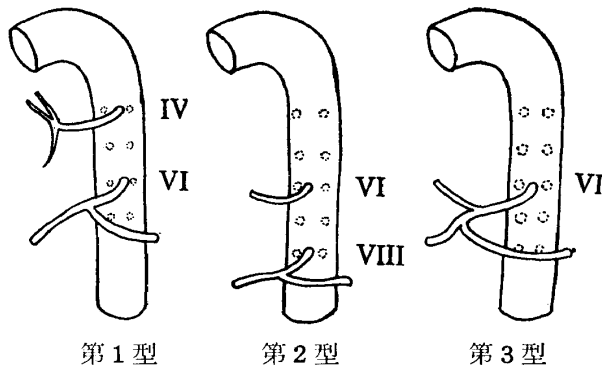
第3章 成績綜括並びに考按

第1節 気管支動脈

第1項 起始及び数

山羊における気管支動脈の起始はすべて大動脈から1乃至2本起り、第1図のように3型に分類することが出来る。

即ち、第1型とは、第Ⅳ及び第Ⅰ肋間動脈起始部の高さの大動脈腹側から夫々1本の独立した枝として起つており、第Ⅳ肋間動脈の高さから起るものは右上葉に分布し、第Ⅰ肋間動脈の高さから起るものは2分岐したのち、左右の肺



第1図 山羊の気管支動脈の起始部及び分岐型

に分布する。

第2型とは、第VI及び第VIII肋間動脈起始部の高さで大動脈の腹側から夫々1本の独立した枝として起っているもので、第VI肋間動脈の高さから出るものは右上葉に、第VIII肋間動脈の高さから出るものは左右に分れたのち、左右の肺に分布する。

第3型とは、第VI肋間動脈起始部の高さで大動脈の腹側から1本の独立した枝として起っており、先ず、右上葉に分布するものが分岐したのち、更に2分岐し、左右の肺に夫々分布している。

著者が観察した前記3型中、第1型が最も多く、10例中7例(70%)で、これに次いで多いのは第2型の10例中2例(20%)、最も少ないのは第3型で10例中1例(10%)に過ぎない。

山羊の場合には、人や犬の場合のように、肋間動脈、鎖骨下動脈及び内胸動脈等から起るものは認められず、全例において大動脈の腹側から独立して起っており、而も起始の数は1乃至2本に過ぎない。

このことは他の動物と著しく異なる点で、一つの動物の全気管支動脈を使わねばならぬような実験を行う場合には、他の動物よりも山羊を使用する方が好適と考えられる。

第2項 分布並びに走向

I 肺外気管支動脈

前述のようにして起った気管支動脈は、起始部と同じ高さで気管と食道との間に達し、これより肺葉気管支起始部に達する。この間に肺外気管支動脈が縦隔、諸器管、気管、気管枝リン

パ節、気管の下半部及び第2次気管支起始部より中枢側に夫々分枝を出している。

I 肺内気管支動脈

肺葉気管支起始部より末梢には肺内気管支動脈が分布し、気管支壁、肺動静脈壁及び肺胸膜上を末梢に向って走行している。

A 気管支壁

山羊の肺葉は、第2図のように人や犬の場合とは著しく異つた分葉を示しており、特に右上葉の広がりの特異な形態をとっている。

即ち、右上葉は図のように略々中間部で直角に彎曲して縦隔を貫き、左右胸腔にまたがっている。従つて両側胸腔の天蓋部は右上葉によつて占められることになる。又心臓葉を有していることは犬と同じであるが、人とはこの点でも違っている。



第2図 山羊の肺の分葉

以上のように肺葉の分葉が特異となつているから、気管支の分岐もそれにつれて若干違っている。従つて、気管支動脈の走向を論ずる上において気管支の分岐を知ることが必要となるので、これについて検索すると、右上葉気管支は人や犬の場合のように、主気管支の末梢でこれ

から右上葉が分岐するのではなく、第3図のように右上葉気管支は気管支分岐部より中枢側で、気管の右側壁から1本の独立した枝として起つている。



第3図 山羊の気管支分岐

そこでこのような分岐を示す気管支壁に分布している気管支動脈の走向を詳細にみると、起始部から起つた1乃至2本の気管支動脈は前述の右上葉気管支の高さと気管支分岐部の高さとの略々中間の高さの気管壁の背面、即ち、気管膜様部に先ず達し、この部から上下に2分岐している。

上方に向う枝は右上葉肺門部に達し、下方に向う枝は気管分岐部を経て、夫々両側の各肺葉気管支壁に達し、夫々所属気管支壁を圍繞纏絡しつゝ気管支末梢部に達している。

気管後壁の膜様部で2分岐した後、各肺葉気管支に達する迄の間では、豊富な吻合をもち、更にこれ等から縦隔特に食道へ多数の小枝を出している。又これ等食道へ出た枝は食道動脈の小枝との間にも交通している。

各気管支壁を走る気管支動脈中、外膜（線維層）を走行するものが最も太く、次いで固有層、粘膜層の順に細くなっている。

この気管支動脈の太さと、気管支壁の各層との関係を見ると、外ほど太く内部ほど細くなっている。この点は人や犬の場合と全く同様である。

気管支壁の各々の層における気管支動脈の走向をみると、第4図のように、線維層及び固有層では気管支の走向と平行に縦走するが、粘膜層ではこれとは反対で、気管支の走向とは直角方向、即ち、気管支壁を穿通し粘膜層に達してお

り、粘膜層では第5図のように豊富な network を形成している。山羊におけるこのような network は、人や犬の場合よりも豊富で、気管支の肋膜面に近い気管支末梢部においてすら第6図のように極めて密になつている。

1 軟骨膜

軟骨膜に分布する気管支動脈は、気管支壁を縦走する比較的太い気管支動脈から垂直方向に分岐した後、各気管支軟骨の上、下縁に沿って夫々輪状に走っている。この点は人や犬の場合と同様である。

2 リンパ節

山羊においては、両側下葉背側の胸膜直下に大豆大のリンパ節が1乃至数个認められることが多い。このような肺内のリンパ節や、肺門部のリンパ節に分布する動脈性血管はすべて気管支動脈で、肺門部のは肺外気管支動脈が分布しており、前述の下葉背面の胸膜直下にあるものや、肺内部にあるリンパ節にはすべて肺内気管支動脈が分布している。

3 粘液腺

粘液腺に分布する気管支動脈は、気管支壁の線維層及び固有層に分布する気管支動脈の小枝に由来するもので、気管支壁を垂直方向に穿通して個々の粘液腺に達しているが、人の場合よりも粗となつている。

B 肺動静脈壁

肺動静脈壁に分布する気管支動脈は、気管支壁のそれよりも量をはるかに少く、又肺動静脈壁についてその量を比較すると、肺動脈壁のものよりも肺静脈壁のものの方が若干少なくなっている。肺動静脈壁の気管支動脈は主として外膜上を走行し、気管支壁を走行するものとの間に多数の交通が認められる。

C 肺胸膜

肺胸膜に分布する動脈性血管は、凡て気管支動脈からなり、分布の多寡をみると縦隔面に最も多く、次いで葉間面の順となり外側面ではこれに比し若干少い。

大動脈起始部、下行大動脈の横隔膜穿通部位及び各肋間動脈を結紮して、大動脈起始部から色素液を注入し、胸膜に分布する血管を観察す

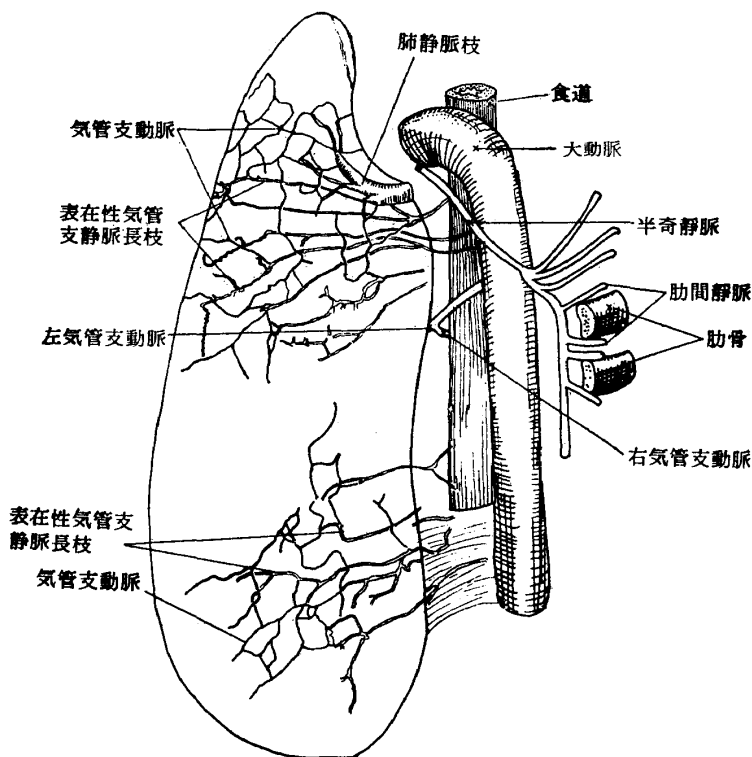
ると、胸膜への動脈性血管は気管支壁や肺動静脈壁及び第7図のような小葉間隔壁上を走る気管支動脈が肺を穿通する様にして胸膜面に達している。この図は胸膜及び小葉間隔壁を縦断したものである。胸膜面に対して垂直方向にみると、第8図の様に石垣状の走向を示し、これ等は第9図のように同部に分布する短い気管支静脈の小枝を経て肺静脈中に入るものと、比較的長い走向をとる気管支静脈を経て肋間静脈、奇静脈及び半奇静脈等に入るものがある。

山羊における小葉間隔壁は、第7図のようになつており、人や犬の場合と異つてかなりの厚みをもち、これによつて各小葉は劃然と区別されている。この部は主として結合織層からなりリンパ管や気管支動脈が豊富で、この部では人や犬の場合に比し気管支動脈の分布は非常に多い。気管支動脈が肺門部から胸膜面に達するまでの経路を人の場合に比べてみると、原則としてはそれ等のものと同様な経路をとつてはいるが、小葉間隔壁を通るものの量が多く特に目立っている。又胸膜面における気管支動脈の量は人よりも山羊の方が多い。この事は小葉間隔壁部からする気管支動脈に由来するものゝ差が、そのような結果になつたものと思われる。

胸膜面上を走行する気管支動脈枝の個々について更に詳しくみると、前縦隔面では第8図のように肺門部を中心に放射状に配列している。

肺葉の辺縁では、比較的太い気管支動脈が走行しており、これから肺の内部や胸膜に向つて小枝を出している。肺内部や胸膜面に向つてい部分では比較的短く、これから胸膜に対して平行な方向に比較的長い枝を出し、相互間に吻合をもっている。又これ等の気管支動脈特に胸膜直下の肺静脈枝との間に、短い気管支静脈を経て交通している。

気管支動脈と交通している気管支静脈は、肺動脈に交通している肺静脈とは分布並びに走向が著しく異つている。第9図でもわかるように気管支動脈並びに気管支静脈の走向は、直進や



第9図 左側肺背面の写生図

屈曲が極端で、略々同じような形態と定型的な分岐をとつている肺静脈とは明かに区別することが出来る。

又葉間部では、第10図のように直進する場合が多い。この図は中、下葉間の葉間部を走行する気管支動脈から、夫々中、下葉に向つて小枝を出しているところを示したものである。

肺の背面では、既に述べたように、気管支動脈が肺の内部から出た若干太い枝が小葉間隔壁に一致して石垣状に分布しており、これ等から更に多数の小動脈枝が出て互に交通している。

以上、山羊の気管支動脈の分布並びに走向について述べたが、人や犬の場合と相違する点が少くない。殊に胸膜面における気管支動脈の分布は人や犬よりもはるかに多い。

胸膜の厚さは、山羊では人の場合よりも薄いにもかゝらず、分布が豊富であるということは、動物実験の成績を考える場合に注意すべき事であると思われる。

第二節 気管支静脈

山羊の気管支静脈についての報告は、人や犬の場合よりも更に少く皆無といつてよい様であ

る。そこで著者は合成樹脂注入標本，色素加ゼラチン注入標本及び気管支動静脈の灌流実験等によつて気管支静脈を検索したところ，山羊にも気管支静脈が独立して存在し，而もその分布が極めて豊富であることがわかつた。

第1項 分布並びに走向

大動脈から色素加ゼラチン液を注入して肉眼的並びにミラーボックス（8倍に拡大）によつて観察すると，胸膜面において比較的短く走行した後，その部の肺静脈枝に入る気管支静脈の外に，第11図のように胸膜面を比較的長く走行したのち肺静脈枝に入るものがある。図でもわかるように，この気管支動脈には，胸膜面に分布する気管支動脈の外に，小葉間隔壁を走行する気管支動脈とも交通している。既に第9図でも述べたように両側肺の背側から後縦隔面にかけて，胸膜直下を枝分れ少く横に走る気管支静脈がある。この血管は気管支動脈とは明かに違つた分布と走向を示し，後部縦隔と肺との移行部を経て縦隔胸膜に達し，このものは更に肋間静脈，奇静脈又は半奇静脈を経て右心に連つている。

このように胸膜の表面を走行する気管支静脈は，前胸壁乃至側胸壁に対応する肺胸膜上にはなく，前述の後部胸壁及び後部縦隔に対応する部分にしか認められない。後部胸壁に対応する胸膜表面から起る気管支静脈は，比較的細いものが多く，縦隔に至るに従つて第9図のように漸次集合して数が少く太さが太くなつている。

肺の内部において気管支壁や肺動静脈壁に分布した気管支動脈は，短い経過ののち，毛細血管を介し気管支静脈に交通する。この気管支静脈は，短い経過ののち附近にある肺静脈枝に連つている。

第2項 分類

以上の山羊における気管支静脈についての成績を，長石¹⁴⁾(1957)が行つたと同様な分類に従うと，山羊でも人の場合と同様に，気管支静脈は，肺外気管支静脈と肺内気管支静脈とに大別せられ，後者は更に表在性と深在性及び長枝と

短枝とに分けられる。

I. 肺外気管支静脈

肺外気管支動脈の分布領域，即ち，第2次気管支起始部附近の気管支壁，気管壁，肺外傍気管，傍気管支等から起り奇静脈又は半奇静脈を介して右心に注ぐもので，人の場合における，Miller¹⁰⁾(1906)，Marchand⁹⁾(1950)及び山下²¹⁾(1954)等の記載にも一致するものである。

II. 肺内気管支静脈

A 表在性気管支静脈長枝

肺葉の辺縁部やその他肺胸膜の表面にみられる比較的長い分枝である。この中には経路の違つた2つのものが含まれている。その一つは，第11図のように比較的長い経路をとつて肺静脈中に入つているものであり，他の一つは第9図のように，両側肺の背面から後部縦隔に達し肺外に出て肋間静脈に入るものである。

以上の2つの気管支静脈は肺胸膜上を走行するという点では一致しているが，前者は肺静脈を経て左心に入るのに反し，後者は肋間静脈を経て右心に連つている。これ等の経路を肺循環の面から考えると，気管支静脈中の静脈血が肺静脈中の動脈血の中に，所謂静脈血混合という形で混和することになる。これに反し後者は気管支静脈中の動脈血が，肋間静脈中の静脈血へ，つまり他の全身における血液循環の場合と同様な形で血液の混和が起るわけである。後者はこの点では合目的な循環経路といえよう。

このように同じ部位に分布している血管が肺循環の面からみて全く違つた様相にあるという事は注目すべきことである。

B 表在性気管支静脈短枝

このものは肺胸膜の全面に亘つて分布しているもので，第11図でも既に述べたように肺静脈即ち，細葉間静脈や小葉間静脈に連つている。

C 深在性気管支静脈長枝

長石によると人の肺内に分布するものであるが，山羊の肺ではこの静脈は認められない。

D 深在性気管支静脈短枝

肺内気管支静脈のうち，最も広く且つ又緻密に分布しているものである。気管支壁や肺静脈壁を走る気管支動脈の毛細血管は，それ等の部

位で気管支静脈に属する毛細血管に移行し、次いで小静脈となる。この小静脈は夫々が豊富に交通し、恰も静脈洞と同様な形態をしている。凡らくこの部分は人や犬の場合と同様に肺内の血行調節に関与するものと思われる。この小静脈は更に短い経路の後附近の肺静脈中に連なっている。この深在性気管支静脈短枝は人や犬の場合と略々同様な所見として認められる。

以上気管支静脈の分類について人や犬の場合を比較した。犬の場合には、表在性気管支静脈は少ないのに反し、山羊の場合には人の場合と略々同様に発達している。

第3節 気管支動脈と気管支静脈との相互関係

気管支動脈は肺外気管支動脈と肺内気管支動脈とに分れ、前者は肺内の縦隔、諸器管、気管、気管支リンパ節、気管及び第2次気管支起始部より中枢側等に分布し、毛細血管を経て肺外気管支静脈に移り更に奇静脈、半奇静脈を経て右心に注ぐ、これに対し肺内気管支動脈は肺門部の気管支壁から起り末梢部に向つて走行する。これと交通する気管支静脈は人の場合のように気管支動脈に平行して肺門部に向うもの、即ち、肺内気管支静脈長枝はなく、又胸膜面を走るものは短い経路をとつて肺静脈の微細分枝、又は細葉間及び小葉間静脈等に流入しているものと、比較的長い経路をとつて肺静脈枝又は肋間静脈等に流入しているものがある。

気管支動脈は何れも毛細血管を介して大部分は肺静脈と、一部は肋間静脈、奇静脈及び半奇静脈等に流入するもので、毛細血管を介さぬものや、その他の交通路は認められない。

第4節 気管支動静脈と肺動静脈との相互関係

この関係を述べるにあつて肺動静脈の肺内における分布や走向等について先ず述べることにする。

第1項 肺動脈と肺静脈との相互関係

肺動脈は、気管支と平行してよく似た分岐をとつて肺の末梢部に向う。その間順次分岐して

口径は細くなり、小動脈、細小動脈を経て肺胞壁に達し、半籠状の毛細血管となる。次いでこの半籠状の毛細血管は小静脈を介して肺静脈に連なっている。

肺動脈は気管支と接して略々平行に走行しているが、肺静脈は各肺動脈枝の略々中間部を肺の表面から中枢部に向つて逆に走行している。

Lapp⁶⁾ (1951) のいう動静脈吻合、即ち、肺動脈が毛細血管を経ずに直接肺静脈と交通するものや、気管支動静脈と交通するものは1例も認められない。

著者が検索した健常肺では、肺動脈は常に肺胞壁の毛細血管を介して肺静脈と連り、人や犬の場合と全く同様な所見を呈している。

第2項 気管支動静脈と肺動静脈との相互関係

肺動脈からする血流は、前述のように、肺動静脈間毛細血管網を経て肺静脈に注いでおり、肺動脈と肺静脈とが毛細血管を介することなく直接吻合している所謂、動静脈性吻合は健常肺では認められない。

気管支動脈からする血流も又、これと同様に所属毛細血管網を経て、一部は肺内気管支静脈に、他の一部は肺内気管支静脈を経て肋間静脈に夫々注いでおり、気管支動脈と気管支静脈との間の動静脈性吻合は、健常肺では認められない。

以上のように、肺動脈や気管支動脈からする血流は夫々別個の経路をとつているが、大部分の肺内気管支静脈に流入した血流は、特異な経路をとり、前述のように肺静脈を経て左心に注いでおり、一部分の肺内気管支静脈に流入した血流は奇静脈又は半奇静脈を経て右心に注いでいる。

著者のいう肺内気管支静脈では、肺静脈枝とは分布や配列が明かに違つている。又気管支動静脈系の毛細血管から直接肺静脈に移行するものではなくて、その間に肺内気管支静脈が介在するわけである。

従つて長石等のように気管支静脈は肺静脈とは区別して考えられるべきものであると思われ

る。

以上のほかの気管支動脈と肺動脈との交通は著者の例では認められなかつた。

結 論

以上、著者は健常山羊10頭について、灌流実験、色素加ゼラチン注入標本による肉眼的並びに顕微鏡的検索及び合成樹脂注入標本による立体的並びに顕微鏡的観察を行い、気管支動脈系、特にこれと肺動脈系との相互関係を検討した結果以下の結論を得た。

1) 山羊の気管支動脈は凡て大動脈腹側から1乃至2本起り、肋間動脈、鎖骨下動脈及び内胸動脈等から起るものは認められない。

2) 気管支動脈の起始は3型に分類することができ、その中、第Ⅳ及び第Ⅵ肋間動脈起始部の高さから夫々独立した1本宛の枝として起る第1型が最も多く、70%の頻度にみられる。

3) 第2型とは第Ⅵ及び第Ⅷ肋間動脈起始部の高さから夫々起るもので、20%の頻度にみられる。

4) 第3型とは第Ⅵ肋間動脈の高さから独立して1本起るもので、10%の頻度にみられる。

5) 山羊の右上葉気管支は、気管支分岐部より中枢側の気管側壁から起り、右上葉は、縦隔をつらぬき左側胸腔の天蓋部にまで拡がっている。

6) 気管支動脈は肺外気管支動脈と肺内気管支動脈とに分れ、夫々の分布並びに走向は犬や人の場合と略々同様に犬の場合よりもはるかに多い。

7) 肺胸膜に分布する気管支動脈は、犬や人の場合よりも豊富で、よく発達している小葉間

隔壁中を走行する気管支動脈の分枝が多く、小葉間の形態に一致して石垣状に配列している。

8) 山羊の気管支静脈は、人の場合と略々同様に豊富に分布している。

9) 肺内気管支静脈長枝には、人や犬の場合と違って2つの異つた経路があり、一つは人の場合と同様に比較的長い経路をとつて肺静脈中に入るものであるが、他の一つは、両側肺の背側から後部縦隔面迄の胸膜面から起り、肺外に出て肋間静脈に注いでいる。

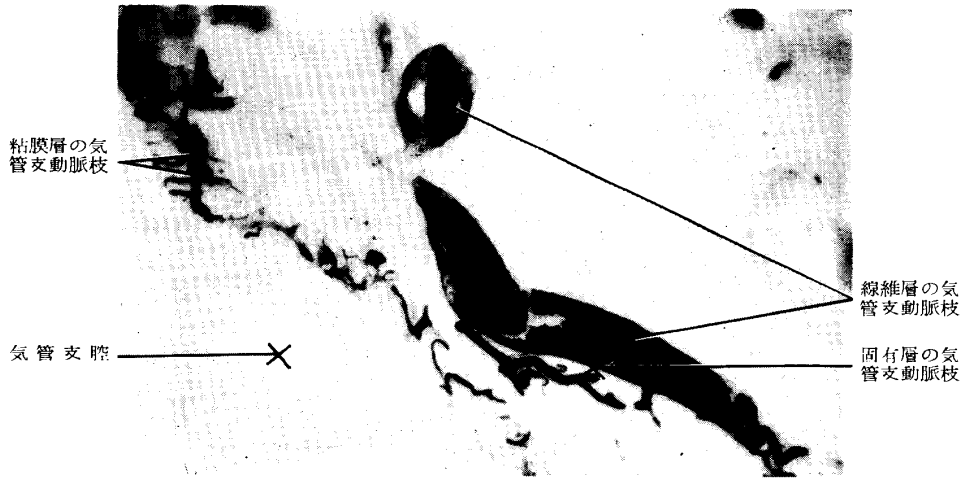
10) 山羊では人の場合と違って、深在性気管支静脈長枝は認められない。

11) 気管支動脈間の交通は、凡て毛細血管を介してのみ行われ、毛細血管を介せず所謂、動脈間吻合は1例も認められない。

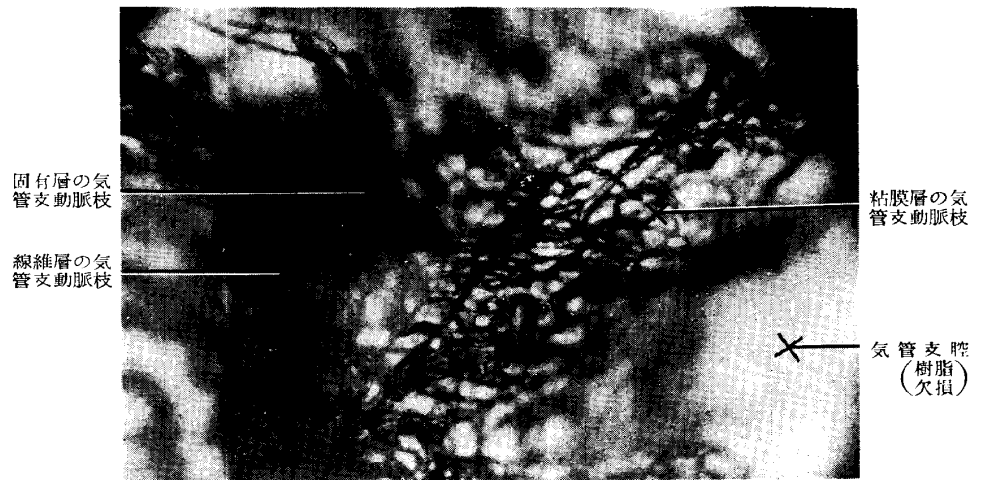
12) 気管支動脈と肺動脈との相互関係をみると、肺動脈からする血液は凡て毛細血管を介して肺静脈に注いでおり、肺内気管支動脈からする血液は、前述のように毛細血管を介して気管支静脈に注いでおり、その中の大部分のものは肺静脈に交通して左心に連なっている。残りの一部、即ち、肺の背側面や後縦隔面から起つたものは肋間静脈を介して右心に連なっている。

以上の諸成績でもわかるように、気管支動脈及びこれと肺動脈との相互関係についての研究目的のためには犬や第3篇に述べる家兎よりも、山羊は人のそれに最も近いことがわかつた。これ等の諸成績は山羊における肺循環の生理並びに病態生理学的諸問題の解明にあつて、多くの示唆を提示するものと思われる。

(文献は第3篇末尾に記載)



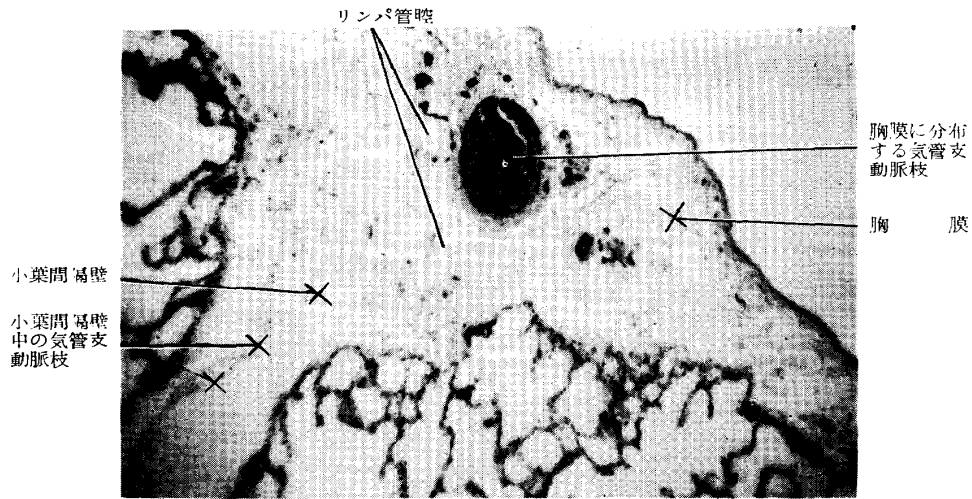
第4図 気管支壁の線維層，固有層及び粘膜層を走行する気管支動脈，（色素加ゼラチン注入標本）



第5図 気管支壁の線維層，固有層及び粘膜層を走行する気管支動脈（合成樹脂塑型標本）



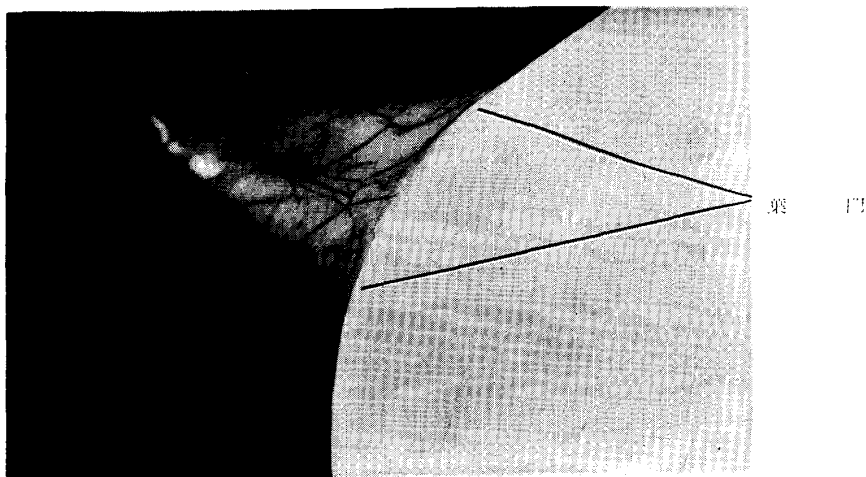
第6図 気管支末梢部における気管支動脈枝（色素加ゼラチン注入標本）



第7図 小葉間隔壁及び胸膜を走行する気管支動脈



第8図 胸膜面を走向する気管支動脈
(色素加ゼラチン注入標本)



第10図 葉間部を走行する気管支動脈
(色素加ゼラチン注入標本)



第11図 肋膜面を比較的長く走行する気管支静脈
(色素加ゼラチン注入標本)