

気管支遮断術の基礎的研究

とくに血管遮断を併せ行なう場合を中心として

京都大学結核胸部疾患研究所胸部外科学部（指導：教授 長石 忠三・講師 岡田 慶夫）

山 本 博 昭

〔内 容 抄 録〕

最近化学療法および外科的療法の発達により、肺結核の治癒率は著しく向上したが、重症肺結核は依然として難治の疾患であり、これに対する治療法には、なお種々の問題が残されている。気管支遮断術は、重症肺結核に対する外科的療法の一つとして、かなり以前から試みられたものであるが、化学療法の進歩に伴ない、本術式が呼吸機能に対する侵襲が比較的少ないことと相俟って、最近再び注目されるようになっていく。しかしながら、本術式についての基礎的研究はあまりなされておらず、とくに血管系の変化と本術式との関連性等についてはなお検討されるべき多くの問題が残されている。

そこで、著者は気管支の遮断術およびこれと血管の遮断とをあわせ行なった場合における肺の諸変化について、主として形態学的観点から検討した。

第1篇では、健常な成犬において肺葉気管支を単純に遮断した場合における諸変化について、第2篇では、気管支の遮断にあわせて肺血管系をも遮断した場合に招来される諸変化について、さらに第3篇では、あらかじめ大循環系からの副側路を作成しておいた動物において、気管支および肺動脈を遮断した場合に招来される諸変化について検討し、以下の結論をえた。

1. 健常な犬の肺で1肺葉の気管支を遮断すると、遮断された肺葉には無気肺が招来される。無気肺部は術後1か月以内では病理組織学的に種々の様相を呈するが、それ以上を経過すると、多くの場合、炎症性細胞や気管支内腔の貯溜物は吸収され、単純な無気肺像を呈することが多い。処置肺葉の肺動脈枝は狭小化し、術後3か月目頃には、肥厚した内膜の器質化がみられ、ために無効肺血流量は減少し、静脈血混合の増加はほとんどみられない。

2. 健常な犬の肺で、1肺葉の気管支を遮断する場合には、その気管支に沿って同肺野に分布する気管支動脈はほぼ完全に遮断されるが、栄養血管である気管支動脈が遮断されても同肺野には壊死は招来されない。このことは肺動脈枝もまた、栄養血管としての機能をはたしうることを示すものである。

3. 肺葉気管支の遮断に加えて同じ肺葉に分布する肺動脈枝とともに結紮切断すると、肺組織は完全に血流を断たれて崩壊し壊死に陥る。しかも、肺動脈は終末動脈であるから、1区域肺動脈を結紮した場合には隣接区域の肺動脈枝からの血流は全くなく、遮断区域は壊死に陥る。

4. 気管支遮断にあわせて肺動脈を遮断する場合に招来される肺組織の壊死は、主として血行障害によるものであり、気道内貯溜物の増加や細菌感染などによるものではない。

5. 気管支の遮断とともに肺静脈枝の結紮を併せ行なう場合には、肺に鬱血が招来され、さらに時日の経過とともに出血性梗塞の変化を呈するようになるが、処置肺葉が壊死に陥ることはない。ただし、鬱血が高度な場合には、隣接肺葉に圧迫性無気肺を招来せしめ、呼吸循環面に悪影響を及ぼすようである。

6. 開胸下にタルク末を肺葉表面に撒布して、肋膜癒着を招来せしめた動物では、肋間動脈、気管支動脈あるいはそれらの姉妹血管が癒着部を介して肺内に進入する。そのような実験動物では、たとえ肺動脈や気管支とともにこれに伴なう気管支動脈を併せ遮断しても、その肺葉は壊死に陥らない。

7. 以上の事実から、臨床的に気管支遮断術を施行するにあたっては、肺血管系の損傷を極力さけるとともに、肋膜癒着の剝離は可及的小範囲にとどめるべきだと考えられる。

〔第1篇〕 健常犬の肺葉気管支を単純に遮断した場合の諸変化について

〔目 次〕

緒 言

第1章 実験動物ならびに実験方法

第1節 実験動物

第2節 麻酔管理ならびに手術操作

第3節 病理学的ならびに病理組織学的検査

第4節 血管造影

第5節 静脈血混合の測定

第2章 実験成績

第1節 病理学的所見

第1項 一般状態ならびに肉眼的所見

第2項 病理組織学的所見

第3項 小括

第2節 肺血管造影所見

第1項 肺動脈造影所見

第2項 連続血管撮影の所見

第3項 気管支動脈造影所見

第4項 小括

第3節 右上葉気管支遮断による動脈血炭酸ガス分圧 (P_{CO_2}) の変化

第1項 検査成績

第2項 小括

第3章 総括ならびに考按

結 語

緒 言

重症肺結核の外科的療法の一つとして、最近再び気管支遮断術が注目されるようになっていく。そもそも、本法は、1950年頃すでに榊原(1951)²⁶⁾、Nissen(1952)²¹⁾、峯(1955)¹⁶⁾らにより肺結核に対して試みられたことがあるが、その後肺切除術の普及につれてほとんどかえりみられなくなっている。さらに、結果的には、本術式は吸収され難い乾酪性物質を気管支肺胞系の内腔内に封入してしまうことになり、一時的に排菌を陰性化することはできても、病巣治癒の面からみてなお検討の余地ありとされてきた。

しかしながら、最近になって Rink(1962, 1963)²³⁻²⁵⁾、長石・寺松等(1963, 1964)^{17,18)}らにより重症肺結核の外科的療法として本法が再検

討されるようになっていく。

長石・寺松等は空洞切開術を中心とする切開排膿療法の経験に基づき、切開排膿療法と気管支の遮断とを同時に併せ行なう新しい術式を考案した。その臨床成績については、すでに数多くの学会や雑誌に発表されている^{4,11-15,30,31)}。それらの報告にもみられるように、本術式の臨床成績はよい適応を選んで行なわれた場合にはかなり優れているが、術後の長期観察例のうちには、膿胸等のような不快な合併症を招来するものが認められる。

前述のように、気管支遮断術では、細菌を含めて種々の物質の気道内貯溜が招来されるが、そのような現象が遮断術の予後に如何なる影響を及ぼすかについては、いまだ詳細な研究がみられない。また、手術に当たってしばしば血管の結紮切断を余儀なくされることがあるが、そのような操作が肺組織に如何なる影響を及ぼすかについても、いまだよく知られていない。

そこで、著者はこれらの諸問題について基礎的に検討する目的で、犬に気管支遮断術を行ない、肺に招来される諸変化について、主として形態学的観点から検討した。

第1章 実験動物ならびに実験方法

第1節 実験動物

実験動物としては、体重5~13kgの健常な雑種成犬を使用した。なお、実験前における動物の健康管理については十分に配慮した。

第2節 麻酔管理ならびに手術操作

麻酔にあたっては、Thiopental Sodium (20~40 mg/kg)を腹腔内に注入し、眼瞼反射が消失し、呼吸頻度が安定した状態になるのを確認して、気管カテーテルを挿入した。挿管後は酸素を吸入せしめるが、麻酔状態の如何によっては、吸気にエーテルを混入せしめ、人工呼吸器を用いて、陽圧呼吸下に手術操作を行なった。

手術は仰臥位で行ない、右第Ⅲまたは第Ⅳ肋間で開胸した。開胸後右上葉気管支を周囲組織から剝離し、

気管支を切断するとともに、中枢および末梢の両断端は、Sweat 氏法により縫合閉鎖した。その後、胸腔内にペニシリン20万単位とストレプトマイシン1gとを撒布し、出血がないことおよび非処置肺葉が十分に膨張していることを確かめた後、13号のNelaton氏カテーテルを胸腔内に1本挿入して閉胸した。術後水流ポンプを用い、Nelaton氏カテーテルを介して $-10\text{ cmH}_2\text{O}$ で持続的に吸引し、動物が十分麻酔から覚醒するのを待って、カテーテルを抜去した。抗生物質としては、術後4日間毎日ペニシリン60万単位を筋注射した。

第3節 病理学的ならびに病理組織学的検査

術後第1日より最長1カ年に亘る間の種々な時期において、実験動物の腹腔内に静脈麻酔剤を注入し、麻酔下に開胸し、胸腔内所見について肉眼的に検討した。その後、動物を脱血死せしめ処置肺葉および非処置肺葉を縦隔諸臓器とともに1塊として剔出し、10%ホルマリン液中に投入して固定した。組織小片を処置肺葉および非処置肺葉の肺葉中心部、肺門部、肋膜面部からそれぞれ採取し、型のようにパラフィン包埋を行なって組織学的検索に供した。染色法としては、ヘマトキシリン・エオジン重染色法およびVan-Gieson氏結合線維染色法を行ない、症例によっては鍍銀法やPAS反応等をも併せ行なった。

第4節 血管造影法

前述の方法で、右上葉気管支を遮断した動物に対し、1, 2, 3, 4週、2および3カ月後に、静脈麻酔剤の腹腔内注入を行ない、麻酔下で頸静脈からカテーテルを右心房内に挿入した。そして、カテーテルを介して75%ウロコリンM(2~4cc/kg)を可及的急速に注入し、肺血管造影を行なった。

連続撮影には手動式カセット急速変換装置を使用し、1秒間隔で6枚の連続撮影を行なった。

気管支動脈の選択的造影は、犬のような動物では、生体で行なうことが困難であり、屠殺して、大動脈系を生理的食塩水で灌流した後に、大動脈内に鉛丹浮遊生食水を注入して、X線的に検討した。

第5節 静脈血混合の測定

静脈麻酔剤を腹腔内に注入し、さらにSuccinyl Choline Chloride(サクシン)で完全に自発呼吸を停止せしめた状態において、前述の手術操作を行ない、一定量の純酸素を吸入せしめつつ動脈血中炭酸ガス分圧の変動について検討した。採血は股動脈から行ない、術前、術直後、その後6時間目まで毎時間1回、さらに

24時間後に、それぞれ採血し、I.L.メーターで炭酸ガス分圧を測定した。

第2章 実験成績

第1節 病理学的所見

第1項 一般状態ならびに肉眼的所見

術中呼吸器により人工呼吸を行なったので、術直後の動物は、一般に無呼吸であるが、人工呼吸中止後5分以内に浅い促迫した呼吸が始まり短時間内に正常呼吸に復帰する。大部分の動物は、12時間以内に歩行を開始するが、右前肢の跛行は術後2日目まで残ることが多い。食物の摂取は、全例において、第1日目から認められる。手術による体重減少も著明でなく、術後増加のみられたものもある。胸廓の変形は早期の屠殺例では、ほとんど認められないが、長期生存例では、X線像で通常右肺尖部および肋膜腔の狭小化が認められる。手術創の感染や皮膚における瘻孔が招来されたものは1例も認められない。

胸腔内の所見として、1週間以内の早期屠殺例では、少量の血性胸水の貯溜が認められたものが全例10例中に3例あるが、早期、晩期の如何にかかわらず、膿胸を招来したものは皆無である。

処置肺葉は肉眼的に暗赤色、弾性軟で、あたかも実質性臓器を思わせる外観を呈する。術後1週間目のものでは、すでに処置肺の全面にわたって膜様の肋膜癒着が認められるが、非処置肺葉が肺尖部まで膨張するため、処置肺葉は縦隔面に圧排される。処置肺では、含気部分は認められず、捻髪音も聞かれない。肺門部における気管支動脈系の増生も3週目頃より認められるようになり、3カ月後には、3号絹糸程度の太さのものがみられるようになる。

第1表は、このような気管支遮断術後の肋膜癒着、無気肺化、血管新生等の諸変化の経時的推移を示すものである。

第2項 病理組織学的所見

無気肺の病理学的所見は、大塚(1959)²²⁾の研究にもあるように、単純型、炎症型および水腫型等の3型に大別される。

表 1 気管支を遮断された肺の経時的变化

観 察 期 間	1 週 間 以 内			1 カ 月 以 内			1 カ 月 以 上					
	1 日	3 日	1 週	2 週	3 週	4 週	2 カ月	3.	4.	5.	6.	12カ月
動物数	3	2	5	2	3	4	2	2	1	1	2	2
胸腔内所見	1 日目のもの3例中2例に、3日目のもの2例中1例に胸水の貯溜あり			処置肺葉は肺尖部において縦隔側に圧排されている。								
肋膜癒着所見	1 週後において膜様の癒着が認められるが剝離は容易である。気管支断端は3日目に薄い膜様物で被覆される。			膜様癒着は高度となる。			癒着はさらに高度となり、剝離は困難となる。特に開胸部における癒着は強く、処置肺葉は心嚢とも強く癒着する。					
血新生所管見	血管新生はいまだ認められず。			3 週目頃には新生血管と思われるものを認める。			新生血管も太くなり、3 カ月後には3 号絹糸程の太さのものもある。					
無気肺所見	いまだ容積の著明な収縮は認められないが、含気部分は1 日後においてもすでにみられない。			次第に収縮する傾向がみられるが、中には膨化したものもみられ、そのようなものでは気管支内の分泌物を肋膜面より透見出来ることもある。病理組織学的に種々な型の無気肺所見を認める。			まったく実質臓器様となる。壊死等の所見は1 例もみられず、全肺が著明に収縮し、硬度も増加する。					
血管造影施行頭数	0	0	3	1	1	1	1	2	0	0	0	0

著者の実験成績によると、気管支の遮断後1 カ月以内では、これらの3 型が種々な程度の移行型を示しつつみられるが、なかでもリンパ球様の細胞が豊富に滲出している炎症型や、細胞浸潤に乏しい単純型に近いものが数多く認められる。

無気肺化は、1 週後にはほぼ完成し、おそくまで含気性が保たれている肋膜直下においても、この時期になると**写真1**のように、肺胞の収縮がみられる。肺の中枢部では、術後第1 日目からすでに無気肺化が招来され、時とともに硬化が進む。3 週目頃になると、少数例において、**写真2**のように、肺胞内に細胞質に富んだ扁平な細胞が充満し、所謂剝離性肺炎に似た所見が認められる。

しかしながら、1 カ月目以後では、ほとんど

すべてが単純無気肺型を呈するが、細胞浸潤がなお残っているものも認められる。この頃になると、含気性がなくなり、肺胞隔壁における線維化が進行し、**写真3**のように、肺は組織学的にも全く実質性臓器様を呈する。

血管壁、とくに肺動脈壁は、術後の早期から収縮し、正常なものに比べて結合織性外膜や中膜が収縮している。

しかしながら、内膜の肥厚は、この時期のものでは、いまだ認められない。

3 カ月頃になると、**写真4**のように、中膜の肥厚や外膜の線維増殖はより著明となり、内膜の肥厚とこれに伴う内膜の狭小化とがみられるようになる。

気管支壁の収縮も著るしく、それに伴って内腔は**写真5**のように星茫状に変形するが、炎

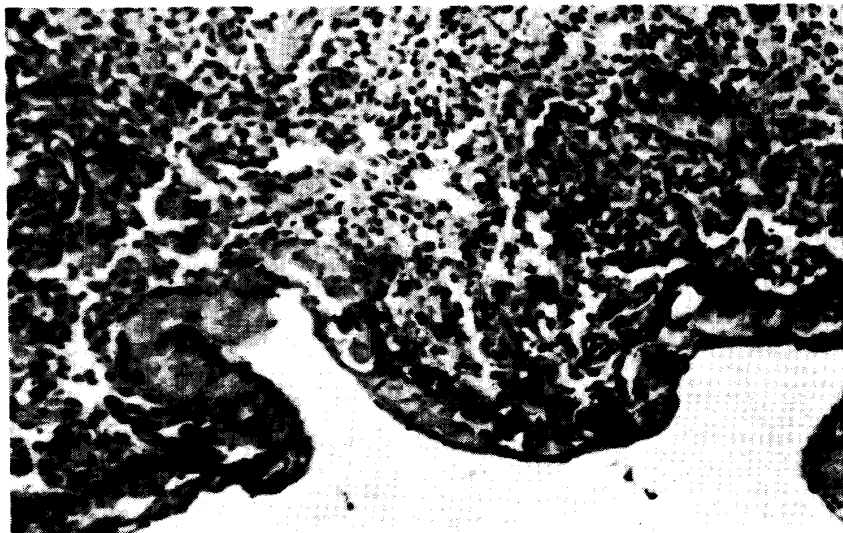


写真1 気管支遮断後1週目の所見
肋膜直下においても含気性は失われ、肺胞の収縮が認められる。

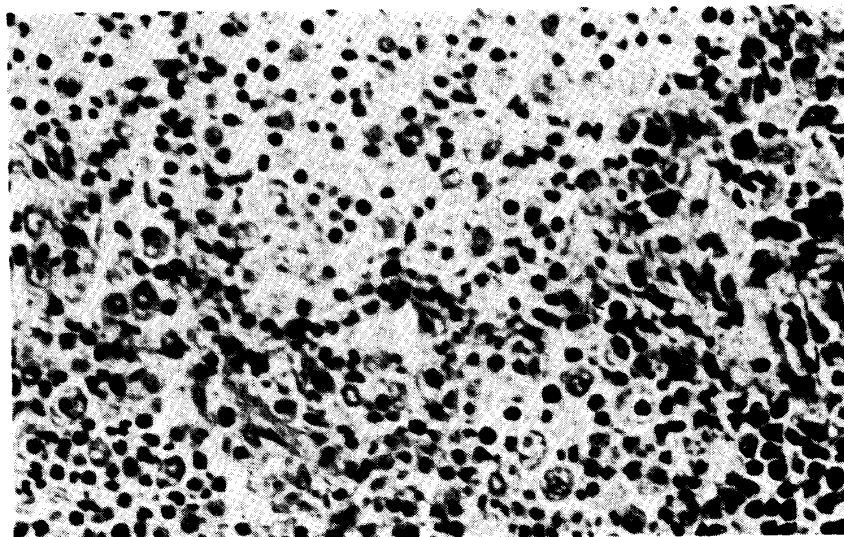


写真2 気管支遮断後3週目の所見
肺胞腔内に胞体が豊富な大型の細胞が充満し、所謂剥離性肺炎の所見を呈する。

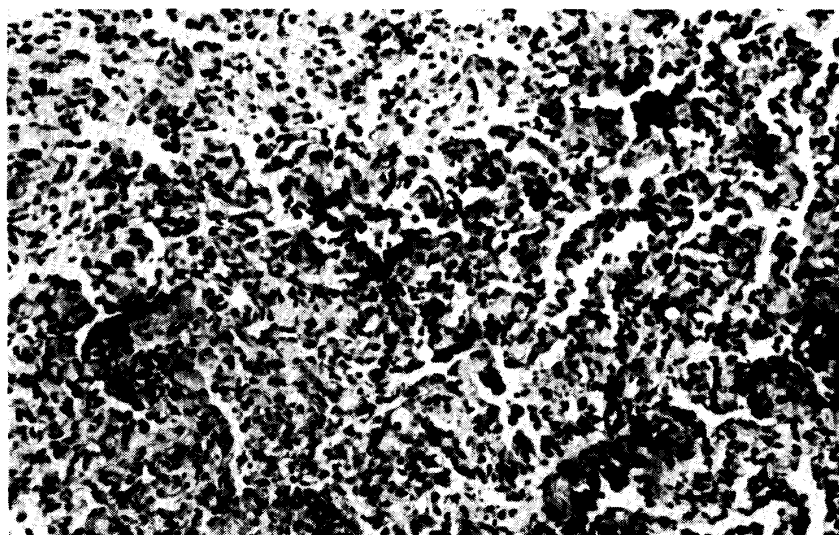


写真3 気管支遮断後2週目の所見
肺胞領域における線維化傾向が著るしいが、ところどころにリンパ球様の小型単核細胞の遊出が認められる。



写真4 気管支遮断後の肺動脈枝
中膜の肥厚と外膜の線維増殖が著明となり、さらに細動脈においては内膜の肥厚と線維化に伴ない内腔の狭窄が認められる。

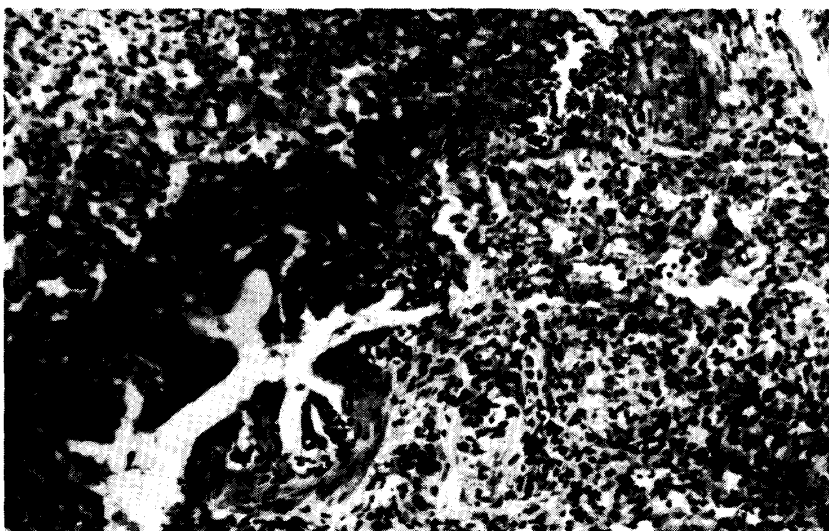


写真5 手術肺における気管支の変化
無気肺化した領域の中に内腔が星茫状に収縮変形した気管支が認められる。術後1週目の所見である。

症像の著明なものや、水腫様変化がみられるものでは、逆に気管支内腔が拡張していることもある。この場合、内腔には剝離した上皮細胞、リンパ球様細胞、および無構造物質の分泌物等が含まれている。このような分泌物では、PAS反応陰性である。

気管支粘膜上皮の杯細胞は、1カ月以内の術後比較的短期間ではあまり増加しないが、1カ月以上の期間を経たものでは、増加する傾向がみられる。気管支軟骨にはとくに変化はみられない。気管支壁の収縮に伴ない、気管支外膜を構成する結合織には、走行異常がみられるが、結合織の増殖は著明ではない。

第3項 小 括

気管支を遮断された肺葉は、中心部から末梢にかけて虚脱におちいり、1カ月以降では、ほぼ完全に全肺葉に亘って無気肺化する。気管支もこれに伴ない収縮するが、症例によっては内腔に寒天様物質が充満しているものも認められる。

気管支の遮断により壊死に陥った例は、1例も認められない。

虚脱肺の肺胞隔壁には、線維化がみられ、肺動脈にも、中膜の肥厚や内膜の肥厚とそれに続く線維化等の変化とが認められる。このような変化により血管床の著るしい減少が招来されるようである。

第2節 肺血管造影所見



写真6 正常犬の肺動脈造影像

左右肺尖部への肺動脈の太さにほとんど差がみられない。血管分枝もかなり末梢部まで左右ほぼ対称に認められる。

第1項 肺動脈造影所見

正常犬における肺動脈造影所見は、**写真6**の通りである。肺尖部に向って両側ともに、かなりの太い動脈枝がみられ、それらを末梢部まで追及することができる。

気管支の遮断後1週目では、X線的にはいまだ無気肺化は著明でなく、血管造影を行なうと、無気肺像のなかに右上葉肺動脈枝を容易に追求することが出来る。ただし、処置肺葉内の肺動脈枝は非処置肺葉のそれらに比べて細く、しかもその分枝数が減少している。

2週後には、右上葉肺動脈枝は軽度の狭小化を示し、その分枝数はさらに減少する。3週後には、肺動脈枝の狭小化は著明となり、分枝数も減少するため、血管は1本の棒状に造影される。このような変化は、時日の経過とともに著明となり、3カ月後のものでは、**写真7**のよう

に、均等な無気肺影のなかに狭小化した1本の線状の血管影として認められるにすぎない。

そこで、このような所見を摘出肺により確かめるために、術後1カ月以上経過した例を用い、右心室流出部から約20mmHgの圧でもって鉛丹浮遊液を注入した。注入に当っては、非処置肺葉の肋膜面が鉛丹によりわずかに彩色された頃をみはからって、注入を中止し、肺を切開して、色素の分布を肉眼的に観察した。非処置肺では、色素はほぼ均等に全肺に亘ってみられたが、処置肺葉では、色素はほとんどみとめられず、同部における血管床の著るしい減少が確かめられた。

第2項 連続血管撮影の所見

気管支遮断後2週後に連続血管撮影を行なって、その所見について検討した。造影剤を静脈内に注入して1秒後には、**写真8-A**のように、

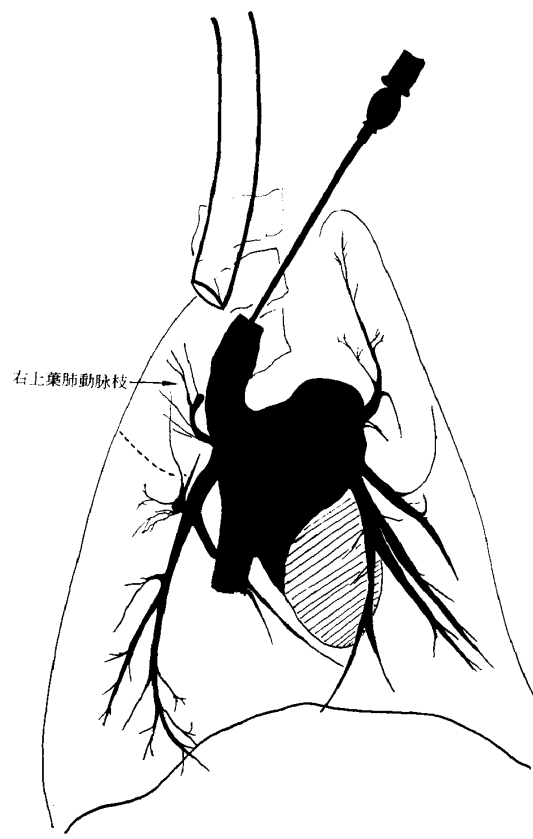


写真7 右上葉気管支遮断3カ月後の肺動脈造影像

無気肺内（右肺尖部）の血管は狭小化すると共に、分枝数は減少し細く、一本の棒のような像として認められるにすぎない。



同側の非処置肺の肺動脈枝は、すでに十分造影されているにもかかわらず、気管支を遮断された肺葉の肺動脈枝にはいまだ造影剤は流入しておらず、2秒後になってはじめて**写真8-B**のように、造影剤の流入が認められる。3秒後には、非処置肺葉の肺静脈が造影されているが、処置

肺葉の肺静脈は**写真8-C**および**写真8-D**のように、6秒後になっても造影されず、造影剤は依然として肺動脈内に停っている。

第3項 気管支動脈造影所見

気管支遮断後2カ月目における気管支動脈の分布は、**写真9**の通りである。非処置肺では、



写真 8：連続血管撮影法による肺血管造影

A 1 秒後：すでに肺動脈は造影されているが、処置肺葉内には血管影をみない。

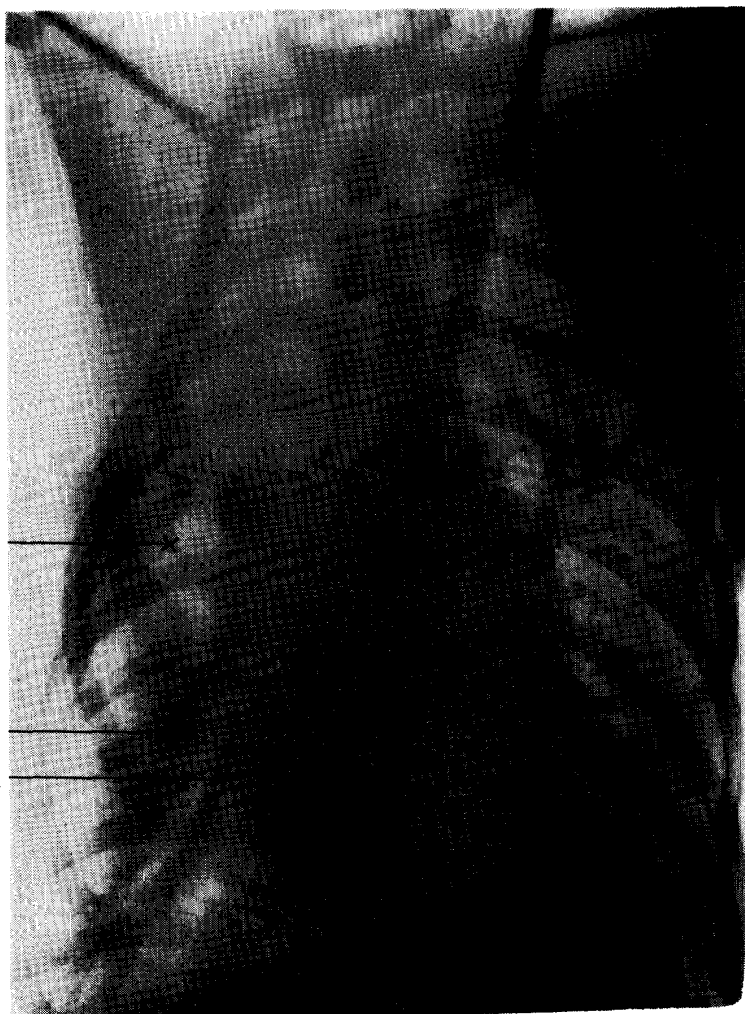


右上葉肺動脈

B 2 秒後：処置肺葉内では肺動脈が淡く造影されているが、非処置肺葉ではすでに毛細管像がみられる。

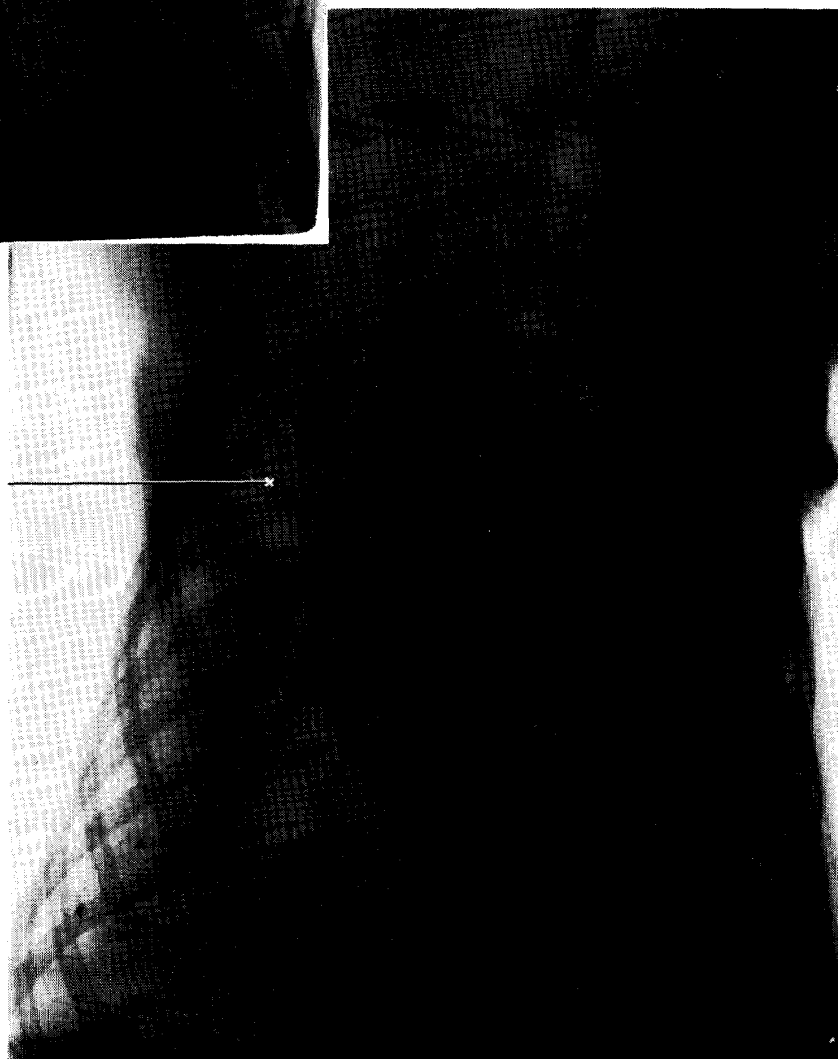
右上葉
肺動脈

肺動脈
肺静脈



C 5秒後：非処置肺葉では肺静脈像をみるが処置肺葉では、いまだに肺動脈内に造影剤が停滞している。

右上葉肺動脈



D 6秒後：処置肺葉ではいまだに肺動脈像が認められるが、非処置肺葉ではすでに肺静脈影さえ消失しかけて不明瞭になっている。



写真9 気管支遮断術後の気管支動脈の分布。

非処置肺葉では気管支動脈が肺内に分布しているが、処置肺葉（矢印部）肺内に分布していない。この像から気管支動脈は気管支遮断時に、ほぼ完全に切断されたと考えられるが、それによって支配下の肺葉は変性壊死に陥ることはないようである。

気管支動脈は気管支に沿って肺内に分布しているが、処置肺では、肺門部では増生しているが、肺内には分布しておらず、手術時に切断されていることが判る。このような所見から、気管支動脈を遮断された肺組織は、大部分が肺動静脈系により栄養されていることが知られるが、気管支動脈系の血流が断たれても、肺組織は栄養障害に陥って壊死を来たすようなことはない。

第4項 小 括

気管支を遮断する場合、その肺葉の機能血管である肺動脈は、時日の経過とともに狭小化を来し、これを流れる血流量の減少と血流時間の遅延とが招来されるようである。

一方、気管支動脈は処置肺葉の肺門部においては著るしく増生しているが、肺内に分布しておらず、手術に当って完全に切断されるものようである。このような所見から、気管支動脈が完全に切断されても、肺動脈系の血流が保たれておれば、その支配下の肺葉は変性壊死に陥ることはない結論される。

第3節 右上葉気管支遮断による動脈血炭酸ガス分圧 (P_{CO_2}) の変化

第1項 検査成績

気管支遮断後における動脈血炭酸ガス分圧 (P_{CO_2}) の変動は、図1に示した通りである。

すなわち、術直後から P_{CO_2} は増加し、術後

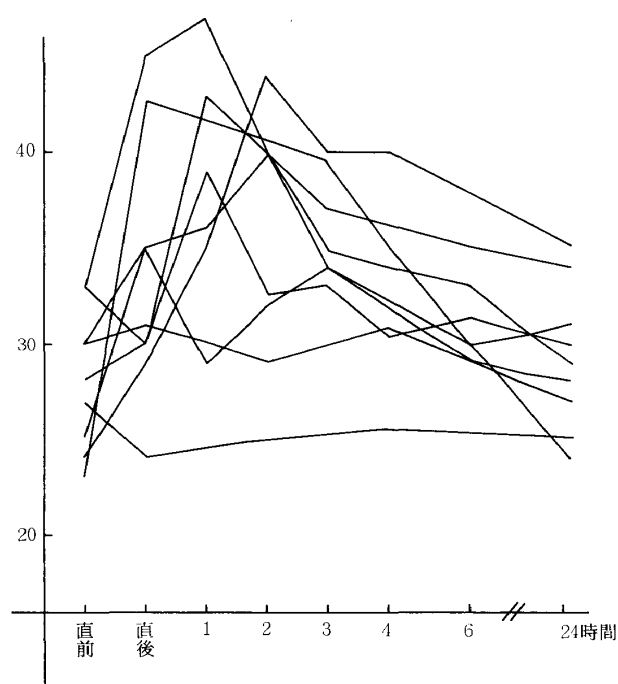


図1 動脈血 P_{CO_2} の経時的变化

1～2時間後に最高値に達する。そして、それ以後はゆるやかに低下し、6時間後にはほぼ術前値にまで恢復する。翌日採血したものでは、 P_{CO_2} は、1例を除いて、他はすべて、術前とほぼ等しい値を示す。例外的な値を示した1例では、検査後に剖検したところ、右側の非処置肺葉も再膨張不全に陥っており、そのために P_{CO_2} の上昇がみられたものと考えられる。

第2項 小 括

1 肺葉の気管支を遮断することにより、動脈血の P_{CO_2} は1時的に上昇するが、次第に下降し、術後6時間内外でほぼ正常値に復帰する。したがって、気管支遮断により静脈血混合の増加が招来されることは、ほとんどないといつてよいようである。

第3章 綜括ならびに考按

気管支を実験的に結紮切断する場合に、処置肺葉に招来される病理組織学的変化については、無気肺症の研究に関連してすでに多くの人々により報告されている^{6-9,29)}。当教室においても、大塚(1959)²²⁾が実験的無気肺症について詳細な観察を行なっており、無気肺を病理形態学的に3型に分類している。

彼は気管支を遮断しても、全例においてただ

ちに肺胞の収縮が全肺野に均等に招来されるわけではなく、1標本内においても、種々な型の無気肺像がみられることを指摘している。

円形細胞の浸潤が著明な部位、肺胞内に大型の細胞が充満した剝離性肺炎像を呈する部位、肺胞内へ血液成分が漏出して水腫状変化を呈する部位、あるいは肺胞の単純な収縮がみられる部位等が混在して複雑な様相がみられることもあるようである。

しかしながら、術後1カ月目以降では、肺胞は全般に著るしく収縮しており、著者の実験では、水腫型に属するような所見を呈するものはみとめられない。術後早期にみられた細胞浸潤も次第に減少するのが普通であり、大塚もかかる所見を認めている。

気管支遮断後の肺胞領域にみられるもう一つの著るしい変化は、結合織の増殖である。結合織の増殖は多くの場合、肺胞隔壁部に招来されるが、このような変化は肺胞が無気肺化すること自体に原因があるとの説もあるが⁵⁾、炎症性変化が加わるために招来されるとの説も多いようである^{2,6-9,29)}。

著者の実験では、無気肺化した領域に程度の差こそあれ、細胞浸潤が招来されており、細胞浸潤は不可避の現象と考えられる。このような細胞浸潤は、上気道感染に起因するというよりも、肺胞における無菌的な刺激や血管の透過性の亢進、あるいは気管支内腔の貯溜物等のような種々の要素の関与が考えられる。

Nissen(1923)²⁰⁾は、気管支結紮に併せ気管支動脈を結紮した場合には、気管支内腔への分泌が亢進すると報告している。しかしながら、犬の気管支を遮断する場合には、気管支壁に沿うほとんどすべての気管支動脈が切断されることは前述の通りであって、Nissenの説の通りとすれば、著者の実験ではすべての症例で分泌の亢進がみられなくてはならないことになる。しかしながら、前述のように、気管支内腔に多量の分泌物が認められたものは、ごく一部の例であり、Nissenの見解をただちに一般的な見解とすることには、問題があると考えられる。

樋口(1960)⁶⁾は、気管支遮断により気管支拡張

張が招来される場合には、細菌感染がその原因となっており、細菌感染のないものでは、分泌物の貯溜はなく、気管支の拡張は認められないといっている。

著者の経験によると、炎症性変化や気管支内への滲出は、気管支の遮断後1カ月以内にみられることが多く、1カ月以降では、単純な無気肺像を示し、気管支内腔の分泌物も減少しているものが多いようである。このような所見からすると、この間に何らかの機転が働いて、炎症の消退や分泌物の吸収が行なわれるものと推定される。

つぎに、無気肺組織における肺血管の変化について考察する。

Ahmed and Harrison (1963)¹⁹ は、家兎を用い、人工気胸により虚脱された肺葉について病理組織学的ならびにX線学的に観察し、とくに肺動脈の変化について検討している。

彼によれば、虚脱側肺動脈はすべての部位で狭小化し、健常側に比べて屈曲性がなく、血管造影でもその一部が造影されるにとどまるといふ。遮断術についての著者の実験でも、ほぼ同様の所見が認められる。

また、彼等は、病理組織学的には、肺動脈枝の中膜の肥厚や弾性板層の波状化が認められ、細動脈では、内膜が浮腫状となり、弾性板層をおし上げるようになると報告しており、かかる変化は虚脱後28週以降にみられるという。青木(1955)²⁰ も虚脱肺における肺動脈の変化について同様な所見を報告しており、気胸による虚脱でなく、気管支を遮断した場合には、その変化がさらに高度になるという。著者の実験では、気管支の遮断後2～3週間でその部位の肺動脈枝の狭小化がみられるようになり、3カ月後には、肺動脈壁の器質的な変化とともに、肺動脈の著るしい狭小化が認められるようになる。このような所見は、虚脱肺や無気肺における肺動脈の病理組織学的所見や、血管造影所見についての他の多くの報告とよく一致している^{19, 27-28, 33}。

連続的血管撮影法によると、遮断肺の肺動脈枝において血流遅延がみられるが、肺動脈枝の狭小化と相俟って、無効肺血流の減少が招来さ

れる。

股動脈における P_{CO_2} を測定すると、遮断直後、 P_{O_2} は一時的に増加するが、6時間後にはほぼ元の値に復帰する。一方、 P_{O_2} も測定したが、純酸素吸入という条件下での測定であるので、一応の参考までにとどめた。今後、別な方法により、静脈血混合の程度について検討する必要があると考えている。ただし、遮断肺の血流、すなわち無効肺血流が著るしく減少していることからしても、静脈血混合はそれほど増加していないものと思われる。

健常な犬の気管支を遮断する場合には、これに伴ない気管支動脈もともに切断されるが、処置肺葉には、壊死や膿瘍形成等の合併症はみられない。北川(1962)¹⁰² も気管支遮断術の実験例において、ほぼ同様な結論を得ている。

以上の所見から、遮断術を行なった肺葉では、気管支動脈も併せ切断されるが、呼吸機能の停止にともない機能血管である肺動脈も狭小化する。しかしながら、そのような変化が招来されても、病理学的ならびに生理学的に大きな障害を来たすことはないようである。

結 語

38頭の健常犬に気管支遮断術を行ない、気管支を遮断された領域の肺組織、気管支および血管系等に招来される形態学的諸変化および動脈血炭酸ガス分圧の変化等について検討し、以下の結論を得た。

1. 気管支を遮断された肺組織は、無気肺に陥る。組織学的にみると、無気肺部は、遮断直後には、単純型、水腫型あるいは炎症型等の種々の像を呈するが、1カ月以上を経過したものは一般に単純型無気肺像を呈するものが多い。

2. 遮断部より末梢の気管支は、術後1カ月以上を経過すると、内容が吸収されて縮小する傾向を示す。

3. 肺動脈は、術直後では、狭小化がみられ、さらに術後3カ月目頃になると、内膜の肥厚等の器質的な変化が認められるようになる。

血管造影法によれば、処置肺葉に分布する肺動脈は狭小化し、分枝数は減少し、連続撮影に

より血流の遅延が認められる。

4. 股動脈において動脈血の P_{CO_2} を測定したが、気管支の遮断前後における値には、ほとんど変化は認められない。

5. 気管支の遮断のみにより肺葉の壊死や膿胸を招来したものは1例も認められなかった。したがって、健常犬の1肺葉気管支を遮断しても、その生体に著しい不都合な事態を招来することはないといえる。

文 献

- 1) Ahmed, F.S. and Harrison, C.V.: The Effect of Prolonged Pulmonary Collaps on the Pulmonary Arteries, J. Path. & Bact, 85 : 357, 1963.
- 2) Alexander, H. und Hasselbach, F.: Lungentuberkulose und Atelektase, Z. Tuberk., 77 : 1, 1937.
- 3) 青木貞章編：肺結核治療の病理—その機転及び過程—, 医学書院, 東京・大阪, 33頁, 1955.
- 4) Chamberlain, J.M. and McNeil, T.M.: Ligation and Division of the Bronchus in the surgical Treatment of cavitary Tuberculosis, J. Thoracic Cardiovasc. Surg., 40 : 475, 1960.
- 5) Coryllos, P.N. and Birnbaum, G.L.: Obstructive massive Atelectasis of the Lung, Arch. Surg., 16 : 501, 1928.
- 6) 樋口隆三：無気肺の実験的研究, 久留米医学会雑誌, 23 : 5469, 1960.
- 7) 蒲 吉次：実験的無気肺の病理組織学的研究, 日胸外会誌, 4 : 1219, 1956.
- 8) 川合貞郎：主気管支結紮による無気肺の病理組織学的研究, 東京医会誌, 58 : 191, 1944.
- 9) 河端 明：肺アテレクターゼが肺結核に及ぼす影響に関する実験的研究, 第1篇, 気管支閉鎖性アテレクターゼの形態学的研究, 結核, 16 : 293, 1938.
- 10) 北川司良：肺結核空洞に対する気管支結紮術とその遠隔成績, 胸部外科, 15 : 50, 1962.
- 11) 城所達士, 他：気管支遮断術による虚脱形成について, 日胸外会誌, 12 : 401, 1964.
- 12) 久代昭二, 他：肺結核に対する気管支閉鎖術の経験, 日胸外会誌, 12 : 402, 1964.
- 13) 久保克行, 他：気管支遮断術および開放療法後の難治瘻孔に対する治療法としての本術式の応用, 日胸外会誌, 13 : 681, 1965.
- 14) 小林君美, 他：気管支遮断術の経験, 医療, 19 : 556, 1965.
- 15) 三上二郎, 他：所謂重症肺結核に対する気管支切断術, 日胸外会誌, 12 : 405, 1964.
- 16) 峯 勝, 北川司良：結核肺膿瘍の問題, 京医会誌, 4 : 505, 1953.
- 17) 長石忠三, 他：気管支遮断術の経験, 日胸外会誌, 11 : 221, 1963.
- 18) 長石忠三, 他：気管支遮断術の経験, (第2報) 気管支遮断術と空洞切開術との複合術式を中心として, 日胸外会誌, 12 : 403, 1964.
- 19) 長石忠三, 他：肺血管造影による各種肺疾患の診断, 胸部疾患, 8 : 1, 1964.
- 20) Nissen, R.: Die Bronchus-unterbindung, ein Beitrag zur experimentellen Lungen-pathologie und Chirurgie, Dtch. Z. Chir., 179 : 160, 1923.
- 21) Nissen, R. und Lezius, A.: Der Verschluss des Drainagebronchus als selbstotandiges oder ergänzendes Behandlungsverfahren bei der Kavernosen Lungentuberkulose, Deutsche med. Wschr., 13 : 385, 1952.
- 22) 大塚弘一：閉塞性無気肺症の形態学的研究, 京大結研紀要, 8 : 374, 1959.
- 23) Rink, H.: Grundlagen, Methoden und ziele der Lokalen Kavernenbehandlung, 結核, 37 : 338, 1962.
- 24) Rink, H. 矢崎次郎：撒布巣を伴った空洞性肺結核に対する気管支閉鎖術, 日本胸部臨床, 22 : 185, 259, 1963.
- 25) Rink, H. : Operativer Bronchusverschluss und chirurgische Kollapstherapie, Zeit. tuberk., 119 : 284, 1963.
- 26) 榊原仟, 永瀬十郎：肺結核に対する気管支結紮療法, 手術, 5 : 53, 1951.
- 27) 鈴木千賀志, 仲田祐：肺疾患における肺動脈造影像—特に肺循環の立場から—, 日本胸部臨床, 23 : 153, 1964.
- 28) 竹石芳光：無気肺の病理形態学的研究, ことに血管の変化について, 日大医学雑誌, 20 : 2200, 1961.
- 29) 武田義章, 堀口清良：実験的急性広汎性無気肺の研究, 大阪医会誌, 35 : 1137, 1936.
- 30) 寺松 孝, 他：肺結核に対する主気管支遮断術の経験, 胸部外科, 17 : 448, 1964.
- 31) 寺松孝：第18回日本胸部外科学会総会シンポジウム, 肺結核外科療法の問題点, 気管支遮断術を中心として, 日胸外会誌, 14 : 830, 1966.
- 32) 寺松孝, 他：気管支遮断術の不成功例についての検討, 結核, 42 : 84, 1967.

〔第2篇〕 1 肺葉気管支の遮断に併せ、肺血管をも遮断した場合の諸変化について

〔目 次〕

緒 言

第1章 実験方法ならびに実験成績

第1節 右上葉気管支遮断に併せ、右上葉肺動脈を切断した場合の諸変化

第1項 実験方法

第2項 実験成績

1. 一般状態
2. 胸廓および胸腔内の所見
3. 病理組織学的所見
4. 細菌学的検査

第3項 小括

第2節 右上葉気管支遮断に併せ、右上葉肺動脈枝の一部を結紮した場合の諸変化

第1項 実験方法

第2項 実験成績

第3項 小括

第3節 気管支および肺動脈の遮断に、気管支内の廓清と肺縫縮とをあわせ行なった場合の諸変化

第1項 実験目的ならびに実験方法

第2項 実験成績

第3項 小括

第4節 右上葉気管支の遮断と右上葉肺静脈枝の遮断とを併せ行なった場合の諸変化

第1項 実験動物ならびに実験方法

第2項 実験成績

1. 一般状態ならびにX線所見
2. 胸腔内所見
3. 病理組織学的所見

第3項 小括

第2章 総括ならびに考按

結 語

緒 言

第1篇では、気管支遮断術後に肺組織に招来される諸変化について検討した。その結果、犬の肺に気管支遮断を行なう場合には、必然的に気管支動脈も遮断されるが、肺動脈の血流は少ないながらも保たれており、ために肺組織は壊死に陥らないことが判明した。実地臨床的に気管支遮断を行なう場合には、手技的にやむをえず肺動脈あるいは肺静脈の一部を結紮、切断するような場合も少なくない。そこで、本篇では、気管支を遮断するとともに、肺血管系をも結紮、

切断した場合に、その領域の肺葉に如何なる変化が招来されるかについて実験的に検討した。

第1章 実験方法ならびに実験成績

実験動物としては、第1篇と同様に、健常成犬を使用した。麻酔法ならびに手術手技も第1篇とほぼ同様であり、病理組織学的検査もまた第1篇と同様な方法により行なった。

第1節 右上葉気管支遮断に併せ、右上葉肺動脈を切断する場合の諸変化

第1項 実験方法

a) 右上葉気管支は第1篇の実験と同様の方法で遮断し、さらにこれに併せ、右上葉に分布する肺動脈を肺門部で結紮切断した。

b) 病理組織学的検査は、原則として、術後1, 3, 5日目, 1, 2, 3週目, 1カ月目および1カ月以上を経過してからのも等について行なったが、術後経過中に死亡するものも多く、それぞれについては、その都度病理学的検査を行なった。

c) 細菌学的検査にあたっては、資料を胸水ならびに処置肺葉部からそれぞれ無菌的に採取し、塗抹標本を作成するとともに、血液寒天培地を用いて、培養分離した。

第2項 実験成績

1. 一般状態

気管支とともに肺動脈を遮断された動物では、気管支のみを遮断されたものに比べて元気がなく、術後2日間は食物を摂取せず、起立することないのが普通である。実験動物とそれぞれの観察期間は表2の通りであるが、術後死亡したものも少なくない。このような現象は、気管支の遮断のみを行なった群では、みられないことである。屠殺剖検したものは除いて、生存期間は最長36日であり、1カ月以上生存したものは、全例中3例である。

術後1週目頃になると、食物摂取量もほぼ正常に近くなるが、3週目頃から再び低下し始めるようである。それとともに体重減少が招来せられ、長期生存例では、3kgも体重が減少する例がある。

2. 胸廓および胸腔内の所見

皮膚縫合を行なった部分に瘻孔を形成し、膿の排出がみられたものが20頭中に8頭もみられ

表 2 気管支遮断にあわせて肺動脈を切断した場合の実験動物の経過と所見

観察期間	1日以内	1日	3日	5日	7日	11日	14日	15日	20日	21日	23日	30日	32日	36日
実験動物数	1	2	1	2	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1
死亡† 屠殺○	†	○ ○	○	○ ○	○ † ○ ○	†	○	○ ○	○	○ ○	†	○	†	†
皮膚瘻形成の有無	—	—	—	—	— + —	+	+	++	+	—	+	+	—	—
細菌学的検討例				1例 培養(+)	3例 1例 1例 桿塗培 菌抹養(+) (H)					1例			1例 1例 培養(+) (H)	1例

た。皮膚に瘻孔を形成しなかったものでも、術後1週以上経過したものでは、全例において胸腔内に大量の漿液性、一部膿性の液体の貯溜が認められた。術後1週以内の短期のものでも、24時間以内のものも含め、程度の差こそあれ、漿液性の胸水の貯溜が認められた。

胸水貯溜のため、全例において非処置肺葉は圧迫されて中等度ないし高度の無気肺に陥っていた。処置肺葉は灰白色壊死状となり、時日の経過とともに崩壊し、術後1カ月ぐらいい経過すると、気管支断端の中枢部のみを残すようなものもあった。ただし、気管支末梢部の壊死がみられても、気管支の中枢端における瘻孔形成は全く認められなかった。

3. 病理組織学的所見

早期死亡例では、血管周囲に赤血球が漏出し肺胞は拡張し、水腫様の所見を呈する。術後時間の経過とともに、赤血球の漏出は肺胞内や気管支腔内にも及び、肺組織は次第に壊死に陥って、染色性を失う。肺胞腔は、写真10のように、拡張し、腔内には均質な物質が充満する。

術後1カ月目内外のものでは、肺組織は完全に崩壊壊死に陥り、細胞成分は全く認められない。

術後比較的短期間の症例では、写真11のように、気管支内には、白血球や赤血球が多数滲出し、剝離した粘膜上皮細胞や滲出液が充満し、

ために気管支内腔は拡張像を呈する。この滲出液は、均質であり、PAS 反応は陰性である。粘膜上皮では、杯細胞の増加が認められる。

4. 細菌学的検査

皮膚に瘻形成のみられない7頭を用い胸腔内貯溜液と壊死組織とについて細菌学的検索を行った。培養法により7例中3例にグラム陽性連鎖状球菌が検出されたが、うち1例では、塗抹によっても同様な菌が検出された。他の1例で同様に塗抹によりグラム陽性桿菌をみたものもある。

別に健常犬の口から資料を採取し、同様な細菌学的検索を行なったところ、前述の細菌に類似した菌が認められた。

第3項 小 括

犬の気管支遮断を行なう場合には、ほぼ完全な形で気管支動脈がともに切断される。したがって、気管支遮断と併せて肺動脈を結紮すると、処置肺葉への血流は完全に遮断され、肺組織は早晩壊死に陥る。壊死は大部分が単純壊死であるが、症例によっては、肺の壊死に続いて膿胸を来とし、皮膚瘻を形成することがある。このさいの膿胸は、通常無菌的であるが、症例によっては気道内常住菌の繁殖を伴っていることもある。

第2節 右上葉気管支遮断に併せ、右上葉肺動脈枝の一部を結紮する場合の諸変化

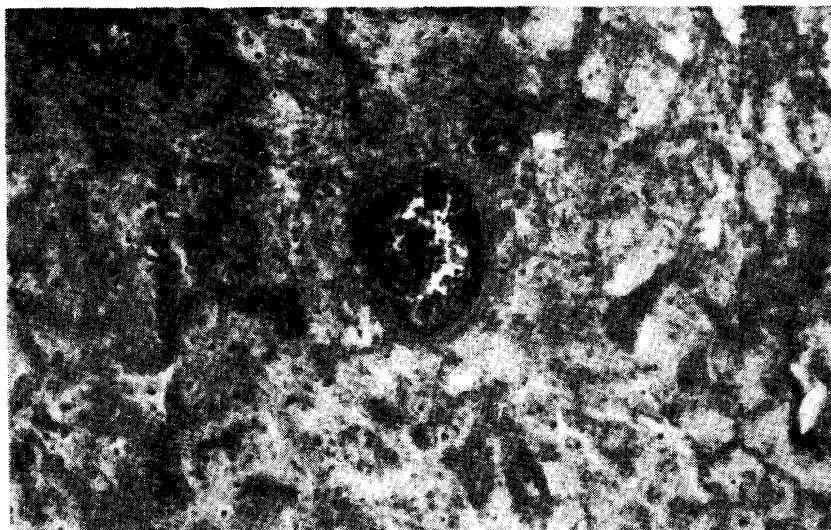


写真10-A

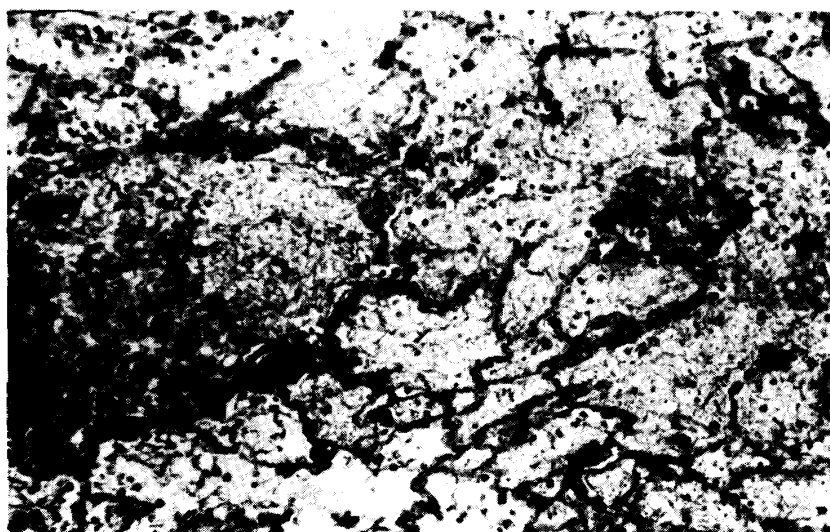


写真10-B

写真10A, B : 気管支遮断にあわせて肺動脈を結紮した場合、処置肺葉は貧血性梗塞の像を示し、各肺胞腔内には淡紅色に均等に染まる液状物質が充満し、肺胞腔は拡張している(A)鍍銀法(B)によると繊細な線維が多数肺胞腔内に認められる。(3週目のもの)

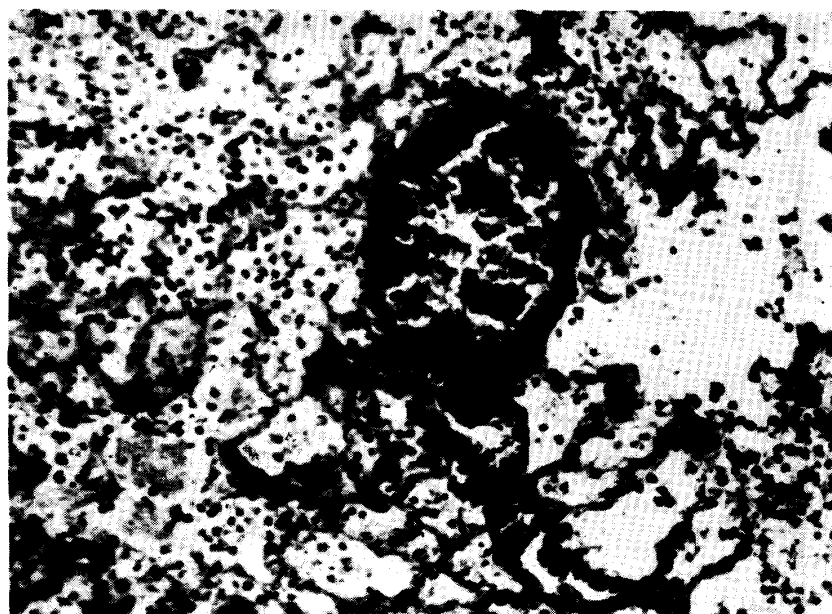


写真11 気管支遮断にあわせて肺動脈を結紮した例

術後1週目のもので気管支内腔には赤血球、白血球等が充満し、粘膜上皮では杯細胞が増加している。

第1項 実験方法

- a) 実験動物としては健常成犬8頭を用いた。
- b) 観察は術後1週間毎に1カ月目まで行なった。
- c) 右上葉肺動脈枝は、その最初の分岐部において一方の枝を結紮切断し、他方は保存した。すなわち、区域動脈にあたる肺動脈枝を遮断したわけである。

第2項 実験成績

一般状態は上葉肺動脈枝全体を遮断した場合ほどには障害されず、術後早期に死亡したものはみられない。皮膚縫合部に瘻を形成したものが2例みられ、それぞれ術後15日目および23日目に招来されている。胸腔内には、全例において胸水貯溜が認められる。

肺動脈枝を遮断された区域は灰白色を呈する。肉眼的に貧血性梗塞の所見を呈しており、気管支内腔に寒天状の分泌物が多量に充満している様子が肋膜表面から透見される。遮断肺の弾性は低下し、脆弱で、長期生存例では胸腔内へ壊死脱落しているものも認められる。そのような場合の胸水は膿性である。

肺動脈が保存されている区域は、暗赤色で、肝臓様の外観を呈し、弾性軟である。気管支内に分泌物が多量に貯溜しているような症例はみられない。この部分は肺動脈枝が遮断された部分と鮮明に境界され、両者の間に巾広い移行部がみられるようなことはない。

病理組織学的には、肺動脈が遮断されていない区域では、第1篇に述べた気管支を単独に遮断した場合と同様の所見が認められる。一方、肺動脈を結紮した区域では、本篇の第1節で述べた気管支および肺動脈の両者を遮断した場合と同様に、貧血性梗塞の所見が認められる。気管支内腔の分泌物の貯溜も、前者では少なく、気管支は収縮しているのに反し、後者では気管支は拡張し、その中には血球成分の滲出や脱落上皮細胞や、PAS 反応陰性の滲出液が認められる。また、肺動脈が遮断された区域では、気管支粘膜の杯細胞の著明な増加が認められる。

なお、両者の境界部は、肉眼的に鮮明であるが、写真12のように、組織学的にも極めて鮮明である。このことから、犬の肺における血流分布が極めて鮮明に区分されていることが判る。

第3項 小 括

犬では、肺動脈は明らかに終末血管(Endartery)の形をとっており、その支配領域は明瞭に区分されている。したがって、気管支動脈枝とともに肺動脈枝をも併せ遮断すると、その領域への隣接領域からする血液の供給はなく、遮断部位は壊死に陥る。

一方、肺動脈枝の血流が保たれている部位では、たとえ気管支血管系の血流が断たれていても壊死に陥ることはない。そのような事実から

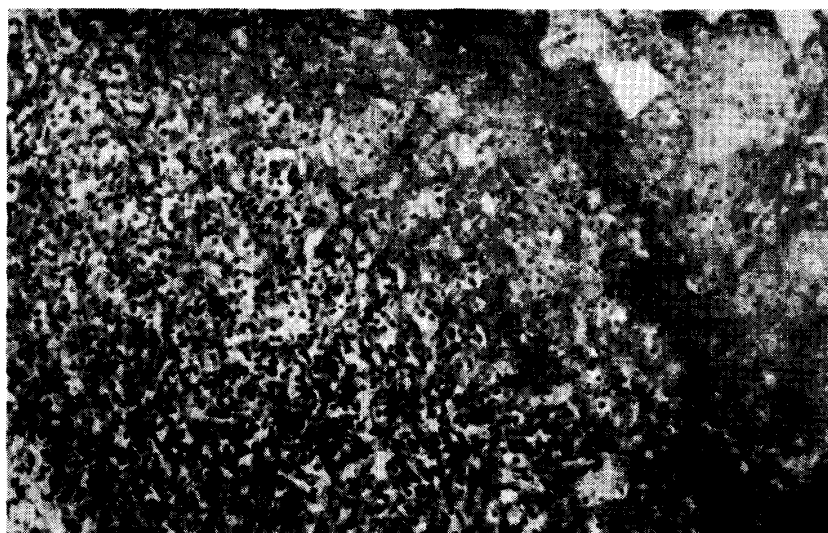


写真12 気管支遮断にあわせ、区域動脈を遮断した場合

区域動脈を遮断した肺区域(右側)では貧血性梗塞像を示し肺胞腔は拡張し、均質な液状物質が充満している。動脈が遮断されていない区域(左側)では無気肺像で線維化は認められるが肺胞の拡張・壊死はみられない。しかも両区域間は比較的鮮明である。

すると、肺動脈枝は機能血管としてだけでなく、栄養血管としての役割もはたしているものと思われる。

第3節 気管支および肺動脈の遮断に気管支内の廓清と肺縫縮とを併せ行なう場合の諸変化

第1項 実験目的ならびに実験方法

第1および第2節において、気管支遮断に伴って肺動脈枝をも結紮切断する場合には、気管支内腔に著明な分泌物の貯溜が認められること、および外部からする細菌感染がないと思われるにもかかわらず膿状胸水の貯溜が認めることを述べた。

そこで、本節では、気管支内腔を廓清し、肺を縫縮することにより、気道内への分泌物の貯溜を減少せしめれば、そのような合併症を予防しうるかも知れないと考え、以下の実験を行なった。

気管支内腔の廓清や肺縫縮の手技は、以下の通りである。

肺動脈枝を結紮切断した後に気管支を切断し、中樞側の気管支断端は型のようにして縫合する。末梢側の気管支には切断部から末梢に向かって縦切開を加え、区域気管支に相当する部位に至るまで内腔を開き、その内容物を搔把、吸引する。さらに、それよりも末梢側の気管支内容をゾンデやガーゼを用いて廓清する。廓清後切開した気管支の内腔を十分閉鎖するように縫合し、同時に気管支をまき込むようにして肺縫縮を加える。

術後処置その他は、第1篇のそれと同様である。

第2項 実験成績

肺縫縮および気管支内腔の廓清を行なった4頭においても、処置肺葉には、第1節の実験結果と同様に貧血性梗塞が招来される。術後の時日の経過とともに遮断肺葉は壊死崩壊に陥ることも、本篇第1節の実験の場合と同様である。

第3項 小 括

犬の気管支を遮断する場合には、それに沿って走る気管支動脈も切断され、同領域へ分布している肺動脈の遮断を併せ行なうと、肺が壊死に陥ることは前節までに述べた通りである。たとえ、気管支内腔を廓清し、肺を縫縮しても、同様に壊死崩壊は招来されるから、そのような変化はまったく血流遮断によるものであり、気管支内に貯溜した分泌物の感染により二次的に招来されるものではないといえる。

第4節 右上葉気管支の遮断と右上葉肺静脈枝の遮断とを併せ行なう場合の諸変化

第1項 実験動物ならびに実験方法

- a) 実験に使用した動物は健常成犬5頭である。
- b) 気管支の遮断方法は前述の通りであるが、本実験では、気管支の遮断に併せ右上肺葉の肺静脈枝を肺門部で結紮切断した。
- c) 術後1週間目(2例)、1カ月目(2例)および6週間目(1例)に、実験動物を屠殺して剖検した。
- d) 胸部X線撮影を行なった後に、動物を屠殺し、肉眼的観察を行なうとともに、各部の肺組織を採取して病理組織学的検索に供した。染色法等は前述の通りである。

第2項 実験成績

1. 一般状態ならびにX線的所見

気管支および肺静脈を併せ遮断する場合には、一般状態はさほど侵されないが、気管支のみを遮断する場合に比べると、術後の歩行開始や食欲回復等がやや遅れるようである。

皮膚瘻を形成したものや、術後早期死亡例もみられない。

X線像では、術直後には、右胸腔の半ば近くを占める淡い均等陰影がみられるが、この陰影は時日の経過とともに多少縮小する。後述のように、同陰影が遮断肺の鬱血によるものであることは、剖検によって確かめられている。

肺動脈造影法を行なうと、写真13のように、上葉への肺動脈枝が細くなっているのが認められる。

2. 胸腔内所見

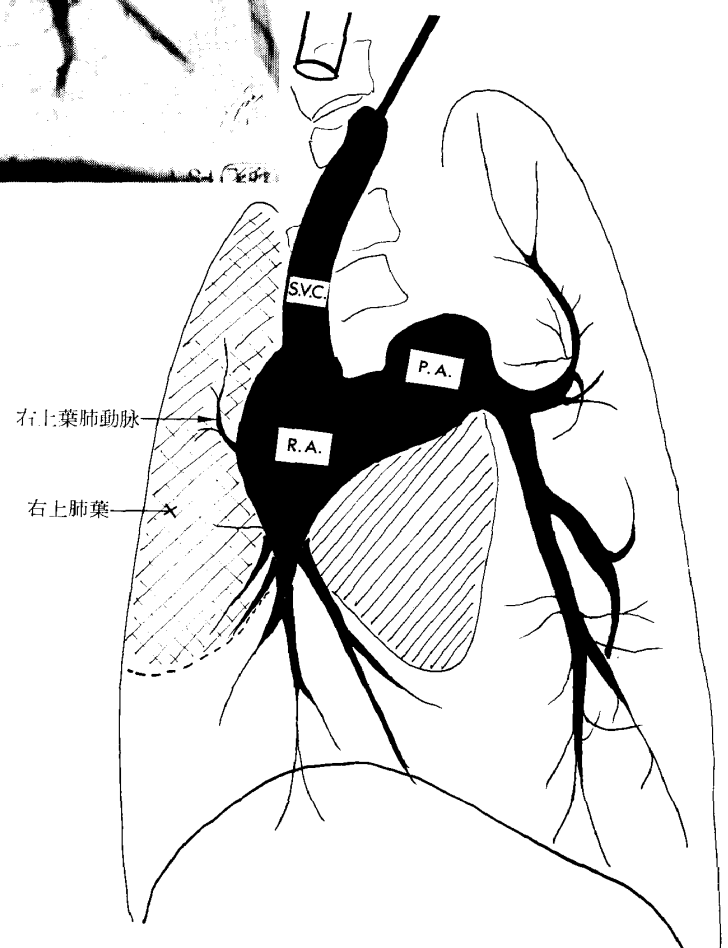
術後1週目では、遮断肺は著明な鬱血像を呈し、膨大して右胸腔の半ば近くをしめる。胸腔内には、通常少量の滲出液の貯溜が認められる。1カ月後においても、ほぼ同様な所見がみられるが、硬度はやや硬くなり、体積も若干収縮するようである。この時期になると、肋膜癒着も著明となる。

処置肺葉の体積が増加することにより、隣接した非処置肺葉はしばしば圧迫性無気肺に陥り、これが高度の場合には、1肺葉全体が無気肺化する。

3. 病理組織学的所見



写真13 気管支遮断にあわせて肺静脈を結紮した場合の肺動脈造影像
右上葉の体積は著明に増大し、
同肺葉内の肺動脈枝の狭小化がみられる。



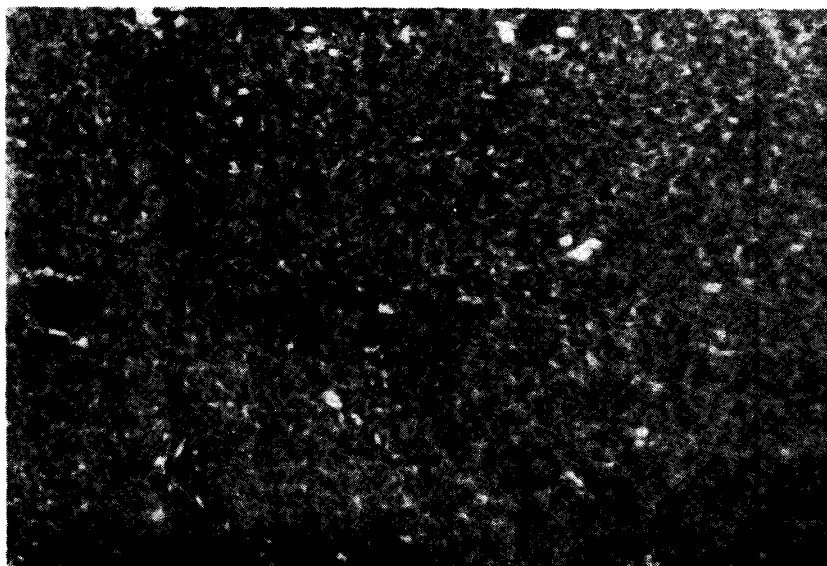


写真14 気管支遮断にあわせて肺静脈を結紮した場合

赤血球が血管外に遊出し、完全に肺胞腔内をしめるため全視野は赤色を示し、出血性梗塞の像を示す。しかし肺野に壊死像はみとめられない。

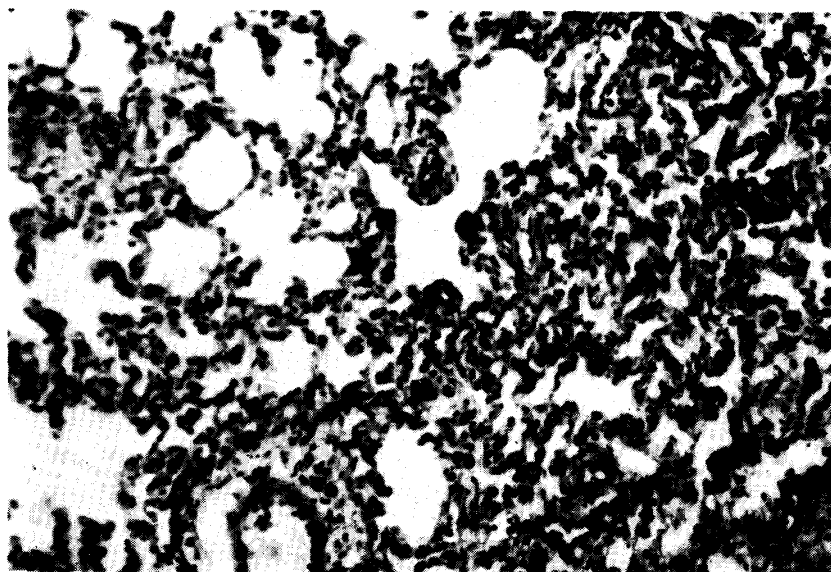


写真15 気管支遮断にあわせ肺静脈を結紮した例の隣接肺葉の無気肺像

この例では部分的な無気肺（右側）が認められたが、場合によっては1肺葉全体に亘る無気肺化もみられた。

術後早期のものでは、肺胞領域全体に亘って鬱血性変化が著るしく、肺胞腔内や気管支内腔にも、赤血球が遊出し、充満する。術後かなりの時日を経過したものでは、肺野の変化は**写真14**のように、いわゆる出血性梗塞の像を示すようになる。

肺動脈は術後の初期では、著明な拡張を示すが、1カ月後には、内膜の肥厚が著るしく、内腔はむしろ狭小化する。

隣接肺葉では、**写真15**のように、単純な圧迫性無気肺像が認められるが、気管支内腔の分泌物は、量的には多くはない。

第3項 小 括

気管支遮断に加えて同肺葉の肺静脈枝を結紮切断する場合に招来される主な変化は、鬱血で、肺動脈を結紮した場合に招来される壊死性変化に比べて、動物にさほど重篤な影響は与えないようである。

しかし、処置肺葉の容積が著るしく増大して正常機能を営むべき隣接肺葉を圧迫し、無気肺化せしめる場合には、肺機能面にもかなりの影響を与えるようである。

第2章 綜括ならびに考按

第1篇では、気管支動脈がほぼ完全に遮断されたと考えるにもかかわらず、気管支壁および

肺組織に壊死が招来されなかったことを報告したが、そのような事実は、肺動脈が単なる機能血管ではなくて栄養血管としての機能をも持つものなることを示している。

Ellis (1959)²⁾ は、犬の気管支動脈を肺門部で結紮する場合には、結紮部から 1~2cm に亘る間の気管支に壊死が招来されるが、それよりもさらに末梢側では壊死は認められないと報告している。彼によれば、正常犬では、気管支動脈と肺動脈との間には前毛細管性吻合は存在しないが、気管支動脈の結紮後には、肺門部からはなれた末梢部の気管支壁や、肺実質は、肺動脈により栄養されるようになるとのことである。気管支動脈が遮断されると、術後 2 週間で肺動脈と気管支動脈との間に前毛細管性吻合が生じ、この部を介して気管支動脈が遮断された部位の栄養が保たれるようになるという。

一方、Awad ら (1965)³⁾ は、同様に、犬を用いた実験で、気管支動脈を遮断しても、まったく壊死は認められなかったと、著者の成績とはほぼ同様な結果を報告している。

著者の実験結果をも含めて、これらの実験成績から考察すると、気管支動脈枝と肺動脈枝との間には、正常犬においても、若干の吻合が存在しており、前者が肺門部において遮断されることにより、後者からの血流が前者に流入し、ために肺組織は壊死をまぬがれるものと思われる。

そのような状態が継続することにより、両者間の吻合がさらに増加するのか、あるいは気管支動脈が新生増殖することにより血流が恢復されるのかの点については今後の検討に俟たい。

気管支動脈と肺動脈との両者を遮断する場合にみられる諸変化については、かなり多くの人々により、実験的に検討されている。

Nissen (1923)⁴⁾ は、気管支とともに、気管支動脈を結紮する場合には、肺に膿瘍形成がみられると述べ、一方、塩沢 (1954)⁷⁾ は気管支を結紮すれば、閉塞部から末梢部の気管支に拡張がみられるが、肺動脈を併せ結紮すると、拡張性変化がより著明になると報告している。さらに、

長沢・山下 (1954)⁵⁾ 等は、犬を用いた動物実験において、気管支を遮断しなくても、肺動脈と気管支動脈とを併せ結紮すれば、その領域の気管支に拡張が招来されるとの結果を得ている。

第 1 篇で述べたように、著者の経験では、犬の肺では、肺葉肺門部で気管支を遮断すると、これに伴ない、同じ気管支に沿って走る気管支動脈枝も遮断されるようである。気管支の遮断に併せ肺動脈枝をも切断する場合には、全例に貧血性梗塞が招来され、遮断された肺葉は栄養障害に陥って例外なく壊死に陥る。肺葉の壊死とともに、全例に著明な胸水の貯溜が認められ、動物はそれにより呼吸不全に陥って死亡している。このような肺の壊死や、これに続発する胸腔内滲出液貯溜が、気道内細菌感染によるものでなく、気管支内腔への貯溜物の増加による肺組織の破壊によるものでもないことは、細菌学的検索や肺縫縮を併せ行なった実験からしてもほぼ明らかである。すなわち、気管支遮断に併せ肺動脈を切断する場合に招来される諸変化は、気管支動脈と肺動脈とが完全に遮断されたため起る肺の貧血性梗塞と、それに続く肺の壊死に基づくものであると見てよい。長沢・山下等は、肺動脈および気管支動脈を同時に結紮しても、肺はただちに壊死におちいることはないとしているが、気管支動脈の走行経路から考えて、彼らの実験では、1 肺葉に入る気管支動脈の全枝が完全には切断されておらず、一部のものが残存しているように思われる。

1 肺葉に分布している気管支動脈を中枢部で遮断するとともに、同じ肺葉に分布している肺動脈枝の一部を遮断する場合には、両血管ともに遮断された部分の肺組織は完全に壊死に陥るが、他の部分は壊死に陥ることがない。そして、それら二つの部分の境界は極めて鮮明である。このような事実は、犬の肺における肺動脈系が終末血管 (Endartery) であることを示すものである。

肺静脈の結紮を気管支遮断に併せ行なう場合には、処置肺葉は著明な鬱血を来とし、病理組織学的には鬱血性梗塞の像を呈し、ついで経過とともに器質化が進行して、肺は硬化、縮小す

る。血管造影を行なうと、肺動脈の狭小化像が認められる。

古くは、肺静脈を結紮することにより、肺に鬱血を招来せしめ、これにより肺結核を治療しようという試みがなされたことがある⁶⁻⁸⁾。そして、それに関連して肺静脈を実験的に結紮し、これにより招来される肺組織の変化を経時的に観察した報告もみられる⁹⁾。すなわち、Wyattら(1953)⁹⁾は、右または左の肺静脈を結紮してその変化をみているが、彼によれば肺静脈の遮断に伴う肺鬱血のために、肺胞内へ遊出した血液成分は、気道、気管支静脈、リンパ管等を経て排泄または吸収され、また貪喰作用により処理されるという。

著者の実験では、気管支の遮断が行なわれているために、気管支肺胞系の腔内へ遊出した血液成分等は気道を介して排出されず、長く停滞するが、時間の経過とともに、処置肺葉の体積の縮小が招来される。これは術後新生血管により滲出物質が再吸収されるとともに、器質化が進行するためと思われる。

Wyattらは、左側よりも右側の肺静脈を結紮する場合に、死亡例が多いと述べているが、著者の場合には、1肺葉の肺静脈に限ったためか、死亡例はみられない。しかしながら、著者の場合には、気管支が閉鎖されているために、気道内への滲出物の再吸収が遅延し、処置肺葉の容積の著明な増大による隣接肺葉への圧迫が長引き、呼吸循環面に悪影響を与えたことは否めない。

結 語

気管支遮断に併せ肺血管系をも結紮遮断し、これにより招来される諸変化について経時的に観察した結果、以下の結論をえた。

1. 正常犬に気管支遮断を行なう場合には、これに伴って走る気管支動脈もほぼ完全に遮断される。

2. 肺葉気管支の遮断に加えて同じ肺葉に分布する肺動脈を結紮切断すると、肺組織はまったく血流を遮断され、貧血性梗塞の像を呈し、栄養障害により、壊死を来し崩壊する。

3. 肺葉気管支の遮断に加えてその肺葉の区域動脈に相当する1本の枝を結紮する場合に、該当区域は貧血性梗塞像を呈するが、他の区域は壊死に陥らず、両区域の境界は鮮明に区別される。このことは、肺動脈が終末動脈であることを物語るものである。

4. 気管支遮断と肺動脈遮断とを併せ行なう場合の肺組織の壊死は、血行遮断による栄養障害の結果であり、気管支分泌液の貯溜や細菌性感染によるものではない。

5. 気管支の遮断とともに、肺静脈の結紮を併せ行なう場合には、肺組織内に著明な鬱血が招来されるとともに、肺動脈の血流量は減少するが、肺組織の壊死は認められない。鬱血により膨大した肺葉は、隣接肺葉を圧迫して無気肺を招来せしめることが多く、ために呼吸循環面に悪影響を及ぼすようである。

文 献

- 1) Awad, J.A. *et al.*: Hemodynamic Aspects of the Pulmonary Collateral Circulation; An experimental Study of an isolated Pulmonary Lobar Circulation by means of tagged Erythrocytes, J. Thoracic & Cardiovasc. Surg. 50: 596, 1965.
- 2) Ellis, F.H. Jr. *et al.*: The Bronchial Arteries, I. Experimental Occlusion, Surgery, 30: 810, 1951.
- 3) Hanlon, C.R. *et al.*: Experimental Pulmonary Venous Occlusion, J. Thoracic. Surg., 24: 190, 1952.
- 4) Nissen, R.: Die Bronchus-unterbindung, ein Beitrag zur experimentellen Lungen-Pathologie und Chirurgie, Dtsch. Z. Chir., 179: 160, 1925.
- 5) 長沢直幸, 山下政行: 気管支拡張の成因に関する知見補遺, 日胸外会誌, 2: 71, 1954.
- 6) O'Shaughnessy, L.: Surgery of the Lung Root, Lancet, 1: 476, 1935.
- 7) 塩沢正俊: 肺区域切除術の手法と理論, 結核研究の進歩, 5: 95, 1954.
- 8) Tiegel, M.: Operative Lungenstauung und deren Einfluss auf die Tuberculose, Arch. f. Klin. Chir., 95: 810, 1911.
- 9) Wyatt, J.P. *et al.*: Morphologic Study of Canine Lungs after Ligation of the Pulmonary Veins, Amer. J. Path., 29: 291, 1953.

〔第3篇〕 肋膜癒着作成後に気管支および肺動脈をあわせて 遮断した場合の諸変化について

〔目 次〕

緒 言

第1章 肋膜癒着作成方法

第1節 肋膜癒着作成方法

第2節 肋膜癒着の状況

第3節 小括

第2章 肋膜癒着作成犬における気管支および肺動脈
の遮断

第1節 実験方法

第2節 実験成績

第3節 小括

第3章 総括ならびに考按

結 語

全篇総括ならびに結語

緒 言

第1篇および第2篇の実験ではすべて健常成犬を用いたが、健常肺では、右上葉は肺門部だけを介して血行を受けているから、気管支の遮断により、これに伴う気管支動脈も併せ遮断する場合には、大循環系からの血液供給が完全に遮断されることになる。

一方、人の肺に病変がみられる場合には、肺動脈系がしばしば狭窄や閉塞を来す反面気管支動脈の発達が著しくなるといわれている^{1~7)}。また、肋膜癒着が形成される場合には、その部を介して大循環系の肋間動脈等からの血管が豊富に肺内に進入するといわれている。したがって、気管支とともに気管支動脈を遮断しても、肺野に招来される変化は、肋膜癒着の有無により異なるものと考えられる。

そこで、本篇では、あらかじめ肋膜癒着を招来せしめ、然るのちに、右上葉気管支や、右上葉肺動脈枝を併せ遮断して、肺組織にどのような変化が招来されるかについて検討した。

第1章 肋膜癒着作成方法

第1節 肋膜癒着作成方法

実験には健常な成犬7頭を使用した。

肋膜癒着作成には、つぎの二つの方法を用いた。

第1法(非開胸的方法)：十分に乾燥させた滅菌タルク末を乾熱滅菌した注射器に接続した胸腔穿刺針を介して胸腔内に注入した。注入に当っては、穿刺針を右第3肋間から刺入し、針先を頭側に向けて少しずつ方向を換えながら、なるべく胸腔内に広範に撒布されるように注意した。

第2法(開胸的方法)：開胸後右上葉肋膜表面に滅菌タルク末を撒布し、さらに自家血液約10cc.を胸腔内に撒布して閉胸した。

タルク末の撒布後、気管支遮断を行なうまでの期間には、原則として1カ月とした。これは、第1篇における実験で、開胸後1カ月目頃になると、肋膜癒着や、これを介しての血管新生が著明となることが認められたからである。

第2節 肋膜癒着の状況

形成された癒着の状態は表3の通りであり、第1法、すなわち非開胸下にタルク末を注入した例では、いずれも索状の癒着しか出来ず、また目的とする右上葉に選択的に癒着を形成せしめることが困難であった。この方法で形成された索状癒着の中には、肉眼的にも新生血管と思われるものが見出された。

第2法、すなわち開胸的方法で形成された癒着は、第1法によるものよりもはるかに高度であり、縦隔側、胸壁、肺葉間部等に膜様ないし面状の癒着形成が認められた。このような癒着は、開胸1カ月後にすでにかなりの程度にみられ、6週後のものではさらに高度であった。しかしながら、右上葉のみに選択的に癒着を招来せしめることは、この方法によっても困難であったが、癒着の度合は他の部に比べると右上葉にとくに高度であった。

癒着内には肉眼的にも新生血管が認められたが術後1カ月目のものよりも6週後のものにおいては、さらに著明であった。(写真16)

第3節 小 括

表 3 肋膜癒着作成後、気管支遮断にあわせて肺動脈を切断した実験動物数と成績

実験動物 No.	癒着作成方法	実験までの 期 間	癒 着 の 程 度	成 績	そ の 他
1	非開胸タルク末 注入	1 カ 月	+(索 状)	壊 死	皮膚瘻形成
2	〃	〃	+(索 状)	〃	
3	開胸血液及びタ ルク末撒布	2 週	++(索状肺門部は膜様)	〃	
4	〃	1 カ 月	+++ (膜 状)	壊死みられず 無気肺の像	鉛丹浮遊液を大動 脈より注入
5	〃	〃	+++ (〃)	〃	
6	〃	〃	+++ (〃)	〃	
7	〃	6 週	+++ (膜状、胸壁と面状に強固に癒着)	〃	

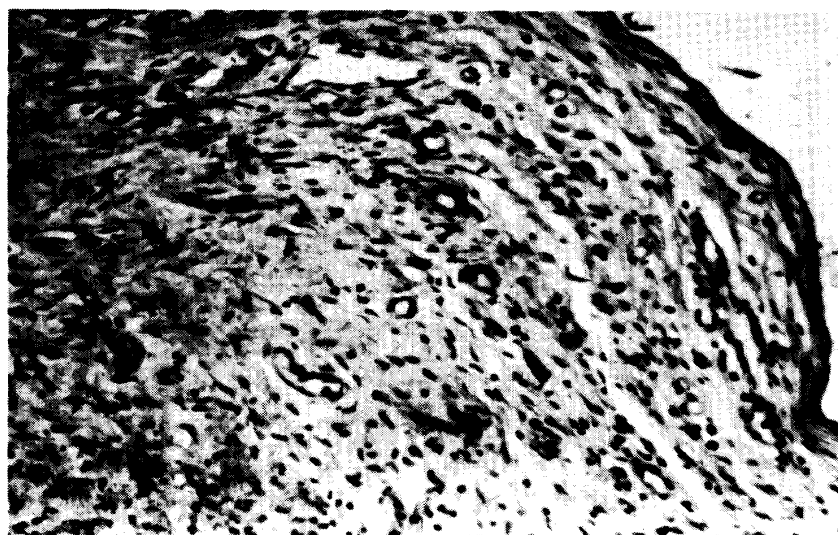


写真16 肋膜癒着作成後気管支及び肺動脈枝を遮断した場合の肋膜癒着部

肋膜肥厚は著明で、その中に多数の新生血管が認められる。

肋膜癒着を介して大循環系の血流を受けている肺葉に対して、気管支および血管の遮断術を行なう目的で、遮断術の前処置として肋膜癒着術を行なった。第1法、すなわち非開胸下にタルク末を胸腔内に注入する方法では、肋膜癒着はあまり著るしくなく、また右上葉に選択的に癒着を作成することが困難であった。

第2法、すなわち開胸下に目的とする右上葉の表面にタルク末を撒布し、さらに胸腔内に血液を撒布する方法では、かなりの強い癒着が右胸腔の全体に亘って形成され、とくに目的とする右上葉に著明に認められた。

第2章 肋膜癒着作成犬における気管支および肺動脈の遮断

第1節 実験方法

開胸後肋膜癒着の状況を十分に観察したのち、以下

のような手技により遮断手術を行なった。麻酔方法等は、前述の通りである。

a) 肋膜癒着部は出来るかぎり保存するようにして、肺門部を露出した。手術は腹側側胸部開胸下で行なったので、葉間部、縦隔側、背側胸壁等の癒着により、肺門部の手術操作に支障を来すことはなかった。それらには手をふれずに済んだが、肺門部に達するためには、腹側側胸部や心臓との間の癒着は、剝離せざるをえなかった。

肺門部処理においても、癒着は可能なかぎり保存した。すなわち、気管支および肺動脈枝を遮断するさいには周囲の癒着を残すようにつとめた。

b) 気管支および肺動脈遮断後1カ月目に開胸して肉眼的に観察するとともに、肺を剔出して諸検索に供した。

とくに、1例については、剔出標本を用いて血管造影を行なった。遮断後1カ月目に胸廓とともに肺を剔出し、大動脈から鉛丹の浮遊液を注入し、肋膜癒着部

を介して気管支動脈や肋間動脈が処置肺葉内へ進入している状況をX線的に観察した。

第2節 実験成績

肋膜癒着の程度により実験動物をつぎの2群に大別できる。

第1群；肋膜癒着が少なく、主として索状を呈するもの、すなわち癒着作成第1法によった2例と、第2法によったもののうち術後2週間目のもの1例とが、本群に相当する。

第2群；肋膜癒着が強く、膜状を呈するもの。

第1群では、全例において遮断された肺は、肉眼的に灰黄色を呈し、うち1例では、肺組織の壊死崩壊に続発した膿胸が認められる。病理組織学的にも、第2篇、第1章でみられたと同様の貧血性壊死像がみられ、肺胞腔は拡張しており、中にエオジンに淡染する物質が充満しているのが認められる。

第2群では、遮断された肺は肉眼的には暗赤色実質臓器様外観を呈する。すなわち、第1篇の気管支単独遮断の場合と同様の外観を呈する。病理組織学的にみると、肺胞腔内には、赤血球その他の血液成分が遊出しており、間質の線維増殖等もみられるが、肺胞の形態にはさほど著るしい変形はみられない。気管支では、分泌物の貯溜により、内腔が拡張しているが、他の一部では、星芒状に収縮している。肺動脈枝は収縮しており、内腔に血球成分は認められない(写真17)。

肉眼的に壊死が認められなかった第2群に属するものの1例(No. 6)について、X線的検査を行なったところ、写真18のように、気管支動脈や肋間動脈およびそれらの姉妹血管から肋膜癒着部分を介して、処置肺葉内へ色素の進入が認められた。このような血管新生の所見は、肉眼的にも明らかに認められる。

第3節 小 括

あらかじめ肋膜癒着を招来せしめた犬では、気管支および肺動脈を併せ遮断しても、遮断肺に壊死は招来されず、気管支のみを遮断した場合と同様な無気肺の所見が認められる。ただし、

肋膜癒着が軽度で、その部を介しての肺への血行が乏しい場合には、遮断肺に壊死が招来される。

このような所見および剔出肺における血管造影所見から、肋膜癒着の著るしいものでは、肋間動脈や気管支動脈等から、その部を介して血行があり、その量は1肺葉を栄養するのに十分な量に達するものと考えられる。

第3章 綜括ならびに考按

すでに第1篇および第2篇で述べたように、健全な成犬の肺では、肺動脈に併せ気管支動脈を結紮遮断すれば、肺への血流が完全に断たれ、遮断肺は栄養障害に陥って壊死に陥る。しかしながら、肺動脈か気管支動脈かのいずれか一方の血流が保たれている場合には、肺組織は壊死に陥ることはない。

したがって、それらの両者に代る血管により肺が栄養されておりさえすれば、肺動脈や気管支動脈を遮断しても、肺は壊死に陥らないものと考えられる。

そのような想定のもとに、著者は犬の肺に肋膜癒着を生ぜしめた上で、肺動脈および気管支とこれに伴う気管支動脈との遮断を行なったところ、はたして癒着が高度のものにおいては、肺は壊死に陥らなかった。

すなわち、肋膜癒着を作成することにより、肺門周囲では、癒着部を介して気管支動脈や、その姉妹血管から肺組織内へ新生血管が進入する。また、胸壁面では同様に癒着部を介して、主として肋間動脈からする新生血管が肺内に進入する。それらの血管は肺内の既存の血管と豊富な吻合を生じ、たとえ肺動脈や、気管支動脈、もしくはその両者が切断されたとしても、肺組織を養うに十分な血液を補給するものと考えられる。

以上のような健全成犬および肋膜癒着を作成した犬における基礎的実験に基づいて、以下臨床的に気管支遮断術を行なう場合における2, 3の問題について検討する。

肺結核病巣の周囲部における肺動脈や気管支動脈の変化および両者の相互関係については、

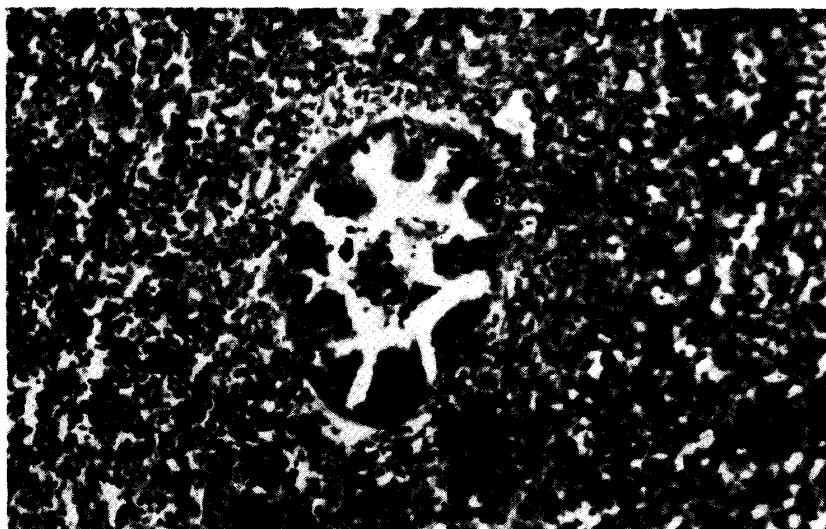


写真17 肋膜癒着作成後気管支及び肺動脈枝を遮断した場合の肺組織
肺泡領域には赤血球の遊出が、単に気管支のみを遮断したものにくらべると著るしいが、壊死、気管支腔内・肺泡腔内の著明は液状物質の貯溜は認められない。

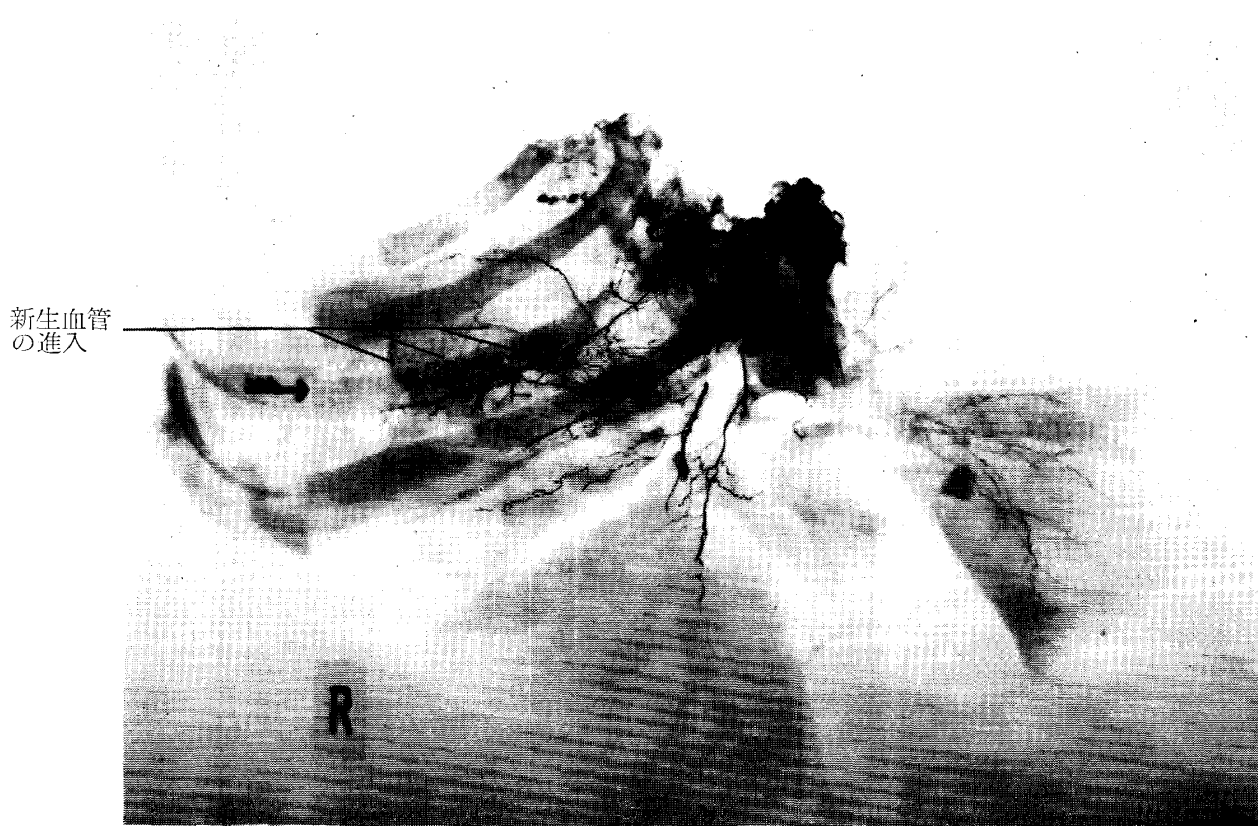


写真18 肋膜癒着作成後、気管支遮断に加え肺動脈を遮断した例
肋間動脈並びに気管支動脈およびその姉妹血管からの血管新生は著るしく、処置肺葉内へこれら血管は進入し、これら大循環系副側血管により血液の供給を受けている処置肺葉は(矢印部)栄養障害に陥ることはなかった。
(鉛丹浮遊液注入による造影像)

すでに多くの報告がみられるが¹⁻⁷⁾、それらによれば肺結核病巣周辺部では、通常肺動脈は圧排され、内腔の狭小化や閉塞が招来されるようである。これに反し、気管支動脈は非常に発達し、病巣部附近では肺動脈の荒廃したあとの栄養

血管ないしは修復血管として作用するとされている。

また、病巣肺では、必らずといってよいほど、肋膜癒着を伴っており、その部を介して大循環系からする血管が肺内に進入して、肺血管と

豊富な吻合を営んでいる。

著者の実験結果からも明らかなように、このような大循環系に由来する副側路が豊富に作られている場合には、たとえ肺動脈や気管支動脈を両者ともに遮断しても、肺の壊死は招来されることはない。すなわち、人の結核肺に気管支遮断術を行なう場合に、肺の壊死が招来されないのは豊富な副側路が出来ているからであろうと思われる。それであるから、臨床的に気管支遮断術を行なう場合には、なるべく副側路が保存されるように努めるべきであって、肋膜癒着等も可能なかぎり残すのが本当であろう。

ただし、著者の実験は、肺内に病巣が存在しない健常肺について行なわれたものであり、結核性病巣や、それに二次感染を来したものでは、血行のみならず、細菌感染も少なからぬ影響を及ぼすものと考えられる。今後はこの点についても検討されねばならない。

結 語

副側血行がみられる動物における気管支遮断術の意義について検討する目的で、あらかじめ肋膜癒着を作成せしめた動物を用い、気管支の

遮断に併せ肺動脈枝の遮断を行ない、配下の肺葉に招来される変化について検討した。

肋膜癒着の作成に当っては、開胸的に行なう方が効果が確実である。すなわち、開胸後右上葉肋膜面上にタルク末を撒布し、さらに自家血液を胸腔内に撒布することにより、1カ月後には十分強固な癒着を作ることができる。

この癒着部を介して、気管支動脈、肋間動脈およびそれらの姉妹血管に由来する新生血管等が、肺組織内に進入している所見が認められる。

このような肋膜癒着を有する動物では、気管支、気管支動脈枝および肺動脈等を併せ遮断しても、肋膜癒着がみられない場合と違って、遮断肺葉に壊死は招来されない。すなわち、かなり広範囲の肋膜癒着を有する動物では、肺門部からの血流が遮断されても、癒着部の新生血管を介しての血流により肺の栄養が保たれ、遮断肺は壊死に陥ることはないようである。

したがって、気管支遮断術を臨床例に行なう場合には、肺動脈の遮断を可及的に避けるとともに、肋膜癒着の剥離を最少限にとどめ、副側血行が可及的に保たれるように努めることが大切である。

〔全篇綜括ならびに結語〕

各種の抗生物質、なかんずく、抗結核剤の進歩発達に伴ない、気管支遮断術は肺結核の外科的治療法の一つとして、最近再び注目されるようになった。

そこで、著者は、気管支遮断術がその支配下の肺葉に如何なる影響を及ぼすか、また気管支の遮断に血管の遮断を併せ行なう場合に、如何なる変化が招来されるか等の問題について、実験的に検討した。

健常な成犬の右上葉気管支を遮断すると、解剖学的関係からその肺葉に注ぐ気管支動脈も必然的に遮断されるが、配下の肺葉は無気肺に陥りはしても、肺動脈枝が保たれているかぎり、壊死や膿瘍は招来されない。遮断後1カ月以内では、気管支内腔に分泌物が大量に貯溜することもあるが、1カ月以降では、それらは吸収さ

れて、肺組織は単純性無気肺の像を呈するようになる。

血管造影によれば、肺動脈は気道の遮断にともない、狭小化し、その中の血流が遅延するようになる。また、病理組織学的にも、内膜の肥厚が招来され、内腔が狭窄する。すなわち、換気が廃絶した部位への肺動脈血の循環量は、急速にしかも著明に低下する。

健常な成犬において、気管支遮断に併せ肺動脈をも遮断する場合には、肺動脈および気管支動脈の両血管を介する血液供給が停止せられ、処置肺葉は壊死におちいり、実験動物は胸水貯溜等による呼吸不全により死亡する。

しかしながら、肋膜癒着部を介して、気管支動脈および肋間動脈およびその姉妹血管からの副側循環路が存在する場合には、肺動脈や、気

管支動脈をともに併せ遮断しても、配下の肺葉が壊死に陥ることはない。

気管支遮断に併せ肺静脈を結紮しても、処置肺葉は、鬱血状態を招来するだけで、壊死におちいることはない。ただし、同肺葉の体積が著るしく膨大して隣接肺葉を圧迫し、これを無気肺化せしめることがある。

以上の動物実験の結果から、臨床的に気管支遮断術を行なう場合には、可及的に血管系を損傷しないようにすることが必要であり、肋膜癒着の剝離も最少限にとどめることが望ましい。

ただし、栄養血管の面から気管支遮断術を検討するだけでは不十分であり、今後さらに、気道内細菌叢の面からも併せ検討することが必要である。

(本実験に当って終始御協力いただいた国立療養所日野荘の職員、とくに田中義雄、堀定之両技師に感謝する。)

文 献

- 1) 青木貞章編：肺結核治癒の病理—その機転及び過程—, 医学書院, 東京・大阪, 20頁, 1955.
- 2) Cudkowicz, L. : The Blood Supply of the Lung in Pulmonary Tuberculosis, Thorax, 7: 270, 1952.
- 3) 近藤栄宏：肺血管系の形態学的研究Ⅳ, (1) 実験的肺結核症の血管系の形態学的変化について, 山口医学, 7: 373, 1958.
- 4) 松尾公三：虚脱肺被包乾酪巣の血管支配, 肺, 1: 451, 1954.
- 5) 松尾公三：気管支動脈及び病巣との関係, 肺, 1: 497, 1954.
- 6) 山下政行：気管支動脈の研究, 特に肺動脈との相互関係, 肺, 1: 458, 1954.
- 7) Wood, D.A. and Miller, H. : The Role of the dual Pulmonary Circulation in various Pathologic Conditions of the Lung, J. Thoracic Surg., 7: 49, 1938.