

脊柱管内への空気注入後の脳 X 線撮影

Röntgenograph of the brain after the injection of air into the spinal canal

Dandy WE*. Ann Surg 70:397-403, 1919

最近報告したように [1], 脳脊髄液を吸引して同量の空気で置換することにより, 脳室を明瞭に描出することができる。この研究の中でただちに明らかになったことは, 空気の一部が脳室系から出て, 脳表, すなわち脳溝内に線状に見られることである。側脳室内の注入部位から脳表に達する空気は, 通常の脳脊髄液の循環経路をたどるはずである。Monro 孔から第 3 脳室に入り, 中脳水道を経て第 4 脳室に達し, Magendie 孔, 両側の Luschka 孔から脳室外へ出る。そして最後は, 大槽から脳底部のさまざまな脳槽に入り, 多くの経路をたどって脳表に達するはずである。クモ膜下腔全体が空気で描出されることも珍しくない。

この観察から, 新たな頭蓋内診断法の可能性が考えられる。脳の病変の多くは, クモ膜下腔に直接的あるいは間接的に影響を及ぼす。例えば, 交通性水頭症では, 脳底部の癱着が脳槽を閉塞して脳脊髄液が脳表の脳溝に到達できなくなる。脳表あるいはその近傍に腫瘍があれば, その部分のクモ膜下腔が閉塞する。萎縮による脳の欠損部は脳脊髄液で充盈し, クモ膜下腔と交通することがある。この他にも多くの病態が, 脳表の空気の不在あるいは存在によって描出されるはずである。

脳室内の空気注入後, 頭位を適切に操作して空気を細い中脳水道, 第 4 脳室に導くと, まもなく脳表に一定量の空気が現われる。しかし, 脳室を出るタイミングや, 脳溝の見え方にはばらつきがある。脳室系が十分に充盈されているほど, 脳表に出現する可能性は高い。中脳水道, Luschka 孔, Magendie 孔が拡張しているほど速やかに脳表に現われる。しかしそれでも, 脳溝に達する空気の量は, 個々の症例の状態によって明らかに大きく異なる。

したがって問題は, いかにして全例でクモ膜下腔に空気を注入できるか? という点である。その解答は, 脊柱管に空気を直接注入することである。この方法により, 脳室系の影響は完全に排除することができ, 空気は直接大槽を通過してクモ膜下腔内に分け入ることができる。

手技は, 他稿に記載した脳室内注入法に類似の方法である。少量の脳脊髄液を吸引し, 同量の空気を脊柱管内に注入する。この置換操作を, 脳脊髄液が引けなくなるまで繰り返す。空気は病原菌を含まないので, 清菌の必要はない。

もちろんこの手技は, 全く危険がないわけではない。

空気注入量が吸引量をわずかでも上回ると, 頭蓋内圧亢進を来たして延髄障害を来たし, 致死的な場合もありうる。この危険は, 脳室内注入よりも脊柱管内注入の方が大きいが, これは脳室内注入では小脳テントがあるため延髄に圧力が直接及ぶことがないためである。しかし著者の経験では問題となる症例はなく, 適切な配慮と判断をもって行なえば, まったく安全な方法であると信ずるに至っている。注入終了後 2~3 分間, 必ず開放した針を脊柱管内に留置し, 脊柱管内圧を直接コントロールできるようにしている。針を開放しておけば, 脊柱管内圧は正常脊柱管内圧よりも低い大気圧と等圧になる。この圧力低減が, 「反応性」頭蓋内圧亢進に対する追加の安全策となりうる。

空気は常に脳脊髄液の上に浮上するので, 脊柱管内注入の体位は非常に重要である。頭部は穿刺針よりも少なくとも 20 度高くする必要がある。注入毎に, 空気が脳内に上昇し, 新たな髄液が穿刺針の位置に下降してくる。坐位では, 両側大脳半球の脳表により完全, より均一に空気を注入できるので明らかにより望ましい。筆者は主に患者の負担に配慮して専ら臥位をしているが, 上側の大脳半球に下側より多くの空気が注入される可能性があり, 両側の側面像を撮影するために患者を回転すると, 重力の影響で空気の分布が変化しうる。坐位の場合, 重力が影響しないので頭部を回転しても空気の位置は変化せず, 両側大脳半球の表面の空気外套層 (air mantel) をより正確に撮影できる。しかし, クモ膜下腔が完全に空気で充盈されれば重力による変化はほとんどないはずで, 臥位でも坐位と同程度となるはずである。さらに症例を重ねることにより, 最適な体位が明らかとなるであろう。

これまでに, Halsted 教授の患者 8 人 (小児 4 人, 成人 4 人) に脊柱管内注入を行なったが, いずれも副作用はなかった。注入空気量は 20~120cc であった。1 例で軽度の頭痛があったが, 3 時間で消失した。もう 1 例では頭痛を伴わない嘔吐があった。その他の症例は無症状であった。これは事実上, 通常の腰椎穿刺と同程度であるといえる。

注入手技に関する困難について一点述べる。穿刺針が, おそらく馬尾の神経束によって閉塞することがあるので, 吸引は慎重に行なう必要がある。慎重に吸引すればこれを回避できる。神経障害による疼痛を訴えた症例はなかった。

頭蓋内腫瘍の症例では, 腰椎穿刺は常に非常に危険であることに留意する必要がある。腫瘍がある場合は,

* Johns Hopkins 病院外科

事前に脳室穿刺あるいはその他の方法によって頭蓋内圧が低減されていない限り、腰椎穿刺を行なってはならない。

注入した空気はどうなるのであろうか？空気はクモ膜下腔から非常に速やかに消失する。これは他の体腔と同じで、血中に直接入るものと思われる。一般に24時間後のX線写真では空気は認められない。クモ膜下腔の空気の吸収は、脳室に比べて数倍も速い。

事実上すべての脳脊髄液はクモ膜下腔内から吸収される。脳室からの吸収は非常にわずかで、脳室内の脳脊髄液はクモ膜下腔に移動してから吸収される[2]。側脳室内に注入された空気の吸収速度は、クモ膜下腔へのアクセスの容易さに依存するようである。脳室系が正常であれば、空気は数日で消失する。水頭症があると、閉塞によって脳脊髄液がクモ膜下腔に到達できなくなるため吸収時間が大幅に延長する。脳室拡大がある例では、消失に2~3週を要することがある。脳室、クモ膜下腔からの空気の吸収時間は脳脊髄液にくらべると遅いが、それぞれの吸収速度の相対的な関係は同様と思われる。

正常クモ膜下腔のX線像

脊柱管内、頭蓋内のクモ膜下腔が正常であれば、脊柱管内に注入された空気は頭蓋内クモ膜下腔全体に分布する(図1~3)。大槽は、後頭骨鱗部の前方に、さまざまな大きさの含気腔として認められる。視交叉槽は終板槽の前にあって通常明瞭に認められ、ここから数本の枝が脳溝に向かって伸びる。延髄、橋、中脳の下にある脳槽の陰影濃度は、頭蓋底の骨、特に側頭骨錐体によって大きく変化する。X線写真が良好かつ造影が十分であれば、すべての脳槽の連続性をほぼ全例で追うことができる。脳溝は、大脑半球全体の表面に網目状の線として認められる。一般に脳溝の造影像は、板間層の血管陰影と、配列は違うが非常に類似している。少数の脳溝にのみ空気がある初期の脳室造影像では、脳溝の陰影は板間静脈と誤認された。小脳の周囲には脳溝が見られないが、小脳を完全に取り囲む空気層がしばしば認められる。この小脳の空気層は大槽に連続する。脊髄上部が含まれた1例では、脊髄クモ膜下腔に空気が充満し、脊髄の陰影が明瞭に認められた(図5)。

小脳はしばしば島状に認められる(図3)。小脳テントは小脳周囲クモ膜下腔に接しており、このクモ膜下腔の陰影が小脳テント下面を示す。側脳室が非常に拡大している場合は、脳室像が小脳テントの上縁を示す。このような症例では、両者の陰影が合わさって小脳テントが明瞭に認められる。この点について言及するのは、空気を使用するといかに明瞭に組織が描出できるかを示すためである。

空気の脊柱管内注入による頭蓋内病変の局在診断[3]

脳槽は、クモ膜下腔の重要な構造である。クモ膜下腔の基幹部をなし、脳溝に至る脳脊髄液はすべてここを通過する。脳溝は、ここですべての脳脊髄液が吸収される重要な場所である。このため、脳槽の閉塞は脳脊髄液の吸収の減少、ひいては水頭症の原因となる。従って脳槽が開存しているか閉塞しているかを知ることはきわめて重要である。脊柱管内の空気は、脳槽が開存していれば常に脳溝に到達する。到達しない場合は、脳槽のどこかに閉塞があると考えられる。さらに、良いX線写真が撮れれば、閉塞の位置を知ることができる。

今回の8症例中3例で、病変部位を正確に決定することができた。残りの5例では、クモ膜下腔は正常であった。脊柱管内の空気で病変の局在を同定できた3症例において、他の検査法ではいずれも病変を指摘できなかった。以下にこの概要を示す。

第1例。水頭症。腰椎穿刺により110ccの空気を注入した。空気は、大槽を充盈し、延髄周囲槽から、閉塞のある橋周囲槽にまで到達した(図4)。この髄膜炎後の癒着による閉塞が、空気が脳溝に到達するのを妨げ、水頭症を引き起こしていた。剖検の経験から、交通性水頭症の原因是交通性水頭症であることが多いことが示されている[4]。著者は、動物実験でガーゼによる中脳周囲槽の閉塞によってこの病態を再現した[5]。

空気の注入によりこの他の情報も得られる。正常では最も抵抗が少ない経路である脳表クモ膜下腔には到達しないが、Luschka孔、Magendie孔、第4脳室、中脳水道、第3脳室、Monro孔を経て側脳室を部分的に充盈する(図4)。空気が脳室内を通過することは、水頭症が交通性であることを示す所見である。水頭症がなければ、空気が脳室内に進入することはない。弁があるわけではないが、正常の小脳は第4脳室底に密接しているので、第4脳室への逆流が阻止されているためである。空気によって閉塞部位が正確に同定できれば、手術によって閉塞を開放することも考えられる[6]。

第2例は、さらに興味深い病態であった。3歳女児。急性髄膜炎後、完全に回復せず、全身衰弱、嘔吐が続いた。Dr. Blackfanは水頭症を疑い、脳室造影でこれが確認された。1か月後、2回目の脳室造影で側脳室がさらに拡大していたが、髄膜炎としてはかなり進行が遅いと考えられた。脳槽内の空気の通過性は良好で、脳表の脳溝については非常に狭い範囲に限って充盈され、全体の1/4程度の脳溝が描出された(図6)。この部分が両側なのか片側なのかは分からなかった。1か月間隔で撮影された2回のX線写真的所見は全く同じで、同じ脳回を同定できた。脳溝は視交叉槽まで追跡できた。

この所見から、水頭症の病態に関する新しい考え方ができる。炎症によって、脳槽から連続するすべての脳脊髄液

経路が閉塞するが、片側あるいは両側大脳半球の前方 1/4 だけは保たれる。この限局した範囲からの脳脊髄液吸収によって、水頭症の進行が、完全に抑制できるわけではないが、進行が遅くなる。その後、さらに多くの脳脊髄液経路が開けば、吸収量も増加して、脳脊髄液の貯溜が停止する。このような変化によって、しばしば認められる水頭症の自然治癒を説明できる。このような変化が、剖検で捉えられることは考えにくい。

第 3 例は、頭蓋内圧亢進症状のある 19 歳少年。水頭症が発見された。しかし原因は何か？ 症状から、小脳腫瘍が疑われ、症状が両側性であることから虫部腫瘍が最も考えられた。小脳を徹底的に調べたが、腫瘍は認められなかった。Magendie 孔は正常であった。手術の 3 日後、フェノールスルフォタレイン試験によって、第 3 脳室と Magendie 孔の間のどこかに完全閉塞があることがわかった。空気 120cc を腰椎穿刺で注入すると、橋周囲槽の前部で止まり、脳溝には達しなかった（図 5）。この所見からは、中脳水道領域に腫瘍があり、これが中脳水道と橋周囲槽を閉塞しているとしか考えられない。手術では中脳にクルミ大の腫瘍があり、小脳虫部を二分して部分切除した。中脳水道は腫瘍により完全に閉塞していた。

もうひとつ興味深い X 線所見は、初回術後に大量の液体が脳底部に貯溜していたことである。小脳を手術して腫瘍が見つからなかった症例で、このような液体貯溜が続発することをしばしば経験したが、理由は不明であった。X 線所見から、脳槽の閉塞によって液体が貯溜すること、言い換えると限局性の水頭症を来たすものと思われた。中脳水道が閉塞し、液体は第 4 脳室内に貯溜する。この X 線写真でさらに注目されたのは、脊髄が明瞭に描出されたことである（図 5）。

第 4 例は、18 歳少年、麻疹と診断された急性疾患後 1 年来の水頭症。手術にて Luschka 孔、Magendie 孔の癒着、閉塞による水頭症が発見された。Magendie 孔を再建し、退院前にこれが機能していることを確認しようと試みた。術後 6 週間で、脳室内に注入した空気は再建 Magendie 孔を通過し、大槽、多くの脳溝が描出された。これにより Magendie 孔のみならず、すべてのクモ膜下腔に脳脊髄液が流れ、吸収されることが確認できた。患者は大学で学業を再開できた。

空気の脊柱管内注入により、脊髄腫瘍を診断することも可能と思われる。症例のひとつでは、脊髄とこれを取り囲む含気腔が明瞭に描出された（図 5）。腫瘍あるいは炎症による脊柱管の閉塞があると、空気は病変部まで上昇する。しかし当然その濃度は、脊椎、特に椎体の陰影により大幅に低下する。骨の陰影を最も少なくできる側面像が最適と思われる。脊柱管に腫瘍による閉塞がない場合は、空気は自由に頭蓋内クモ膜下腔に移動し、脊柱管内には残存しない。脊髄腫瘍を疑った 1 症例で、このような所見が認められた。4 年来症状があり、これほど長期間存在する腫瘍であれば脊柱管を閉塞することは確実なので、検査時の時点でこの

理由は不明であった。手術では、慢性横断性脊髄炎が認められ、脊髄は腫大しておらず萎縮していた。このことから、空気が病変部で止まらなかつたことが容易に説明できた。

これまでのところ、大脳半球の腫瘍を検査する機会には恵まれていないが、脳溝に局所的な影響、さらに脳槽への直接的あるいは間接的な圧迫所見が認められることが期待される。

この数例の結果から、脊柱管内注入の実際的な価値が完全に確立されたといえる。実際の所、しばしば脳室造影あるいはクモ膜下腔造影のどちらか一方で腫瘍の局在を決定することができ、個々の症例の症状や診察所見から、いずれをまず行なうべきか判断できる。脳室内注入、脊柱管内注入の所見があれば、頭蓋内腫瘍の局在を見逃すことは考えにくい。

結語

1. 腰椎穿刺で脳脊髄液を空気で置換することにより、クモ膜下腔のすべての部分を明瞭に X 線撮影できる。
2. しばしば空気が小脳を取り囲み、その大きさ、形状が明瞭に描出される。
3. 脊髄も空気により取り囲まれて認められる。
4. 脳槽は、脳底部の大きな空気貯溜腔として認められる。脳溝は、空気の蛇行した網目状陰影として認められる。
5. 脊柱管内注入後、クモ膜下腔が正常であれば、常に空気は脳溝を充盈する。
6. しかし脳槽がいずれかの部位で腫瘍や癒着によって閉塞されている場合は、空気は脳溝に到達しない。
7. 脳槽の正確な閉塞部位は、しばしば X 線写真で同定できる。交通性水頭症の 1 例では、橋周囲槽に閉塞があった。交通性水頭症の 2 例目では、脳槽は開存していたが 1 つないし 2 つのクモ膜下腔経路に閉塞があった。3 例目では、中脳の腫瘍を X 線写真でのみ診断できた。
8. 水頭症の 1 例では、空気が脊柱管内から側脳室まで通過し、Magendie 孔、Luschka 孔、中脳水道、Monro 孔の開存（と拡大）が認められ、交通性水頭症と診断できた。
9. 水頭症の 1 例を、Magendie 孔再建により治療した。6 週後、脳室内に注入した空気が再建孔を通過し、これが機能していることを証明できた。空気は脳溝も充盈し、クモ膜下腔全体が開存していることが証明された。

図の説明. 写真撮影、複製により多くの細部が失われている。図 1, 2, 6 は修正していない。図 3, 4, 5 は、重要な細部がわかるように模式図的に修正を加えた。

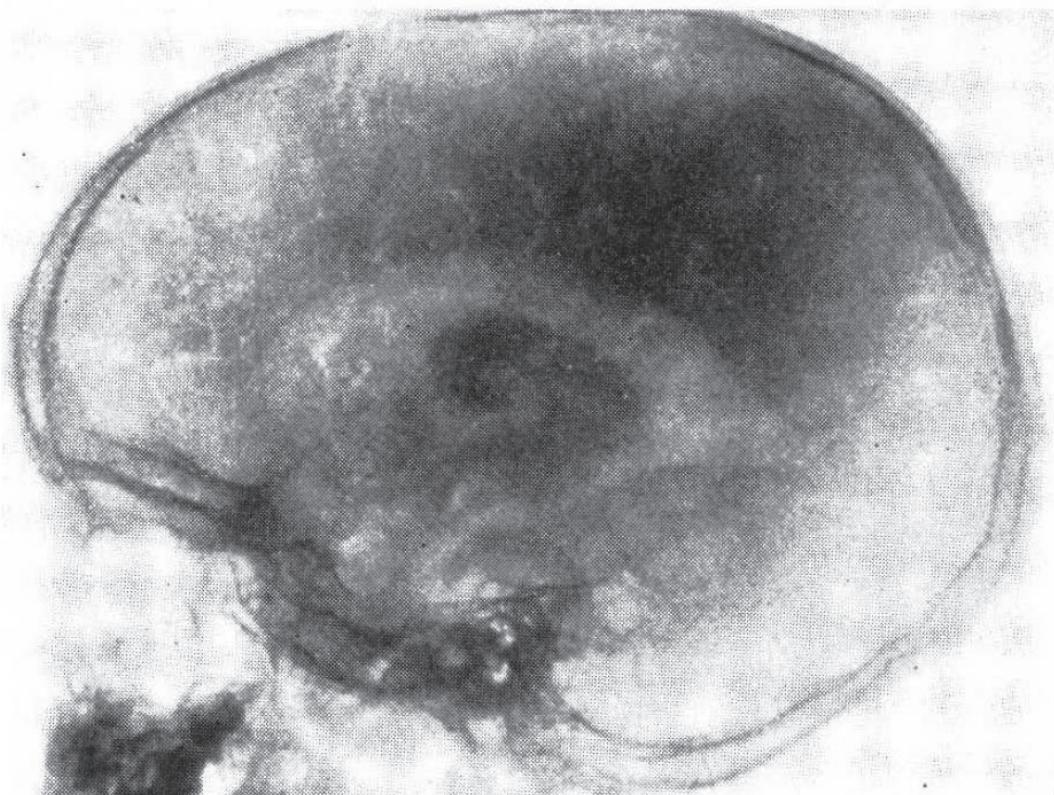


図 1. 側脳室内への空気注入後の X 線写真。脳室系から出た空気により充盈された脳溝が、網目状に認められる。脚間槽およびそこから脳溝にいたる主たるクモ膜下腔経路がトルコ鞍上にかなり明瞭に認められる。側脳室は正常である。



図 2. 脊柱管内への空気注入後の X 線写真。図 1 の脳室内注入よりも、脳溝、脳槽が明瞭に認められる。



図3. 脊柱管内への空気注入後のX線写真(修正後). クモ膜下腔はおそらく正常である. 写真複製により細部が失われているため、クモ膜下腔の一部を線画で表わしている. A:脚間槽. ここから脳溝に向けて多くの太いクモ膜下腔経路が直接連続している. B:側頭骨の濃い陰影に重なった脳槽. この部分は多くのX線で描出される. C:大槽. これに連続して小脳周囲クモ膜下腔が小脳(D)を取り囲んでいる. 脑槽から水平に延びる太い脳溝は、おそらく脳の内側面で、脳梁周囲に連続する. 正中面の脳溝と外側面の脳溝を区別することはできない.

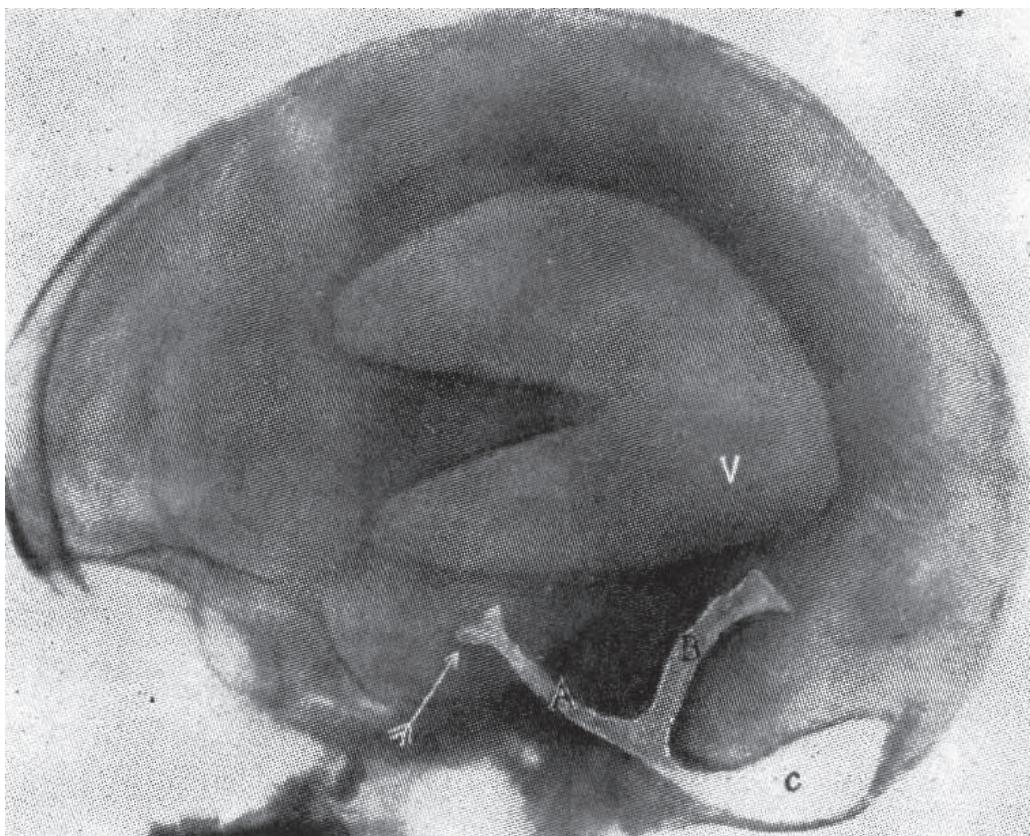


図4. 脊柱管内への空気注入後のX線写真(修正後). 水頭症. 図1, 2, 3のような脳溝は全く充盈されていない. 矢印:瘻着による脳槽の閉塞. A:橋周囲槽, 延髄周囲槽. B:部分的に開存している小脳周囲クモ膜下腔. C:かなり拡大した大槽. D:部分的に充盈した側脳室.

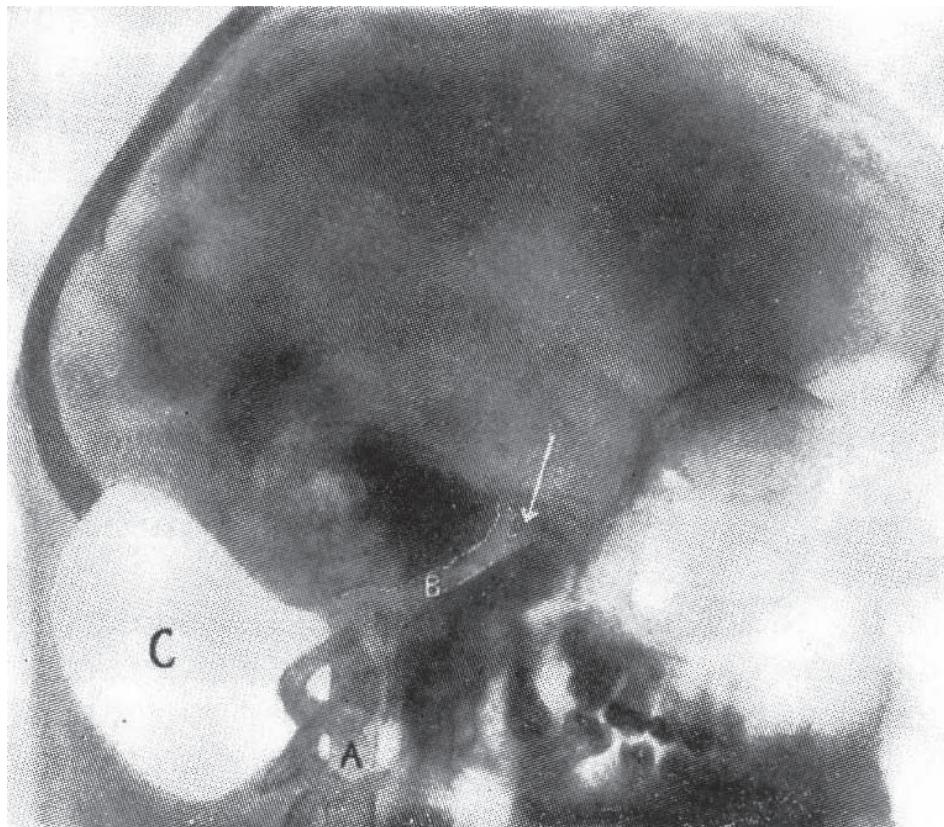


図5. 脊柱管内への空気注入後のX線写真(修正後). 空気造影によってのみ診断できる頭蓋内腫瘍の症例. 小脳には病変を認めなかった. 後頭骨に術後の欠損があり, 大槽に相当する部分が大きな脳脊髄液貯溜腔となっている(C). 脊柱管内の空気のため, 脊髄の上部も描出されている. B: 延髄周囲槽, 橋周囲槽. 矢印: 脑槽内の閉塞. ここに中脳腫瘍があり, 経小脳的に部分切除した. 腫瘍は中脳水道と脳槽を閉塞していた. 大きな脳脊髄液貯溜腔(C)は, 脑槽の閉塞によるものである. 脑溝には空気が認められない.

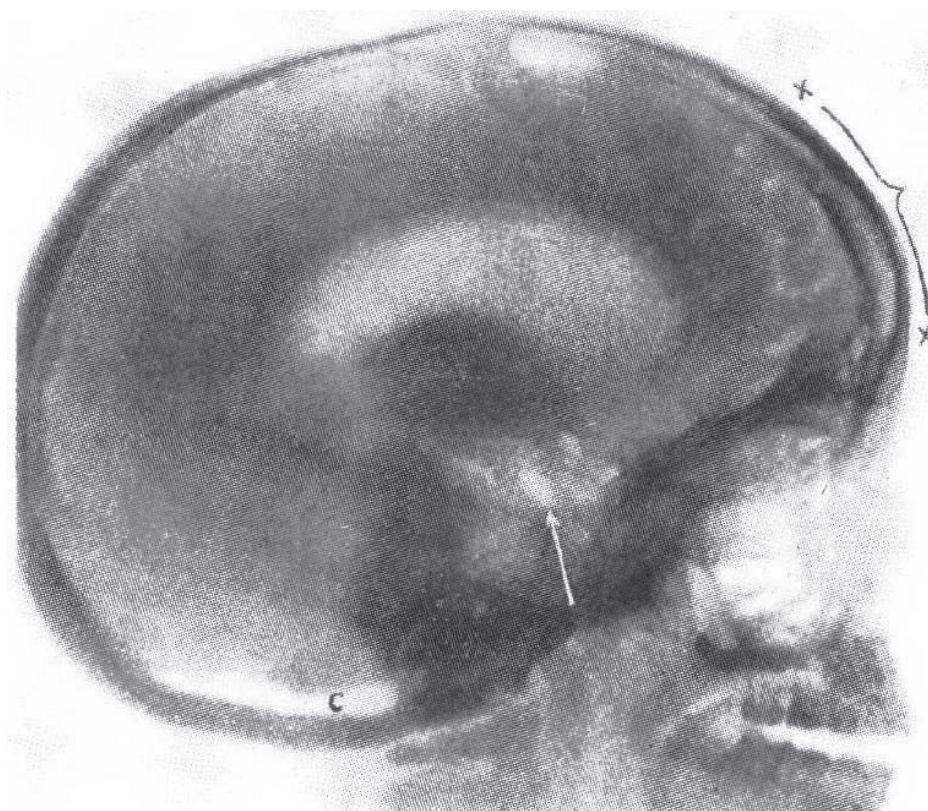


図6. 脊柱管内への空気注入後のX線写真(無修正). 急性髄膜炎後の水頭症. 脑溝の一部のみ空気が充盈している(X~X). 水頭症の原因となる閉塞は, 脑槽ではなく脳槽から脳溝に延びるクモ膜下腔にあった. 矢印: 斑状にみえる脳槽. 脑槽から脳溝に延びる(拡張した)クモ膜下腔経路の一部と思われる. 脑溝が部分的(X~X)に充盈していることから, 水頭症が緩徐に進行したことが説明できる. C: 大槽.

【参考文献】

1. Dandy, W. E.: Ventriculography Following the Injection of Air Into the Cerebral Ventrices. *Ann. Surg.* July, 1918. Fluoroscopy of the Cerebral Ventrices. *The Johns Hopkins Hosp. Bull.*, February, 1919.
2. Dandy, W. E. and Blackfan, K. D.: Internal Hydrocephalus. *Am. J. Dis. Child.*, 1914, viii, 406. Second Paper: *Am. J. Dis. Child.*, 1917, xiv, 424. Also: *J. Am. M. Assn.*, 1913, lxi, 2216.
3. The röntgenographic detail in these plates we owe to the skill of Miss Mary Stuart Smith, in the X-ray service of Doctor Baetjer.
4. Dandy, W. E., and Backfan, K. D.: Internal Hydrocephalus (second paper). *Am. J. Dis. Child.*, 1917, xiv, 424.
5. Dandy, W. E.: Experimental Hydrocephalus. To appear in *Annals of Surgery*.
6. In the December number of the *Annals of Surgery*, 1918, I presented a form of treatment for communicating hydrocephalus. If it should be possible, in a certain number of cases, to restore the channel of the cisternae, this treatment would be superior to a bilateral choroid plexectomy.

