

シンポジウム

2. 脳腫瘍手術の麻酔管理について

丸山正則* 藤岡 斉** 丸山洋一** 下地恒毅**

はじめに

脳腫瘍の手術はこの数年で2つの大きな変化がもたらされたように思われる。ひとつは顕微鏡，レーザーメス，キューサーというこれまでにない新しい手術器械の導入であり，もうひとつは脳腫瘍手術そのものに対する考え方の変化である。すなわちただ一度の手術にすべての成否を賭けるのではなく，少しの取り残しがあってもよいから脳実質に対する侵襲を最少限にとどめ，あとは放射線，抗腫瘍剤等の補助手段によりコントロールしようとする考え方である。この2つの変化は必然的に手術時間の短縮と出血量の減少をもたらす麻酔医の負担は以前に比し格段に軽減された。とはいえ他科の手術に比べれば相変わらず手術時間は長く時として大量出血に見回れることもそうまれではない。さらに脳腫瘍患者では例外なく space occupying lesion を有しており常に脳圧亢進にさらされている。以下にこれらの脳腫瘍手術における麻酔管理上の問題点を症例の提示を含め検討してみたい。

1. 麻酔管理上の問題点

脳腫瘍の麻酔管理上の問題点を列挙すると表1のようになろう。

1) 脳圧のコントロール

麻酔中に使用される多くの薬剤，各種の麻酔操作は大なり小なり頭蓋内圧(ICP)に影響を及ぼす。ICPのコントロールは麻酔医にとってもっとも

表 1. 脳腫瘍手術の麻酔管理上の問題点

- 1) 脳圧のコントロール
- 2) 出血対策
- 3) 脳幹部操作に伴う呼吸循環系の変動
- 4) 水・電解質バランスの調節
- 5) 長時間麻酔(モニタリング, 体位)
- 6) 頻回手術
- 7) 速やかな覚醒
- 8) 術後脳浮腫対策
- 9) 術後痙攣対策

表 2. 脳圧のコントロール

<脳圧を直接コントロールするもの>

- 1) 過換気
- 2) 高張液輸液
- 3) 副腎皮質ホルモン
- 4) 利尿剤
- 5) バルビタール
- 6) ドレナージ (ventricular, spinal)

<脳圧のコントロールに関連する因子>

- 1) 麻酔薬の選択
- 2) 呼吸管理(胸腔内圧)
- 3) 高血圧・低血圧の回避
- 4) 輸液管理
- 5) 体位

大きな問題であろう。われわれが日常行っている ICP のコントロール法およびこれに関連する因子を表2に示した。

過換気が ICP を低下させることはよく知られた事実である。P_aCO₂ 20~60torr の範囲では脳血流量(CBF)はほぼ直線的に変化するといわれている¹⁾。また脳腫瘍等の障害部位の周辺組織ではしばしば CBF の調節機構は障害されており、

*新潟市民病院麻酔科

**新潟大学医学部麻酔科

P_aCO_2 低下により inverse steal が起こりこれらの部位の血流はむしろ良好に保たれることも指摘されている^{2,3)}。これに対しては異論もないわけではない⁴⁾。逆に過換気もあまりに高度になれば脳血管の収縮により脳組織の低酸素をきたすが⁵⁾、 P_aCO_2 20 torr 以上ならその心配はあまりないという⁶⁾。とはいえ高齢者や動脈硬化の強い患者ではあまりに過度な過換気は慎むべきであろう。

高張液輸液は脳実質および脳脊髄液から水分を血管内へ移行させ頭蓋内容積を減少させる⁷⁾。脳圧のコントロールのみならず脳実質体積の減少により手術操作を容易にする目的でわれわれは開頭前にルチーンに高張液の投与を行っている。しかし、これらの投与は時に rebound 現象⁸⁾や循環系への過負荷を生じたり、水電解質バランスの変動を起こすことがあるので注意が必要である。

副腎皮質ホルモンは脳浮腫に基づく頭蓋内圧亢進 (IICP)、とくに脳腫瘍に際しての脳浮腫に対しては非常に有用であるとされている^{6,9)}。術中にもわれわれは脳浮腫の予防、脳の integrity を保つ目的で短時間速効性の副腎皮質ホルモンをルチーンに使用している。

おもな麻酔薬の脳循環、脳代謝に及ぼす影響を表3に示した。従来 halothane は ICP を上昇させるため脳外科手術では禁忌とする見方が強い。

表 3.

	脳代謝	脳血流量	脳圧	CBFの自己調節能	CBFのCO ₂ 反応性	障害局所の血流
笑気	→	→ (↗)	→ (↗)	保持	保持	不変
halothane	↓	↑↑	↑	消失	増強	steal
enflurane	↓	→ (↗)	→	消失	保持	不変
isoflurane	↓	→ (↗)	→	消失	保持	不変
fentanyl	→	→	→	保持	保持	不変
barbiturate	↓↓	↓↓	↓	保持	保持	inverse steal
ketamine	↑	↑	↑↑	保持	増強	steal

↑ 増加 ↓ 不変 → 減少
() は報告による差

他方 halothane の ICP 上昇は一過性のもので¹⁰⁾過換気により防ぎ得るとする報告もある^{11,12)}。これに比し enflurane や isoflurane は halothane にみられるような CBF の増加はなく脳循環、脳

代謝の coupling が保たれ吸入麻酔薬としては脳外科手術の麻酔により適している¹³⁾。更に isoflurane には低酸素や脳虚血に対する脳の保護作用さえ報告されており¹⁴⁾、その臨床使用が待たれるところである。

Neuroleptanalgesia (NLA) として用いられる fentanyl および droperidol は脳循環、脳代謝にあまり影響を与えず脳圧を上昇させない¹⁵⁾。したがってこの点では脳腫瘍手術の麻酔に適した麻酔法といえる。しかし NLA はしばしば術中の血圧のコントロールに難渋し、障害部位近傍では自己調節能が失われている可能性を考え合わせると、必ずしも理想的とはいえない。Ketamine はそれ自身脳血管を拡張し脳圧を著明に上昇させる¹⁶⁾。脳腫瘍手術の麻酔に ketamine を使用すべき理由はとくにない。対象的に barbiturate が CBF、脳酸素消費量 (CMRO₂) をともに減少させることはよく知られている^{1,6)}。ICP も著明に低下させるので IICP のある症例では好んで用いられる。

麻酔薬の選択も重要であるが呼吸管理や挿管操作も ICP に影響する。胸腔内圧の上昇は ICP を上昇させる。術中の咳、bucking、等はもちろん PEEP も避けたいところである。挿管操作は短時間なほどよい。滑らかな麻酔の導入、維持が何より重要である。

2) 出血対策

以前に比し脳腫瘍手術の出血量は減少したが出血対策は脳腫瘍手術の麻酔のポイントのひとつであることに変わりはない。たとえば血管供給の豊富な髄膜腫では開頭操作だけで 1,000ml を越す出血量をみることもまれではない。このような症例ではあらかじめ feeding artery の embolization を行っておいたり、時に低血圧麻酔や低体温麻酔も考慮する必要がある。静脈路はどんな場合でも最低 2 本は確保し、内 1 本は中心静脈が望ましい。われわれはほとんどの症例で内頸静脈穿刺による中心静脈カニューレを留置している。脳外科手術では出血量の算定が困難なことが多く、思わぬ見積り誤差を生ずることがある。簡単に適確な出血量算定の方法はない。術者と緊密な連絡を取り合って全身状態と術野の状態から判定するしかない。この際、中心静脈圧、観血動脈圧のモニターが重要な参考になる。

3) 脳幹部操作に伴う呼吸循環系の変動

減多に起こるものではないが、われわれはこれによると思われる興味ある症例を経験しているの
で後述する。脳幹部操作による異常を素早くキャ
ッチするために術中は自発呼吸を消さず補助呼吸
で維持するのが望ましいとする考えもあるが、わ
れわれは過換気を行うために全例筋弛緩剤を投与
し調節呼吸を行っている。

4) 水電解質バランスの調節

輸液の過量は脳脊髄液 (CSF) の増加により
ICP の上昇を引き起こすので当然避けねばなら
ないが、他方脳腫瘍患者ではしばしば脱水傾向に
あり必要十分量の水分が投与されねばならない。開
頭前はできるだけ水分をしばり、開頭後は尿量、
血圧、中心静脈圧等を見ながら5~10ml/kg/hr
の水分投与を行うが、高張液輸液等で多量の尿排
出があるため術中だけでみると負の出納バランス
となっていることがむしろ多い。ブドウ糖液は脳
内にも均等に移行するが血中濃度の低下が先行す
るため水分は脳組織へ移行し、脳容積の増大を引
き起こす¹⁷⁾。したがって糖質の投与は必要最少限
にとどめた方がよい。逆にアルブミン投与等によ
る膠質浸透圧の上昇は脳組織から血管内への水分
移動を促し、また負の水分出納にあっても血管内
容量を維持し十分な脳循環を保持するうえからも
有用である。

5) 長時間手術

手術時間が長時間に及ぶことは、まず第一に麻
酔医の疲労という点で問題になる。長時間にわた
る中断なき注意力の集中は不可能である。時には
チームを組んで交代で当たる等の配慮も必要にな
らう。呼吸循環系の各種モニタリングが重要な役
割を果たす。第二に長時間同じ体位が強いられる
患者側の問題である。神経圧迫による麻痺、de-
cubitus、体温変動等に気をつけねばならない。
坐位については後述する。

6) 頻回の手術

冒頭に記したように最近脳腫瘍の手術は脳実質
への侵襲を最少限にするため一次的な手術を避け
る傾向にある。このため比較的短期間に数回の手
術を余儀なくされることもまれではない。肝機能
の保護等の観点から麻酔薬の選択が問題になる。

7) 速やかな覚醒

麻酔医にとって速やかな覚醒は必ずしも必要な
ことではない。しかしながら術者が術後できるだけ
早期に患者の意識状態を判定したいと望むのも
事実である。可能なら覚醒は速いに越したことは
ない。脳の保護を目的に使用する barbiturate は
しばしば覚醒遅延を引き起こし脳機能の障害を観
察するうえでジレンマが存在する。

8) 術後脳浮腫、痙攣対策

術中の脳実質への侵襲を極力最少限にとどめる
ことが最重要点である。そのためには麻酔医は脳
圧を低く抑え、脳代謝を低下させる一方全身の循
環動態を良好に保持し脳灌流圧を高目に維持する
ことが必要である。脳実質障害に対し予防的効果
があると考えられている薬剤がいくつか存在する。
副腎皮質ホルモン、barbiturate 等は脳の inte-
grity を維持する点でやはり有用であろう。一過
性の血流遮断に対しマンニトールが有用である
との報告もみられるし¹⁸⁾、抗痙攣剤である phe-
nytoin の脳保護作用も報告されている¹⁹⁾。

2. モニタリング

脳外科手術中のモニターを表4に列挙した。脳
波は脳の activity を表わすもっともよい指標で
あるが、脳外科手術中は頭皮上からの誘導が困難
なため術中のモニターとしてはあまり利用されて
いない。われわれは鼻と耳介から脳波を導出し
global な脳機能の指標に役立てている。その他
鼻咽腔後壁や外耳道に電極を挿入するなどの工夫
も行われている¹⁾。

表4. 脳外科手術中のモニタリング

1) 一般的なモニター
心電図, 体温, 尿量
中心静脈圧, 直接動脈圧, 血液ガス
2) 脳機能のモニター
脳波, 逆行性内頸静脈カテーテル留置
脳脊髄圧, 脳血流量 (笑気, アルゴン等)
3) 坐位手術のモニター
食道内聴診器, ドップラー心音
終末呼気 CO ₂ , 肺動脈圧

脳灌流静脈血を採取し分析することにより脳機
能の指標とすることができると考えられる。われ
われは内頸静脈に逆行性にカテーテルを挿入し²⁰⁾,
血液ガス分析, 生化学的分析を試みている。PaO₂

50 torr 以下になると乳酸の上昇がみられるが、ATP その他の高エネルギーリン化合物などは P_aO_2 20 torr まででは変化をきたさない²¹⁾。しかも、これらの生化学的分析は測定に時間と熟練を要し、術中の脳機能の指標には適さない。

内頸静脈上球部から得られる酸素分圧 ($P_{jv}O_2$) に関しては図1に示すように P_aCO_2 とかなりの相関を示し、 P_aO_2 とは何らの相関を示さない。

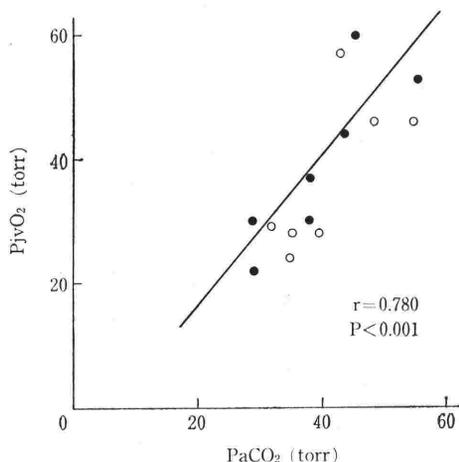


図1の1. $P_{jv}O_2$ と $PaCO_2$

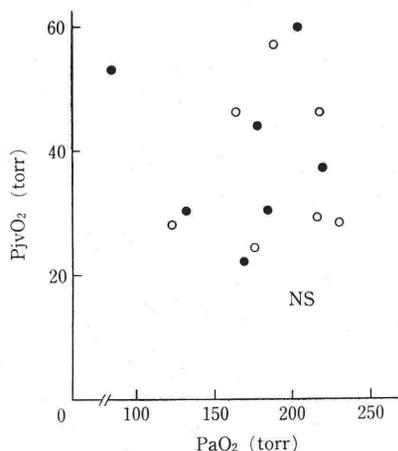


図1の2. $P_{jv}O_2$ と PaO_2

Viancos ら²²⁾ も ヒトで $P_{jv}O_2 = 1.08 P_aCO_2 + 3.6$ と類似の関係を示しているし、Wollman ら²³⁾ は $CBF = 1.14 P_{jv}O_2 - 10.0$ と CBF に $P_{jv}O_2$ が相関することを示した。 $CBF = CMRO_2 / (C_aO_2 - C_{jv}O_2)$ の式からわかるとおり、もし $CMRO_2$ が一定な

ら $P_{jv}O_2$ から CBF を類推することができる。 C_aO_2 、 $C_{jv}O_2$ はそれぞれ動脈血、内頸静脈血 O_2 含有量である。更に内頸静脈の O_2 分圧にとどまらず動脈血を同時に採血して O_2 含有量を測定すれば両者から cerebral circulatory index²⁴⁾ $1/CaO_2 - C_{jv}O_2$ が計算できる。これは上述の式から $CBF/CMRO_2$ を表わしていることがわかり、脳の O_2 消費に見合う脳血流量があるかどうかを見る指標である。

脳静脈血の O_2 分圧の限界値は 17~19 torr であるという²⁵⁾。血管内 PO_2 電極を内頸静脈上球部に留置し $P_{jv}O_2$ を連続モニターすることにより脳組織の hypoxia のモニターとすることが考えられるが現段階では、血管内 PO_2 電極の応答時間、測定精度から 20torr という低い値を適確にとらえることは困難である。

CBF が臨床で手軽に測定できればこれ以上有用な脳機能のモニターはない。術中に実測し得る CBF 測定法としては Ketty-Schmidt 法、 H_2 -clearance 法、内頸動脈血流量をドップラー血流計を用いて測定する方法等であろう。ドップラー血流計による内頸動脈血流量の測定は著者は経験がない。Ketty-Schmidt 法は通常笑気を用いるが術中笑気を麻酔に用いている場合は笑気をインディケーターとして用いることはできない。われわれはアルゴン吸入による Ketty-Schmidt 法を行っているが、マススペクトログラフィーによる測定はかなりの時間を要し臨床のモニターとしては不向きである。 H_2 clearance 法は術野に電極を装着してもらえば比較的簡単に測定できるが術野に電極を刺せるのはむしろ限られた場合のみ可能で実用性に乏しい。結局のところ手術中の臨床的なモニターとしての簡単な CBF 測定法は見当たらない。

ICP のモニターも麻酔導入時等の ICP 上昇を防ぐ意味で重要であろう。ICP 測定には種々の方法が考案されているが、われわれは麻酔科医にとって最も馴染深い方法として硬膜外腔圧 (EPP) を測定しその意義を検討してみた²⁵⁾。図2に示すように EPP は脳脊髄液圧 (CSFP) によく相関する。図3は EPP、CSFP の同時測定の一例であるが、気管内挿管、気道閉塞、バックギング等に際して両者は同期的な変化を示し EPP 測定の有用性

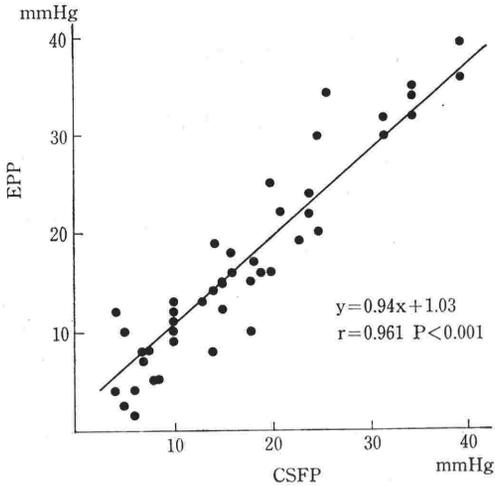


図 2. 硬膜外腔圧(EPP)と脳脊髄液圧(CSFP)
(未発表データ)

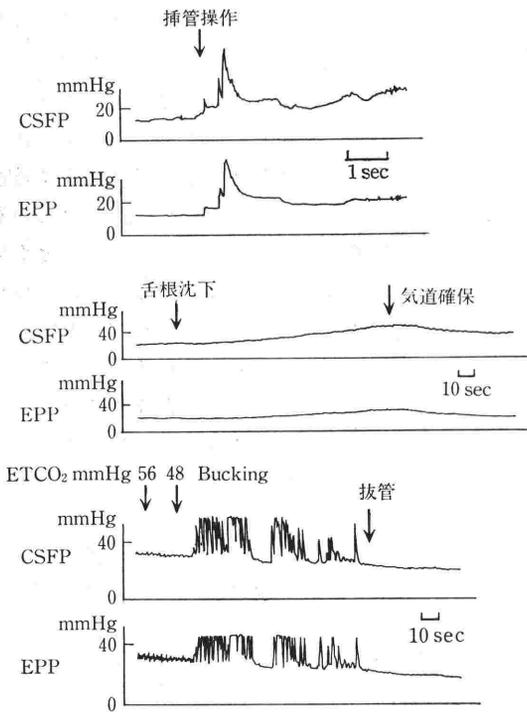


図 3. 上段：気管内挿管時のEPPとCSFPの同時記録 中段：舌根沈下による気道閉塞と airway 挿入による気道開通後の EPP と CSFP 下段：buckingによるEPP と CSFP の変化
(未発表データ)

合をはるかに越えるものであり、脳外科手術中のバックギングは絶対に避けねばならないことがよくわかる。

3. 脳腫瘍手術中、後の合併症

考えられる合併症を表5に列挙した。このうち最近われわれが経験した3例にしぼって検討する。

表 5. 脳腫瘍手術中、後の合併症

1) 術中呼吸循環系の異常
2) 空気塞栓
3) 電解質異常
4) 覚醒遅延
5) 術後痙攣
6) 術後脳浮腫
7) 術後出血
8) 無理な体位による諸種合併症

症例 1： 34歳，蝶形骨縁髄膜腫。家族歴，既往歴に特記すべきことはなく，術前検査でも原疾患に基づく所見以外とくに異常データはない。意識は清明。術前検討で内頸動脈が腫瘍に包み込まれているため根治手術は見送り，今回は tumor bulk の減少のみを目標として手術が計画された。麻酔は GOE で導入，維持された。術中 P_aCO_2 が 24 torr とやや過度と考えられる過換気状態で維持され，血圧は収縮期圧 80~90 torr とやや低目ではあったが，術中尿量 1,900ml ととくに問題はなく，約 7 時間の手術を終了した。麻酔終了数分後から血圧が上昇し始め，それとともに異常な過換気が認められた。血圧が 200/110 まで上昇したところで突然無呼吸となり血圧も一気に低下，チアノーゼを呈した。直ちに気管内再挿管，人工呼吸が開始されたが瞳孔は散瞳し，昏睡状態に陥った。この時の CT 所見では急性脳浮腫の所見を呈していた。術者の手術記録には「閉頭時，止血は完全であり，brain swelling は全く認められなかった」と記載されているから本症例の脳浮腫はきわめて短時間に進行し herniation に至ったと考えられるまれな例であろう。しかしながらわれわれ麻酔医は，このように急激に進行する脳浮腫もあり得るということを念頭において術中，術後管理にあたらねばならないことを知らされた一例であった。

症例 2： 63歳，下垂体腫脳。家族歴，既往

を示している。とくにバックギングによる両者の上昇は著明で，麻酔薬の選択による ICP 上昇の度

34(F) Meningioma

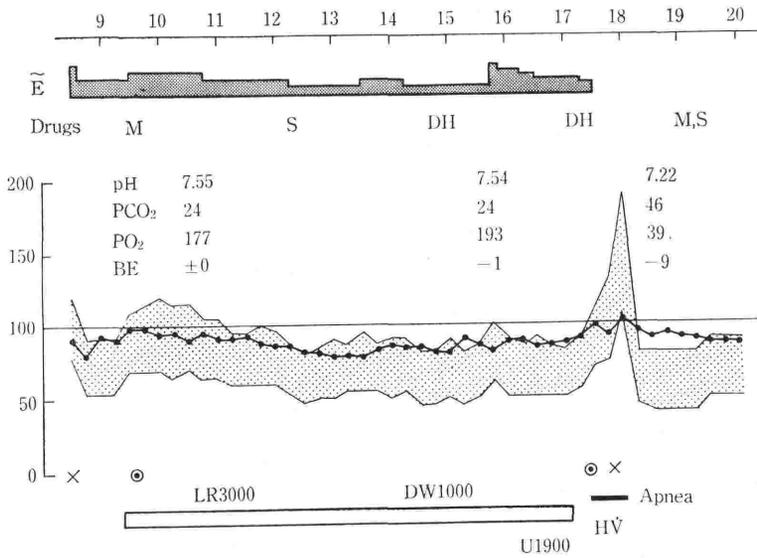


図 4. 症例 1 の麻酔経過

M: mannitol, S: steroid, DH: phenytoin, E: enflurane, LR: lactate Ringer, DW: dextrose, HV: hyperventilation, U: urine volume

63(M) Pituitary tumor

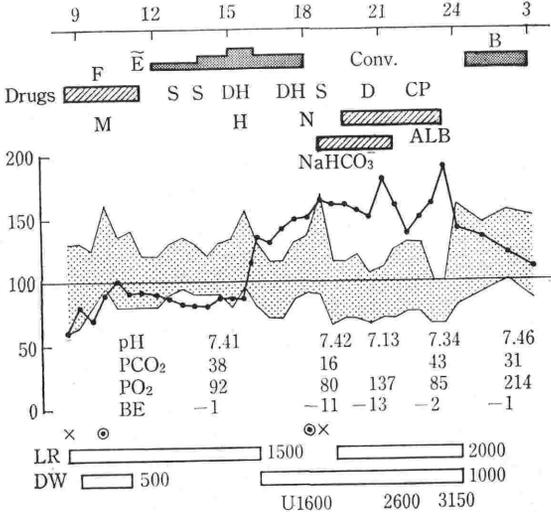


図 5. 症例 2 の麻酔経過

F: fentanyl, B: thiopental, CP: chlorpromazine
H: hydralazine, N: nifedipine, ALB: albumine
CONV: convulsion

歴に問題なく術前状態にも原疾患以外は特記事項はなかった。CTの所見から transcallosal approach が選択された。麻酔はGO-fentanylで開始されたが執刀後血圧上昇し enflurane を併用した。手術開始後6時間頃より140~150/分の頻脈と著

明な代謝性 acidosis を生じ、大量の NaHCO₃ (総量 600 ml) 投与にもかかわらず acidosis の改善が得られなかった。体温の上昇はみられなかった。頻脈と acidosis は8時間の手術終了後も約4時間持続し、この間 hypovolemia も考え25% albumine 総量 350 ml の投与も行われたが効果はなかった。手術終了後1時間半で麻酔から覚醒したが間もなく全身痙攣を生じ意識も低下したため両挿管し、以後 thiopental 投与下人工呼吸による全身管理が行われた。3日後抜管し以後大旨順調に経過した。全身痙攣を生じた時点での CT ではとくに問題となる所見はなかった。

脳幹部の損傷により hyperventilation, 酸素消費量増加, 代謝亢進等の症状をきたすことがある²⁶⁾。恐らく neurogenic pulmonary edema 等と同様の機序が考えられ, catecholamine の異常分泌に基づくものであろう。本症例がこれと同様の機序で説明できるものかどうかは不明であるが, 脳幹部操作により時としてこのような呼吸循環代謝系の異常を生ずることがあることは知っておくべきであろう。

症例 3: 22歳, 松果体部腫瘍。家族歴, 既往歴, 術前所見に問題はなかった。術者側より坐位手術の希望あり, 食道内聴診器, ドップラー心音

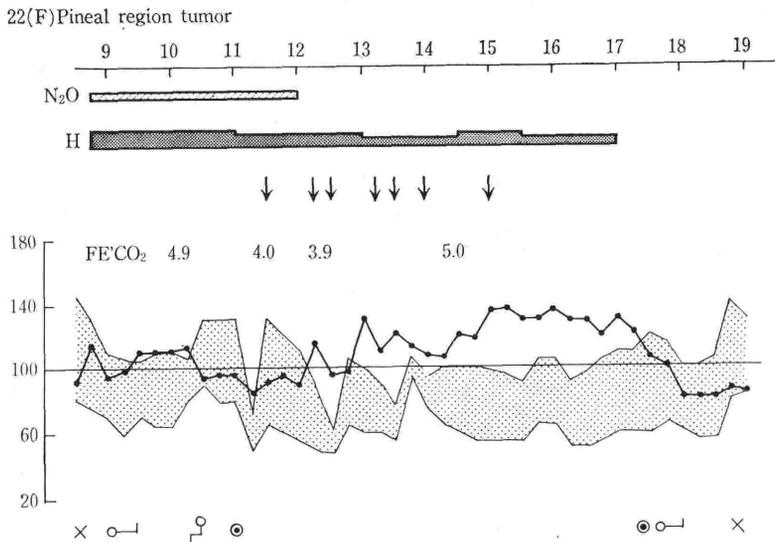


図 6. 症例3の麻酔経過
H: halothane, ↓異常心音聴取

計, 終末呼気 CO₂ 濃度計のほか, スワンガンツカテーテルによる肺動脈圧測定および空気吸引用に右房内留置カテーテルを挿入し, レ線にて位置を確認した. GOF で麻酔開始し十分時間をかけて坐位がとられた. 手術開始後30分でドップラー, 食道聴診器にて異常心音が確認され一過性の血圧低下, 肺動脈圧上昇が認められた. 間もなく右房内カテーテルより気泡が吸引され空気の流入が証明された. その後も同様の所見が術中数回にわたり認められ頻脈が続いたが, 手術終了後頻脈もおさまり血圧も安定し麻酔覚醒もほぼ正常であった. 空気塞栓のエピソードとは別に2日後より意識消失をきたし4日後死亡した. CT 所見から脳幹部浮腫によるものと判断された.

表 6の1. 坐位手術アンケートの結果 (1)

坐位手術	大学病院	一般病院	合計
施行していない	14	20	34
施行している	12	8	20
5例以下	8/12	6/8	14/20
施行していないが必要	2/14	2/19	4/33
施行していない施設での体位			
側位	2	6	8
側腹臥位	2	1	3
腹臥位	10	13	23

表 6の2. 坐位手術アンケートの結果 (2)

	大学病院(12)	一般病院(8)	合計(20)
空気塞栓発生率 (%)			
0~20	7	1	8
20~50	3	2	5
50~80	0	2	2
80~100	2	1	3
不明	0	2	2
低血圧発生率 (%)			
0	6	1	7
10~20	2	2	4
40~50	4	1	5
80~90	0	1	1
不明	0	3	3
モニター			
食道聴診器	10	8	18
ドップラー心音計	9	3	12
終末呼気 CO ₂	7	5	12

4. 坐位手術

これまでも坐位手術で多くの空気塞栓を経験し種々検討の結果, 症例3を最後にわれわれは坐位手術を一切施行していない. 坐位ではモニタリングを厳密に行えば程度の差はあれ空気の流入は恐らく100%に生ずるものであり防止し得ないものであろうとの見解を持つに至ったからである.

そこで全国的には現在どのような意識のもとに、どの程度の坐位手術が行われているかを各都道府県の一大学および代表的な病院1~2施設を合計100選びアンケート調査を行った。以下表6(1)、(2)に54施設からの解答を集計してみた。

坐位手術を行っている施設は大学病院では約1/2、一般病院では1/3であるが、年間の症例数は1~2例程度、多くとも5例以下という施設が大部分である。施行していない施設で坐位手術の必要性を感じている施設は少ない。設問になかったため実数は出せないが、逆に施行している施設で坐位手術は不必要と思うとの注釈をつけた解答はかなりの数みられた。施行していない施設での体位は大部分側臥位である。空気塞栓の発生率は20%以下との解答が多く、長野ら²⁷⁾の総説50%より低くみており、高橋ら²⁸⁾の23%に近い。低血圧の頻度はそれほど高くないようである。モニターとしては食道聴診器は大部分で使用されているがドップラーの使用は比較的少ない。

坐位手術については多くの原著、総説があり、今更詳述する必要はないだろう。最大の問題点は空気塞栓であり、十分なるモニタリングと早期の適切な処置がもっとも重要であることは論を待たない。若干の予防策として頸部圧迫、PEEPなどの方法もあるが、そのために静脈のうっ帯を起こさせるのではリスクをおかしてまで坐位をとる意味がない。

先にも述べたようにごく厳密なモニターを行えば、それが障害となるほどか否かは別として程度の差はあれ空気の流入はほぼ100%に起こるのではなかろうか。しかも坐位でなければできないという手術はほとんどない。にもかかわらずなお60%の施設で坐位手術が行われていることにやや驚かされたのがアンケート集計後の実感であった。

おわりに

Barbiturateの脳に対する保護作用をめぐって多くの報告がなされたが、結局のところ脳蘇生の特効薬とはなり得なかったようである²⁹⁾。脳蘇生に関して現段階で有効と考えられる一番確かな方法は脳循環、脳代謝に細心の注意を払って脳機能の回復を目指す「脳指向型」の脳心肺蘇生法しかないという²⁹⁾。脳腫瘍の麻酔についても同じことがいえるだろう。かつて麻酔管理はどちらかとい

えば心肺機能に重きが置かれ勝ちであった。これをもう少し脳機能に目を向けたいわば「脳指向型の麻酔管理」を行うことが必要であろう。更にはどの麻酔についても共通して重要な円滑な麻酔導入と安定した循環動態の維持が、常に脳圧亢進にさらされている脳腫瘍患者の麻酔でも必須の要点であることは論を待たない。

文 献

- 1) 下地恒毅, 益子和徳: 麻酔に関連した神経. 稲田豊編, 新麻酔科学 p. 1~21, 医歯薬出版株式会社, 1982.
- 2) Lassen, N. A. and Palvalgyi, R.: Cerebral steal during hypercapnia and the inverse reaction during hypocapnia observed by the ¹³³Xenon technique in man. *Scand. J. Clin. Invest. suppl.* 102: XIII, 1968.
- 3) Smith, A. L. and Wollman, H.: Cerebral blood flow and metabolism: Effects of anesthetic drugs and techniques. *Anesthesiology* 36: 378~400, 1972.
- 4) Raichle, M. E. and Plum, F.: Hyperventilation and cerebral blood flow. *Stroke* 3: 566, 1972.
- 5) Cohen, P. J., Reivich, M. and Greenbaum, L.: The electroencephalogram of awake man during hyperventilation: Effects of oxygen at three atmospheres pressure. *Anesthesiology* 27: 211~212, 1966.
- 6) Marshall, M.: Neuroanesthesia. Edward Arnold, London, 1979.
- 7) 橋直矢: 脳神経外科の麻酔, 山村秀夫編, 臨床麻酔学書 下巻, p. 1~36, 金原出版株式会社, 1979.
- 8) 野手洋治ほか: 脳圧降下剤 mannitol および glycerol の反跳現象に関する研究. *脳と神経* 35: 1241~1246, 1983.
- 9) 山田和雄ほか: 腫瘍性脳浮腫に対する methylprednisolone の効果. *脳と神経* 35: 638~689, 1983.
- 10) Albrecht, R. F., Miletich, D. J. and Madala, L. R.: Normalization of cerebral blood flow during prolonged halothane anesthesia. *Anesthesiology* 58: 26~31, 1983.
- 11) Adams, R. W., Gronert, G. A., Sundt, Jr., T. M. and Michenfelder, J. D.: Halothane, hypocapnia and cerebrospinal fluid pressure in neurosurgery. *Anesthesiology* 37: 510~517, 1972.
- 12) Donegan, J.: Effect of anesthesia on cerebral physiology and metabolism. in Handbook of Neuroanesthesia: Clinical and physiologic essentials. ed. Newfield, P. and Cottrell, J. E., p. 17~27, Littie, Brown, Boston, 1983.

- 13) Todd, M.M., Drummond, J.C. and Shapiro, H.M.: Comparative cerebrovascular and metabolic effects of halothane, enflurane and isoflurane. *Anesthesiology* 57 : A332, 1982.
- 14) Newberg, L. A. and Michenfelder, J. D.: Cerebral protection by isoflurane during hypoxemia or ischemia. *Anesthesiology* 57 : A 335, 1982.
- 15) Sari, A., Okuda, Y. and Takeshita, H. : The effects of thalamonal on cerebral circulation and oxygen consumption in man. *Br. J. Anaesth.* 44 : 330~334, 1972.
- 16) Takeshita, H., Okuda, Y. and Sari, A.: The effects of ketamine on cerebral circulation and metabolism in man. *Anesthesiology* 36 : 69~75, 1972.
- 17) Campkin, T. V. and Tumer, J.M.: Neurosurgical anesthesia and intensive care. p. 135, Butterworths, 1980.
- 18) 鈴木二郎他: 脳梗塞の新しい治療法の開発, Mannitol とperfluorochemicals の併用療法. *脳神経外科* 9 : 465~470, 1981.
- 19) Cullen, J. P., Aldrete, J. A., Jankovsky, L. and Romo-Salas, F.: Protective action of phenytoin in cerebral ischemia. *Anesth. Analg.* 58 : 165~169, 1979.
- 20) 下地恒毅ほか: 内頸静脈 上球部 および静脈洞の術中圧変動. *臨床生理* 6 : 243~249, 1976.
- 21) 下地恒毅ほか: 中枢神経とハイポキシア. *代謝* 16 : 2061~2074, 1979.
- 22) Viancos, J. G., Sechzer, P. H., Keats, A. S. and DeBakey, M. E. : Internal jugular venous oxygen tension as an index of cerebral blood flow during carotid endarterectomy. *Circulation* 34 : 875~882, 1966.
- 23) Wollman, H., Alexander, S.C., Cohen, P. J., Chase, P.E., Melman, E. and Behar, M.G.: Cerebral circulation of man during halothane anesthesia. Effects of hypocarbia and of d-tubocurarine. *Anesthesiology* 25 : 180~184, 1964.
- 24) 武下 浩ほか: 麻酔学における脳循環. 脳代謝研究の動向 (1). *麻酔* 20 : 46~476, 1971.
- 25) 武下 浩, 下地恒毅: 神経麻酔学. p.251, 医歯薬出版株式会社, 1972.
- 25) 藤岡 斉ほか: 硬膜外麻酔用のカテーテルを用いた硬膜外腔圧の持続的測定. 第31回日本麻酔学会発表.
- 26) Iverson, Jr. R. L., Cohen, N. H. and Frost, E.A.M.: Respiratory Care of the neurosurgical patient. in Handbook of neuroanesthesia: Clinical and physiologic essentials. Ed. by Newfield, P. and Cottrell, J. E., Little Brown, Boston, 1983.
- 27) 長野政雄: 空気塞栓の病態. *循環制御* 4 : 477~485, 1983.
- 28) 高橋成輔: 空気塞栓症. *臨床麻酔* 7 : 651~656, 1983.
- 29) 武下 浩: 小特集「脳蘇生」によせて. *臨床麻酔* 6 : 513~517, 1982.