

# イヌおよびネコにおける頭蓋内腫瘍摘出術に関する研究

酪農学園大学大学院獣医学研究科

研究生 井尻篤木

伴侶動物医療教育分野画像診断学教育ユニット

指導教員 教授 中出哲也

2015 年度

## 緒論

アツキ動物医療センターにおいて、10 年前より CT スキャンを導入し、それ以降たびたび遭遇する脳腫瘍の治療において試行錯誤を繰り返してきた。当初は手術のリスクも高く、さらに手術をしても中間生存期間が 6・7 ヶ月との報告があり [50]、飼い主の手術の同意を取り付けるのにも、大変なことであった。

しかし人の医療では髄膜腫をはじめとする脳腫瘍の摘出手術は、安全かつ有効なものとして行われている。その点を鑑みて、獣医療でも安全かつ有効な脳外科手術を導入したいと考え、人の医療の術式を頼りにしつつ、犬猫の解剖などの特性を考慮しながら脳外科手術を開始した。CT スキャンに続き導入したのは、手術用顕微鏡である。人の医療でも 1970 年頃より手術用顕微鏡の導入により、手術技術の向上において大きな変革がもたらされた。これに各種マイクロ器具や超音波吸引装置を取り入れた頭蓋内操作を行うことで、より安全で的確な手術を行えるようになった。さらに導入したのは、術中ナビゲーションを可能とする MRI 検査が可能な手術室である。他にも三次元レーザープリンターで実物大の石膏サンプルやコンピューターソフトによる 3D 画像上での模擬操作によって適切な手術を模索するためのシミュレーションを行った。これらにより少しずつかつ確実に脳腫瘍に対する外科摘出術による治療効果が向上し、今や過去の成績を大きく上回るまでに脳腫瘍外科摘出術を発展させることが出来た。

本研究では、以上の成果を客観的に評価するために犬および猫の脳腫瘍症例を用いて下記に示す実証研究を実施した。

第 I 章では脳腫瘍が存在する位置によって最も適切な脳腫瘍摘出術が選択出来る各種アプローチ法の有用性について検証した。

第 II 章では完全摘出が難しい頭蓋底脳腫瘍に対する手術アプローチ方法を検討すると共に、独自に考案した術式について検証した。

第 III 章では頭蓋内腫瘍の中で最も摘出手術治療が期待される髄膜腫について摘出術および術中 MRI の有用性について検証した。

第 IV 章では人では、特殊な髄膜腫である、嚢胞性髄膜腫の摘出方法をタイプ別に検証した。

## 第 I 章

### 脳腫瘍摘出術における各種アプローチの有用性

#### 1. 小緒

従来より小動物の開頭術アプローチ法が記されているが、近年の画像診断技術の進歩に伴って脳腫瘍摘出術、外傷性疾患の減圧、脳脊髄液循環の改善、バイオプシー検査などの必要性が高まり、犬や猫の開頭術の頻度が増加している[5,33-35,46,50,55-57]。また、人医療において 1970 年頃から手術用顕微鏡が導入され[44,73,74]、開頭術の術式に大きな変革がもたらされるとともに手術技術も同様に向上してきた。そのためかつては手術不能あるいは十分な手術が行えないと考えられていた部位へのアプローチも可能となってきた。

開頭術は、一般的に前頭、頭頂、側頭、側頭下、後頭に分けられ、それぞれの骨性構造物、静脈、動脈、静脈洞の位置関係を詳細に把握し、合併症を起こさないように注意深く手術を行う必要がある。古代においても開頭術は試みられていたが、当時の医療技術ではそれが成功することはなく、頭蓋縫合部の穿頭は致命的であると考えられていた[22]。そのため、開頭術においては縫合部の重要性が注目されることとなり、縫合が交差する 5 箇所の頭蓋計測点、すなわち **asterion**、**bregma**、**stephanion**、**glabella**、**pterion** が重要であり、これら計測点が頭部構造を把握する起点となり、開頭術の際の目印や頭骨下の血管を把握する点として利用されている[42,59,68,71,72,75]。このため犬の頭部においても、短頭種、中頭種、長頭種に分けて、それぞれの頭蓋計測点と静脈洞との関係やその形態を示し、開頭術のリスク回避に役立てている[12,19,60]。

開頭術の種類は、テント上病変に対する経前頭洞開頭術、吻側テント開頭術および尾側テント開頭術、経側頭骨開頭術および後頬骨弓骨切除開頭術、テント下病変に対する片側後頭下開頭術が、これまで提案されており、それを踏まえて選択されている[8,28,48]。しかしながら、これらアプローチ法による合併症や注意点に関しては、論議の余地があり、その有用性を検討する必要が指摘されている。そこで今回これらの点を考慮した上で脳腫瘍の局在部位別による適切な各種アプローチ方法の有用性と限界について検討した。

## **2. 材料および方法**

### **1)症例**

2006 年～2011 年に CT および MRI により頭蓋内に腫瘍が認められ、当院において手術を実施した 114 症例を用いた。

### **2)シミュレーション**

Computed Tomography(CT)、magnetic resonance imaging (MRI)を中心とした術前画像検査所見から対象病変の立体像を捉え、それらにより安全かつ効率よく病変部位へアプローチする手順を検討した。加えて、三次元レーザープリンターで実物大の石膏サンプルやコンピューターソフトによる 3D 画像上での模擬操作によって適切な手術を模索するためのシミュレーションを行った。

(図 1)。

### **3)器具**

骨切削を行う開頭器具として、電動パワードリルを用いられ、ラウンドバー、ダイヤモンドディスク、クラニオトーム等を使用した。また、比較的骨以外の組織に傷をつけず、また周りの組織を巻き込むことなく手術操作が必要な部位においては超音波振動で切削する超音波吸引装置(図 2、3) (ボーンキュレットハンドピース)を用いた。開頭部位の小範囲の延長にはロンジュールの 1mm および 2mm のケリソンパンチ、大きさや形状の違う多数のリューエル、骨鑿、リトラクター等を用いた(図 4)。

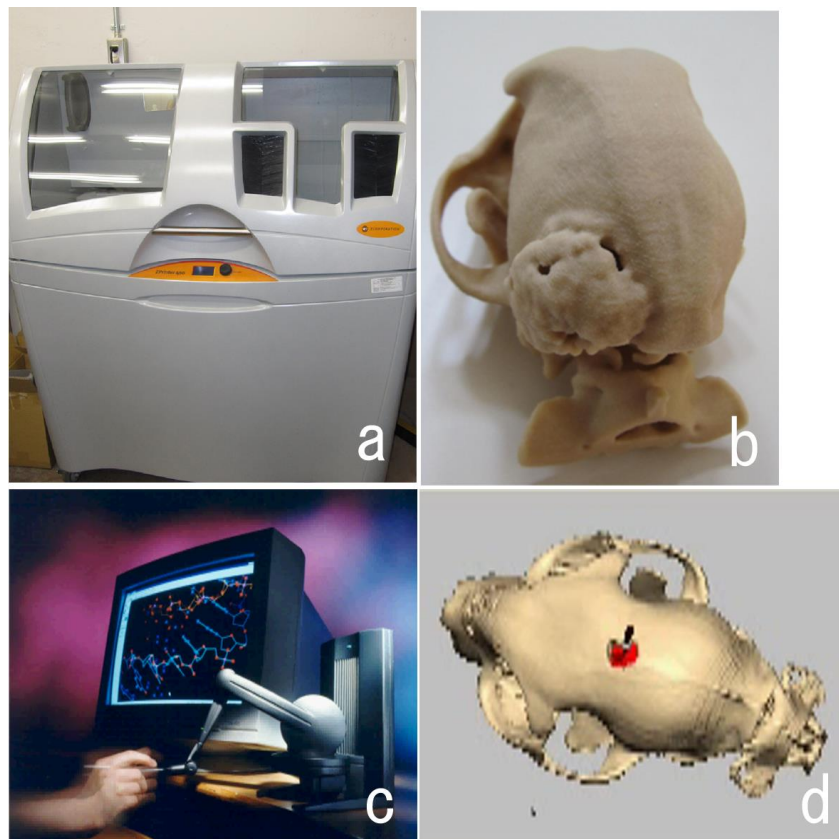


図1 シミュレーション

術前の CT スキャン、MRI 画像を利用することで、術前の模擬操作を行った。実物大の標本を作製するため、コンピューターソフト(VGStudio MAX 2.0, Volume Graphics)で 3D データを作成し、それを三次元レーザープリンター (a: ZPrinter450 Z Corporation) により石膏素材で実物化する(b)。これにより術前に模擬操作が行える。3D 画像上での模擬操作を行うためのコンピューターソフト(VGStudio MAX 2.0, Volume Graphics, Germany)と FreeForm (c, SensAble Technologies, Woburn, MA)を用いて、画面上で手術操作を行うことができる。この FreeForm は、ペン型インターフェースを使用して画面のモデル上で操作すると手に実際の触感に近い抵抗を体験しながら画面上のバーで骨切削することができる(d)。



図 2 a: 超音波吸引装置、ソノペット (Stryker 社) は、超音波振動を発生させつつ散水しながら組織にハンドピース先端を接触させることで組織を乳化させる。b: ボーンキュレットハンドピースの先端拡大図。



図 3 a: あらゆる形のチップ交換が可能な新しい型のハンドピース。b: 様々な形状のチップ。

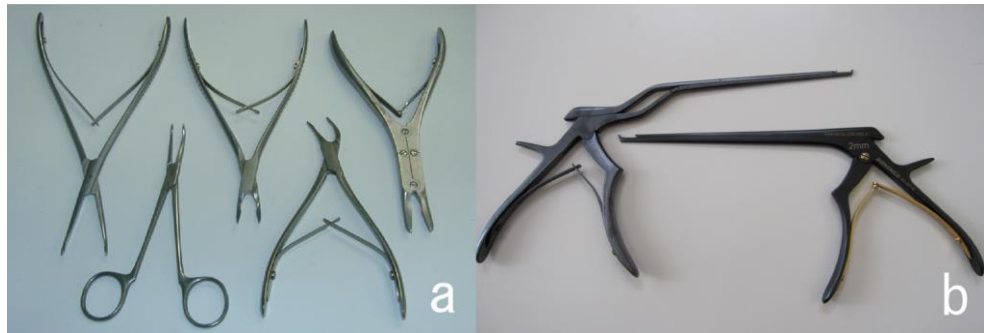


図 4 ロンジュール a:大きさや形状の違う多数のリュール。b. 1mm のケリ  
ソンパンチ。

#### 4)麻酔および術前術後の治療

術前処置としては、症状に合わせて、グリセオール(0.5g/kg,bid,iv)、エンロフロキサシン(5mg/kg,sid,sc)、プレドニゾロン(1mg/kg,sid,sc)かメチルプレドニゾロン (10mg/kg,sid,iv)、抗痙攣薬 (フェノバルビタール、2mg/kg,bid,im、ジアゼパム、1mg/kg,iv) を症例ごとに選択投与し、状態の安定化を図った。また特に、脳圧が高い場合は、術直前にマンニトール(1g/kg,iv)を用いた。麻酔は前投薬としてアトロピン(0.05mg/kg,sc)、フェンタニル(5  $\mu$  g/kg,iv)、ミダゾラム(0.2mg/kg,iv)を投与し、導入にはプロポフォール 6mg/kg を準備して to effect で静脈内投与した。麻酔は酸素(FiO<sub>2</sub> 100%)・イソフルラン吸入麻酔で維持した。術中は乳酸リンゲル液を 10ml/kg,hr で投与し、同時に疼痛管理としてフェンタニルを 20  $\mu$  g/kg,hr で静脈内持続点滴を(CRI)した。

術後 48 時間は疼痛管理としてフェンタニルを 2～5  $\mu$  g/kg,hr で CRI 投与し、加えて乳酸リンゲル液を 3ml/kg,hr で投与した。また脳圧維持のためグリセオール、メチルプレドニゾロン等を用いた。

#### 5)各開頭術

テント上病変に用いる開頭術

- ・ **経前頭洞開頭術 (Transfrontal Sinus Craniotomy)** : 体位は、胸骨臥位に保定し、頭部を固定する。アプローチ部位が前脳の頭側部および嗅球部であれば頭部をやや屈曲させ、尾側方向であれば進展し鼻先を上げる。頭部を簡易的に固定し、皮膚切開は眼角を中心に前頭洞の後方から鼻骨遠位端まで行う。犬種、前頭洞の形体により、尾側方向への切開範囲を変化させる。

前頭骨の外板を吻側に向けて骨切りを行って骨弁を形成し、それを除去した後、内板の骨切削 (吻側テント開頭術) を病変部の範囲を想定して行う。

外板は死角となる骨下の部位をできるだけ傷つけないよう半径 1cm 程度のダイヤモンドディスクを用いて切開し、骨鑿で中隔部を骨ノミで分離して外板を剥がし、内板は硬膜部を欠損させないようにラウンドバーとロンジュールを用いて開頭した。

- ・ **吻側テント開頭術および尾側テント開頭術** : 体位は胸骨臥位に保定し、さらに侵入方向に合わせるよう、傾斜させる。大きく発達している側頭筋を剥離



し、開頭部位を露出する。開頭はラウンドバー、さらに若干の拡大にはロンジュールを用いて、開頭を行う。(図 5)。

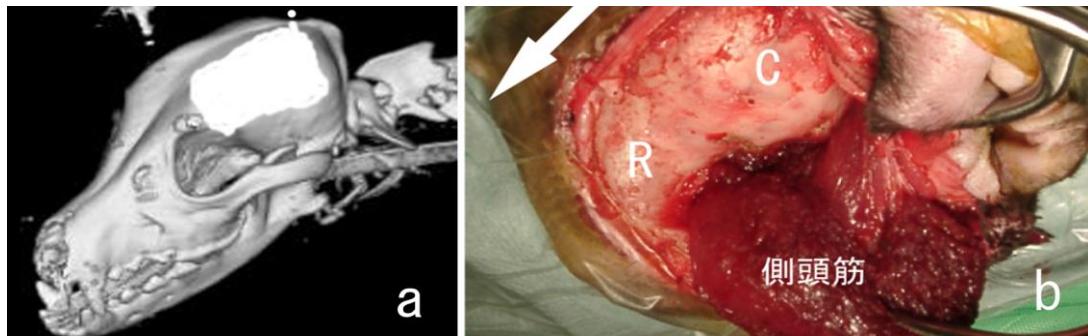


図 5 a: 術野の位置を示す (白色塗りつぶし)。b: 吻側テント開頭術時に骨切削する部位(R)と尾側テント開頭術時にそれを行う部位(C)を示している。なお、図の左側が吻側、右側が尾側。

・経側頭骨開頭術 (Transtemporal Craniotomy) [17] および後頬骨弓骨切除開頭術(Retract Zygomatic Arch Craniectomy): 体位は胸骨臥位に保定し、侵入方向に合わせるよう、極度に傾斜させる。その後ラウンドバー、ロンジュールを用いて開頭した。吻側方向では後頬骨弓骨が術野を遮るため後頬骨弓骨切除開頭術となる(図 6)さらに尾側にアプローチする場合は経側頭骨開頭術と連結する。

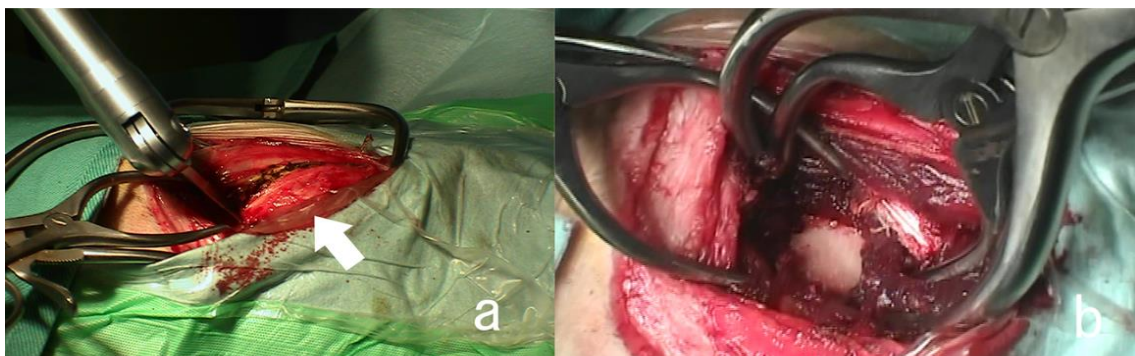


図 6 後頬骨弓骨切除開頭術。

a: 頬骨弓の切除。矢印は頬骨弓を示す。b: 咬筋ごと頬骨を腹側に拳上し、前頭骨および側頭骨を露出し、吻側テント開頭術を行った。

## テント下病変に用いる開頭術

・片側後頭下開頭術(Lateral Suboccipital Craniectomy):体位は胸骨臥位に保定し、頸部を穏やかに屈曲させる。後頭骨を切削し、後頭骨は薄いため、開頭はラウンドバー、超音波吸引装置 (ボーンキュレットハンドピース)、ロンジュールを用いて行いた。(図 7)

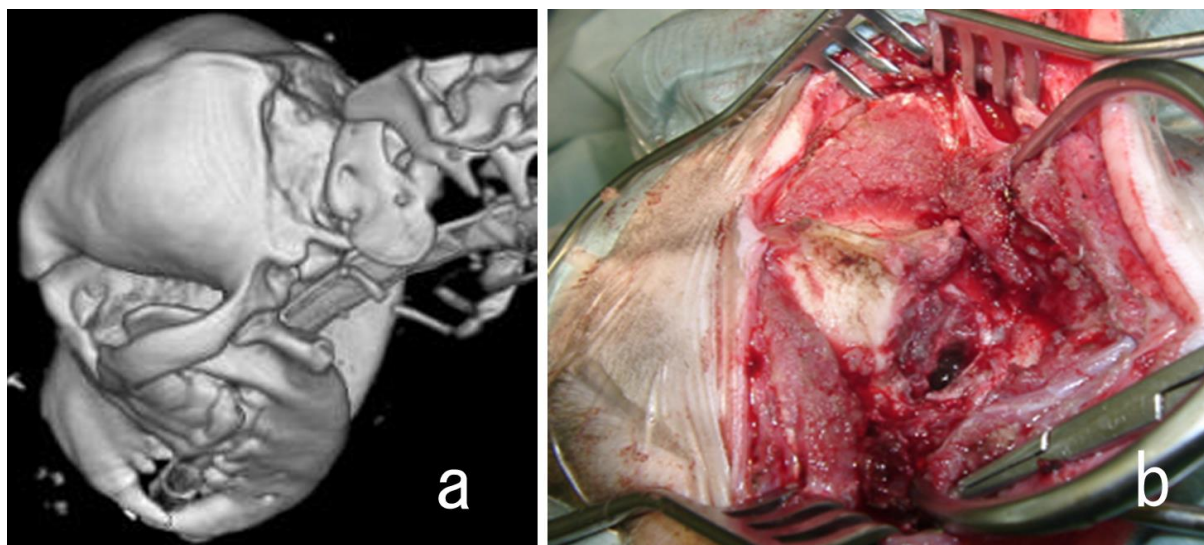


図 7 a : 術野の位置を示す。図の左側が吻側である。b : 片側後頭下開頭術。

## 3. 結果

症例の概要を表 1 に示した。犬種別は、犬 99 頭のうちゴールデンレトリバーが 18 頭で一番多く、次いで雑種犬が 16 頭、ウエリッシュコーギーペングルーブ 9 頭、ミニチュアダックスフントとラブラドルレトリバーが各 8 頭、チワワとシェルティが各 6 頭、柴犬が 4 頭、フレンチブルドッグ 3 頭、で、その他の犬種も多種に亘って認められた。猫 15 頭では雑種 11 頭、アメリカンショートヘア 3 頭、ブリティッシュショートヘアが 1 頭であった (図 8)。

年齢は 4 歳から 16 歳で、中央値 10 歳、平均 9.8 歳であった (図 9)。性別では雄 58 例、雌 56 例であった (図 10)。組織学的診断名は、髄膜腫が 65 例と最も多く、次いで組織球肉腫が 12 例であった。また退形成性髄膜腫 6 例、嚢胞性髄膜腫 5 例と多かった。その他顆粒球性髄膜腫、グリオーマ、悪性神経膠細

胞腫、星状細胞腫、膠芽腫、脈絡叢乳頭腫、上衣腫、鼻腔腺癌、扁平上皮癌、骨肉腫、非上皮性悪性腫瘍、血腫などが認められた（図 11）。腫瘍はどの品種も髄膜腫が多かったが、特にフレンチブルドッグは悪性神経膠細胞腫、ウエリィッシュコーギーは組織球性肉腫が多かった。腫瘍の発生部位は、前頭葉(64 例)、頭頂葉(15 例)、小脳(9 例)、側頭葉(7 例)および大脳鎌(6 例)に多く認められた（図 12）。

実施した開頭術は、経前頭洞開頭術 76 頭、吻側テント開頭術 20 頭、経後頭骨開頭術 11 頭、尾側テント開頭術 5 頭、経側頭骨開頭術 2 頭であった（表 2, 図 13）。これら開頭術により全症例のアプローチが可能であり、満足の腫瘍摘出範囲を形成することができた。

術中死は 0 頭、術後 48 時間以内の死亡数は症例 32、34、49、57、78、107 の 5 頭であった。

表 1 症例の概要

No	品種	年齢 (歳)	性 別	腫瘍	部位	開 頭 術
1	ゴールデンリトリバー	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
2	ゴールデンリトリバー	10	雄	髄膜腫	前頭葉	1
3	ゴールデンリトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉	1
4	ゴールデンリトリバー	8	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉	1
5	ゴールデンリトリバー	10	雌	髄膜腫	前頭葉	1
6	ゴールデンリトリバー	9	雄	髄膜腫	前頭葉	1
7	ゴールデンリトリバー	12	雌	髄膜腫	前頭葉	1
8	ゴールデンリトリバー	10	雌	髄膜腫	大脳鎌	1
9	ゴールデンリトリバー	13	雌	膠芽腫	前頭葉	1
10	ゴールデンレトリバー	9	雌	鼻腔腺癌	嗅球、前頭葉	1
11	ゴールデンレトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉	1
12	ゴールデンレトリバー	8	雌	髄膜腫	前頭葉	1
13	ゴールデンレトリバー	11	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉	1

14	ゴールデンレトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉	1
15	ゴールデンリトリバー	9	雌	髄膜腫	頭頂葉	2
16	ゴールデンレトリバー	16	雄	髄膜腫	小脳	4
17	ゴールデンレトリバー	14	雌	髄膜腫	小脳	4
18	ゴールデンレトリバー	13	雌	乳頭状髄膜腫	小脳左	4
19	雑種	10	雌	髄膜腫	前頭葉	1
20	雑種	12	雄	非上皮性悪性腫瘍	嗅球、鼻腔内	1
21	雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉	1
22	雑種	11	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
23	雑種	12	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉	1
24	雑種	10	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
25	雑種	7	雄	髄膜腫	前頭葉	1
26	雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉	1
27	雑種	10	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉	1
28	雑種	5	雄	鼻腔腺癌	前頭葉	1
29	雑種	10	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
30	雑種	15	雄	退形成性髄膜腫	頭頂葉	3
31	雑種	10	雌	グリオーマ	小脳	4
32	雑種	8	雄	脈絡叢乳頭腫	第四脳室	4
33	雑種	11	雌	髄膜腫	小脳	4
34	雑種	8	雄	髄膜腫	側頭葉	5
35	ウエリッシュコーギー	10	雌	髄膜腫	前頭葉	1
36	ウエリッシュコーギー	6	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
37	ウエリッシュコーギー	11	雌	組織球肉腫	前頭葉	1
38	ウエリッシュコーギー	9	雌	組織球肉腫	大脳鎌	1
39	ウエリッシュコーギー	8	雄	扁平上皮癌	鼻腔、嗅球	1
40	ウエリッシュコーギー	6	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
41	ウエリッシュコーギー	8	雌	組織球肉腫	側頭葉	2
42	ウエリッシュコーギー	8	雌	組織球肉腫	大脳鎌尾側	3

43	ウエリッシュコーギー	12	雌	組織球肉腫	小脳	4
44	ミニチュアダックス	6	雌	髄膜腫	大脳鎌	1
45	ミニチュアダックス	8	雌	髄膜腫	前頭葉	1
46	ミニチュアダックス	6	雌	鼻腔腺癌	鼻腔、嗅球	1
47	ミニチュアダックス	5	雌	顆粒球性髄膜腫	大脳鎌	1
48	ミニチュアダックス	4	雄	血腫	頭頂葉	2
49	ミニチュアダックス	6	雄	退形成性髄膜腫	頭頂葉	2
50	ミニチュアダックス	7	雌	脈絡叢乳頭腫	第三脳室	2
51	ミニチュアダックス	10	雌	嚢胞性髄膜腫	小脳	4
52	ラブラドルリトリバー	10	雌	髄膜腫	前頭葉	1
53	ラブラドルレトリバー	8	雄	髄膜腫	前頭葉	1
54	ラブラドルレトリバー	14	雌	退形成性髄膜腫	前頭葉	1
55	ラブラドルレトリバー	16	雌	髄膜腫	前頭葉	1
56	ラブラドルレトリバー	7	雌	上衣腫	第三脳室	2
57	ラブラドルレトリバー	10	雌	骨肉腫	頭頂葉	2
58	ラブラドルレトリバー	8	雌	グリオーマ	頭頂葉	2
59	ラブラドルレトリバー	7	雌	髄膜腫	小脳	4
60	チワワ	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
61	チワワ	10	雌	髄膜腫	前頭葉	1
62	チワワ	8	雌	髄膜腫	前頭葉	1
63	チワワ	11	雄	グリオーマ	頭頂葉	2
64	チワワ	9	雄	髄膜腫	頭頂葉	2
65	チワワ	9	雄	血腫	側頭葉	4
66	シェットランドシープドッグ	9	雌	血腫	前頭葉	1
67	シェットランドシープドッグ	10	雄	髄膜腫	嗅球前頭葉	1
68	シェットランドシープドッグ	14	雄	血腫	前頭葉	1
69	シェットランドシープドッグ	6	雌	髄膜腫	側脳室	2
70	シェットランドシープドッグ	9	雌	脈絡叢乳頭腫	第三脳室	2
71	シェットランドシープドッグ	9	雌	脈絡叢乳頭腫	第四脳室	2

72	柴犬	12	雄	髄膜腫	前頭葉	1
73	柴犬	12	雄	髄膜腫	前頭葉	1
74	柴犬	10	雄	髄膜腫	前頭葉	1
75	柴犬	7	雌	グリオーマ	頭頂葉	2
76	フレンチブルドック	5	雌	髄膜腫	前頭葉	1
77	フレンチブルドック	6	雄	希突起膠細胞	頭頂葉	2
78	フレンチブルドック	8	雄	希突起膠細胞	頭頂葉	2
79	ボーダーコリー	9	雄	髄膜腫	前頭葉	1
80	ボーダーコリー	7	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
81	ヨークシャテリア	13	雄	髄膜腫	前頭葉	1
82	ヨークシャテリア	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
83	ウェストハイランドホワイトテリア	9	雄	髄膜腫	前頭葉	1
84	ウェストハイランドホワイトテリア	16	雌	髄膜腫	前頭葉	1
85	ミニチュアシュナウザー	12	雌	髄膜腫	前頭葉	1
86	ミニチュアシュナウザー	8	雄	髄膜腫	前頭葉	1
87	マルチーズ	9	雄	髄膜腫	頭頂葉	2
88	マルチーズ	14	雄	髄膜腫	大脳鎌尾側	3
89	シーズ	9	雄	髄膜腫	前頭葉	1
90	ボストンテリア	13	雌	髄膜腫	前頭葉	1
91	フラットコーデットレトリバー	8	雄	組織球肉腫	前頭葉	1
92	ダルメシアン	10	雄	退形成性髄膜腫	前頭葉	1
93	ビーグル	14	雄	鼻腔腺癌	嗅球前頭葉	1
94	バーニーズマウンテンドッグ	8	雌	髄膜腫	前頭葉	1
95	シベリアンハスキー	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
96	スピッツ	9	雌	退形成性髄膜腫	前頭葉	1
97	トイプードル	8	雌	髄膜腫	側頭葉	2
98	ジャーマンシェパード	8	雌	髄膜腫	前頭葉大脳鎌	1
99	コッカスパニエル	11	雌	髄膜腫	前頭葉	1
100	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1

101	(猫)雑種	15	雄	希突起膠細胞	前頭葉	1
102	(猫)雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉	1
103	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
104	(猫)雑種	13	雄	髄膜腫	前頭葉	1
105	(猫)雑種	11	雄	扁平上皮癌	鼻腔、嗅球	1
106	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
107	(猫)雑種	10	雌	髄膜腫	側頭葉	2
108	(猫)雑種	7	雌	星状細胞腫	頭頂葉	3
109	(猫)雑種	10	雄	髄膜腫	頭頂葉	3
110	(猫)雑種	10	雄	退形成性髄膜腫	側頭葉	5
111	(猫)アメリカンショートヘアー	15	雄	髄膜腫	前頭葉	1
112	(猫)アメリカンショートヘアー	11	雄	髄膜腫	前頭葉	1
113	(猫)アメリカンショートヘアー	11	雄	髄膜腫	頭頂葉	2
114	(猫)British short hair	8	雌	髄膜腫	小脳	4

1：経前頭洞開頭術 2：吻側テント開頭術 3：尾側テント開頭術

4：経後頭骨開頭術 5：経側頭骨開頭術

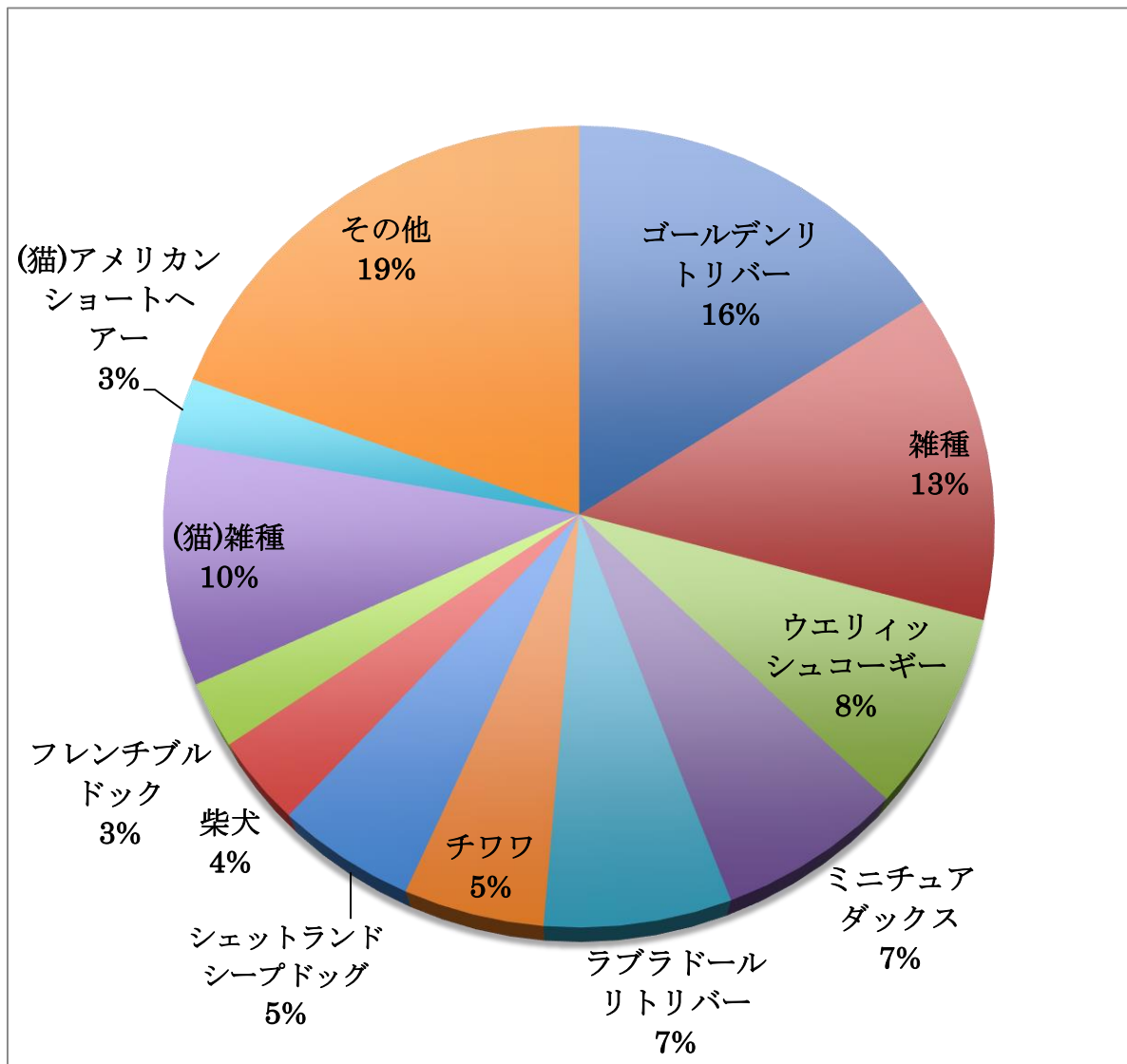


図 8 品種



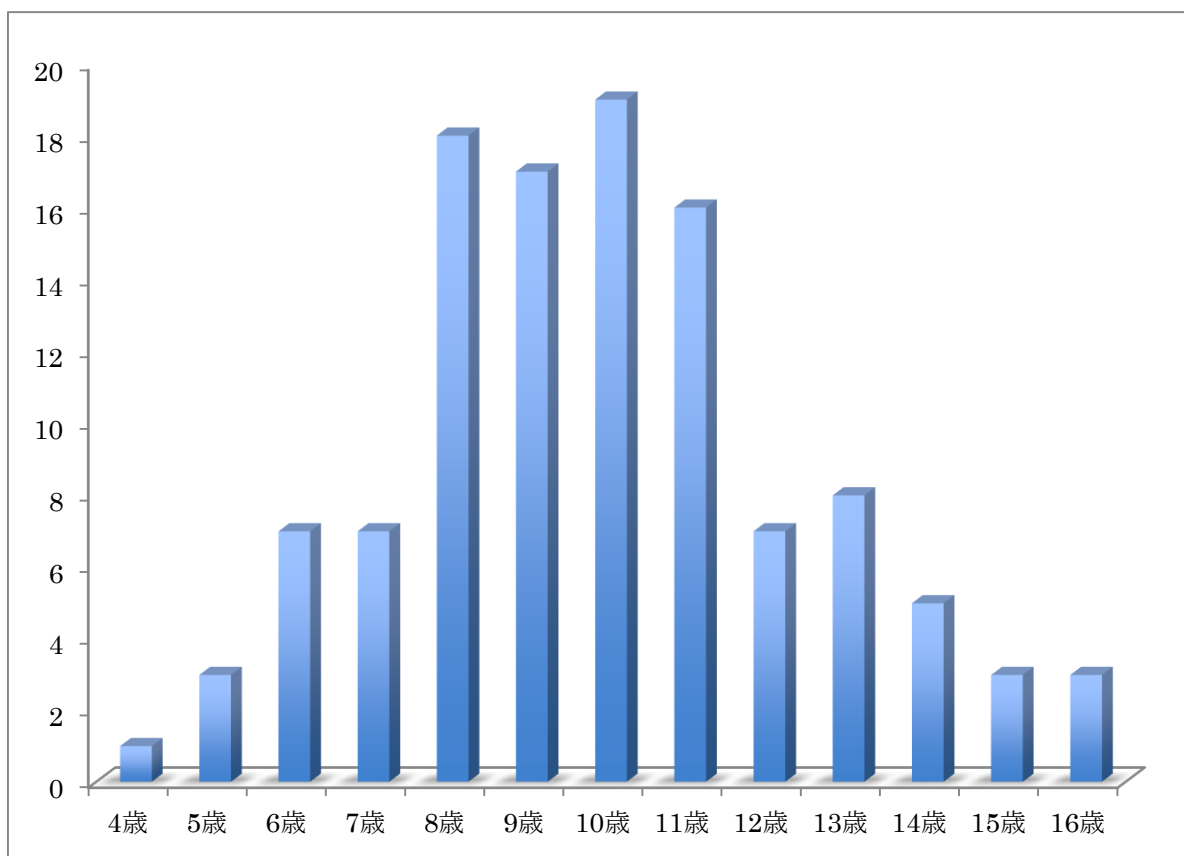


図 9 年齢

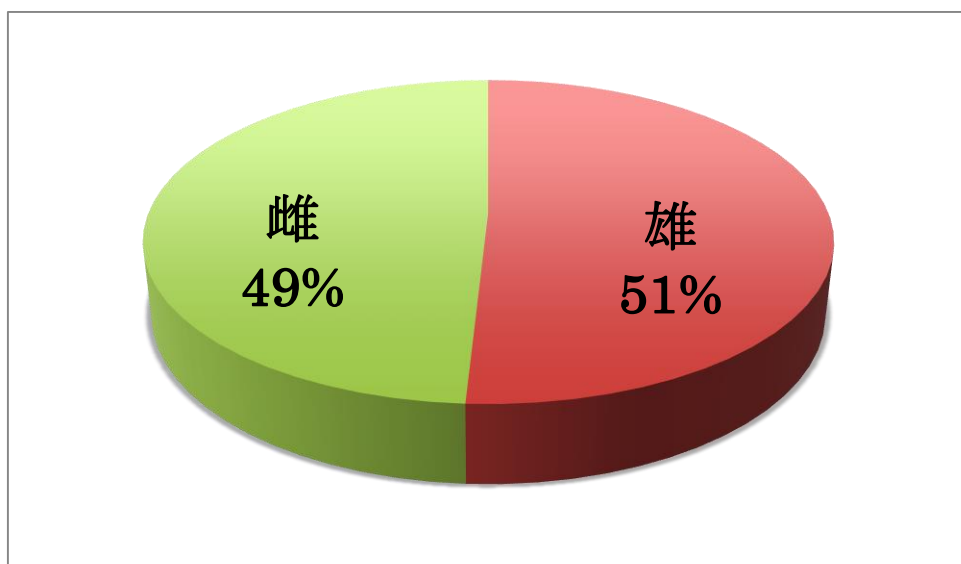


図 10 性別

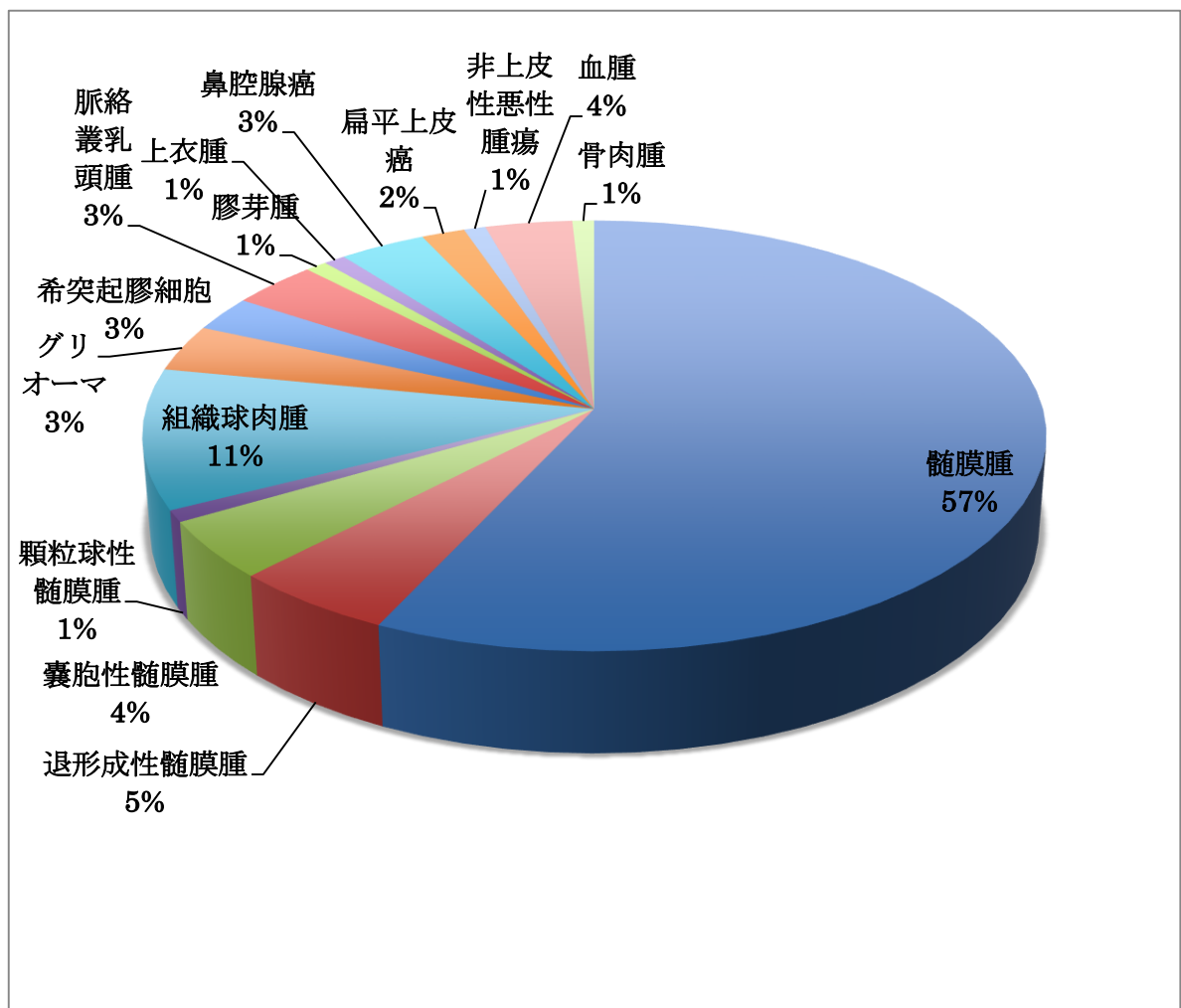


図 11 診断名

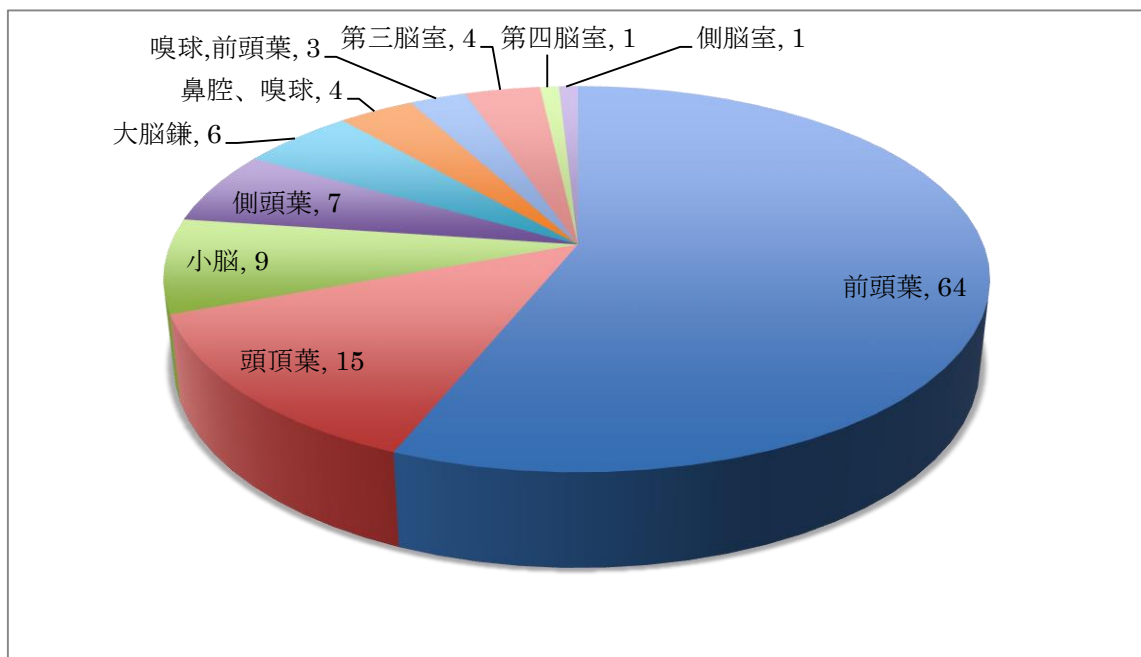


図 12 発生部位

表 2. 開頭術別頭数

開頭術の種類	頭数
経前頭洞開頭術	76
吻側テント開頭術	20
経後頭骨開頭術	11
尾側テント開頭術	5
経側頭骨開頭術	2
合計	114

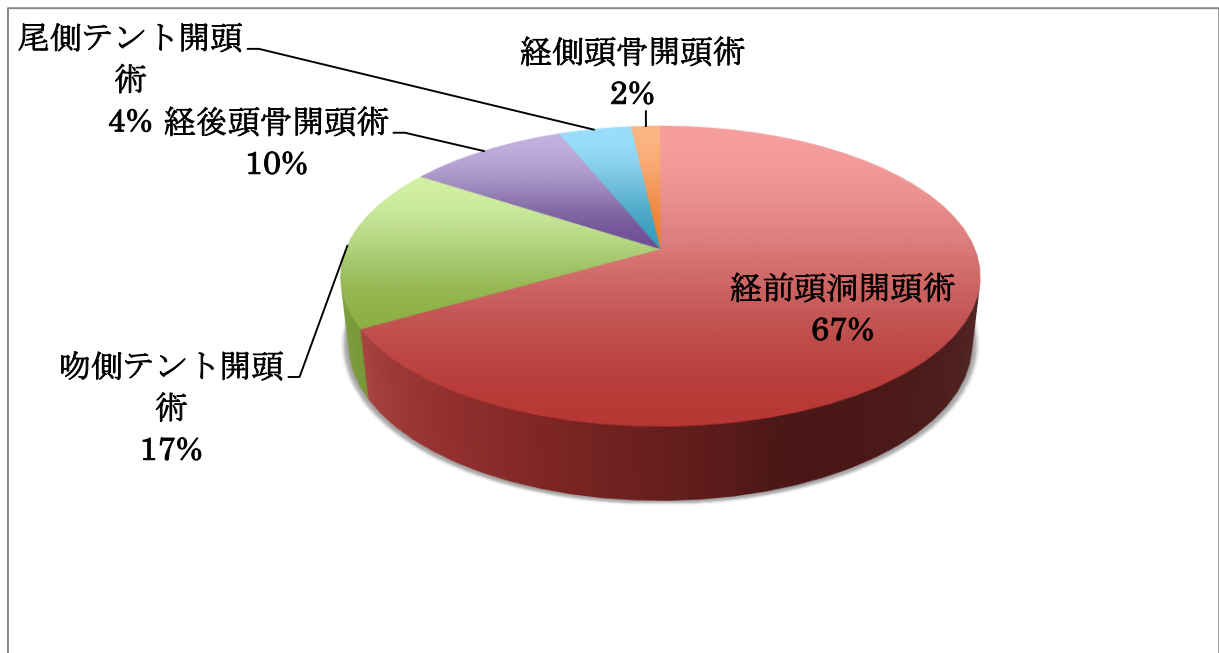


図 13 開頭手術名

・経前頭洞開頭術 (Transfrontal Sinus Craniotomy) :

本法を実施した症例は 76 頭であり表 3 にその概要を示す。本法では大脳の頭側面（前頭葉）および嗅球へのアプローチ法が可能であった。実際に本法を実施した症例の MRI を示す（図 14）。術中死は 0 であり、また術後 48 時間以内に死亡した症例はいなかった。すべての症例で感染の危険性があり、術中にイソジン消毒をし、術後の感染は回避できた。7 例で嗅球部に腫瘍が認められ、アプローチするためには、篩骨甲介部までの骨切開が必要であった。その内の症例 10 は術後 10 日目に鼻腔内より硬膜の欠損部に空気が入り、気脳症が認められた（図 15）。症例 20、39、67 は事前に前頭骨外板の骨膜より有茎フラップを形成し、篩骨甲介部位を被うようにした結果、気脳症は認められなかった（図 16）。外板は頭蓋形成のため必ず元に戻し、2-0 ナイロン糸にて固定することが可能であった。（図 17）。その際、整復後の前頭骨隙間より空気が漏れ、術後の皮下気腫が発生するため、その部位を圧迫するよう 10 日間のバンテージ固定を行った結果皮下気腫を回避することができた。

表 3 経前頭洞開頭術を行った症例の概要

症例 固有 番号	品 種	年 齢 (歳)	性 別	腫 瘍	部 位
1	ゴールデンリトリバー	11	雄	髄膜腫	前頭葉
2	ゴールデンリトリバー	10	雄	髄膜腫	前頭葉
3	ゴールデンリトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉
4	ゴールデンリトリバー	8	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉
5	ゴールデンリトリバー	10	雌	髄膜腫	前頭葉
6	ゴールデンリトリバー	9	雄	髄膜腫	前頭葉
7	ゴールデンリトリバー	12	雌	髄膜腫	前頭葉
8	ゴールデンリトリバー	10	雌	髄膜腫	大脳鎌
9	ゴールデンリトリバー	13	雌	膠芽腫	前頭葉
10	ゴールデンレトリバー	9	雌	鼻腔腺癌	嗅球、前頭葉
11	ゴールデンレトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉
12	ゴールデンレトリバー	8	雌	髄膜腫	前頭葉
13	ゴールデンレトリバー	11	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉
14	ゴールデンレトリバー	9	雌	髄膜腫	前頭葉
19	雑種	10	雌	髄膜腫	前頭葉
20	雑種	12	雄	非上皮性悪性腫瘍	嗅球、鼻腔内
21	雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉
22	雑種	11	雄	組織球肉腫	前頭葉
23	雑種	12	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉
24	雑種	10	雄	組織球肉腫	前頭葉
25	雑種	7	雄	髄膜腫	前頭葉
26	雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉
27	雑種	10	雄	嚢胞性髄膜腫	前頭葉
28	雑種	5	雄	鼻腔腺癌	前頭葉

29	雑種	10	雄	組織球肉腫	前頭葉
35	ウエリッシュコーギー	10	雌	髄膜腫	前頭葉
36	ウエリッシュコーギー	6	雄	組織球肉腫	前頭葉
37	ウエリッシュコーギー	11	雌	組織球肉腫	前頭葉
38	ウエリッシュコーギー	9	雌	組織球肉腫	大脳鎌
39	ウエリッシュコーギー	8	雄	扁平上皮癌	鼻腔、嗅球
40	ウエリッシュコーギー	6	雄	組織球肉腫	前頭葉
44	ミニチュアダックス	6	雌	髄膜腫	大脳鎌
45	ミニチュアダックス	8	雌	髄膜腫	前頭葉
46	ミニチュアダックス	6	雌	鼻腔腺癌	鼻腔、嗅球
47	ミニチュアダックス	5	雌	顆粒球性髄膜腫	大脳鎌
52	ラブラドルリトリバー	10	雌	髄膜腫	前頭葉
53	ラブラドルレトリバー	8	雄	髄膜腫	前頭葉
54	ラブラドルレトリバー	14	雌	退形成性髄膜腫	前頭葉
55	ラブラドルレトリバー	16	雌	髄膜腫	前頭葉
60	チワワ	11	雄	髄膜腫	前頭葉
61	チワワ	10	雌	髄膜腫	前頭葉
62	チワワ	8	雌	髄膜腫	前頭葉
66	シェットランドシープドッグ	9	雌	血腫	前頭葉
67	シェットランドシープドッグ	10	雄	髄膜腫	嗅球前頭葉
68	シェットランドシープドック	14	雄	血腫	前頭葉
72	柴犬	12	雄	髄膜腫	前頭葉
73	柴犬	12	雄	髄膜腫	前頭葉
74	柴犬	10	雄	髄膜腫	前頭葉
76	フレンチブルドック	5	雌	髄膜腫	前頭葉
79	ボーダーコリー	9	雄	髄膜腫	前頭葉
80	ボーダーコリー	7	雄	組織球肉腫	前頭葉
81	ヨークシャテリア	13	雄	髄膜腫	前頭葉
82	ヨークシャテリア	11	雄	髄膜腫	前頭葉

83	ウェストハイランドホワイトテリア	9	雄	髄膜腫	前頭葉
84	ウェストハイランドホワイトテリア	16	雌	髄膜腫	前頭葉
85	ミニチュアシュナウザー	12	雌	髄膜腫	前頭葉
86	ミニチュアシュナウザー	8	雄	髄膜腫	前頭葉
89	シーズ	9	雄	髄膜腫	前頭葉
90	ボストンテリア	13	雌	髄膜腫	前頭葉
91	フラットコーデットレトリバー	8	雄	組織球肉腫	前頭葉
92	ダルメシアン	10	雄	退形成性髄膜腫	前頭葉
93	ビーグル	14	雄	鼻腔腺癌	嗅球前頭葉
94	バーニーズマウンテンドッグ	8	雌	髄膜腫	前頭葉
95	シベリアンハスキー	11	雄	髄膜腫	前頭葉
96	スピッツ	9	雌	退形成性髄膜腫	前頭葉
98	ジャーマンシェパード	8	雌	髄膜腫	前頭葉大脳鎌
99	コッカスパニエル	11	雌	髄膜腫	前頭葉
100	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉
101	(猫)雑種	15	雄	希突起膠細胞	前頭葉
102	(猫)雑種	13	雌	髄膜腫	前頭葉
103	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉
104	(猫)雑種	13	雄	髄膜腫	前頭葉
105	(猫)雑種	11	雄	扁平上皮癌	鼻腔、嗅球
106	(猫)雑種	11	雄	髄膜腫	前頭葉
111	(猫)アメリカンショートヘアー	15	雄	髄膜腫	前頭葉
112	(猫)アメリカンショートヘアー	11	雄	髄膜腫	前頭葉

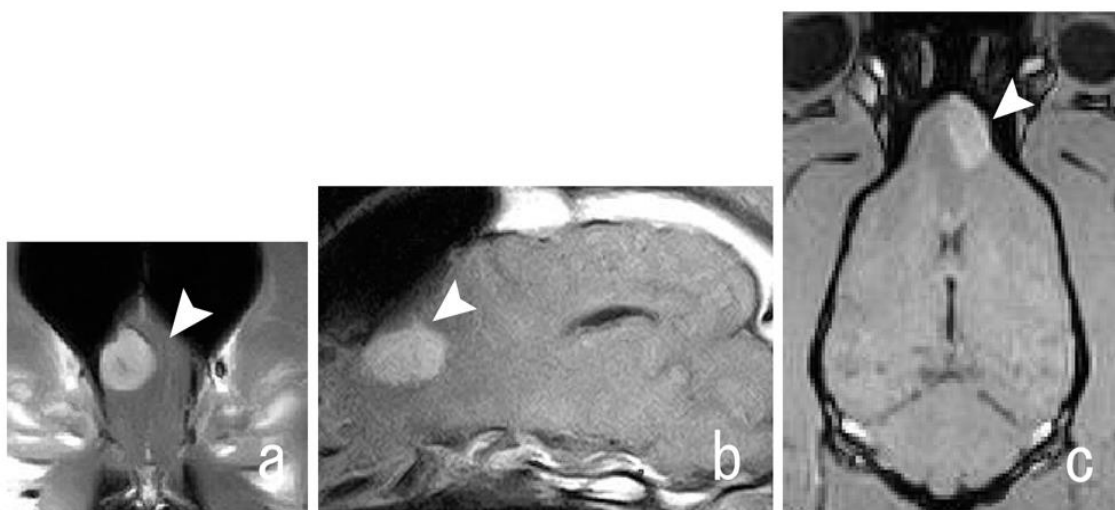


図 14 経前頭洞開頭術でアプローチした症例 27 の Gd 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍を示す。a:横断像；前頭骨内板下円蓋部に Gd で造影増強される腫瘍が認められる。b:矢状断像；前頭葉に腫瘍がみられる。c:冠状断像；大脳鎌頭側部左側に腫瘍が認められる。



図 15 症例 10、術後 10 日、気脳症 MRI (T2 強調画像)  
矢頭は脳室内の気体部を示す。



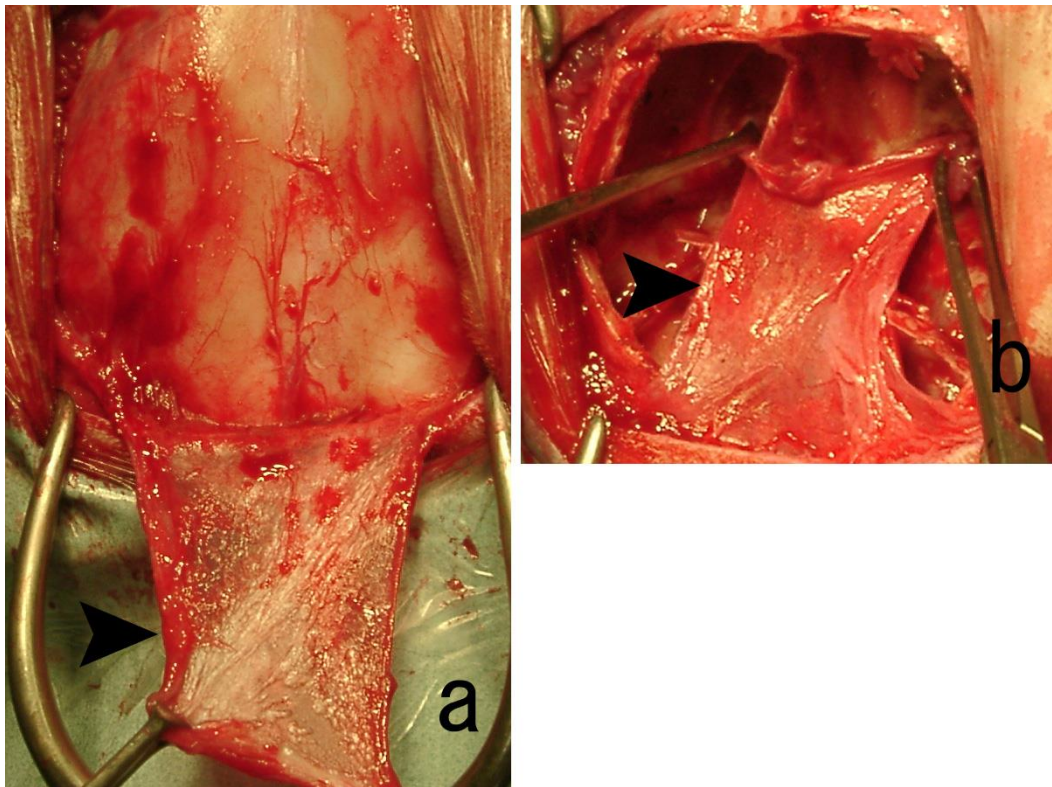


図 16 症例 20 a:有茎フラップの形成。b: 篩骨骨甲介部位をフラップで被ったところ。

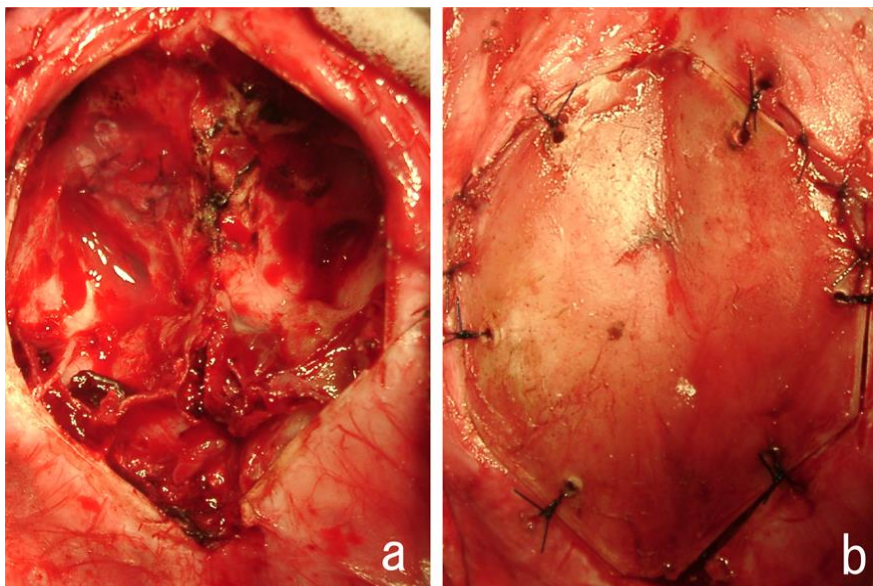


図 17 経前頭洞開頭術（症例 1）

a:前頭骨外板切除後の状態。b:前頭骨外板整復後、ナイロン糸で骨外板を固定した。

・吻側テント開頭術(Rostrotentorial Craniotomy / Craniectomy)：本法を実施した症例は 20 頭であり表 4 にその概要を示す。本法は右および左側大脳半球へのアプローチが可能であった(図 18)。両側性にアプローチする場合は両側吻側テント開頭 Bilateral Rostrotentorial Craniotomy / Craniectomy) を行うことで両側の大脳へのアプローチが可能であった。さらに脳表より側脳室、またそれを経由して第三脳室までの経皮質アプローチ (Transcortical approach) [59] が可能であった (図 19,20)。術中死は 0 であったが、術後 48 時間以内に死亡した症例は症例 49、57、78、107 の 4 頭であった。その腫瘍は悪性腫瘍が多かった。症例 15、63 以外の症例は骨板を戻さずに除去したままにしたが、側頭筋で覆うことで特に術後の合併症は認められなかった。

表 4 吻側テント開頭術を行った症例の概要

症例 固有 番号	品種	年齢 (歳)	性 別	腫瘍	部位
15	ゴールデンリトリバー	9	雌	髄膜腫	頭頂葉
41	ウエリッシュコーギー	8	雌	組織球肉腫	側頭葉
48	ミニチュアダックス	4	雄	血腫	頭頂葉
49	ミニチュアダックス	6	雄	退形成性髄膜腫	頭頂葉
50	ミニチュアダックス	7	雌	脈絡叢乳頭腫	第三脳室
56	ラブラドルレトリバー	7	雌	上衣腫	第三脳室
57	ラブラドルレトリバー	10	雌	骨肉腫	頭頂葉
58	ラブラドルレトリバー	8	雌	グリオーマ	頭頂葉
63	チワワ	11	雄	グリオーマ	頭頂葉
64	チワワ	9	雄	髄膜腫	頭頂葉
69	シェットランドシープドッグ	6	雌	髄膜腫	側脳室
70	シェットランドシープドッグ	9	雌	脈絡叢乳頭腫	第三脳室

71	シェットランドシープドッグ	9	雌	脈絡叢乳頭腫	第三脳室
75	柴犬	7	雌	グリオーマ	頭頂葉
77	フレンチブルドック	6	雄	希突起膠細胞	頭頂葉
78	フレンチブルドック	8	雄	希突起膠細胞	頭頂葉
87	マルチーズ	9	雄	髄膜腫	頭頂葉
97	トイプードル	8	雌	髄膜腫	側頭葉
107	(猫)雑種	10	雌	髄膜腫	側頭葉
113	(猫)アメリカンショートヘアー	11	雄	髄膜腫	頭頂葉

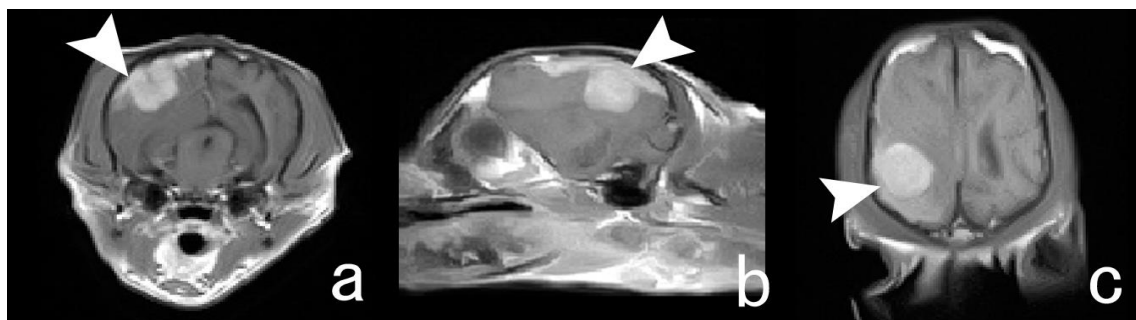


図 18 吻側テント開頭術でアプローチされた症例 87 の Gd 造影 T1 強調画像 MRI 像。矢頭は腫瘍像を示す。

a:横断像；腫瘍は Gd により造影増強されている。

b；矢状断像；腫瘍は、前頭葉、頭頂葉、後頭葉にかけて造影増強されている。

c;冠状断像；左側頭葉に腫瘍が認められる。

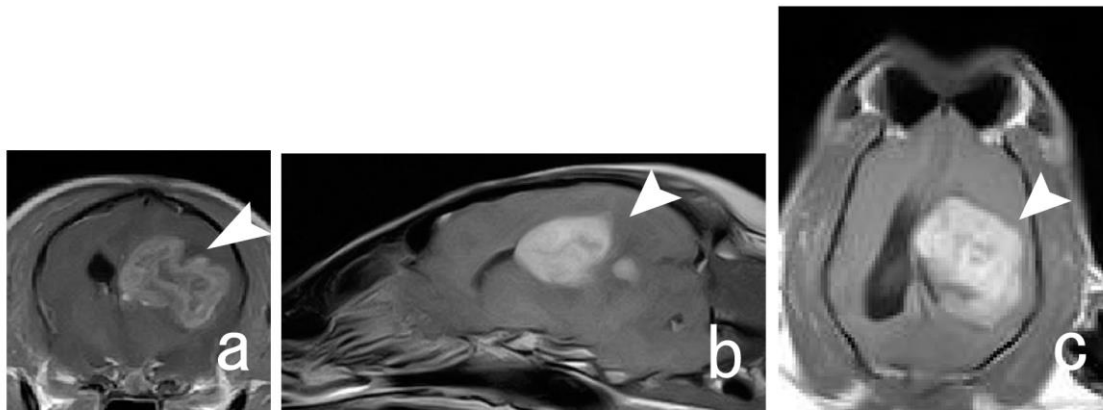


図 19 吻側テント開頭術でアプローチされた症例 69 の Gd 造影 T1 強調画像 MRI 像。矢頭は腫瘍像を示す。a:横断像；腫瘍は Gd により不整形に造影増強されている。右側脳室内に、腫瘍像が認められる。  
b；矢状断像；側脳室の尾側にむけて腫瘍が認められる。c;冠状断像；右大脳半球において、ミッドラインシフトがみられる、大きな腫瘍像が確認される。

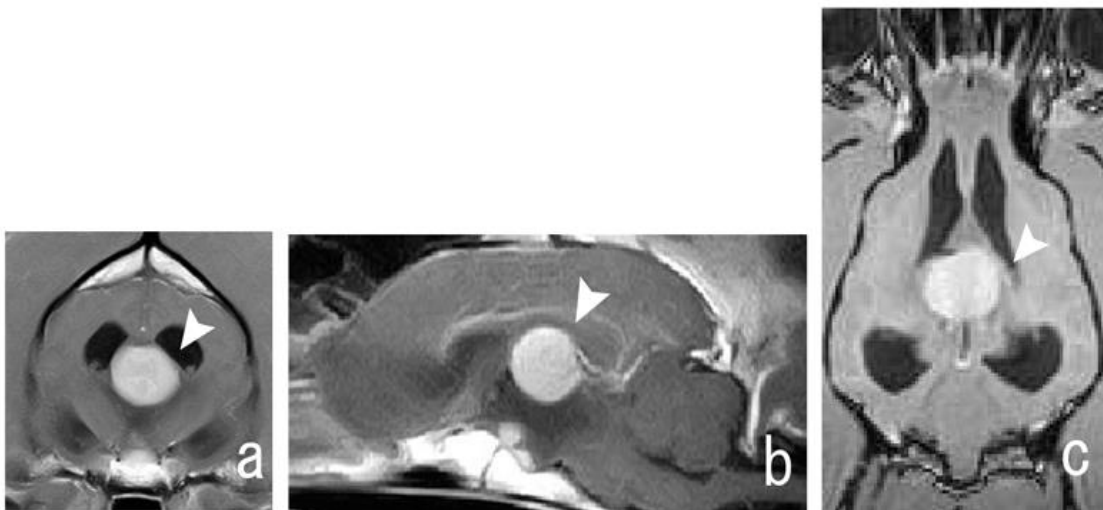


図 20 吻側テント開頭術でアプローチされた症例 56 の Gd 造影 T1 強調画像 MRI 像。矢頭は腫瘍像を示す。  
a:横断像；第三脳室内に、Gd で造影増強される腫瘍像が認められる。b；矢状断像；頭頂葉周辺に腫瘍像が認められる。c;冠状断像；脳の正中に腫瘍像が認められる。

・尾側テント開頭術(Caudotentorial Craniotomy/Craniectomy): 本法を実施した症例は 5 頭であり表 5 にその概要を示す。本法は大腦後方と小腦の吻側へのアプローチが可能であった(図 21)。術中死は 0 であり、また術後 48 時間以内に死亡した症例はいなかった。

表 5 吻側テント開頭術を行った症例の概要

症例固有 番号	品種	年齢 (歳)	性 別	腫瘍	部位
30	雑種	15	雄	退形成性髄膜腫	頭頂葉
42	ウエリッシュコーギー	8	雌	組織球肉腫	大腦鎌尾側
88	マルチーズ	14	雄	髄膜腫	大腦鎌尾側
108	(猫)雑種	7	雌	星状細胞腫	頭頂葉
109	(猫)雑種	10	雄	髄膜腫	頭頂葉

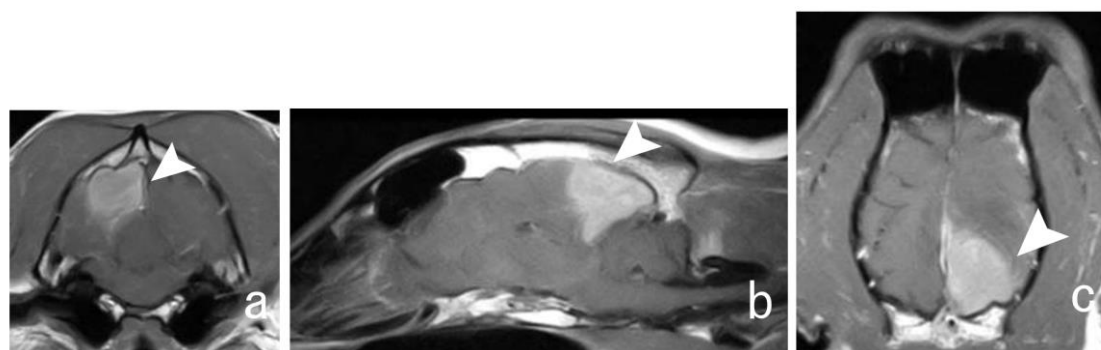


図 21 尾側テント開頭術でアプローチされた症例 42 の Gd 造影 T1 強調画像 MRI 像。矢頭は腫瘍像を示す。a:横断像；左テント上に Gd で造影増強される腫瘍像が認められる。b:矢状断像；後頭葉に Gd で造影増強される腫瘍像が認められる。c:冠状断像；大腦鎌尾側に沿った腫瘍像が認められる。

・経側頭骨開頭術 (Transtemporal Craniotomy) [15] および後頬骨弓骨切除開頭術(Retract Zygomatic Arch Craniectomy)：本法を実施した症例は 2 頭であり表 6 にその概要を示す。本法は大腦の頭側面およびその側方アプローチが可能であった(図 22)。術中死は 0 であったが、術後 48 時間以内に死亡した症例は

症例 34 の 1 頭であった。

頬骨弓の前方と後方を切断、咬筋とともに腹側に挙上することで、術野を確保できた。吻側方向では、頬骨弓および下顎筋突起が開頭範囲を妨げる。この場合は後頬骨弓骨切除開頭術によりアプローチすることができた。顎筋突起が妨げる場合は、術野を広げるため開口状態により、下顎筋突起を下げた状態にしておく必要があった。

経側頭骨開頭術、後頬骨弓骨切除開頭術は開頭範囲も比較的小さく、保護の必要がなく、整復不可能であったため、外板は元に戻さなかった。後頬骨弓骨切除開頭術においては、切断された頬骨弓はチタン性ワイヤーで固定し顔面の整復が可能であり、咀嚼の影響も診られなかった。

**表 6 経側頭骨開頭術および後頬骨弓骨切除開頭術を行った症例の概要**

症例固有 番号	品種	年齢 (歳)	性 別	腫瘍	部位
34	雑種	8	雄	髄膜腫	側頭葉
110	(猫)雑種	10	雄	退形成性髄膜腫	側頭葉

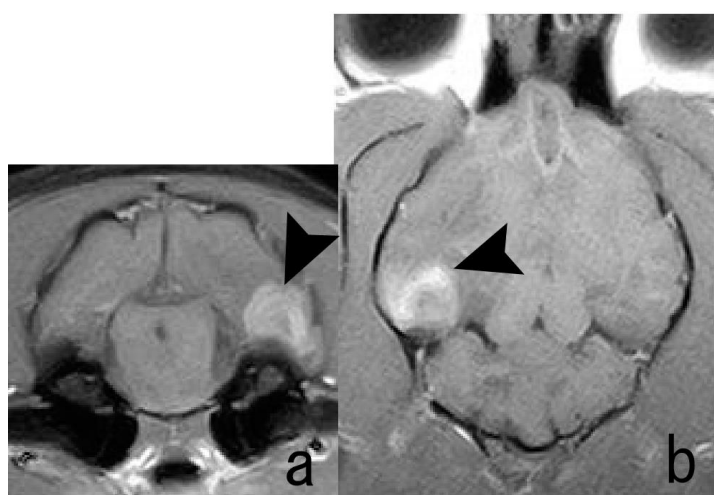


図 22 経側頭骨開頭術でアプローチされた症例 109 の Gd 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。a:横断像；側頭葉に腫瘍像が認められる。b:冠状断像；テント上に腫瘍像が認められる。腫瘍像は増強効果が弱く、不整形である。

- ・ 片側後頭下開頭術(Lateral Suboccipital Craniectomy): 本法を実施した症例

は 11 頭であり表 7 にその概要を示す。小脳の尾側面へのアプローチが可能であった（図 23）。また更には開頭範囲を腹側部にすると延髄および第 4 脳室内までのアプローチが可能であった（図 24）。術中死は 0 であったが、術後 48 時間以内に死亡した症例は症例 32 の 1 頭であった。開頭中の出血が多く、すべての症例で輸血の準備が必要となった。特に横行静脈洞、S 状静脈洞、導出静脈に注意が必要であり、止血にはボーンワックスを用いることで出血死する症例は認められなかった。また尾側テント開頭術と片側後頭下頭開頭術を行い、お互いの開頭術の間隔を詰めるようにし、かつ回りの骨を切削すると横行静脈洞をより結紮しやすくなった。この開頭術ではさらに小脳吻側部や脳幹部まで露出することができた。片側後頭下頭開頭術では、開頭部は複数の豊富な筋肉で覆われていて、開頭範囲も比較的小さいため、閉創時に骨板は元に戻さなかったが、合併症は認められなかった。

**表 7 片側後頭下頭開頭術開頭術を行った症例の概要**

症例固有 番号	品種	年齢 (歳)	性 別	腫瘍	部位
16	ゴールデンレトリバー	16	雄	髄膜腫	小脳
17	ゴールデンレトリバー	14	雌	髄膜腫	小脳
18	ゴールデンレトリバー	13	雌	乳頭状髄膜腫	小脳左
31	雑種	10	雌	グリオーマ	小脳
32	雑種	8	雄	脈絡叢乳頭腫	第四脳室
33	雑種	11	雌	髄膜腫	小脳
43	ウエリッシュコーギー	12	雌	組織球肉腫	小脳
51	ミニチュアダックス	10	雌	嚢胞性髄膜腫	小脳
59	ラブラドルレトリバー	7	雌	髄膜腫	小脳
65	チワワ	9	雄	血腫	側頭葉
114	(猫)British short hair	8	雌	髄膜腫	小脳

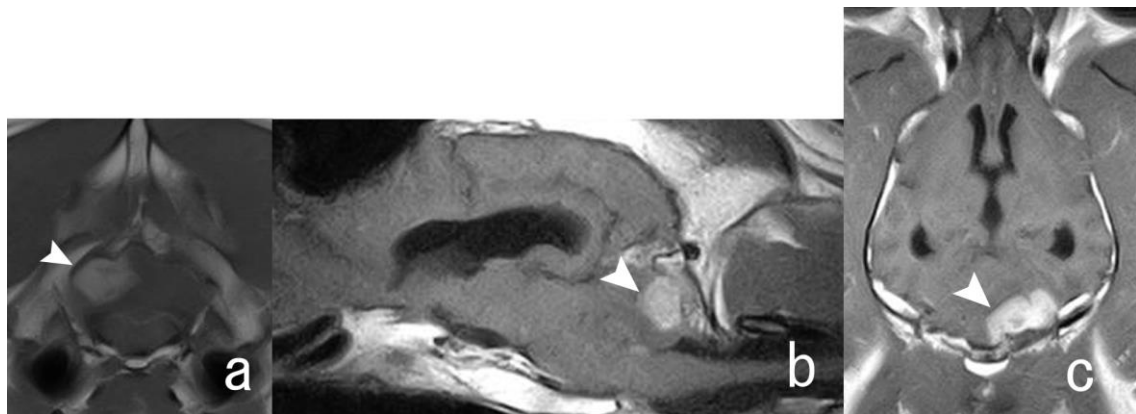


図 23 片側後頭下開頭術でアプローチされた症例 33 の Gd 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。a:横断像；腫瘍は Gd によりテント下左に造影増強されている。b:矢状断像；小脳部に腫瘍像が認められる。c:冠状断像；後頭骨に沿って腫瘍像が造影増強されている。

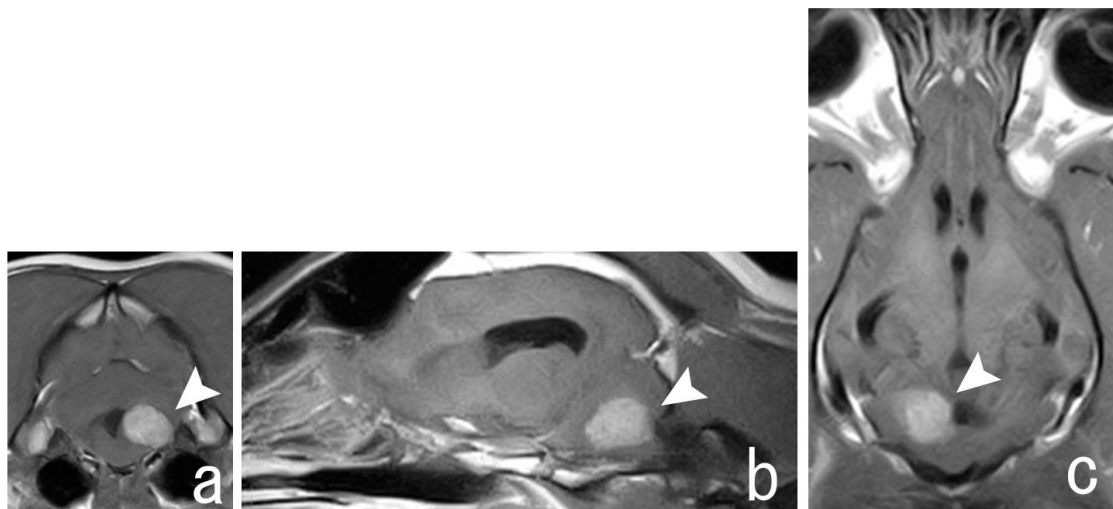


図 24 片側後頭下開頭術でアプローチされた症例 32 の Gd 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。a:横断像；第 4 脳室内に、腫瘍像が認められる。矢頭は腫瘍像を示す。b:矢状断像；Gd により小脳から延髄にかけて腫瘍像が造影増強されている。c:冠状断像；第 4 脳室右側に腫瘍像が認められる。



#### 4. 考察

開頭術の種類はこれまでの先人達の努力により、進化が認められる。経前頭洞開頭術は外板の骨弁は 1972 年に Parker、1982 年に Dewet らが片側のみの開頭を行ったが [18,57]、多くは嗅球、篩板、吻側前頭葉への視野が不十分で、手術創内での操作が制限されていた。このため 1987 年に Kostolich らは前頭骨と前頭洞を吻側に広げた台形の骨弁を形成するアプローチを行った [39]。このアプローチ法では嗅球と篩板の視野を広く確保できたが、前頭葉はあまり視野をとることができず、篩板の破壊を引き起こしやすかった。そこで 2000 年に Glass ら [28] が改良型両側経前頭洞開頭術として、bregma（冠状縫合および矢状縫合の会合部にあたる頭蓋上の点）を起点として、両側の頬骨突起方向に吻側の外側に広げるとともに、それから鼻骨の正中線縫合部まで切開して、そこで終わるダイヤモンド型の骨弁形成を提案した。これが現在の経前頭洞開頭術の基礎となっている。今回は、これをさらに改良して外板切除の形態と範囲を内板の切削範囲および露出する前頭葉、嗅球部をイメージしながら変化を持たせアプローチした。今回の症例 76 例においては、ほぼアプローチ可能であり、満足のいく摘出が可能であった。また術後 48 時間以内に死亡した症例はいなかったことより、安全性の高いアプローチであるといえる。

吻側テント開頭術は尾側テント開頭および最も広範囲に開頭範囲が得られ、腫瘍に対して最もアプローチしやすかった。しかし吻側テント開頭術において術後 48 時間以内に死亡した症例は 20 頭中 4 頭であり各開頭術の中で一番死亡率が高かった。これは悪性腫瘍が多く、手術前の転移の可能性、一般状態の悪さが考えられ、開頭術とは関係がないと思われる。経側頭骨開頭術および後頬骨弓骨切除開頭術は頬骨弓および下顎筋突起が開頭範囲を妨げ、すべての症例で十分な視野を得にくい状況であった。下顎筋突起が妨げる場合は、開口器により出来るだけ大きい開口状態により、下顎筋突起を下げると術野を広げることが可能であった。しかし脳底部へのアプローチは側頭葉が遮ることより、アプローチ法の工夫が必要であると考えられた。またこの付近の脳組織はデリケートであり、術後 48 時間以内に死亡した症例は 2 頭中 1 頭であった。片側後頭下開頭術は、術中死は 0 であり、術後 48 時間以内に死亡したは症例 32 頭中の 1 頭であった。開頭中の出血が多いことより、すべての症例で輸血の準備が必要と

なった。

開頭術でのリスクに関係するものとしては、静脈洞があげられる。吻側テント開頭術では背側矢状静脈洞、尾側テント開頭術では背側矢状静脈洞、横行静脈洞、片側後頭下頭開頭術では横行静脈洞、S状静脈洞に注意する必要がある。古くより静脈洞を結紮すると、重篤な脳浮腫が起きると考えられていた[55,56]。しかし、正常犬による研究から横行静脈洞またはS状静脈洞は片側結紮が可能であり[58]、背側矢状静脈洞は全体の中間の部位で結紮しても脳浮腫は発生しないことが明らかになった[7]。今回のケースにおいても、それら範囲内での静脈洞結紮による重篤な脳浮腫、脳室の拡張[58]は確認されなかった。また静脈洞からの出血は激しく、手術の進行を妨げ、時には出血性ショックまで引き起こす。止血にはボーンワックス等を用いて止血したり、周囲の骨を切削し静脈洞を露出後、静脈洞を結紮したりする必要がある。

一般的に短頭種、中頭種、長頭種によって開頭術に違いが認められた。短頭種は中頭種と比較して前頭洞が狭く、長頭種は大きく長い前頭洞を持つ[19]。特に、短頭種は前頭葉および嗅球の病変部を露出するだけの範囲をもたず、長頭種や中頭種のような経前頭洞開頭術は不可能であり、前頭骨の外板のみを開頭してアプローチする必要がある。経前頭洞開頭術において外板の骨切りの際、起点となる **bregma** が前頭洞の尾側正中の境界を示すとされているが[28]、中頭種の場合は、前頭洞の尾側正中の境界は **bregma** よりさらに吻側であり、その部位には背側矢状静脈洞があり、開頭の際には出血を起こす恐れがあるため注意が必要である。もし出血が起きたなら、骨切りを中止してボーンワックス等を用いて止血し、起点を吻側に移動させなければならない。

整復に際して、脳円蓋を露出させるために頭蓋冠を部分的に除去することを意味しており、切除した板状の骨を、閉鎖時に元に戻す頭蓋骨切開術(**craniotomy**)と元に戻さない頭蓋骨切開術(**craniectomy**)とに分かれる。術後の脳圧亢進に対しての減圧を考える場合は **craniectomy** が選択されるが、術後の脳の保護を考えた場合は **craniotomy** が選択される。骨片が腫瘍で侵されていたり、正しい整復ができない場合はコストがかかるがチタンメッシュプレートを用いることもある[11]。当院では現在オーダーメイド型チタンメッシュプレートに取り組んでいる(図 25)。経前頭洞開頭術では開頭術のため切開した

外板は頭蓋形成のため必ず元に戻す。その前頭骨骨弁を固定するデバイスは術後の MRI を考慮し、チタンクランプ [29] などを用いることが推奨されているが、コスト削減のため、当院ではナイロン糸で数か所の固定をしているが、現段階では、外板のずれや陥没はなく経過している。整復後の前頭骨隙間より空気が漏れ、術後の皮下気腫が発生するため、術直後より、その部位を圧迫するよう 10 日間のバンテージ固定を行なっている。短頭種の場合は、前頭骨を整復する際、前頭洞の空隙が存在せず、前頭葉に骨弁が触れた状況になり、吻側テント開頭術で述べたように頭蓋内圧亢進症を引き起こす原因となる可能性がある。そのため、このような場合の整復にも、チタンメッシュプレートを使用することが望ましい。

吻側および尾側テント開頭術においては切除した板状の骨を戻すべきかどうかは、論議の必要がある。整復を考えた場合は、当然戻すべきであるが、術後の頭蓋内圧亢進症を考えた場合は減圧のため、開放することも考慮する。特にこの部位には豊富な側頭筋が存在し、開頭範囲が大きくない限りは、開頭部は開放した状態で放置することが可能であろう。一方、陥没の危険、頭蓋内圧亢進症の合併症を考慮してチタンメッシュプレートを使用することが望ましい。

開頭術後の合併症で一番深刻な問題は誤嚥性肺炎である。2001 年、Frasson [24] らは開頭を行った 49 頭中 12 頭で術後の誤嚥性肺炎が認められ、7 頭が死亡したと報告している。術後の誤嚥性肺炎の原因としては、術後の嘔吐や吐出、巨大食道症 [15] などがあげられ、これらを抑制することが重要になる。また、前頭葉、嗅球での手術では、術直後から、てんかん発作が、かなりの確率で発生し [28,36,39,66]、人の場合、テント上の脳神経手術の 16% で、てんかん発作が起きると報告されている [23,51]。犬の場合、術直後から術後 6 か月以内の抗てんかん薬は必要であろうと考えられている [28]。感染に対しては、経前頭洞開頭術においては骨弁が篩骨甲介に達した場合は感染の危険性があり、術中にイソジン消毒をする必要がある。さらに、それを切除し嗅球や前頭葉にアプローチすることで、頭蓋鼻腔間が開通され、鼻腔内より硬膜の欠損部に空気が入り術後、気脳を起こす危険性がある [26]。当院でそれを経験した症例はそのまま放置するだけで、回復したが、その症状は重篤であった。このような危険がある場合は、術後の感染も考慮し、事前に前頭骨外板の骨膜

より有茎フラップを形成し、篩骨骨甲介部位を被うようにしている。

今回の症例の内、術中死は0頭、術後48時間以内の死亡例は、6例であった。開頭術の影響は術後の死亡に関係なく、それぞれの開頭術がほぼ的確に行えたと考えられた。

開頭術を単独あるいは組み合わせて用いることで、現段階では、頭蓋円蓋部へのアプローチが可能である。しかし、頭蓋底部などアプローチ不可能領域はまだ存在する。今後は開頭術に対する、さらなる詳細な分類、知見の発展に努め、黎明期である脳手術に役立たせていきたい。

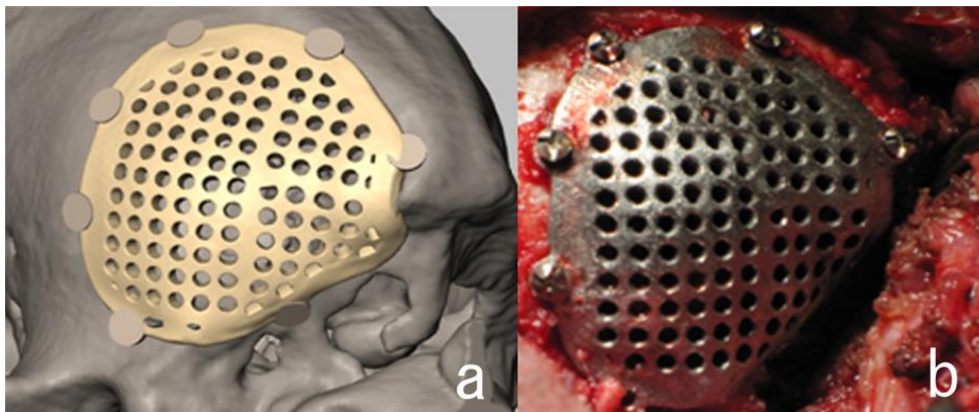


図 25 オーダーメイド型チタンメッシュプレート

a: コンピューター上でのデザイン。b: 装着後の外観。

## 5. 小括

頭蓋内の腫瘍および病変に対して開頭術を中心に各種アプローチの有用性について検討した。

その結果、

1. テント上病変に用いる開頭術には 1) 経前頭洞開頭術、2) 吻側テント開頭術 3) 吻側テント開頭術、4) 尾側テント開頭術、5) 経側頭骨開頭術および後頬骨弓骨切除開頭術が有用であった。
2. テント下病変に用いる開頭術には片側後頭下開頭術が有用であった。
3. 脳底部に対するアプローチとしては、限界があった。

## 第Ⅱ章

### 完全摘出が難しい頭蓋底脳腫瘍に対する手術アプローチ

#### 1. 小緒

脳腫瘍の発生部位は様々であり、その摘出は、様々なアプローチを駆使して行う必要がある [2]。第1章では円蓋部に認められる腫瘍に対してアプローチする各種開頭術について検討したが、これらの方法でもアプローチが困難な部位も存在する。特に脳底部であるトルコ鞍周辺の腫瘍に対するアプローチは、現在の獣医療においてはリスクが高く、より困難である。この部位の腫瘍に対してのアプローチは、過去の記述では側方からは経側頭骨開頭術

Transtemporal approach (TTA) [17]、傍正中では下垂体切除のための経蝶形骨開頭術 Transsphenoidal approach(TSA) [9,20,37,43,46,69]、下垂体より尾側方向に対しては環椎後頭骨関節 atlanto-occipital から吻側にアプローチする経底後頭骨開頭術 novel atlanto Transbasioccipital approach(TBA) [8] がある。犬の脳下垂体切除術によって犬下垂体の生理的機能について研究されていた [16]。その中で経側頭骨アプローチでは高率で死亡するのに対し、経蝶形骨アプローチでは安全に操作できたことから、後者のアプローチ法が行われるようになった [9,20,37,43, 46, 47,69]。一般的術式は、1997年に Meij ら [48] が確立させた経蝶形骨開頭術が基本となっている。この手術での体位は胸骨臥位で、手術台に付属されているメタルバーにより上顎をしっかりと固定する。さらに頭部も固定し、下顎は下方へ牽引され、口蓋を垂直方向にして術野を確保している。しかし、この体位では手術操作が安定せず、顕微鏡下での手術も困難になる。また経底後頭骨開頭術では、これを用いた脳腫瘍摘出術の報告は少なく、長期生存した症例の報告はない [8]。

腫瘍が傍正中に存在する場合でも、下垂体および視床より頭側では、腹側からのアプローチは困難であり、また脳の背側からのアプローチでは、脳底部腫瘍に到達するまでの操作が大きな侵襲となる。そのため、人の医療では経前頭洞開頭術から両側前頭葉の脳半球裂を経由する脳半球到達法である Interhemispheric approach(IHA)が用いられる [17,64]。

今回頭蓋底部に発生した腫瘍に対し、これらアプローチに改良を加えながら、

脳腫瘍摘出術を行った症例を基にして、頭蓋底脳腫瘍に対する手術アプローチについて検討した。

## 2. 材料および方法

### 1) 症例

症例の概要を表 8 に示した。

表 8 頭蓋底脳腫瘍の症例

症例番号	品種	年齢	性別	アプローチ
1	ゴールデンレトリバー	13	雌	IHA
2	ミニチュアダックス	3	雌	TSA
3	ボーダーコリー	8	雌	TBA
4	チワワ	13	雄	TBA
5	チワワ	8	雌	TBA
6	チワワ	13	雄	TTA
7	バグ	9	雌	TTA

IHA : Interhemispheric approach, TSA : Transsphenoidal approach

TBA : Transbasioccipital approach, TTA : Transtemporal approach

症例 1 : ゴールデンレトリバー、13 歳齢、雌、発作、歩行中に物にぶつかるという主訴で来院。神経学的検査では、威嚇瞬き反射の低下、対光反射の低下が認められた。MRI 検査（日立，AIRIS II CONFORT）では、アキシャル像ガドリニウム（G d）造影 T1 強調画像において下垂体部よりやや頭側に高信号を示す 10mm 大の腫瘍が認められた（図 26）。ACTH 刺激試験では、刺激前のコルチゾールが  $0.64 \mu\text{g/dl}$ 、刺激後は  $4.97 \mu\text{g/dl}$  であった。

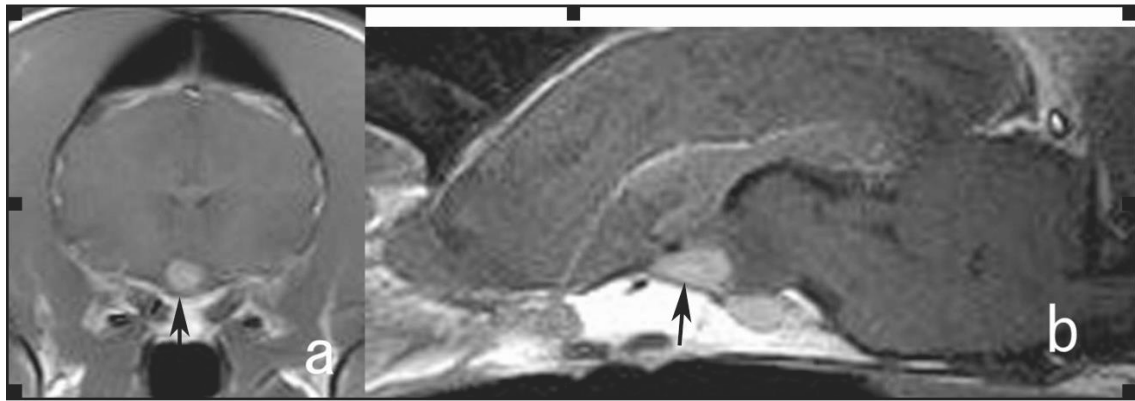


図 26 症例 1 の MRI 像。a : ガドリニウム (G d) 造影 T1 強調横断像。下垂体の頭側に造影増強された腫瘍 (矢印) が認められる。b : G d 造影 T1 強調矢状断像。

症例 2：ミニチュアダックス、3 歳齢、雌、視力消失、てんかん発作、歩行困難を主徴として来院した後、数日のうちに急激に症状が悪化し、意識消失、自発呼吸消失の状態に陥ったため救急手術の要請を受けた。MRI 検査では、ガドリニウム（G d）造影 T1 強調画像のアキシャル像で下垂体部背側に 15×15×15 mm の球形の高信号腫瘍が認められた（図 27）。ACTH 試験では、刺激前のコルチゾールが 1.05ug/dl、刺激後は 9.75ug/dl であった。

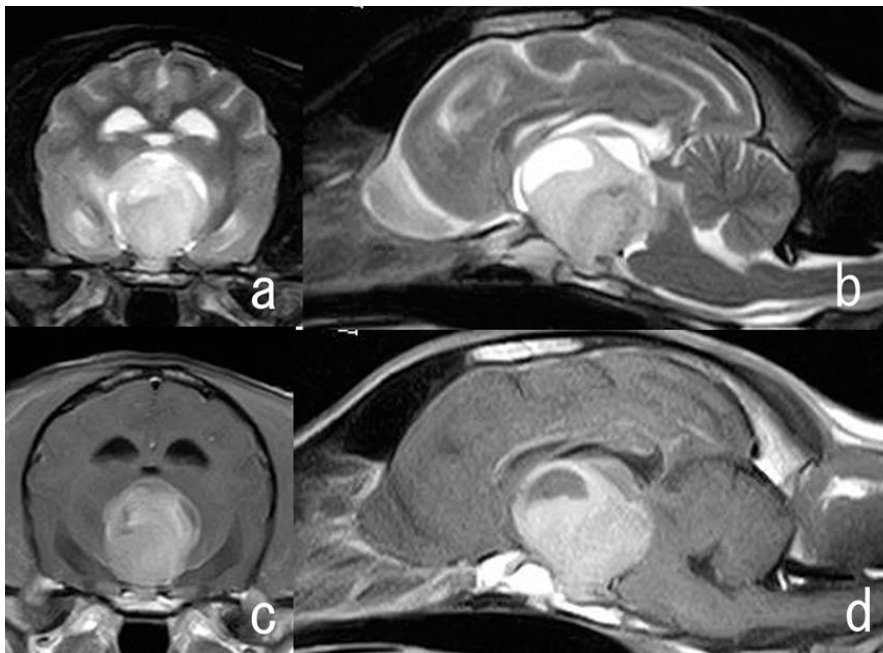


図 27 症例 2 の MRI 像。下垂体部背側に球形の腫瘍が認められた。a：T2 強調横断像 b：T2 強調矢状断像 c：G d 造影 T1 強調横断像 d：G d 造影 T1 強調矢状断像。



症例 3：ボーダーコリー、8 歳、雌、四肢の不全麻痺、旋回運動を呈し、威嚇瞬き反応低下、舌麻痺が認められた。MRI 検査では、ガドリニウム（G d）造影 T1 強調画像で楕円形の高信号腫瘍が認められた（図 28）。

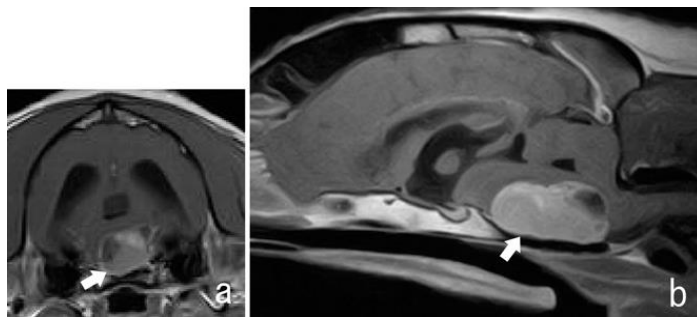


図 28 症例 3 の MRI 像。G d 造影 T1 強調画像。矢印は腫瘍部を示す。

a:横断像；脳底部傍正中に腫瘍像が認められた。b:矢状断像；橋から延髄にかけて楕円形であり、嚢胞性髄膜腫を疑う MASS 像が認められた。またこれにより、小脳の変形、二次性水頭症が認められた。ACTH 試験では、異常が認められなかった。

症例 4：チワワ 13 歳、雄、四肢の不全麻痺、異常行動が認められた。MRI 検査、ガドリニウム（G d）造影 T1 強調画像で傍正中にトルコ鞍から尾側にかけて不整形の高信号腫瘍が認められた（図 29）。

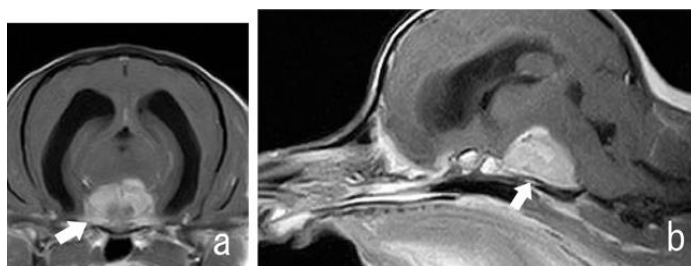


図 29 症例 4 の MRI 像。G d 造影 T1 強調画像。矢印は腫瘍部を示す。

a:横断像；脳底部傍正中に高信号 MASS 像が認められた。b:矢状断像；トルコ鞍から尾側にかけて楕円形であり、不整形の MASS 像が認められた。

ACTH 試験では、異常が認められなかった。

症例 5：チワワ、8 歳、雌、四肢の不全麻痺、起立困難、異常行動が認められた。MRI 検査、ガドリニウム（G d）造影 T1 強調画像で傍正中から左側、トルコ鞍から尾側にかけて不整形の高信号腫瘍が認められた（図 30）。

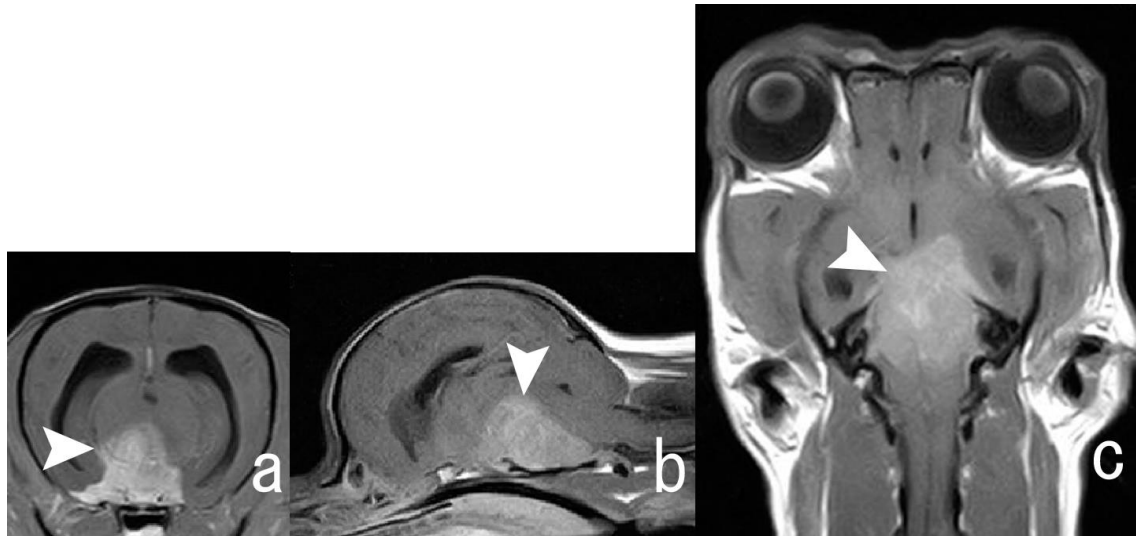


図 30 症例 5 の MRI 像。G d 造影 T1 強調画像。矢印は腫瘍部を示す。

a：横断像；脳底部傍正中から左側かけて高信号 MASS 像が認められた。b：矢状断像；トルコ鞍から尾側にかけて楕円形であり、不整形の MASS 像が認められた。

冠状断像；正中部を含み、広範囲に及ぶ腫瘍像が認められる。

症例 6：チワワ 13 歳、雄、てんかん発作、四肢の不全麻痺、起立困難、異常行動が認められた。MRI 検査、ガドリニウム（Gd）造影 T1 強調画像でトルコ鞍から尾側に不整形の高信号腫瘍が認められた（図 31）。

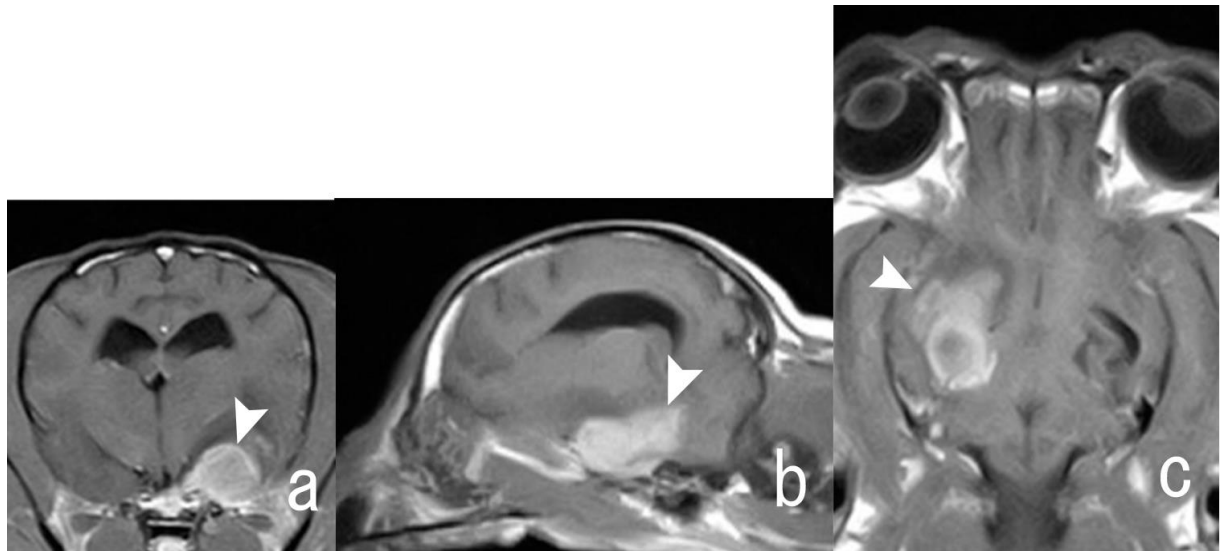


図 31 症例 6 の MRI 像。Gd 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。

a:横断像;Gd により腫瘍像がトルコ鞍右外側部に造影増強されている MASS 像が認められた。b:矢状断像;脳底部トルコ鞍から尾側に腫瘍像が認められた。c:冠状断像;側頭葉内側から脳幹部にかけて腫瘍像が認められた。

症例 7 はパグ 9 歳齢、雌、であった。突然のてんかん発作のため来院。若干の後肢の不全麻痺が認められた。MRI 検査においては、Gd 造影 T1 強調画像でトルコ鞍周辺から尾側部にかけて、左外側に高信号 MASS 像が認められた（図 32）。

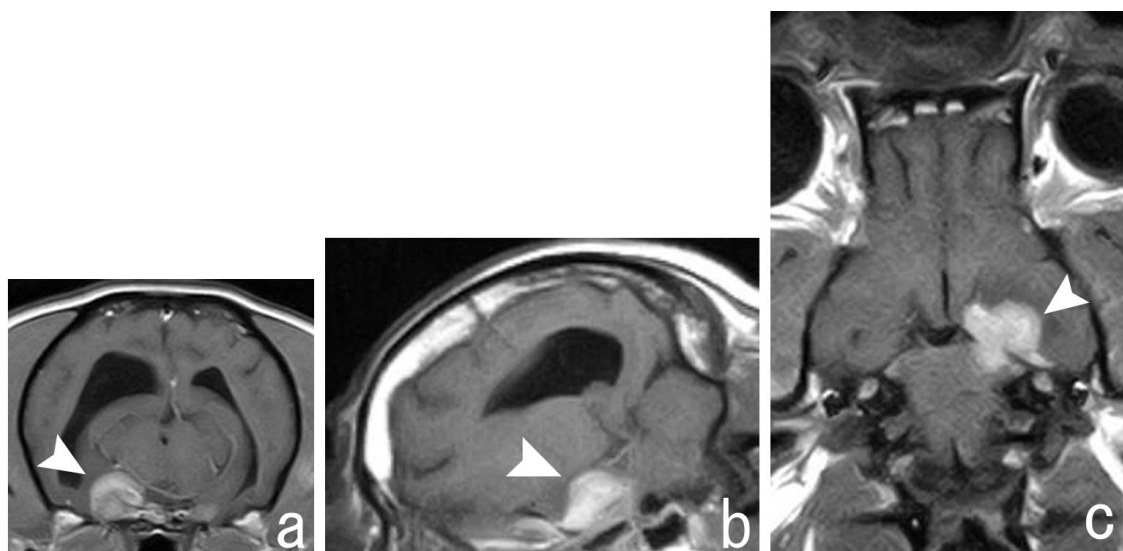


図 32 症例 7 の MRI 像。G d 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。

a:横断像；Gd により腫瘍像がトルコ鞍左外側部に造影増強されている。b:矢状断像；脳底部に腫瘍像が認められる。c: 冠状断像；側頭葉内側から脳幹部にかけて不整形腫瘍像が認められた。

## 2)各開頭術(アプローチ)

事前に画像からアプローチを検討し、以下の術式を行った。

### 大脳半球到達法 Interhemispheric approach(IHA)

経前頭洞開頭術を行い前頭葉表面の硬膜を広範囲に露出した（図 33）。進入部はできるだけ前頭葉の頭側で、背側矢状静脈洞の頭側 1/3 以内で、また手技が行えるスペースがあり、腫瘍までの距離が可能な限り短くなる部位を定めた。また進入経路は、脳梁膝部が妨げにならない角度を術中 MRI 非磁性体穿刺ガイド下で決定した（図 34）。

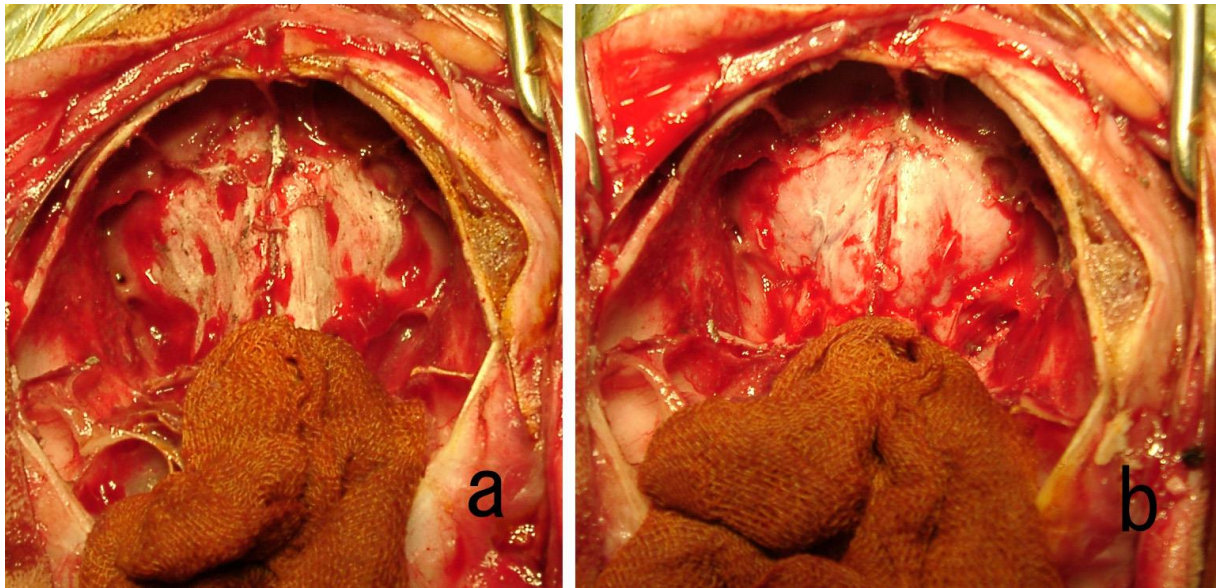


図 33 a：ラウンドバーとロンジュールで前頭骨内板を切除していく。b：前頭骨内板をいっばいに開頭した。硬膜が露出されている。

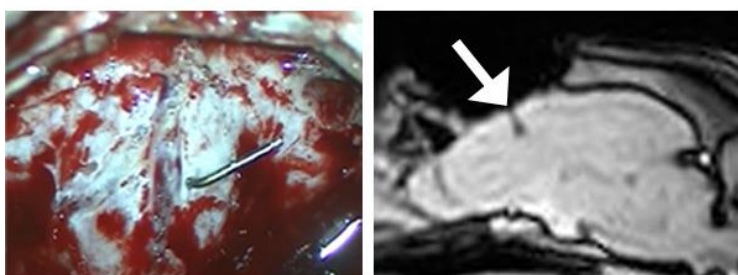


図 34 症例 1 の硬膜部のマーカーと T1 強調矢状断像。硬膜部に 24 ゲージ MR 用バイオプシー針を必要な長さに切り、マーカーとして腫瘍部の中心に向けて挿入した。留置したマーカー（矢印）が腫瘍に正しく刺入されている事を MRI 像で確認した。

開頭以後の手術操作は顕微鏡下（オリンパス OME5000）で実施し、硬膜を開き、進入をスムーズに行うため矢状静脈洞と大脳鎌を自由縁まで切断し、左右の大脳の緊張を緩めた。その後大脳半球間裂を真下方向に直回を分けて進み、腫瘍部に到達した（図 35）。

腫瘍組織は超音波吸引装置（エムアンドエム、ソノペット）で破砕し、引き剥かないようにマイクロ器具を使用しながら剥離切除した。また手術中に MRI 検査を行い、腫瘍組織の残存がないことを確認し（図 36）、摘出手術を完了した。

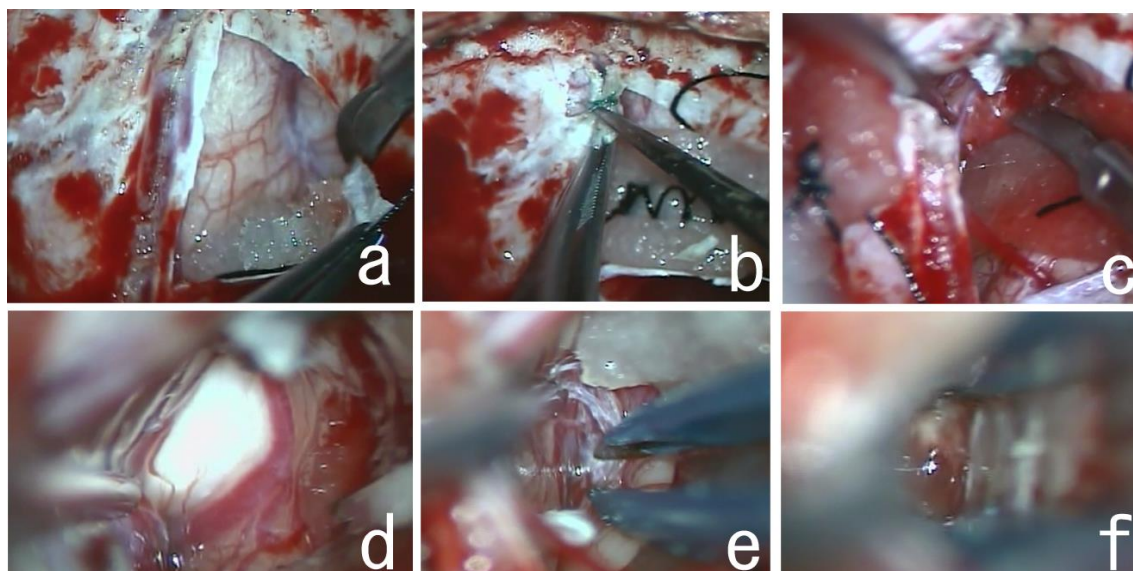


図 35 Interhemispheric approach(IHA)の所見。

a,硬膜切開、b,矢状静脈洞結紮、c,大脳鎌切開、d,脳梁部の露出、e,大脳半球間裂の分離、f,第三脳室到達。



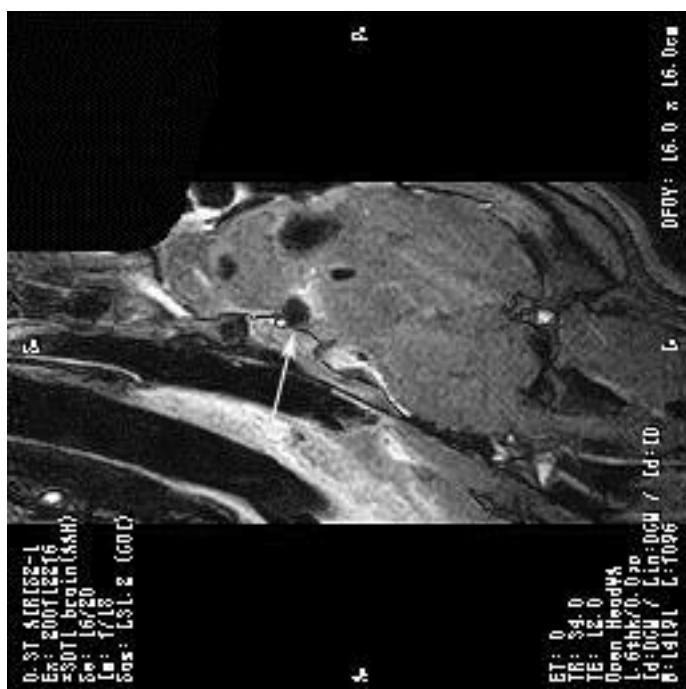


図 36 術中 G d 造影 T1 強調矢状断像。腫瘍組織の残存（矢印）は認められない。

### 経蝶形骨アプローチ Transsphenoidal approach(TSA)および経蝶形骨開頭術 (Transsphenoidal Craniectomy)

体位はプラスチック開口器で、いっばいに開口した状態で仰臥位に保定した。口腔内を消毒後、術中 MRI で腫瘍の位置を確認しながら、軟口蓋の正中、その後鼻咽頭粘膜を切開して目的の蝶形骨を露出した。その後、手術顕微鏡を用い、蝶形骨は超音波吸引装置のボーンキュレットハンドピースを用い、破碎後、腫瘍組織の表面を露出した（図 37）。

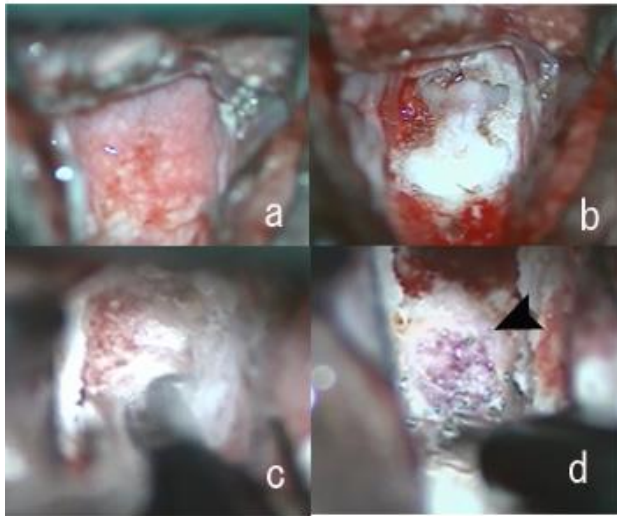


図 37 症例 2 の経蝶形骨開頭術。 a : 鼻咽頭粘膜の露出 b : 蝶形骨の露出  
c : ボーンキュレットハンドピースを用いた骨破碎 d : 腫瘍露出、矢頭は腫瘍部を示す。

#### 経底後頭骨アプローチ (Transbasioccipital approach (TBA)) および経底後頭骨開頭術 (Transbasioccipital Craniectomy):

プラスチック開口器でいっばいに開口した状態で手術の体位は、仰臥位に保定し、挿管（気管チューブ）は術野の妨げになるため気管切開を行ない、挿入した（図 38）。口腔内消毒後、手術顕微鏡を用い（図 39）、術中 MRI で確認しながら、軟口蓋の正中、その後鼻咽頭粘膜を切開して目的の底蝶形骨および底後頭骨を露出した。



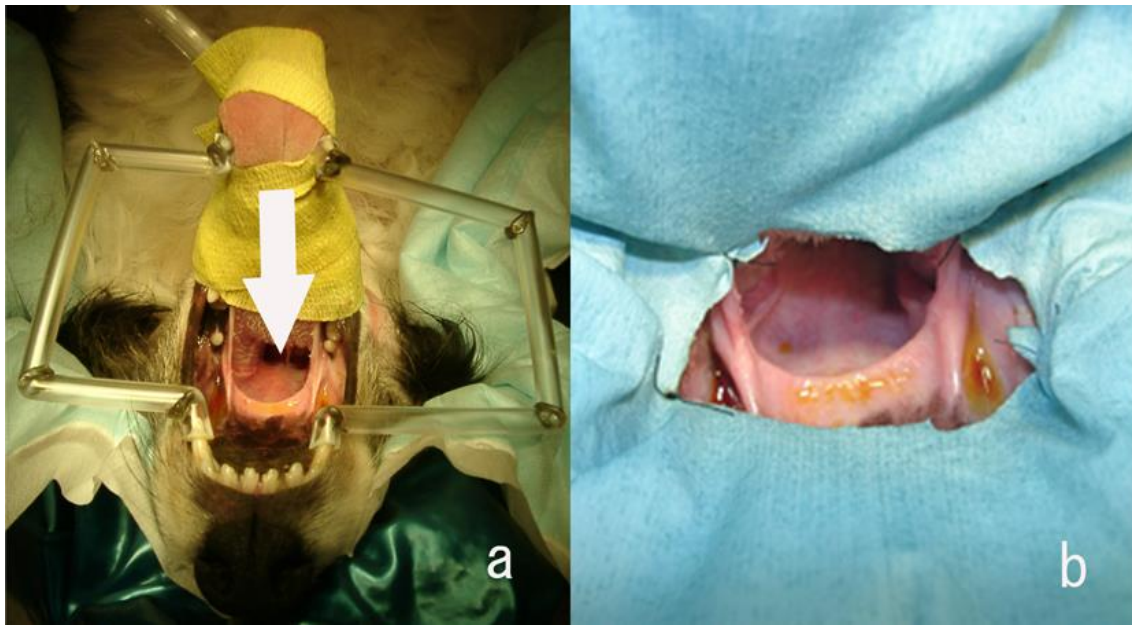


図 38 口腔内を経由する経底後頭骨開頭術および経底後頭骨開頭術。a:矢印の方向にアプローチする。

b:アプローチ部位の拡大図。



図 39 TBA の手術風景。体位を仰臥位に保定することで、通常の手術顕微鏡を使うときの姿勢で、また矢印のような方向で術野を見ることができる。骨の切削は超音波吸引装置（ソノペット）のボーンキュレットハンドピースを用い、経蝶形骨開頭術より尾側部を切削した。切削範囲の鞍背部に存在する海面静脈洞と両側にある副側錐体静脈洞に注意し、手術顕微鏡下で慎重に正中に操作した。術後は腫れが軟口蓋および鼻腔に惹起されることから気管切開の傷は、閉じずに気管チューブを短くし、そのまま挿入した状態で数日間留置した。

## 経側頭骨アプローチ(Transtemporal approach (TTA) )および経側頭骨開頭術(Transtemporal Craniotomy)

体位は胸骨臥位に保定し、さらに侵入方向に合わせるよう、傾斜させる。傾斜角度を術中に変化させることができるよう、保定は不十分にしておく(図 40)。プラスチック開口器でいっぱい開口した状態で、下顎の筋突起を下垂させる。頬骨弓に沿って皮膚切開し、そのまま鈍性にすすめ、目的の側頭骨を露出する。ラウンドバーでシミュレーション(図 41) どおり骨を切削し、目的の部位を露出する。顔面神経の障害を避けるため、皮膚切開時より手術顕微鏡下で行った。骨切削範囲は側頭静脈洞に注意をしながら腹側方向には頭蓋底部である底後頭骨が露出されるよう、形成される。



図 40 経側頭骨アプローチの手術体位、保定器具は、マットだけで、傾斜角度が自由になるように保定する。



図 41 骨標本を用いての、切削部位のシミュレーション。三次元レーザープリンターにより石膏素材で実物大に作成した。術前に実際開頭し検討する。特に短頭腫は後頬骨弓骨切除を行わなくても脳底部にアプローチできる。

### 3. 結果、経過および組織診断

症例 1 は血管周囲細胞腫、症例 2 は下垂体腺癌、症例 3 は乳頭状髄膜腫、症例 4 から 6 は髄膜上皮型髄膜腫、症例 7 は退形成性（悪性）髄膜腫と診断された。症例 1 は大脳半球到達法（IHA）、症例 2 は経蝶形骨開頭術、症例 3、4、5 は経底後頭骨開頭術、症例 6、7 は経側頭骨開頭術を行った。

各アプローチは、それぞれの腫瘍のアプローチとしては最適であり、大きな出血や重度な脳組織の損傷もなく手術を終えることができた。症例 1、2 は MRI 画像では腫瘍の取り残しは無く、症例 3、4、5、6、7 は全体の約 80 パーセント以上腫瘍が摘出された。

症例 1 は、7 日で正常な歩行が可能となり、視力の回復が認められ、物にぶつかることも無くなり、10 日後に退院した。現在術後 6 ヶ月が経過しているが、特にてんかん発作や合併症も認められない。口腔内アプローチ群（症例 2、3、4、5）である症例 5 においては軟口蓋切開、気管切開の術後の合併症が認められ肺

炎が発生し、残念ながら術後 7 日で死亡した。症例 4 は術後 8 か月に、誤嚥性肺炎のため死亡した。症例 2 は術後一度自発呼吸が回復したが、次第に意識レベルが低下し、術後 12 時間後に死亡した。側方アプローチ群では症例 6、7 とも一時的な若干の顔面神経麻痺が認められたが、重篤な合併症は認められなかった。症例 6 は 6 ヶ月生存中、症例 7 は退形成性であるので術後に総線量 45Gy の放射線治療を行った。現在術後 7 ヶ月生存中である。症例 3 は術後約 2 年後に神経症状の再発が認められ、その MRI では術前の腫瘍容積の 60 パーセントまでの局所再発が認められた（図 42、43）。その後、総線量 45Gy の放射線治療を行い、術後 4 年生存中である（表 9）。

表 9 頭蓋底脳腫瘍の症例結果

アプローチ	品種	年齢	病理	生存期間
IHA	ゴールデンレトリバー	13	血管周囲細胞腫	術後 6 ヶ月生存中
TSA	ミニチュアダックス	3	下垂体腺癌	術後 12 時間後死亡
TBA	ボーダーコリー	8	乳頭状髄膜腫	※術後 4 年生存中
TBA	チワワ	13	髄膜上皮型髄膜腫	術後 8 ヶ月死亡
TBA	チワワ	8	髄膜上皮型髄膜腫	術後 7 日死亡
TTA	チワワ	13	髄膜上皮型髄膜腫	術後 6 ヶ月生存中
TTA	バグ	9	退形成性髄膜腫	※術後 7 ヶ月生存中

IHA : Interhemispheric approach, TSA : Transsphenoidal approach

TBA : Transbasioccipital approach, TTA : Transtemporal approach

※放射線治療併用

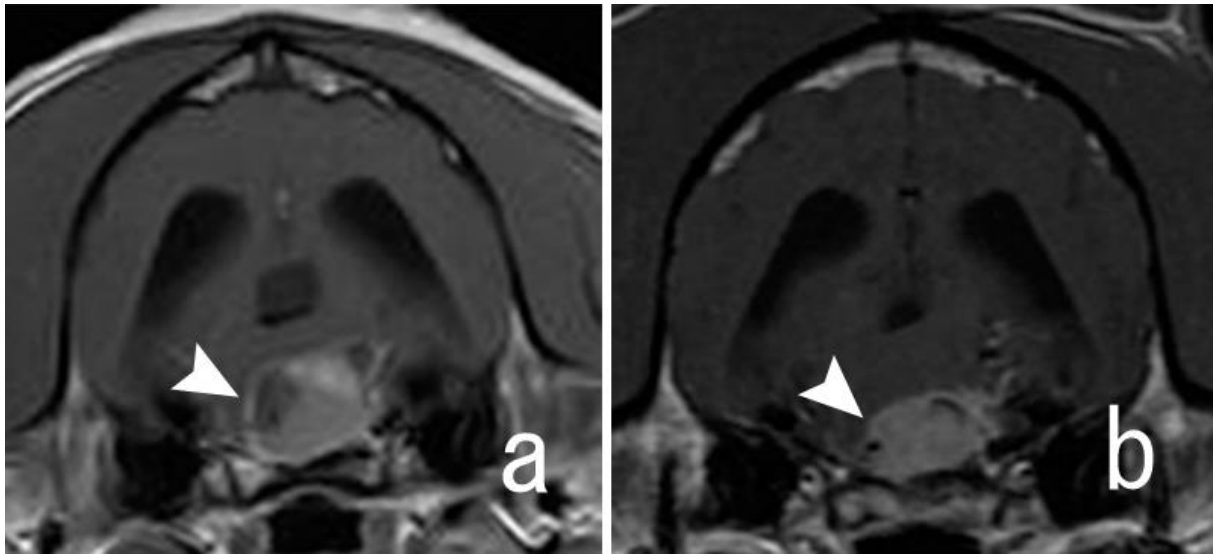


図 42 症例 5 の MRI 横断像。G d 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。  
a : 術前、b : 術後 2 年

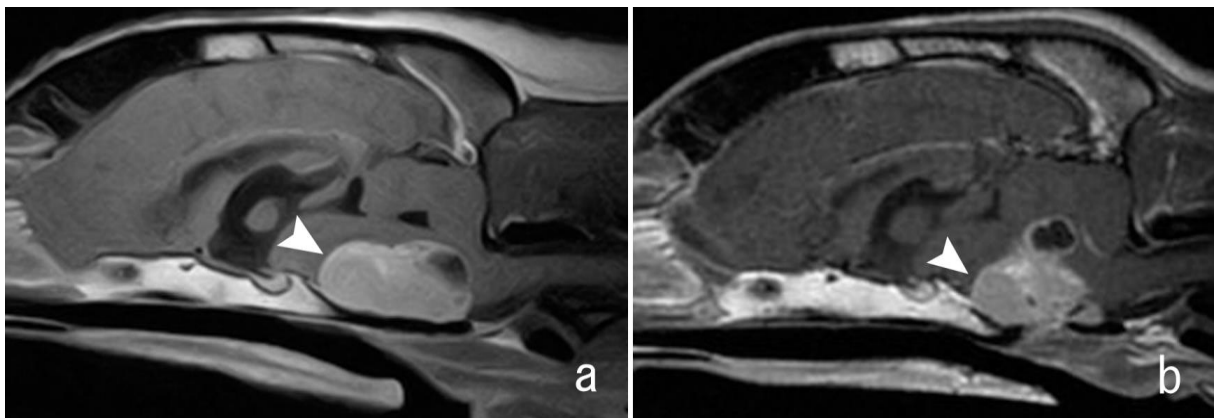


図 43 症例 5 の MRI 矢状断像。G d 造影 T1 強調画像。矢頭は腫瘍像を示す。  
a : 術前、b : 術後 2 年

#### 4. 考察

トルコ鞍周辺脳底部腫瘍に対して、腹側アプローチと背側アプローチを考えた場合、経前頭洞開頭術および経蝶形骨開頭術を考慮する必要がある。人間の医療においては、特に技術的に困難な IHA に対して改良と工夫を重ねられており、腫瘍の量、存在部位、腫瘍の種類などにより、IHA や TSA を組み合わせたり、あるいは単独で選択されたりしている [17,25]。症例 1 の場合は背側からアプローチすることにより、下垂体に障害を与えることなく、腫瘍を摘出することが可能であった。このことは術後の下垂体ホルモン分泌不全を引き起こす危険性が低く、術後のホルモン補充療法が不必要と思われ [31,47]、術後長期にわたる医療管理のわずらわしさから開放されるものと考えられた。さらに動物の術後の QOL を考慮した場合、本アプローチ法は極めて有用と考えられた。また腫瘍部の後方には脳底動脈が観察されたことから、これより後方部への進入は非常に危険が伴うと思われ、本アプローチ法は下垂体および視床より頭側にある腫瘍に対して適しているものと考えられた。

症例 2 は、典型的な下垂体腫瘍であり、その内容はゼリー状で、それを超音波破砕吸引装置で除去するのみで腫瘍の内減圧が可能であり、その摘出は容易であった。アプローチ法としては蝶形骨を除去するだけで、腫瘍腹側部が露出され比較的短時間で到達可能であり、救急に適している。また腫瘍部より尾側方向には主要な血管が見られなかった。

下垂体より尾側方向の場合、TSA と同様に口腔内アプローチによる TBA を行った。いっばいに開口した状態で仰臥位に保定することにより、TSA と同じ難易度でおこなうことができた。また正中アプローチを行うことで、術後の状態が安定したと考えられる。TSA、TBA とともに切削範囲は横方向には左右にある静脈洞までの制約があり、その硬膜下には大脳動脈輪を含む主要血管が存在する。特に TBA による腫瘍摘出は脳底動脈に接近しての手術となった。口腔内アプローチ手術の合併症としては軟口蓋および気管切開を行うため、特に肺炎や呼吸困難が発生する危険性があり、それに対する管理が必要である。

一方、腫瘍部位が正中でなく側方にあり、内頸動脈を避ける必要がある場合は、TTA を選択した。合併症としては、開創器での顔面神経の障害による顔面神経麻痺が高確率で認められ、頭蓋底腫瘍に到達するには側頭葉を押し上げる

必要があることより、若干の脳損傷を起こしてしまう。しかし体位の傾斜を侵入経路に合わせながら、アプローチすることで、大きな手術侵襲とはならず、顔面神経麻痺も次第に改善され、全症例（症例 6、7）とも術後経過は良好であった。

症例 3 から 7 は髄膜腫であった。腫瘍摘出は栄養血管に富んでおり、制約された狭い範囲内で、出血のリスクの高い、難易度の高い手術であった。また腫瘍周辺組織は極めてデリケートであった。この場合は完全摘出を目標にせず、超音波吸引装置などを用いて腫瘍内部を削り貫き、手術顕微鏡下で慎重に腫瘍全体の約 80 パーセントを目指す方法が重要である。摘出状態は、術野から把握するのは困難であり、摘出中の周辺の脳の拍動の有無を調べることが重要であり、摘出がほぼ完了することで、その拍動は強くなる。さらに、術中 MRI を行うことで、より確実性の高い手術を行なうのに役立った。

人の医療では頭蓋底髄膜腫と非頭蓋底病変を比較すると、全摘出は困難であるが、その成長は増大しにくく局所制御率は高い傾向にあるとされている [32,45,54]。症例 3 は術後の症状再発まで約 2 年であり、MRI では腫瘍は術前の 60 パーセントまで局所再発が認められた。取り残しが存在したにもかかわらず、これだけ安定した状態が維持できたのは、犬の場合も、この部位での髄膜腫の成長の遅さが示唆される。また放射線治療と併用するとより生存期間は延長され [10]、症例 3 は 4 年以上の生存が可能であった。

これらアプローチ法を可能にすることにより、今まで実施が難しいと考えられてきた脳底部腫瘍の摘出手術を、積極的に実施できるものであると思われた。今後はさらにスキルアップをはかるとともに症例を積み重ね、脳底部腫瘍の外科手術方法の確立を目指したい。

## 5. 小括

MRI で診断した犬の脳底部トルコ鞍周辺の脳腫瘍に対し、その画像所見、腫瘍の形状から手術のアプローチ法を検討した。下垂体前方背側傍正中に存在する血管周囲細胞腫には背側方向から大脳半球を経由する Interhemispheric approach(IHA)を選択し、腫瘍を摘出した。また下垂体およびその背側に存在する下垂体腺癌には腹側方向から蝶形骨を経由するアプローチ (TSA) を選択した。

その結果、それぞれ脳底部における腫瘍を完全に摘出することができ、今後、脳底部腫瘍の摘出に対して IHA および TSA は有用なアプローチ法と思われた。



### 第Ⅲ章

#### 髄膜腫摘出術および術中 MRI の有用性

##### 1. 小緒

犬猫において 1996 年 LeCouteur らは脳腫瘍が 10 万頭中 14.5 頭に認められると調査した[41]。その中で髄膜腫は最もよく認められる原発性脳腫瘍である[52]。近年の新しい WHO 動物神経系腫瘍の分類によると髄膜腫は髄膜上皮型髄膜腫、線維性（線維芽細胞様）髄膜腫、移行型（混合型）髄膜腫、砂粒体型髄膜腫、血管腫状髄膜腫、乳頭状髄膜腫、顆粒細胞髄膜腫、粘液状髄膜腫のサブタイプに分かれ、形態及び悪性度より退形成性髄膜腫がある。

臨床徴候は、この占拠性病変の脳組織に対する局所性の圧迫、頭蓋内圧亢進症状によって引き起こされると考えられる。治療は減圧、根治の目的で、手術によりこれを摘出することが第一に考慮される。

当院では、2004 年より脳腫瘍摘出術を開始した。当時はまだ MRI は導入されておらず、CT スキャンのみで診断されたものであった。摘出術は最初から手術用顕微鏡と、超音波吸引装置を用いて 5 頭の症例の手術を行ったが、いずれも術後 5 日以内に死亡し、それらの手術の内容は、腫瘍と正常脳組織との境界が分かりにくいいうえに、腫瘍を探し当てるまでも時間がかかり、手術時間は 12 時間を超え、さらに腫瘍の取り残しの有無も確認できない状況であった。

これらの問題を解決するためには、特別な設備および技術が必要であり、その一つとして腫瘍に対するナビゲーションの導入があげられる。これにより腫瘍の摘出状況、腫瘍の存在部位や腫瘍の取り残しの確認、さらには主要な血管の存在などリスク部位の確認が可能になり、手術の安全性と確実性が向上する。従来から超音波検査が、コンパクトでよく用いられている[14,76]が、超音波は骨や空気が介在すると適用できず、コントラストが十分でないため、術中の検査が困難な場合がある。そのため、より高価であるが、脳腫瘍の診断に用いる高いコントラストを有する MRI を利用するのが有効であり、人医療では、これを早くから取り入れ、術中 MRI を用いた脳腫瘍摘出術により、手術成績が向上している[13,40,61,62,63]。当院でも、手術開始から 2 年後に術中 MRI が可能な、オープン型 MRI 装置を手術室に導入した。本章では、脳腫瘍で最も多いある髄膜腫の犬猫を対象として、術中 MRI を用いることによる犬猫の脳腫瘍摘出術に

おける改善点について検討した。

## 2. 材料および方法

### 1)症例

対象は 2006～2008 年の 2 年間に脳髄膜腫と診断され、手術した犬 22 例、猫 1 例の 23 例である。年齢は 8 才齢から 16 才齢（平均 11 才齢）、オス 12 例、メス 11 例で、犬の品種はゴールデンレトリバー 9 例と最も多いが、チワワ、マルチーズなどの小型犬も含まれている。猫は 11 歳のアメリカンショートヘアーである。臨床症状としてはてんかん発作、視覚障害、左右差のある姿勢反射の低下、激しい歩様失調が認められた。画像診断には主として MRI を用いたが、その他、CT 検査、DSA 検査を随時行ない、頭蓋骨と腫瘍の位置関係、栄養血管の走行などを確認した。

### 2)手術設備

MR 装置は日立メディコ社 0.3 T オープン MR 装置、AIRIS II Confort を手術室内に設置した。開頭手術を行えるよう手術室は全体をクリーンルームとし MRI 装置の 5 ガウスの磁場の外のスペースに手術装置・器具を設置した（図 44）。また、その手術台を回転式にすることにより、手術中に、移動、撮影が簡単にできるようにした。電源のスイッチは一ヶ所に集中させ、MR 撮像中にはこれら器具の電源を切るが、撮像中以外はこれらの機器は通常通り使用することが可能である。術中 MR I の撮動方法は、短時間で多くの情報を得られるように、Gd 造影 T1 強調画像はグラデュエントエコー法を用いたスライス厚 1mm の 3 D 撮像によって得た。さらにその画像を Multi Planar Reconstruction （MPR）処理し、3 断面より腫瘍の位置を確認した。手術器具としては、開頭にはラウンドバーを用い、腫瘍摘出に対しては、手術顕微鏡（OLYMPUS OME5000）（図 45）と脳神経用バイポーラ（図 46）、マイクロ器具、吸引管（図 47、48、49、50）、また腫瘍からの出血を最小限にするため、超音波吸引装置（ソノペット：Mand M）（図 51）を用いた。

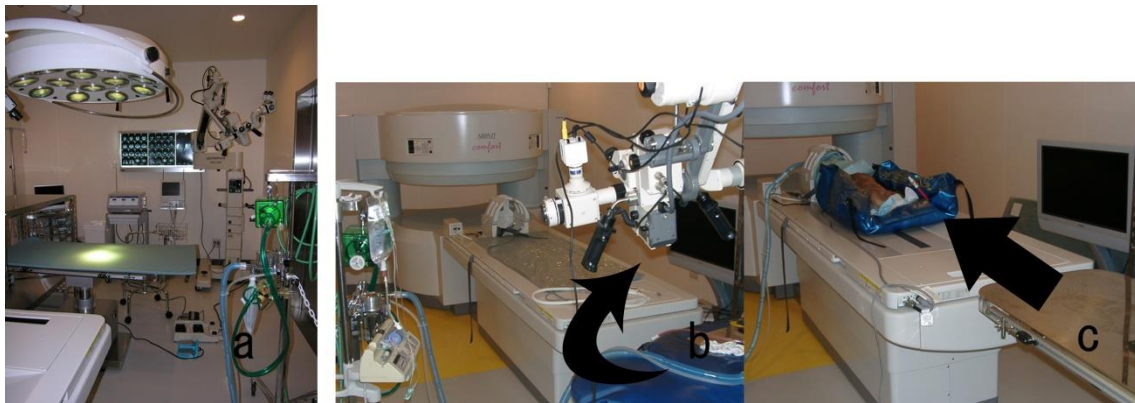


図 44 a:手術室 b:MR I のテーブルに向けて、手術台が回転する。c:撮影場所までスライドさせて、症例が移動できる。



図 45 手術顕微鏡：OLYMPUS OME-5242J  
10 年以上使用しているが、故障がほとんどない。

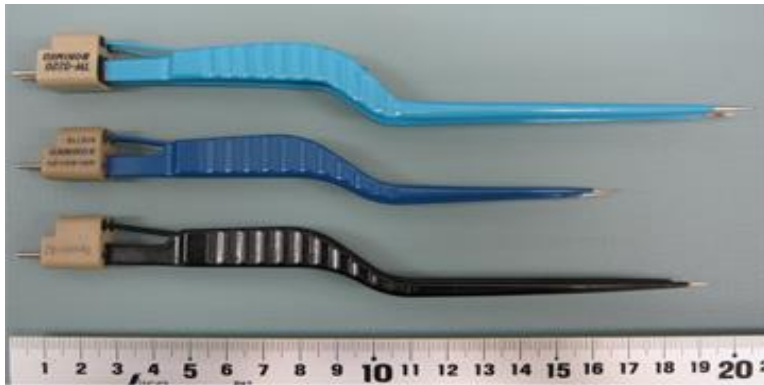


図 46 バイポーラ鑷子

顕微鏡下での操作がスムーズになるよう、形状はバイオネット型である。先端は 0.2mm である。いろいろなものを購入、使用、改良を加えながら最良のものを選び出す。上：12 年前、最初に購入したバイポーラ鑷子、全体的に大きい。中：イリゲーション付きの中で最も小さいバイポーラ鑷子。下：最新のバイポーラ鑷子。銀製である。



図 47 吸引管の形態、上：一般の吸引管、下：脳神経用吸引管  
脳腫瘍摘出術の場合は下の脳神経用吸引管を用いる

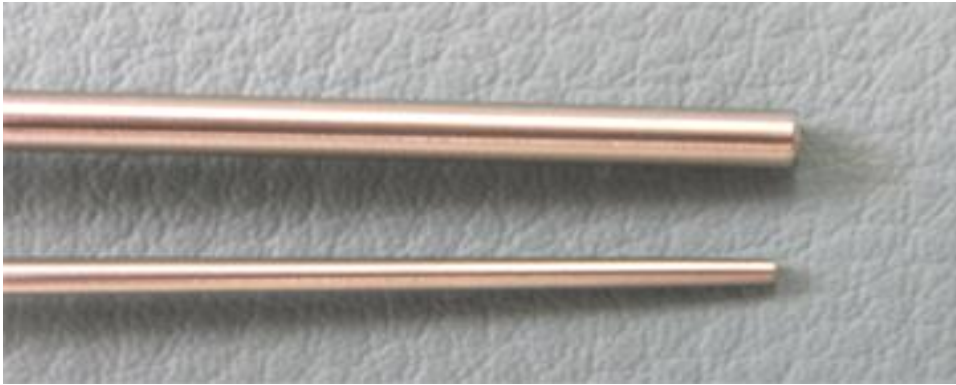


図 48 上：一般の吸引管、下：脳神経用吸引管

脳神経外科用吸引管は一般の吸引管のようにストレートではなく、先端に向けて細くなっているテーパード型である。



図 49 吸引コントロール孔

一般の吸引管と違い脳神経外科用吸引管は Tear drop shape「涙型」になっている。

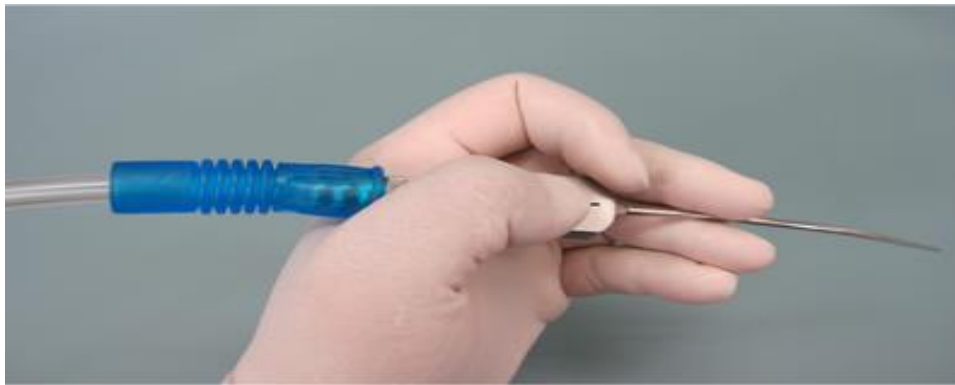


図 50 吸引管の持ち方

著者は吸引コントロール孔の操作は第一指で行い、その他、第二指と第三指、第四指で保持操作する。好みであるが、著者は手術顕微鏡下での操作の妨げにならないように、吸引管を先端にむけて曲げて使用する。また吸引チューブは、できるだけ軽いディスプレイタブルのものを使用すると操作しやすくなる。

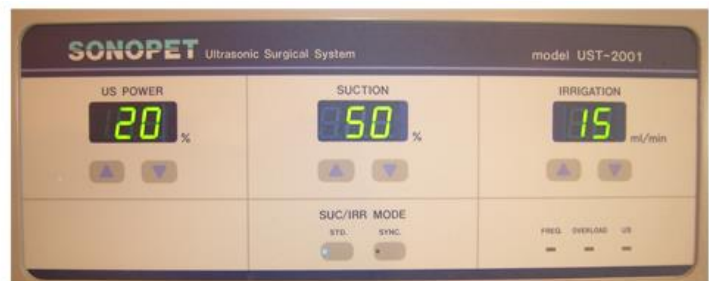


図 51 超音波吸引装置、ソノペット（a, Stryker）は、超音波振動を発生させ、散水しながら接触させることにより乳化をおこす。また同時に吸引作用が加わり乳化物が回収される仕組みになっている（腫瘍用ハンドピース）。

### 3)手術手技

手術は飼主との十分なインフォームドコンセントを形成した上で決定された。開頭手術に先立ち、マンニトール（1 g /kg/TID/IV）、コハク酸メチルプレドニゾロン（30-15mg/kg/SID/IV）およびフェノバルビタール（2mg/kg/BID/IM）を用いて脳浮腫の軽減、状態の安定化を図った。手術のアプローチにおいて、術前の画像診断結果に基づき、前頭葉付近は経前頭洞開頭術、頭頂葉付近は吻側テント開頭術、側頭葉付近は頬骨弓切除開頭術、後頭葉付近は尾側テント開頭術などを単独もしくは組み合わせて行なった。

腫瘍の摘出方法として、まず硬膜露出後、開創部位と腫瘍の位置関係を確認するため、24G の MR 用バイオプシー針を必要な長さに切り腫瘍部の中心に向けて挿入し、そのまま留置し術中 MRI を撮像した（図 52）。その画像を MPR 表示させ、腫瘍の位置と進展範囲を 3 平面から確認しマイクロサージェリーを行った。硬膜切開後、腫瘍を露出しその後、超音波吸引装置で腫瘍中心の内部を破碎し、腫瘍全体の内減圧をし、脳組織の軟膜と腫瘍クモ膜の境界にゆるみできたところで、そこを鈍性剥離する(図 53)とともに腫瘍の栄養血管を結紮、切離した。全周においてこの操作を行い、腫瘍を摘除した（図 54）。2 回目以降の術中MRI は腫瘍の状況および腫瘍付近の血管の状況を調べるため、随時 Gd 造影 T1 強調画像で実施した。また腫瘍の取り残しに関しては、完全に腫瘍像が確認されなくなるまで、摘出、撮影を繰り返し続行した（図 55）。硬膜の修復には皮筋を移植し、尚その上から生体組織接着剤（ボルヒール、化学乃血清療法研究所）を塗布し脳脊髄液の漏出をおさえた。頭蓋骨を整復し、筋皮膚を閉じて終了とした。手術侵襲が大きいものは、手術後 12 時間は、脳圧上昇および興奮状態を抑えるため、適宜プロポフォールの静脈注射による沈静下で管理し、手術に伴う脳浮腫を予防するため、グリセオール、コハク酸メチルプレドニゾロン（15mg/kg/SID/IV）およびソニサミド（3mg/kg/BID/po）を術後 3 日間投与した。



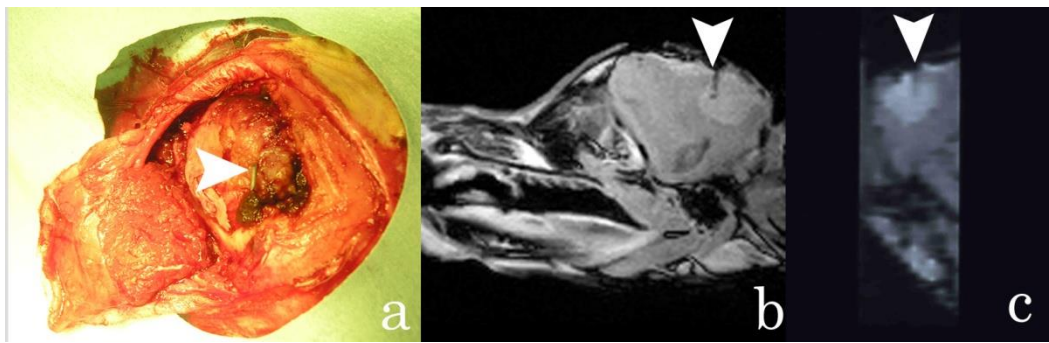


図 52 矢印はそれぞれのガイド針の位置をしめす。a:開頭術後、b:Gd 造影 T1 強調画像、矢状断像、c : MPR による Gd 造影 T1 強調画像、横断像を示す。

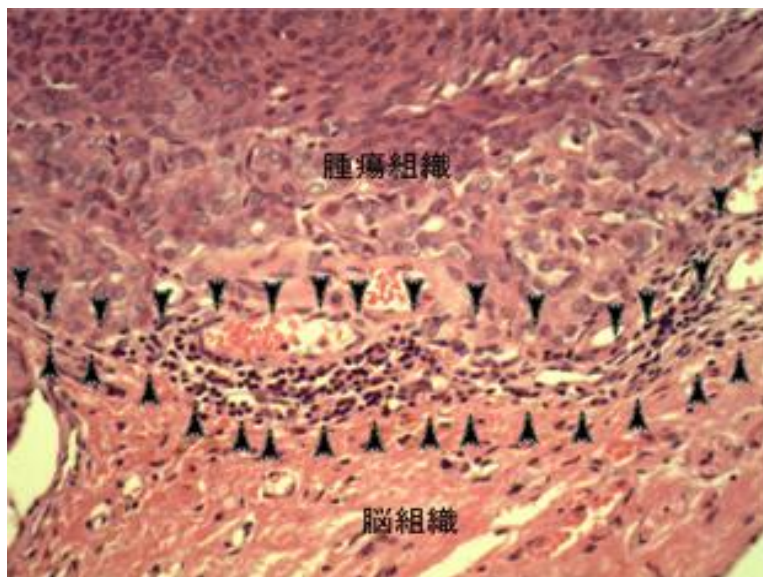


図 53 髄膜腫の組織的所見

矢頭で挟まれた部が、くも膜部である。この部位で腫瘍を剥離すると脳に損傷を与えずに摘出できる。



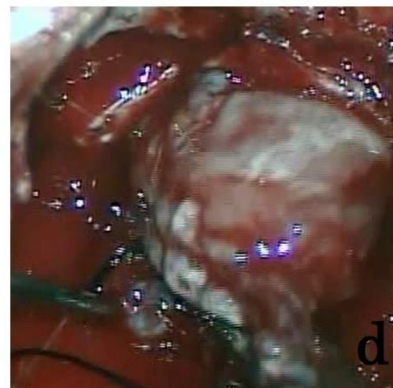
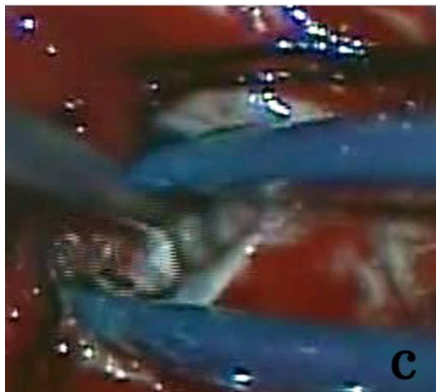
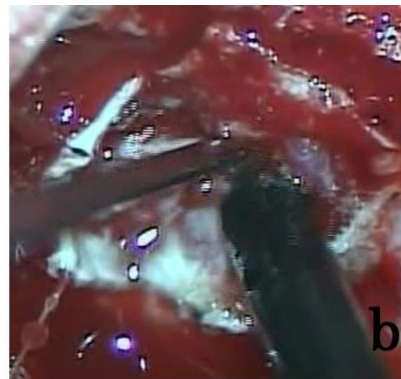
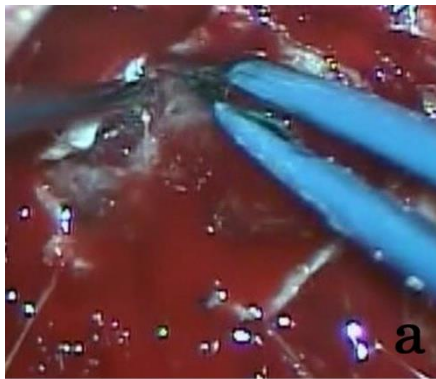


図 54 手術の手順（手術顕微鏡下）腫瘍部を囲む a:硬膜を切開し、腫瘍を露出した。b:超音波吸引装置で腫瘍内部を破碎し、内減圧をした。c:脳組織と腫瘍の境界にゆるみができたとこで、そこを鈍性剥離および腫瘍に行く血管の焼灼、切除を行った。d:全周においてcを行った後、一挙に腫瘍をつまみだした。

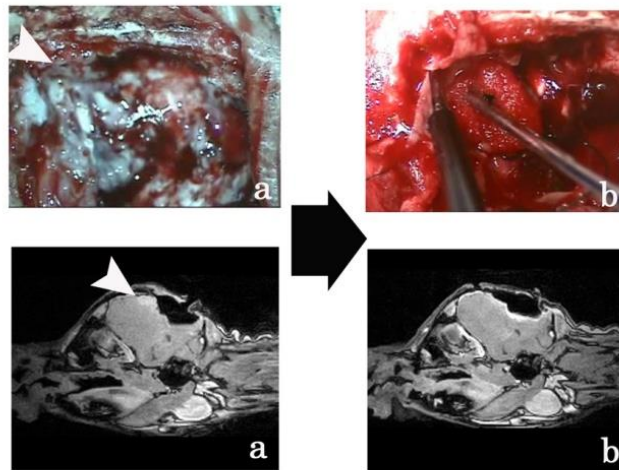


図 55 上：手術顕微鏡下所見、下：GdT1 強調画像（矢状断像）、a：術中MR I 2 回目、b：術中MR I 最終：白矢頭はそれぞれ取り残しの腫瘍部を示す。a で取り残された腫瘍部が最終 b で摘出されている。

### 3. 結果

占拠部位は大腦円蓋部上および大腦鎌のくも膜細胞由来のものが 23 例のうち 22 例と最も多く、前頭葉 18 例、側頭葉 2 例、頭頂葉 2 例、また小脳テント、脳室内にそれぞれ 1 例認められた。また脳質内腫瘍である症例 6 は C T 検査で、内頸動脈よりの栄養血管が認められた（図 56）。

手術時間は平均 5 時間であり、全症例で術中死はなく、23 例中 16 例が 2 年以上生存した。術後 7 日間は手術による頭蓋内圧亢進症の為、症状が激しく警戒を要した。術前に広範囲の脳浮腫を呈し、特に状態が悪かった 2 例は、不整脈や誤嚥性肺炎を起こし残念ながら死亡した。術後 7 日を経過したものは、特

に合併症も無く経過した。症例 16 は年齢が 16 才であったが、脳ヘルニアが認められたので、救急手術を行った結果手術を無事終え、その後 10 ヶ月生存することができた。2 年以内に死亡した残りの 4 例も術前の年齢が高齢であったため、脳神経疾患とは関係のない胃拡張捻転症候群などが原因であり、髄膜腫の再発により頭蓋内圧亢進症状を起こして 2 年以内に死亡した症例はいなかった（表 10）。術後の生存期間は最長で 4 年であり、現在も生存中である。症例 2 は術後 3 年で再発を認めたが、その再発腫瘍の部位は、大きい腫瘍は摘出部位より離れた硬膜側から再発しており、摘出部位からの再発も認められるものの、かなり微量であった（図 57）。症例 15 は、術中 MRI で摘出の最終確認を終え、その上さらに大脳鎌部を特に広範囲に、念入りに摘出した結果、術後 3 年でもほぼ腫瘍の再発は認められなかった（図 58）。術中に MRI を用いることによりしてガドリニウム (Gd) 造影 T1 強調画像で高信号の腫瘍性病変、T2 強調画像、FLAIR 画像で広範囲の浮腫を確認した。MRI は腫瘍部以外の撮像範囲は広く、解剖学的位置が把握しやすいだけでなく、造影 T1 強調画像では摘出部位周辺の血管などを知ることが出来た。特に、静脈洞が多い部位の手術は事前にそれを察知することで、大出血をさけることができた。またアーチファクトとしては、出血による血液が高信号像として確認され（図 59）、腫瘍の描写を不明瞭にすることがあったが、若干の増強効果の違い、顕微鏡下の所見とで鑑別することが可能であった。

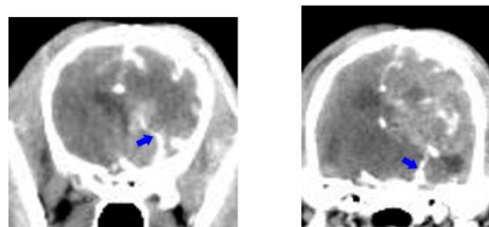


図 56 症例 6 の造影 CT 像 内頸動脈より腫瘍に栄養されている像が認められる。

表 10 髄膜腫摘出術と生存期間

番号	品種	性	部位	生存期間
1	マルチーズ	雄	頭頂葉	術後 1.5 年、脳炎で死亡
2	雑種	雄	前頭葉	3 年生存中
3	雑種	雌	小脳	2 年再発して死亡
4	雑種	雌	前頭葉	3 年生存中
5	雑種	雄	前頭葉	2 年生存中
6	シェルティ	雌	側頭葉	7 日後、肺炎で死亡
7	GR	雌	側頭葉	4 年生存中
8	GR	雌	前頭葉	7 日後、不整脈で死亡
9	GR	雌	前頭葉	2 年生存中
10	GR	雄	前頭葉	2 年生存中
11	GR	雌	前頭葉	2 年生存中
12	GR	雄	前頭葉	8 ヶ月後胃捻転で死亡
13	GR	雌	前頭葉	2 年生存中
14	GR	雄	前頭葉	3 年生存中
15	GR	雄	前頭葉	4 ヶ月後胃捻転で死亡
16	LR	雄	前頭葉	8 ヶ月後死亡
17	LR	雄	前頭葉	2 年生存中
18	GS	雌	前頭葉	3 年生存中
19	シーザー	雄	前頭葉	2 年生存中
20	ヨーキー	雄	前頭葉	6 ヶ月後誤嚥性肺炎で死亡
21	ACS	雌	前頭葉	2 年後腎不全で死亡
22	チワワ	雌	前頭葉	2 年生存中
23	ASH	雄	頭頂葉	7 年生存中

GR: ゴールデンレトリバー、LR: ラブラドルレトリバー、GS: ジャーマンシェパード、ACS: アメリカンコッカスパニエル、ASH: アメリカンショートヘア

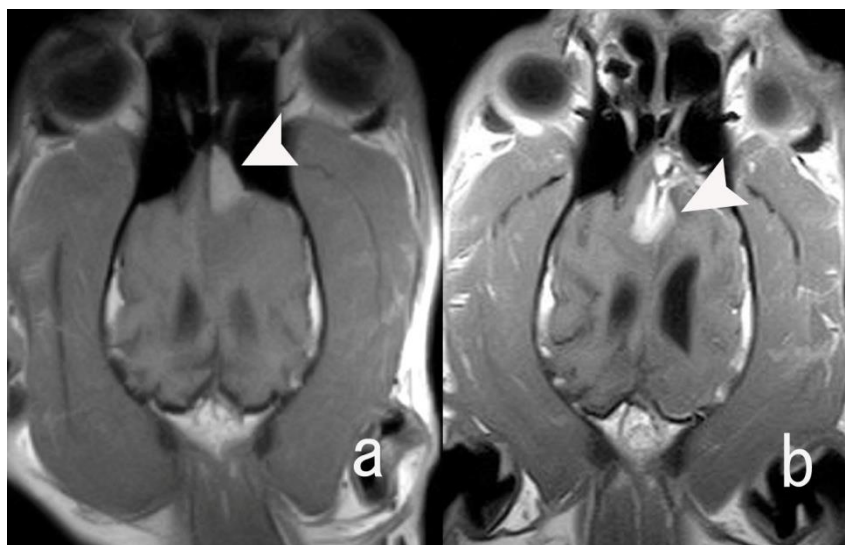


図 57 症例 2 の MRI、GdT1 強調画像(冠状断像):a:術前、b:術後 3 年、白矢印は腫瘍像を示す。術後良好に経過していたが、術後 3 年に、てんかん発作が認められたため MRI を撮影した。摘出部位よりやや後方に再発腫瘍が認められた。

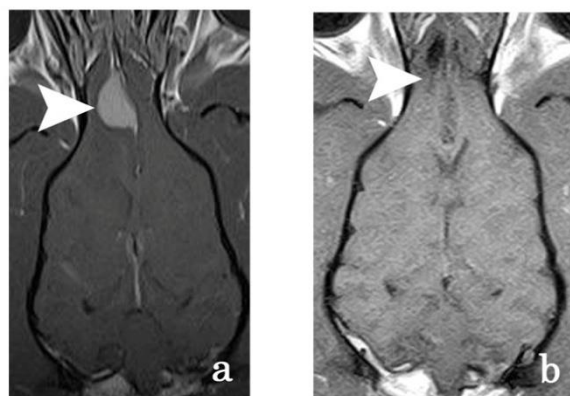


図 58 症例 15 の MRI、GdT1 強調画像(冠状断像):a:術前、b:術後 3 年、白矢頭は腫瘍の発生部位を示す。腫瘍の再発像は認められない。

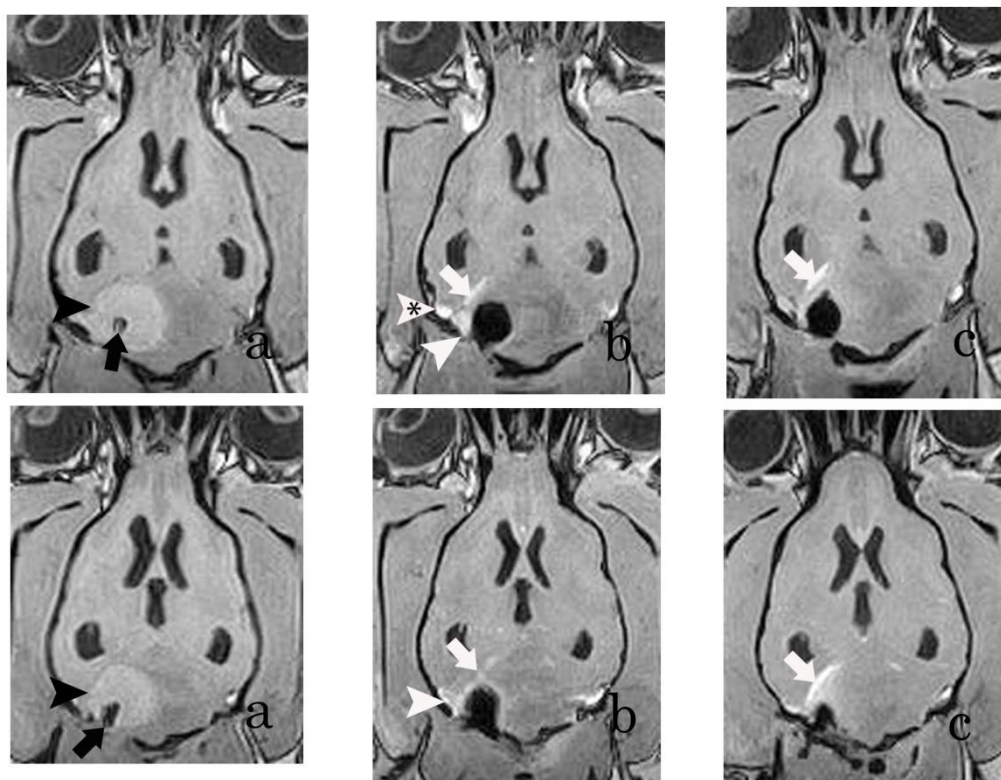


図 59 症例 3、GdT1 強調画像（冠状断像）a:術中 MRI 一回目、b:術中 MRI2 回目、c:術中 MRI 最終、黒矢頭は腫瘍、白矢頭は取り残しの腫瘍、黒矢印はガイド針、白矢印は出血による血液、\* 矢頭は S 状静脈洞を示す。

#### 4. 考察

術中MRIの問題点の一つとしては撮影の移動、撮影時間があげられる。手術台からの移動はスムーズで、ドレープを被うことで感染に対する危険性はほとんど考えられず、2名でそれを行うことができる。撮像はグラデュエントエコー法を用い、さらにその画像から **Multi Planar Reconstruction (MPR)** 処置を利用した。所要時間は10分程度であり、それほど手術の妨げにならなかった。また手術に要した時間は平均約5時間であり、術中MRIを使わない手術と比べても手術時間は変わらないように思われた。しかし数回の術中撮影は、スタッフのスキルが必要であり、チームを構成し、それぞれが熟練を重ね、より確実性の高い治療を目指していく必要があると思われた。

1991年にNiebauerらが手術を施した症例の術後調査では、中間生存期間が6-



7ヶ月と報告されている[3,50]。また、脳髄膜腫は解剖学的位置と腫瘍境界の不明瞭な点から外科手術での完全摘出は難しいとされ[30]、術後再発が認められた場合、予後不良であると報告されている[39]。

脳髄膜腫の摘出術において治療としての有用性は、術中、術直後の死亡率の低下および術後の中間生存期間の延長が重要である。つまり前者は手術侵襲に関係し、後者は腫瘍の取り残しの再発に関係する。

術中MR Iを用いた摘出手術は、過度の侵襲を加えることなく正確な腫瘍の摘除を可能とし、これが術直後の生存に大きく関係したと考えられる[3,50]。術中MR Iにより、事前に腫瘍の位置がより詳細に把握され、摘出部位周辺の血管などを察知することで腫瘍に対して正確で極力出血の少ないアプローチが可能であり、さらに手術顕微鏡下で、マイクロサージェリーを行うことにより、解剖学的位置と腫瘍境界が不明瞭とされている犬の髄膜腫[30]に対しても対応でき、腫瘍と正常脳組織の境界を鈍性的に剥離することでクモ膜下組織のダメージも最小限にすることが可能であったと考えられた。またその境界が視認できない場合でも、術中MR Iを撮像することで腫瘍の位置を再確認し、健常な脳を破壊してしまうリスクが軽減できた。手術開始当初、手術時間は12時間近くかかり、術後5日以内に5例すべてが死亡した状況と比較すると格段に死亡率は減少し、手術の安全性は進化したと考えられる。

腫瘍をできるだけなくすことが、長期生存期間延長に大きく関係すると思われるが、腫瘍の取り残をなくすることは、容易ではなく、術者の技量にも依存するが術中MR Iを用いて残存腫瘍像が認められなくなるまで摘出することで、完全摘出に近い摘出が可能であり、またこれにより摘出された部位では再発が認められても、Mass Effect、脳圧亢進症状を引き起こすまで長期間を要すると考えられた。しかし特に硬膜、大脳鎌部において、摘出後再発する部位を術中MR Iで確認することが不可能であり、浸潤された硬膜部は予想以上に破壊切除する必要があり、それを行なうことがより再発を防げる方法であると考えられた。

症例9は最終的に6年目に摘出部位において術前に近い大きさになり、再発が確認された。このサブタイプは移行上皮型であった。現在のチャンピオンデータは2006年にGrecoらが超音波吸引装置を用いた脳髄膜腫の治療において、

移行型（混合型）髄膜腫の生存期間が 1254 日であったと記述されている [30]。この場合は、放射線療法や抗がん剤治療を併用しているが、同じ超音波吸引装置を用いた手術である上で、当 study に類似している。その結果としては、症例 9 においては、その生存期間および術後の再発時期が Greco らのどの症例より長いことより、MRI を用いた手術が、より確実な摘出手術ができていることが示唆される。手術と併用する治療法としては放射線治療が有効であり、2002 年に Axlund ら [3] が手術単独の症例の中間生存期間は 7 ヶ月であるのに対し、放射線治療を手術後行ったものの中間生存期間は 16.5 ヶ月であると発表した。中間生存期間はこの場合も当 study と比較するとかなり短い、放射線治療＋手術の治療は手術単独であるより一年近く延長されることが考えられる。つまり当院での術中 MRI を使った摘出手術ののちに、放射線治療を行うと生存期間は、2 年以上よりさらに一年以上は延長されることになり、発症年齢から考えると再手術は行う必要はなくなることが多くなると考えられる。

## 5. 小括

2006～2008 年の 2 年間の画像診断において大脳円蓋部、大脳鎌、後頭蓋窩、および脳室内のクモ膜に脳腫瘍が認められた症例のうち、髄膜腫と診断された 23 例に対して、術中 MRI を用いて外科摘出手術を実施した。その結果、23 例中 16 例が 2 年以上生存している。これは術中 MRI 検査を実施したことにより、髄膜腫の取り残しがなくなり、その結果 2 年以上の再発を認めなかったものと推察された。また 7 例は他の疾患により 2 年以内に死亡したが、髄膜腫の再発による死亡例ではなかった。以上の事により術中 MRI の有用性が示唆された。



## 第Ⅳ章

### 嚢胞性髄膜腫の分類と摘出術

#### 1. 小緒

嚢胞性髄膜腫とは実質性の腫瘍と嚢胞で形成されている髄膜腫であり、ヒトではこれまで多くの報告があり、脳髄膜腫の 2～4 % に認められている [1,21,53,65,70]。この嚢胞はクモ膜細胞より硬膜静脈洞を通して産生され、Nauta の分類によると 4 タイプに分られる [49]。タイプⅠとⅡは腫瘍内嚢胞であり、腫瘍細胞で嚢胞壁が形成される。タイプⅠの嚢胞は腫瘍の中心あるいはその近接に存在し、全体が腫瘍で囲まれる。タイプⅡの嚢胞は腫瘍の中心から離れた側にあり、嚢胞の末梢側境界部に沿って腫瘍は嚢胞を細く円形に縁取る。またタイプⅢとⅣは腫瘍外嚢胞であり、嚢胞壁は腫瘍細胞で形成されず、タイプⅢの嚢胞壁は反応型のグリオーシスで構成され、タイプⅣは脳脊髄液嚢胞でクモ膜によって境界を形成する。通常、髄膜腫に嚢胞の容積が加わるため、頭蓋内における大きな占拠性病変として、重度な頭蓋内圧亢進症を引き起こすことが多い。

治療の第一選択としては、腫瘍摘出術であるが、術後の嚢胞の再発は髄膜腫実質のみの再発より急速に容積が増大するため、容積削減において充実性の腫瘍以上に手術効果を得るには困難である。

犬における嚢胞性髄膜腫の報告は少なく [4,6,38]、治療およびその予後において不明な点が多い。そこで本章では治療する機会を得た嚢胞性髄膜腫の犬 3 例を対象として、犬の嚢胞性髄膜腫の特徴について検討した。

#### 2. 材料および方法

##### 1) 症例

症例 1 は雑種犬、12 歳齢、雄であり、てんかん発作を主訴に来院した。神経学的検査では、右側の姿勢反射の低下が認められ、MRI 検査において、ガドリニウム (Gd) 造影 T1 強調画像で前頭葉基底部から大脳鎌にかけて造影増強された層状の腫瘍が認められた。また腫瘍の尾側および背側に、嚢胞が認められた (図 60)。この嚢胞壁は増強 Gd 造影 T1 強調画像で造影されず、腫瘍外部の嚢胞であることが確認され、Nauta 分類のタイプⅢと診断した。

症例 2 は、雑種犬、10 歳齢、雄であり、症状は、てんかん発作、視覚障害、左右差のある姿勢反射の低下、異常行動、歩様失調が認められた。MRI 所見は、横断像において T2 強調画像で高信号、T2 フレアー画像で低信号の嚢胞、Gd 造影 T1 強調画像で高信号の腫瘍性病変が基底部から大脳鎌に認められた（図 61）。また嚢胞壁は、造影されず、腫瘍外部の嚢胞であると考えられ、症例 1 と同様にナタ分類のタイプⅢと診断した。

症例 3 はゴールデンレトリバー、8 歳齢、雄。てんかん発作、起立不能を主訴に来院した。神経学的検査では、右前後肢の麻痺が認められ、起立させると、左旋回が認められた。MRI 所見は Gd 造影 T1 強調画像で、造影増強された腫瘍が認められ、デュラルテールサインとつながっている腫瘍の表皮から延長している嚢胞壁が認められた（図 62）。これは腫瘍内部から嚢胞が形成されていることが示唆され、ナタ分類のタイプⅡと診断した。

腫瘍摘出は、手術顕微鏡下で行った。症例 1、2 のタイプⅢでは造影されている充実性の腫瘍のみ摘出し、症例 3 のタイプⅡは造影されている嚢胞壁と腫瘍の両方を摘出した。

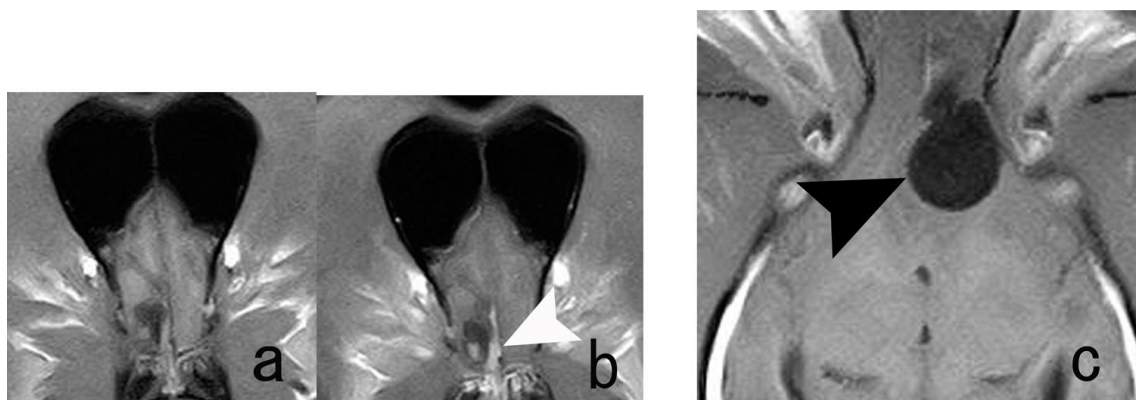


図 60 症例 1 の MRI: ガドリニウム(Gd)造影により、前頭葉基底部から大脳鎌にかけて層状の腫瘍（白矢頭）が高信号として認められた。また、その腫瘍の尾側および背側に低信号の嚢胞が認められた（黒矢頭）。a: T1 強調画像（横断像）  
b: Gd 造影 T1 強調画像（横断像） c: Gd 造影 T1 強調画像（冠状断像）

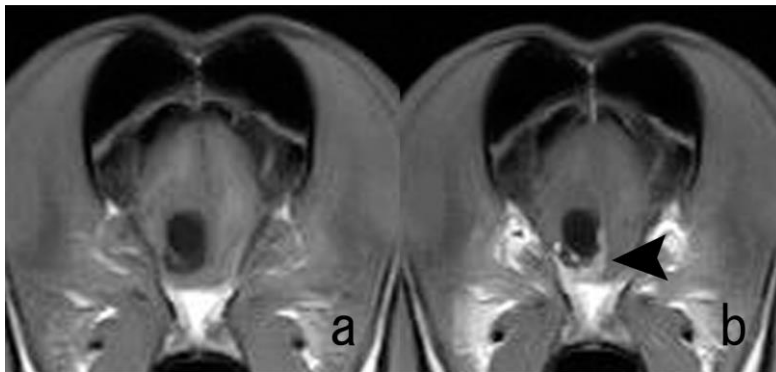


図 61 症例 2 の MRI：低信号の嚢胞と Gd 造影で高信号の腫瘍性病変（矢頭）が基底部から大脳鎌に認められた。a：T1 強調画像 b：Gd 造影 T1 強調画像



図 62 症例 3 の Gd 造影 T1 強調横断像：高信号の造影増強された腫瘍と低信号の嚢胞が認められた。



図 63 症例 2 の腫瘍への硬膜切開：背側矢状静脈洞すれすれに両側に硬膜を切開し、その先端部を結紮切開し、静脈洞ごと硬膜を捲り上げた(黒矢頭)。その後、大脳鎌（白矢頭）を切開し目的部にアプローチした。

### 3. 経過および組織診断

病理組織学的には全例とも髄膜上皮型と診断された。症例 1 は術後 3 日で歩行が可能となり、8 日目で退院した。その後、症状は改善し、良好な状態を維持していたが、次第に再発し、術後 1 年 6 ヶ月で死亡した。術後 MRI では、大脳鎌付近において術直後から髄膜がわずかに造影された。嚢胞は術後間もない間は小さかったが、次第に増大し、術後 3 ヶ月で、術前の大きさに戻った（図 64）。症例 2 は 1 年が経過しているが、神経学的異常は認められず、てんかん発作もまだ一度も確認されていない。MRI では摘出部位での腫瘍および嚢胞の再発は認められなかった（図 65）。症例 3 は術後 2 年目で、てんかん発作が再発したが、術後 3 年の現段階でも生存しており、QOL を維持している。また、MRI では術後 2 年で術部の反対側の左側部で腫瘍が新たに発生し、嚢胞は伴っていない。しかしながら、摘出部位側での腫瘍および嚢胞の再発は認められなかった（図 66）。

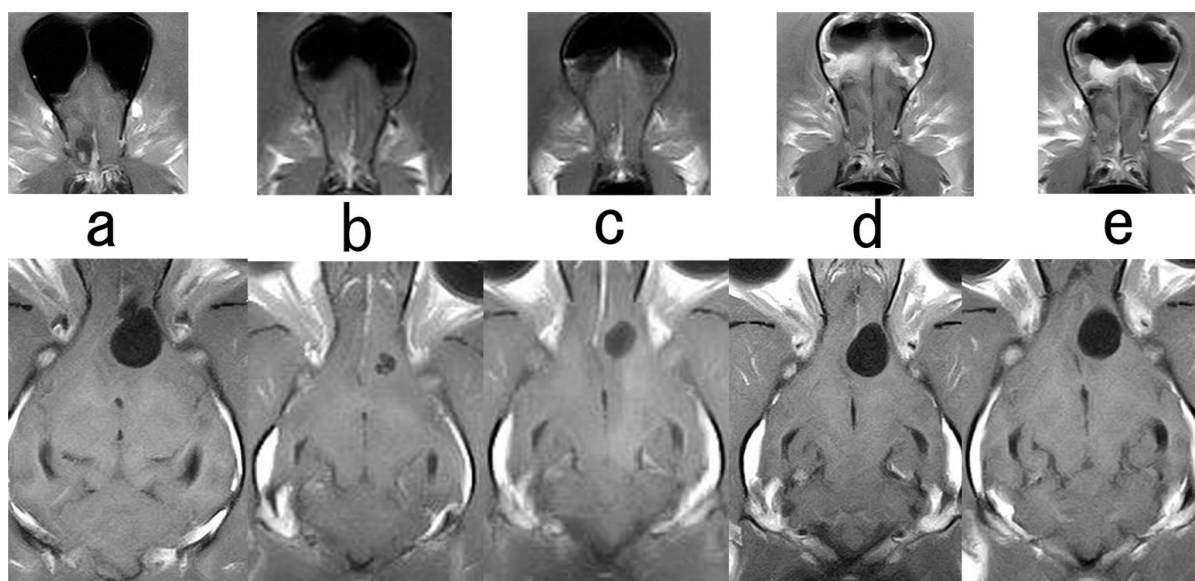


図 64 症例 1 の術後 MRI（上：Gd 造影 T1 強調横断像、下：Gd 造影 T1 強調冠状断像）：

上：大脳鎌付近において術直後から髄膜がわずかに造影されている。しかしその増大は認められなかった。下：嚢胞全体を確認しやすい冠状断像を示す。嚢胞は、術直後から次第に増大し、術後 3 ヶ月には術前の大きさに戻った。a: 術前 b: 術直後 c: 術後 3 日 d: 術後 2 ヶ月 e: 術後 3 ヶ月

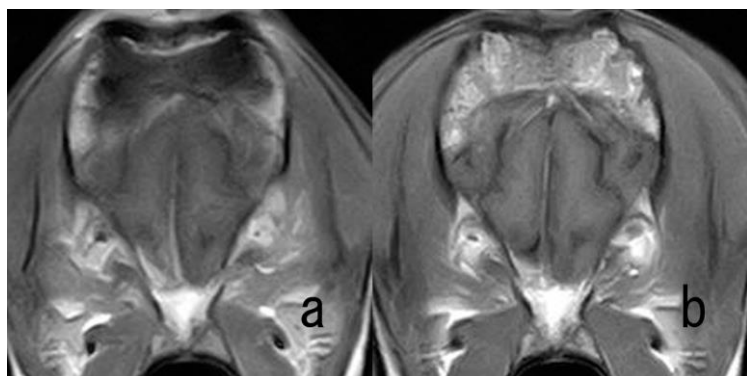


図 65 症例 2 の術後 MRI (Gd 造影 T1 強調横断像) : 術後 20 日目で腫瘍摘出部での髄膜の一部が造影されたが、6 ヶ月後も同様に拡大することなく、また嚢胞の再発は確認されなかった。a: 術後 20 日 b: 術後 6 ヶ月

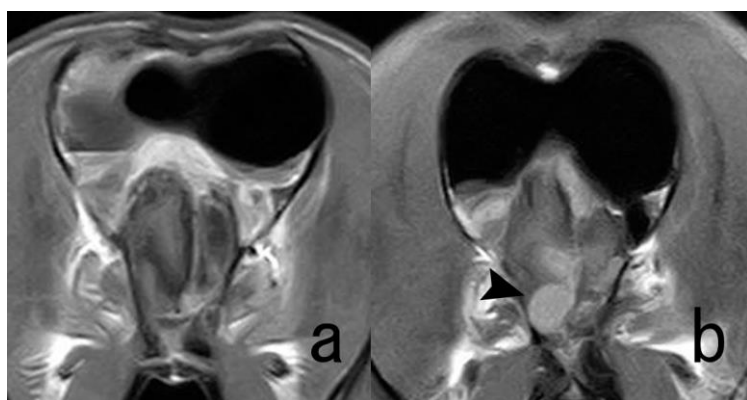


図 66 症例 3 の術後 MRI (増強 T1 強調横断像) : 術後 1 年では腫瘍、嚢胞とも再発が認められなかった。術後 2 年では摘出部より大脳鎌を挟んで反対方向の左側に腫瘍 (矢頭) が認められた。しかし摘出された右側では腫瘍の再発、嚢胞の形成は認められなかった。a: 術後 1 年 b: 術後 2 年

#### 4. 考察

嚢胞性髄膜腫の予後に関しては Bagley らによると 2 例中 1 例は術後 3 年経過して生存していると報告しており [4]、今回、症例 1 では術後 1 年 6 ヶ月で死亡、症例 2 は術後 1 年経過しているが神経学的異常は認められず生存している。また症例 3 は術後 3 年経過して生存している事から本疾患の予後は比較的良好と思われた。

嚢胞性髄膜腫の摘出手術は、一般的な実質性のみの髄膜腫とは異なり、嚢胞の再発に対して注意を払うため術式を検討する必要がある。MRI で嚢胞壁が確認されるナタのタイプⅡの場合は、嚢胞壁まで摘出する必要があり、嚢胞壁が確認されないタイプⅢの場合は実質性の腫瘍だけ摘出することで、手術効果を得ることができると考えられている [1,21]。本症例においても、それに基づいて摘出を行った結果、3 症例すべてで摘出手術後に神経徴候の改善が認められ、症例 2 と 3 では嚢胞の再発が 6 ヶ月以上経過しても認められず、より効果的であったと考えられた。

しかし、タイプⅡである症例 1 と症例 2 とを比較すると、腫瘍摘出が完全に実施されたかによって予後に違いが認められた。症例 1 は術直後から、てんかん発作が軽減し、状態は改善し術後 1 年 6 ヶ月生存したものの、MRI では術後約 3 ヶ月で嚢胞は術前の大きさに復した。これは腫瘍実質の摘出により嚢胞内容液の分泌能が術後一時的に低下したものと考えられた。しかし腫瘍の一部が残存し、嚢胞液の分泌を完全に抑えることができなかったため、嚢胞は再度大きくなったと思われた。それに対し症例 2 は腫瘍がほぼ完全に切除されたため、術後 6 ヶ月経過しても嚢胞の再発は認められず、良好な状態を維持しているものと考えられた。症例 1、2 の手術アプローチは、両症例とも大脳鎌から基底部付近での発生であったため、硬膜切開後、腫瘍部を目指し露出するよう行なったが、症例 2 は大脳半球裂を経由するアプローチ法を用いており、この方が、術野を確保しやすく、より徹底的に腫瘍摘出を行なうことができ、その結果、嚢胞の除去に関係したと考えられた。タイプⅡである症例 3 の腫瘍摘出は、嚢胞壁と腫瘍が一体化しているかのように認められたため、まず嚢胞表面の一部にアプローチし、そこから順に血管を焼灼しながら腫瘍全体を脳組織から剥がすように摘出することで嚢胞再発は認められなかった。今回の 3 症例においてタ

タイプ別に特徴的手技を比較すると、タイプⅢは実質性の腫瘍部が少なく、その腫瘍部を探し出すのが困難であり、タイプⅡは嚢胞壁と繋がっているため、実質性の腫瘍部の確定、は比較的容易であった。また症例 1、2 より、腫瘍摘出の不完全さが嚢胞再発に大きく関係していると考えられることより、タイプⅢは特に嚢胞再発を抑制するのが困難である。しかし、その反面タイプⅡは、嚢胞壁にまで栄養血管が発達しており、それを摘出する困難さを有する分、タイプⅢより手術侵襲、摘出手術の難易度は高くなったと考えられる。

術前に、ナタの分類によりタイプ別に診断し、それぞれに対する嚢胞の状況を考え、事前に手技および予後を示唆することは、より充実した治療を行う上で重要になると考えられた。今後は、症例の経過を観察するとともに、症例を積み重ね、嚢胞性髄膜腫の治療の発展に努めたい。

## 5. 小括

MRI で嚢胞性髄膜腫と診断した犬 3 例をその画像所見から人医療のナタの分類より、タイプ別に分類し、手術を行った。タイプⅢの症例 1、2 は造影されている充実性の腫瘍のみ摘出し、タイプⅡの症例 3 は造影されている嚢胞壁と腫瘍の両方を摘出した。その結果、全症例において症状の改善がみられ、症例 1 は嚢胞の内容液の分泌能が低下し、症例 2、3 は嚢胞が消滅した。症例 3 は腫瘍が新たに摘出部位の反対側から発生したが、3 年生存している。

## 総括

犬猫の脳腫瘍は基本的に予後不良であり、治療方法として摘出手術、放射線治療、抗癌剤が考えられ、この中で摘出手術は最も速効性を有する治療法である。しかし摘出するためには、特殊な開頭術や設備が必要であり、獣医療域での脳神経分野は人医療に比べて大きく後れをとっていた。そこで本研究では犬猫の脳腫瘍摘出をするため各種アプローチ法、アプローチが困難とされていた頭蓋底病変へのアプローチ方法、付帯設備、術中 MRI の有用性、および獣医療域では、まだ不明な点が多い嚢胞性髄膜腫の診断と治療法について検討した。

第Ⅰ章は従来からの各種アプローチ方法による脳腫瘍摘出術の有効性および合併症を調べた。1. テント上病変に用いる開頭術には 1) 経前頭洞開頭術、2) 吻側テント開頭術および尾側テント開頭術、3) 経側頭骨開頭術および後頬骨弓骨切除開頭術があり、また 2. テント下病変に用いる開頭術には片側後頭下開頭術がある。これら開頭術は単独あるいは組み合わせることで、円蓋部もしくは円蓋部付近の腫瘍に対するアプローチとしては、安全性と確実性が高いものであった。また合併症も少しの工夫で軽減できるものであった。

第Ⅱ章では特にアプローチが難しい、トルコ鞍周辺の頭蓋底に発生する腫瘍に対するアプローチ法を検討し、有効性を見出した。その結果今までは摘出が困難とされていた部位、もしくは危険とされていた部位へのアプローチが可能となった。

第Ⅲ章は犬猫の脳腫瘍で最も多い髄膜腫を取り上げ、摘出手術の有用性をより向上させるため、術中 MRI、手術顕微鏡、特殊器具を導入し、摘出手術を行った。この試みにより、生存期間の中央値が延長された。

第Ⅳ章では犬では不明な点が多い嚢胞性髄膜腫に、嚢胞性髄膜腫の分類とその手術方法を検討し、通常の髄膜腫と同様の生存期間を得られる症例もあることを明らかにした。

今後、これらの術式に基づいて摘出手術を実施し、症例を重ねることで、更なる犬の脳腫瘍の外科治療法の道標を確立したい。



## 謝辞

本研究を遂行するにあたり研究テーマの設定、論文校正、終始懇切な指導、校閲を賜った酪農学園大学獣医学群獣医学類伴侶動物医療教育分野、画像診断学教育ユニット中出哲也教授に衷心から感謝申し上げます。

また、副指導教員としての的確なアドバイス、論文校正、校閲を賜った酪農学園大学獣医学群獣医学類伴侶動物医療教育分野、外科学第Ⅱ教育ユニット廉澤剛教授、同外科学第Ⅰ教育ユニット上野博史教授に深謝致します。

論文作成にあたり、くじけそうになった時、いつも暖かく励ましてくれ、内助の功で精神的に支えてくれた妻徳子に心の底から感謝申し上げます。また、アツキ動物医療センターに勤務している獣医師、動物看護師、事務スタッフの皆さんに協力を頂いた。心から感謝申し上げます。

## 引用文献

1. Aniba, K., Ghannane, H., Attar, H., Belaabidia, B. and Ait Benali, S. 2007. Cystic meningioma. Case report and literature review. *Neurochirurgie*.**53**: 361-363.
2. Ardeshir, A., Ardayan, A., Emanuel, W., Markus, H. and Peter A. 2006. Surgery of the anterior part of the frontal lobe and of the central region: normative morphometric data based on magnetic resonance imaging. *Neurosurg Rev*.**29**: 313-321.
3. Axlund, T.W., McGlasson, M.L. and Smith, A.N. 2002. Surgery alone or in combination with radiation therapy for treatment of intracranial meningiomas in dogs: 31 cases (1989-2002). *J. Am. Vet. Med. Assoc.***221**: 1597-1600.
4. Bagley, R.S., Kornegay, J.N., Lane, S.B., Throll, D.L. and Page, R.L. 1996. Cystic meningioma in 2 dogs. *J. Vet. Intern. Med.***10**: 72-75.
5. Bagley, R.S., Harrington, M.L., Pluhar, G.E., et al. 1997. Acute, unilateral transverse sinus occlusion during craniectomy in seven dogs with space-occupying intracranial disease. *Vet. Surg.***26**: 195-201.
6. Bagley, R.S., Silver, G.M., and Gavinn, P.R. 2000. Cerebellar cystic meningioma in a dog. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*; **36**: 413-415.
7. Bansal, B.S., Mittal, S.C., Gupta, R.B., et al. 1976. Experimental evaluation of neurological disorders following ligation of the dorsal sagittal sinus in dogs. *Indian Vet. J.* **53**: 213-215.
8. Barreau, P., Dunn, K., Fourie, Y. 2010. Canine meningioma: A case report of a rare subtype and novel atlanto basioccipital surgical approach. *Vet. Comp. Orthop Traumatol.***23**: 372-376.

9. Bennett, R.J.Jr. 1936. A simple method of hypophysectomy in the dog. *Endocrinology*. **20**: 860-862.
10. Black, P. M., Villavicencio, A.T., Rhouddou, C., Loeffler, J. S. 2001. Aggressive surgery and focal radiation in the management of meningiomas of the skull base: preservation of function with maintenance of local control. *Acta Neurochir (Wien)*. **143** (6): 555-62.
11. Bordelon, J.T., Rochat, M.C. 2007. Use of a titanium mesh for cranioplasty following radical rostromedial craniectomy to remove an ossifying fibroma in a dog. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **231**: 1692-1695.
12. Carreira, L.M., Ferreira, A., Burilo, F.L. 2011. The dorsal sagittal venous sinus anatomical variations in brachycephalic, dolichocephalic, and mesocephalic dogs and their significance for brain surgery. *Anatomical Record*. **294**: 1920-1929.
13. Colen, R. R., Kekhia, H., Jolesz, F. A. 2010. Multimodality intraoperative MRI for brain tumor surgery. *Expert Rev Neurother*. **10**: 1545-58.
14. Couillard, P., Karmi, M. Z., Abdelkader, A. M. 1996. Microsurgical removal of an intraventricular meningioma with ultrasound guidance, and balloon dilation of operative corridors: case report and technical note. *Surg Neurol*. **45**: 155-160.
15. Crowe, D.T., Devey, J.J. 1997. Esophagostomy tubes for feeding and decompression: Clinical experiences in 29 small animal patients. *J. Am. An. Hosp. Assoc.* **33**: 393-403.
16. Crowe, S. J., Cushing, H., Homan, J. 1910. Experimental hypophysectomy. *Bull Johns Hopkins Hosp.* **21**: 127- 169.

17. Dehdashti, A. R., de Tribolet, N. 2008. Frontobasal interhemispheric trans-lamina terminalis approach for suprasellar lesions. *Neurosurgery*. **62**: 1233-1239.
18. DeWet, P. D. Alill., Peters, D. N. 1982. Surgical approach to rostral cranial fossa by radical transfrontal craniotomy in the dog. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* **53**:40-51
19. Dyce, K., Sack, W., Wensing, C. 1996. Venous drainage. *In* :Textbook of veterinary anatomy. pp. 313-314. WB Saunders, Philadelphia.
20. Essex, H.E., Astarabadi, T. M. 1953. Transbuccal hypophysectomy in the dog. *Ann Surg*. **138**: 143-144.
21. Ferrante, L., Acqui, M., Lunardi, P., Qasho, R. and Fortuna, A. 1997. MRI in the Diagnosis of Cystic Meningiomas: Surgical Implications. *Acta Neurochir (Wien)*. **139**: 8-11.
22. Fienus, T. 1733. *In*: Libri Chirurgici Duodecim, de Praecipuis Artis Chirurgiae Controvertis. 2<sup>nd</sup> ed. London, Davis.
23. Foy, P.M., Copeland, G.P., Shaw, M. D. 1981. The incidence of postoperative seizures. *Acta Neurochirurgica* .**55**:253-264.
24. Fransson, B. A., Bagley, R.S. 2001. Pneumonia after Intracranial Surgery in Dogs. *Veterinary Surgery*. **30**:432-439.
25. Ganna A, Dehdashti AR, Karabatsou K, Gentili F. 2009. Fronto-basal interhemispheric approach for tuberculum sellae meningiomas; long-term visual outcome. *Br J Neurosurg*. **23**: 422-430.
26. Garosi, L.S., Penderis, J., Brearley, M.J., Brearley, J.C., Dennis, R., Kirkpatrick,

- P.J. 2002. Intraventricular tension pneumocephalus as a complication of transfrontal craniectomy: a case report. *Vet.Surg.* **31**: 226-231.
- 27.Gertw, N., Sydneym, E.1988. Transphenoidal Hypophysectomy in the dog: A New Technique.*Vet Surg.***17**: 296-303.
- 28.Glass, E.N., Kapatkin, A., Vite, C., Steinberg, S. A., 2000. Modified bilateral transfrontal sinus approach to the canine frontal lobe and olfactory bulb: surgical technique and five cases. *J.Am .Anim.Hosp.Assoc.* **36**: 43-50.
- 29.Gordon, P.N., Kornegay, J.N., Lattimer, J.C., Cook, C.R., Tucker-Warhover, T. 2005. Use of a rivet-like titanium clamp closure system to replace an external frontal bone flap after transfrontal craniotomy in a dog. *J.Am.Vet.Med.Assoc.***226**: 731-752-
- 30.Greco, J.J., Aiken, S.A., Berg, J.M., Monette, S. and Bergman, P.J. 2006.Evaluation of intracranial meningioma resection with a surgical aspirator in dogs: 17 cases(1996-2004). *J.Am.Vet. Med. Assoc.* **229**: 394-400.
- 31.Hanson, J. M., Teske, E., Voorhout, G., Galac, S., Kooistra, H.S., Meij, B.P. 2007. Prognostic factors for outcome after transsphenoidal hypophysectomy in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism. *J Neurosurg.* **107**:830-40.
- 32.Hashimoto, N., Rabo, C. S., Okita, Y., Kinoshita, M., Kagawa, N., Fujimoto, Y., Morii, E., Kishima, H., Maruno, M., Kato, A., Yoshimine, T. 2012. Slower growth of skull base meningiomas compared with non-skull base meningiomas based on volumetric and biological studies. *J. Neurosurg.* **116**(3): 574-80
- 33.Hoerlein, B.F., Few, A.B., Petty, M.F. 1963. Brain surgery in the dog-preliminary studies. *J. Am. Vet. Med. Assoc.***143**: 21-29.

34. Hoerlein, B.F., Oliver, J.E. Jr. 1978. Brain Surgery. *In*; Canine neurology Diagnosis and Treatment, 3rd ed. (Hoerlein, B.F. ed.), pp. 697-732. WB Saunders, Philadelphia.
35. Indrieri, R.J., Simpson, S.T. 1985. Intracranial surgery. *In*; Textbook of small animal surgery. (Slatter, D.H. ed.), pp. 1415-1429. WB Saunders, Philadelphia.
36. Jeffery, N., Brearley, M.J. 1993. Brain tumors in the dog: treatment of 10 cases and review of recent literature. *J. Sm. Anim. Pract.* **34**: 367-72.
37. Keller, A.D., Lawrence, W.E., Blair, C.B. 1945. Effects of varying degrees of hypophysectomy in the dog. *Arch Pathol.* **40**: 289-308.
38. Kitagawa, M., Kanayama, K., Sakai, T. 2002. Cystic meningioma in a dog. *J. Small Anim. Pract.* **43**: 272-274.
39. Kostolich, M., Dulish, M.L.A. 1987. Surgical approach to the canine olfactory bulb for meningioma removal. *Vet. Surg.* **16**: 273-277.
40. Kubben, P.L., van Santbrink, H., Spincemille, G. H., Vandertop, W.P. 2007. Intraoperative MRI in brain surgery. *Ned Tijdschr Geneesk.* **151**: 2877-2882.
41. LeCouteur, R. S. Tumors of the nervous system. 1996. *In*: Small animal clinical oncology. (Withrow, S. J., MacEwen, E.G. eds.) pp. 393- 404. WB Saunder Co, Philadelphia.
42. Marinho, A.M., Barua, M., Haller, J., Ryken, T.C. 2002. Enhanced anatomic visualization with ultrasound-assisted intracranial image guidance in neurosurgery. *Technol Cancer Res Treat.* **1**: 181-186.
43. Markowitz, J., Archibald, J. 1956. Transbuccal hypophysectomy in the dog. *Can. J.*

*Biochem. Physiol.* **34**:422-428

44.Maspes, P.E. 1969. The iuxtapontine selective rhizotomy of the fifth cranial nerve with microneurosurgical technique. *Minerva neurochirurgica*. **13**:193-195.

45.McGovern, S. L., Aldape, K.D., Munsell, M. F., Mahajan, A., DeMonte, F., Woo, S. Y. 2010. A comparison of World Health Organization tumor grades at recurrence in patients with non-skull base and skull base meningiomas. *J Neurosurg*.**112**(5):925-33.

46.McLean, A. J. 1928. Transbuccal approach to the encephalon in experimental operations upon carnivoral pituitary, pons and ventral medulla. *Ann Surg*. **88**: 985-993.

47.Meij, B.P.1998. Transshenoidal Hypophysectomy for the treatment of pituitary-dependent hyperadrenocorticism in dogs. *Vet Q*. 20 Suppl 1: S98-100.

48.Meij, B.P., Voorhout, G., Van den Ingh, T.S., Hazewinkel, H. A., Van't Verlaat, J.W. 1997. Transsphenoidal hypophysectomy in beagle dogs: evaluation of a microsurgical technique. *Vet. Surg*. **26**: 295-309.

49.Nauta, H.W., Tucker, W. S., Horsey, W. J., Bilbao, J. M., Gonsalves, C. 1979. Xanthochromic cysts associated with meningioma: *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. **42** : 529-535.

50.Niebauer, G.W., Dayrell-Hart, B., Speciale, J. 1991. Evaluation of craniotomy in dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc*.**198**: 89-95.

51.North, J.B., Penhall, R.K., Hanieh, A, et al. 1983. Phenytoin and postoperative epilepsy. *J. Neurosurg*. **58**: 672-677.

52.Oakley, R.E. and Patterson, J.S. 2003. Tumors of the central and peripheral nervous

system. *In: Textbook of small animal surgery*. 3<sup>rd</sup> ed. (Slatter, D.H. ed.) WB Saunders Co, Philadelphia: pp.2405-2425.

53. Odake G. 1992. Cystic meningioma : report of three patients. *Neurosurgery*. 30: 935-940.

54. Ohba, S., Kobayashi, M., Horiguchi, T., Onozuka, S., Yoshida, K., Ohira, T., Kawase, T. 2011. Long-term surgical outcome and biological prognostic factors in patients with skull base meningiomas. *J Neurosurg* .**114**: 1278-87.

55. Oliver, J.E.Jr. 1966. Principles of canine brain surgery. *Anim hosp*.**2**: 73-88.

56. Oliver, J.E.Jr. 1968. Surgical approaches to the canine brain. *Am. J. Vet .Res.* **29**: 353-378.

57. Parker, A. J., Cunningham, J. G. 1972. Transfrontal craniotomy in the dog. *Vet. Rec.* **90**: 622-624.

58. Pluhar, G.E., Bagley, R.S., Keegan, R.D., Baszler, T.V., Moore, M.P. 1996. The effect of acute, unilateral transverse venous sinus occlusion on intracranial pressure in normal dogs. *Vet. Surg.* **25**: 480-486.

59. Rhoton, A. 2002. The supratentorial cranial space: microsurgical anatomy and surgical approaches. *Neurosurgery*. **53**: 159-273

60. Rhoton, A. 2007. The cerebrum. *Neurosurgery*. **61**: 37-118.

61. Schulder, M., Maldjian, J.A., Liu, W.C., Mun, I.K., Carmel, P.W. 1997. Functional MRI-guided surgery of intracranial tumors. *Stereotact Funct. Neurosurg.* **68**: 98-105.



- 62.Schulder, M., Sernas, T.J., Carmel, P.W. 2003. Cranial surgery and navigation with a compact intraoperative MRI system. *Acta Neurochir. Suppl.* **85**: 79-86.
- 63.Senft, C., Bink, A., Franz, K., Vatter, H., Gasser, T., Seifert, V. 2011. Intraoperative MRI guidance and extent of resection in glioma surgery: a randomised, controlled trial. *Lancet Oncol.* **12**: 997-1003.
- 64.Shapiro, S., Rodgers, R., Shah, M., Fulkerson, D., Campbell, R. L. 2009. Interhemispheric transcalsal subchoroidal fornix-sparing craniotomy for total resection of colloid cysts of the third ventricle. *J Neurosurg.* **110**: 112-115.
- 65.Sheng, L. H., Fei, L. R., Hu, G. Y., Cui, H. M., Hua, F. 2010. Atypical histopathologic type of cystic meningioma. *Acta Neurochir(Wien)*. 152: 105-109.
- 66.Shores, A. 1993. Intracranial surgery. *In: Textbook of small animal surgery*. 2nd ed. (Slater, D.H. ed.) pp.1122-1135. WB Saunders, Philadelphia.
- 67.Tanaka, Y., Sugita,K., Kobayashi,S., Takemae,T. 1989. Hegde AS. Subdural fluid collections following transcortical approach to intra- or paraventricular tumours. *Acta Neurochir (Wien)*. **99**: 20-25.
- 68.Trantakis, C., Meixensberger, J., Lindner,D., Strauss, G.,Grunst, G., Schmidtgen, A., Arnold,S. 2002. Interactive neuronavigation using 3D ultrasound. A feasibility study. *Neurolog. Res.***24**: 666-670
- 69.Verdura, J., White,R.J., Albin, M.1963. A new technique for aseptic hypophysectomy in the dog. *J.Surg.Res.* **3**: 174-175
- 70.Worthington, C., Caron, J.L., Melanson, D., Leblanc, R.1985. Meningioma cysts. *Neurology.* **35**: 1720-1724.

- 71.Yasargil, M., Fox, J., Ray, M.1975. The operative approach to aneurysms of the anterior communicating artery. *Ady. Tech. Stand. Neurosurg.* **2**: 113-168.
- 72.Yasargil, M., Kasdaglis, K., Jain, K., Weber, H.1976. Anatomical observations of the subarachnoid cisterns of the brain during surgery. *J Neurosurg.* **44**: 298-302.
- 73.Yaşargil, M.G.1970. Intracranial microsurgery. *Clinical neurosurgery.***17**: 250-256.
- 74.Yaşargil, M.G.1970. The use of the binocular microscope in neurosurgery. *Bibliotheca ophthalmologica.supplementa and ophthalmologica.* **81**: 62-65.
- 75.Yasargil, M.1999. Legacy of microneurosurgery: memoirs,lessons, and axioms. *Neurosurgery.* **45**: 1025-1091.
- 76.Zhou, H., Miller,D., Schulte, D. M., Benes, L., Bozinov, O., Sure,U. and Bertalanffy, H. 2011. Intraoperative ultrasound assistance in treatment of intradural spinal tumors. *Clin. Neurol Neurosurg.* **113**: 531-537.