

原

著

哺乳動物橋の比較解剖学的研究

新潟大学医学部第二解剖学教室（主任：布施栄明教授）

小林一弘

The Comparative Anatomical Study of the Pons
in the Mammalian Brain

Kazuhiro KOBAYASHI

Department of Anatomy, Niigata University School of Medicine
(Director: Prof. Shigeaki FUSE)

Morphological observation was made on the pons of eighteen kinds of mammalian brains. On the ventral view of the pons, the appearance of it on lion, bear, indian elephant and blue whale was well developed respectively. The angle of the ventral projection of the pons in these animals, which was measured on the mid-sagittal plane, was larger than that of other animals and the area of the pons in this plane of the above mentioned animals also became larger for its volume. These observations corresponded to the gross inspections.

Based on the observations on the human and mammalian pons, it is considered that the angle of the ventral projection of the pons indicates the degree of its development, that is, the pons had a large angle of the ventral projection, such pons naturally projects to ventral, is well developed.

The morphometric difference among the order of animals could not be recognized. It is suspected that the degree of the development of the pons is correlated with the behavior and adaptation to the environment of mammals.

Key words: mammalian pons, morphometry, ventral swelling

哺乳動物の橋, 形態計測, 腹側への膨隆

Reprint request to: Kazuhiro KOBAYASHI,
Department of Anatomy, Niigata University
School of Medicine, Asahimachi-dori 1,
Niigata City, 951, JAPAN.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部第二解剖学教室

小林一弘

橋は錐体、オリブとともに、その発育程度は哺乳動物の種類によってことなるが、ヒトでは三者が最もよく発達し、とくに橋底部は腹側に膨隆突出している。

塚野¹⁾は成人脳、胎児脳、乳幼児脳の橋の形態について観察し、とくにその腹側への膨隆度を量的に示し、またその形態の形成過程についても考察した。MarsdenとRowland²⁾は一連の哺乳動物の橋、錐体、オリブの形態の進化について検討し、動物の種類によりその大きさと形態に大きな差異のあることを報告している。

著者はいろいろな哺乳動物の橋の形態について観察し、とくにその腹側への膨隆の程度について比較考察した。

材料と方法

研究材料として用いた哺乳動物脳は、収集しえた比較の大きな脳を有する動物、即ちカイウサギ、イヌ、ネコ、タヌキ、ライオン、ピューマ、ツキノワグマ、ヤギ、ブタ、ウマ、シマウマ、ウシ、ホンシュウシカ、ニホンザル、ブタオザル、カニクイザル、インドゾウ、シロナガスクジラのホルマリン固定脳である。これらの動物はすべて成獣である。

これらの脳は麻醉屠殺後、あるいは死亡後頭蓋から剔出しホルマリンで固定されたものである。また一部の動物では、ホルマリンで灌流固定後、頭蓋から剔出されたものもある。

橋の形態を腹側面から観察し、塚野¹⁾がヒトで行ったと同様に長径、横径を計測した。その後、脳全体に正確な正中矢状断を加え、橋及びその周辺の正中矢状断面を写しとり、その図形について観察計測を行った。一部は引き伸ばした写真を用いたものもある。

正中矢状断面での計測の方法も、塚野¹⁾のヒトの場合と同様である。即ち基準線としては後交連下縁とカンヌキを結ぶ菱脳軸 rhombencephalic axis (X-Y) を求め、これと平行に橋の最腹側点 (V) をとおる切線を引き、

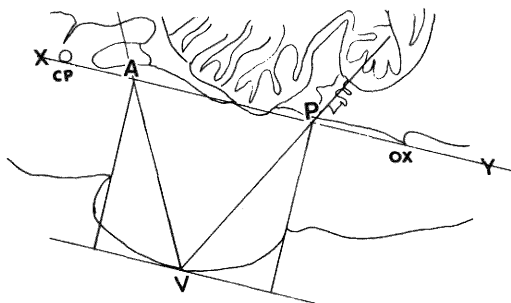


図 1 X-Y：菱脳軸，cp：後交連，ox：カンヌキ

X-Y からVへ垂線を下してXY-Vを橋の高径とした。橋の前縁、後縁の最深部からX-Yへ垂線を引き、X-Yとの交点をA、PとしA-Pを前後径とした。またAVPのなす角を、橋の高まり、即ち膨隆度をあらわす角とした(図1)。

橋の正中矢状断面積は、写しとった図形についてプランニメーターで10回計測し、その平均値で示した。また引き伸ばした写真で計測したものもある。

観 察 結 果

1. 哺乳動物橋の腹側面からの観察及び計測

橋の腹側面を肉眼的に観察し、正中陥凹(ヒトの脳底溝にあたる)における頭尾方向のひろがり、即ち前後長を長径とした。また両側三叉神経根内側縁間の距離を横径とした。

以下、各種哺乳動物橋の所見、計測値について述べる。

カイウサギ

橋の表面は平坦であり、正中陥凹も浅い。前縁は前方に凸であるが、その中央は凹んでいる。中脳底面、即ち脚間窩、大脳脚からやや隆起しているが、後縁は直線的であり、ほぼ同じ平面で延髄の台形体、錐体へ移行するので、延髄との境界は浅い溝となっている。横橋線維は認められない。三叉神経根は橋の後縁外側から出る。長径4mm、横径9mmである(図2-A)。

イヌ

橋の前縁は前方に凸で、その中央は凹む。前縁は中脳底面から隆起しているが、後縁は、直線的な浅い溝を介しほぼ同一平面で台形体、錐体へ続いている。正中陥凹は浅いが、旁正中隆起が明らかに認められる。横橋線維は殆ど認められない。三叉神経根は橋の後縁外側から出る。長径8mm、横径14mmである(図3-A)。

ネコとタヌキ

橋の大きさは、イヌより小型であるが、ほぼ同様の所見である。ネコ、タヌキでは少数の横橋線維が認められた。ネコは長径6mm、横径11mmであり、タヌキは長径6mm、横径10mmであった。

ライオン

橋は長径14mm、横径16mmあり大きい。前縁は前方に凸であるが、後縁は直線である。中脳底面からの隆起は明瞭である。後縁は浅い溝を介して、よく発達した台形体、錐体へ移行している。正中陥凹は浅く、橋は全体として膨隆している。横橋線維も認められる。三叉神経根は強力で、橋の後縁外側から出ている(図4-A)。

ピューマ

前縁、後縁ともかなり深い溝となり、ゆるやかな弧をえがく。ライオンに比し橋は全体として膨隆度を増している。後縁は、はっきりした境界をもって台形体、錐体に移行している。正中陥凹はやまがっているが、かなり深く旁正中隆起も明瞭である。横橋線維も認められる。三叉神経根は橋の外側後縁から出ている。長径 13 mm, 横径 20mm で、横径が大きく、全体として橋は卵円形に近い形を呈している (図 5-A)。

ツキノワグマ

長径 16mm, 横径 18mm で、橋は全体として円味をおびて膨隆しており、前縁、後縁ははっきりした溝となり、横橋線維も明瞭である。正中陥凹は極めて浅く、旁正中隆起は明らかでない。台形体の発達は貧弱である。強大な三叉神経根が、橋の後縁外側から頭方にむいて出ている (図 6-A)。

ヤギ

前縁は前方に凸であり、後縁はほぼ直線である。長径 8mm, 横径 14mm で、橋は頭尾方向にせまい。前縁は中脳底面から、やや膨隆しているが、後縁はほぼ同じ平面で錐体、台形体へ移行している。正中陥凹は浅く、橋全体として膨隆は貧弱である。横橋線維は殆ど認められない。三叉神経根は、橋後縁外側から出ている。

ブタ

長径 7mm, 横径 14mm で、ヤギとほぼ同じ大きさで、所見も同様である。

ウマ

橋の発達は良好で膨隆も著明である。前縁と後縁は弧をえがき、長径 15mm, 横径 35mm で横径がひろく、橋は全体としてラグビーのボールのような形態である。後縁は深い溝となり、錐体、台形体につづく。正中陥凹は深く、旁正中隆起も著明である。横橋線維も認められる。三叉神経根が、中小脳脚の起始部から出ていることは特異である (図 7-A)。

ウシ

長径 11mm, 横径 22mm で、ウマに比し橋は全体として小さく、膨隆の程度もウマより劣っている。前縁は前方に凸であるが、後縁は直線的で錐体、台形体に移行している。正中陥凹は浅く、横橋線維も著明でない。三叉神経根は橋後縁外側から出ている。

ホンシュウシカ

長径 10mm, 横径 23mm で、前縁、後縁ともほぼ直線的で、橋は全体として矩形に近い形態をとる。橋の膨隆の程度は、ウマには劣るが、ウシとほぼ同様である。

正中陥凹は浅く、少量の横橋線維がみられる。台形体は大きく、頭尾方向のひろがりでは橋の長径と同じくらいである。強大な三叉神経根が橋の後縁外側から出ている。

シマウマ

橋の形態は、ホンシュウシカとよく似ている。長径 16 mm, 横径 29mm で大きく、頭尾方向にのびている。橋の表面に横走る溝がみられ、橋は前方 1/3 と後方 2/3 に分けられるが、恒常的なものかどうかは分からない。正中陥凹は浅く、横橋線維も明瞭でない。三叉神経根は中小脳脚の起始部から出ている (図 8-A)。

ニホンザル

橋は膨隆として明らかに認められる。前縁は前方に凸であり、後縁はほぼ直線的である。長径 10mm, 横径 17mm である。正中陥凹には脳底動脈が走り、かなり深く旁正中隆起も著明である。横橋線維も少数は認められる。後縁は浅い溝となり錐体につづくが、台形体は橋の表面には存在しない。三叉神経根は橋の後縁に近い外側部から出ている (図 9-A)。

ブタオザル

長径 8mm, 横径 12mm で、ニホンザルよりやや小型である。橋の膨隆の程度は、ニホンザルよりやや劣るが、他はほぼ同様の所見である。

カニクイザル

橋の大きさは、ほぼブタオザルと同じで長径 7mm, 横径 11mm である。膨隆もブタオザルと同程度である。横橋線維は殆ど認められない。三叉神経根は橋の後縁の外側から出ている。

インドゾウ

橋の長径は 43mm, 横径は 61mm で、観察した他の動物にくらべかなり大きい。ヒトの橋よりもかなり大きく、長径はヒトの 1.7 倍、横径はヒトの 2 倍の大きさである。前縁は弧をえがき、後縁はかるく後方に突出しているが、両縁は外側で強大な中小脳脚へつながっている。正中陥凹は深く、旁正中隆起も著明である。橋の膨隆も強く、ヒトの橋よりも腹側に突出している。錐体及びオリブもよく発達している。横橋線維も明瞭に認められる。三叉神経根は、中小脳脚の起始部で橋の外側部から出ている (図 10-A)。

シロナガスクジラ

橋の長径は 44mm, 横径は 63mm で、インドゾウとほぼ同じ大きさである。前縁は弧をえがくが、後縁は直線的である。正中陥凹は浅く、その表面はなめらかで全体的に円味をおびている。横橋線維も明らかに表面に露出してみえる。強大な三叉神経根が、橋の外側のやや後

方から出ている。

2. 哺乳動物橋の正中矢状断面での観察及び計測

塚野¹⁾がヒト橋の正中矢状断面で行った計測と同様に、それぞれの動物の橋の正中矢状断面で、前後径、高径、正中矢状断面積、膨隆角(度)が計測された。これらの結果については表 1 に示した。

正中矢状断面での各計測値の間に、また哺乳動物の各目の間で一定の傾向は認められない。

腹側面からの観察で、橋が明らかに膨隆として認められる動物では、膨隆角(度)も大きい。膨隆角(度)の比較的大きい動物、即ち、ライオン、ピューマ、ツキノワグマ、インドゾウ、シロナガスクジラでは、肉眼的にも著明な膨隆として認められた。

ヒトの膨隆角(度)は、61.97°であるので¹⁾、ヒトに比して多くの動物では小さいが、インドゾウ、シロナガスクジラでは、橋の大きさそのものも大きい、膨隆角(度)もヒトより大きい値を示しており、これらの動物では正中矢状断面積も大きい傾向がある。また、体の大きい動物は大きい正中矢状断面積をもっている。

ヒトと哺乳動物の観察から、膨隆角は橋の膨隆度を量的に示すものと考えられる。膨隆角の大きいものは、橋の膨隆度も大きく、橋の発達が良いといえる。

表 1

動物	前後径 mm	高径 mm	正中矢状断面積 mm ²	膨隆角 度
カ イ ウ サ ギ	7	5	34	42
ネ コ	8	11	73	41
イ ス	12	13	125	50
タ ヌ キ	11	10	107	48
ラ イ オ ン	17	16	256	57
ピ ュ ー マ	13	16	303	53
ツ キ ノ ワ グ マ	18	16	260	60
ヤ ギ	10	12	106	41
ブ タ	8	12	94	40
ウ マ	19	20	365	49
ウ シ	12	17	186	43
ホ ン シ ュ ウ シ カ	13	18	210	43
シ マ ウ マ	17	26	319	44
ニ ホ ン ザ ル	13	15	174	50
ブ タ オ ザ ル	11	13	122	45
カ ニ ク イ ザ ル	10	11	98	48
イ ン ド ゾ ウ	39	32	1,225	62
シ ロ ナ ガ ス ク ジ ラ	44	30	1,117	68

霊長目では、Lemur から Anthrooidea, そして最終的にヒトへと進化していくにしたがって、橋は急激にその大きさ、また頭尾方向へのひろがり、腹側面への突出が増加するという²⁾。本研究で観察したニホンザル、ブタオザル、カニクイザルでは、橋の大きさ、膨隆角(度)もあまり大きくない。より高等なサルや類人猿では、ヒトの形態に近づいていくものと推測される。

カイウサギ、イヌ、ライオン、ピューマ、ツキノワグマ、ウマ、シマウマ、ニホンザル、インドゾウの正中矢状断面の形態については、それぞれ図 2-B, 図 3-B, 図 4-B, 図 5-B, 図 6-B, 図 7-B, 図 8-B, 図 9-B, 図 10-B に示した。

考 察

哺乳動物橋の形態については、Papez³⁾, Ellenberger-Baum⁴⁾, Jenkins⁵⁾などの著書に記載されているが、各種の哺乳動物の橋についての形態、とくにその膨隆の程度などについての記載はみられない。

Igarashi と Kamiya⁶⁾は、円口類から哺乳類までの脊椎動物脳の図譜で、哺乳動物の各目の外表面の形態、正中矢状断面及び前頭断切片標本による内部構造を示しており、橋の形態についても知ることが出来る。

Marsden と Rowland²⁾は、橋、オリブ及び錐体の進化を各目の哺乳動物について研究した。橋、オリブ及び錐体の大きさや形は、大脳皮質、基底核及び小脳の発達に伴っており、その大きさや複雑性はヒトにおいて最高の発達に達しているという。

また、哺乳動物のこれらの構造の進化の変異は、それぞれの動物の陸棲か水棲かというような特殊な適応にも相関があるように思われるという。

哺乳動物の橋は、ふつういわゆる pretrigeminal pons であり、本研究で観察した動物の橋もすべて pretrigeminal であった。しかし単孔目や有袋目の橋は、posttrigeminal pons であるという²⁾。

三叉神経根は観察した多くの動物では、橋の後縁の外側部から出ている。ヒト、ニホンザル、ウマ、インドゾウ、シロナガスクジラでは橋の外側から出ており、橋は pretrigeminal portion と posttrigeminal portion に分けられている。

観察した多くの動物では、橋はその後縁で、錐体と台形体にはほぼ同一平面で移行していた。台形体は延髄の上端部にある横走るすじの集りが外表面にあらわれたもので、これは聴覚路に属するが、ヒトやサルの脳ではこの台形体の殆ど全部が橋の範囲にあって外表面には露出し

ていない。橋がその大きさを増し、とくに尾方へのびてくると台形体をおおい、表面からは見えなくなる⁷⁾。

台形体の大きさは、動物によりかなり変異がみられるが、著者の観察した動物のうちでは、ニホンザル、ブタオザル、カニクイザル、インドゾウ、シロナガスクジラでは認められなかった。

橋は、霊長類、アリクイ、カバ、キクガシラコウモリ、ゾウ、クマ、ラッコ、鱧脚類、鯨類でよく発達している。また鯨類の大きな橋は、大きな小脳及び大きく脳溝の多い大脳半球と調和しているという²⁾。

著者の観察では、ライオン、ツキノワグマ、ピューマ、インドゾウ、シロナガスクジラの橋は発達が良好であった。

Marsden ら²⁾も指摘しているように、橋の発達の度合は、それぞれの動物の生態や、環境への適応と密接な相関があると考えられる。また橋底部に存在する伝導路、即ち皮質脊髄線維、皮質核線維、皮質橋線維、橋小脳線維及び橋核、さらに大脳皮質、小脳の発達程度と大きさ、複雑性の増加とも密接な関係がある。

総 括

18種類の哺乳動物橋の形態が、腹側面と正中矢状断面から観察計測された。

腹側面からの観察では、大きさ、膨隆の程度はそれぞれの動物で変異がみられるが、とくにライオン、ピューマ、ツキノワグマ、インドゾウ、シロナガスクジラの橋はよく発達していた。

正中矢状断面の観察でもこれらの動物の膨隆角は大きく、肉眼的所見と一致していた。またこれらの動物は体も大きく、橋の正中矢状断面積も大きい傾向がみられた。

ヒトと哺乳動物の橋の観察から、膨隆角は橋の膨隆度を量的に示すものと考えられる。膨隆角の大きいものは、橋の膨隆度も著明であり、橋の発達が良好であるといえ

る。

哺乳動物橋の形態計測の所見は、哺乳動物の各目の間で一定の傾向は認められない。橋の発達程度は、それぞれの哺乳動物の生態や、環境への適応と密接な相関があると考えられる。また橋底部に存在する皮質脊髄神経線維、皮質核線維、皮質橋線維、橋小脳線維、またこれらの線維が起始、終止する橋核、大脳皮質、小脳の発達程度と大きさ、複雑性の増加とも関係がある。

参 考 文 献

- 1) 塚野 捷: ヒト橋の形態学的研究, 新潟医学会誌, 105, 187~192, 1991.
- 2) Marsden, C.D. and Rowland, R.: The mammalian Pons, Olive and Pyramid, J. Comp. Neur., 124, 175~188, 1965.
- 3) Papez, J.W.: Comparative neurology, 106~114, Thomas Y. Crowell, New York, 1929.
- 4) Zietzschmann, O., Ackerknecht, E. and Grau, H.: Ellenberger-Baum, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, 809~893, 18 Auf., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1943.
- 5) Jenkins, T.W.: Functional mammalian neuroanatomy, 24~26, 184~193, Lea & Febiger, Philadelphia, 1972.
- 6) Igarashi, S. and Kamiya, T.: Atlas of the vertebrate brain, Morphological evolution from cyclostomes to mammals, Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 1972.
- 7) 小川鼎三: 脳の解剖学, 30~46, 南山堂, 東京, 1951.

(平成3年2月14日受付)

小林論文付図 (I)

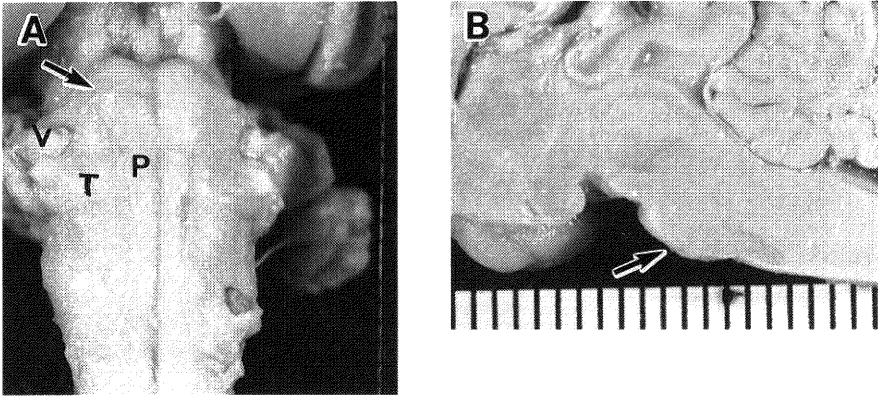


図 2 A カイウサギ 橋 腹 側 面
 B カイウサギ 橋正中矢状断面
 1目盛は 1mm, 矢印は橋を示す.
 V: 三叉神経根, P: 錐体, T: 台形体

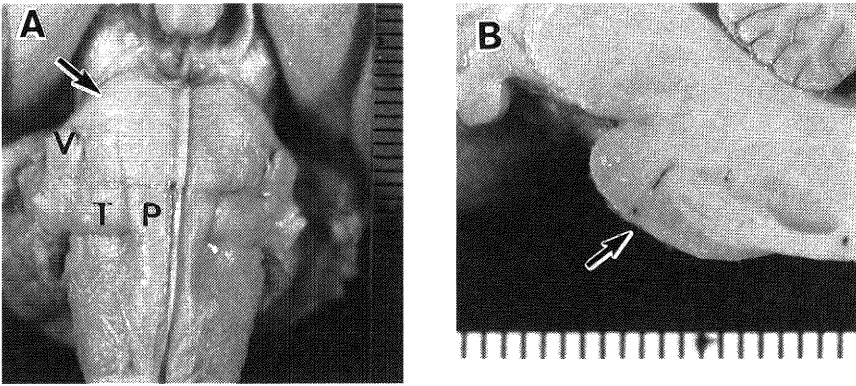


図 3 A イヌ 橋 腹 側 面
 B イヌ 橋正中矢状断面

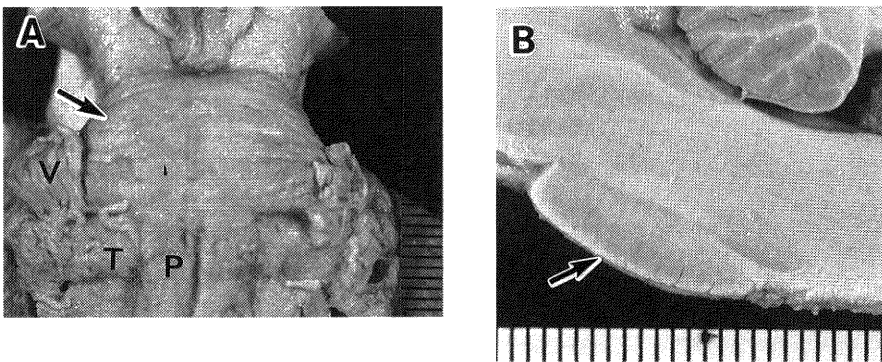


図 4 A ライオン 橋 腹 側 面
 B ライオン 橋正中矢状断面

小林論文付図(Ⅱ)

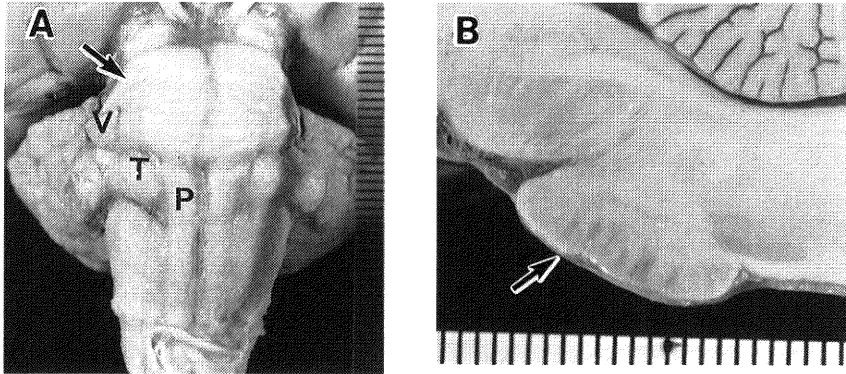


図 5 A ブユーマ 橋腹側面
B ブユーマ 橋正中矢状断面

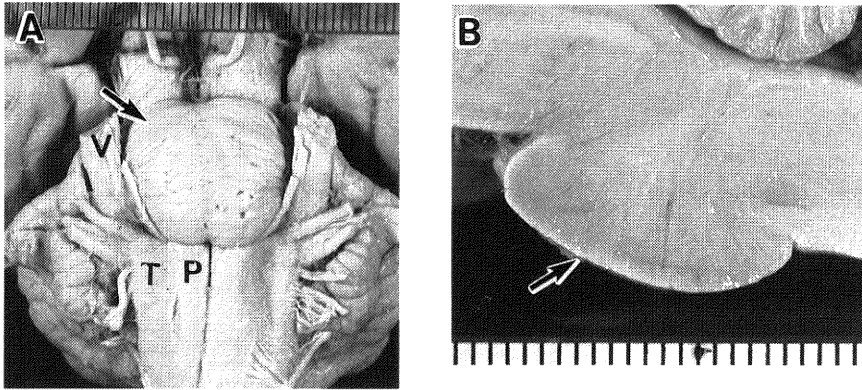


図 6 A ツキノワグマ 橋腹側面
B ツキノワグマ 橋正中矢状断面

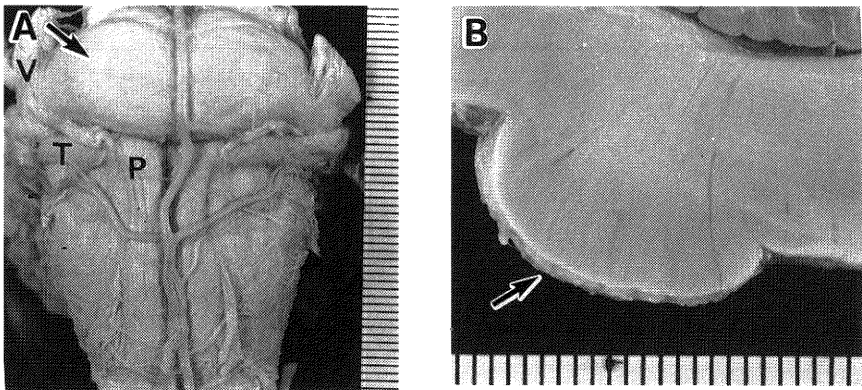


図 7 A ウマ 橋腹側面
B ウマ 橋正中矢状断面

小林論文付図(Ⅲ)

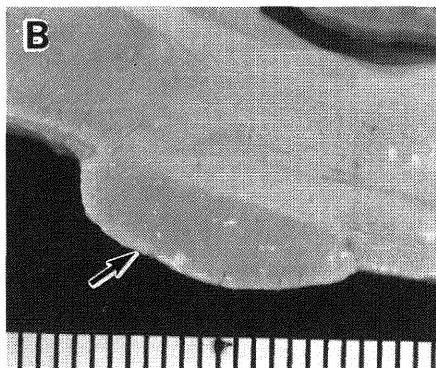
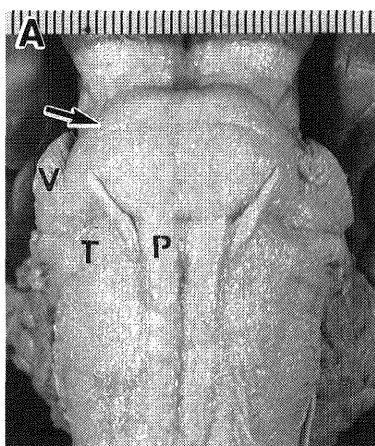


図8 A シマウマ 橋腹側面
B シマウマ 橋正中矢状断面

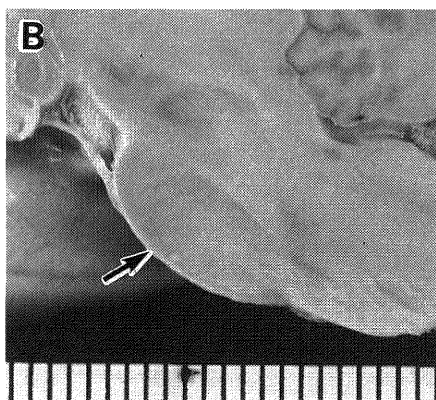
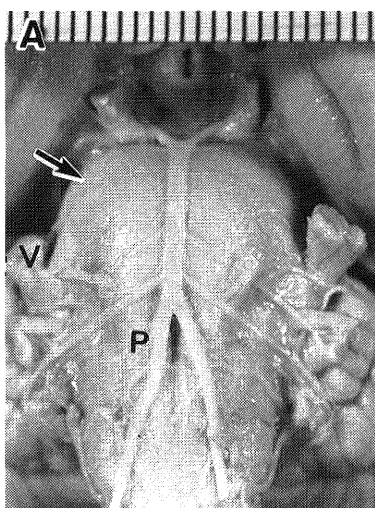


図9 A ニホンザル 橋腹側面
B ニホンザル 橋正中矢状断面

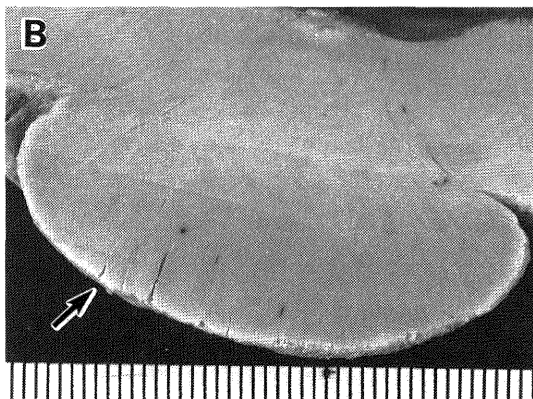
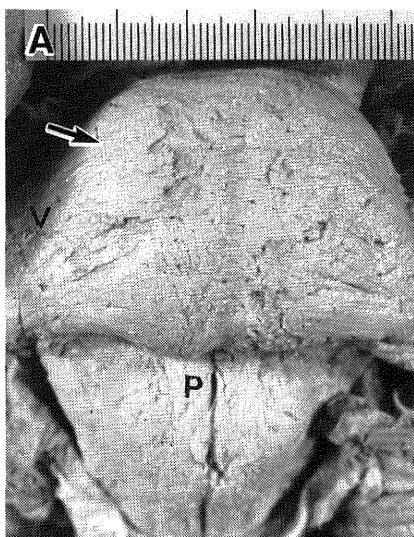


図10 A インドゾウ 橋腹側面
B インドゾウ 橋正中矢状断面