

ヒト橋の形態学的研究

新潟大学医学部解剖学第二教室（主任：布施栄明教授）

塚野 捷

The Morphological Study of the Pons in the Human Brain

Hayashi TSUKANO

Department of Anatomy, Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Shigeaki FUSE)

The morphometric observation was done on the pons of the human adult, infant and fetus brains. The result was summarized as follow:

1. On the ventral view, the mean size of the pons was 31.45mm in width, 25.98 mm in length and the largest length on each side was 27.02mm (right) and 27.03mm (left) respectively.

2. On the mid-sagittal plane (MSP), the mean area of the pons was 339.9mm² and on the average size of it was 25.43mm in cranio-caudal extent and 21.09mm in height. The angle of the ventral projection (AVP) was 61.97°. AVP of males tended to show larger than that of females, that is, the pons of males protruded to ventral more than females. The pontine index (PI) became 83.2 and the reciprocal relationships was found between AVP and PI.

3. On the fetus pons, AVP gradually increase, and after 5th month the pons essentially takes form in adult shape. Taking into account the myelination of the pyramidal and cortico-pontine tract, it is suspected that the form of the pons, especially the ventral swelling of it, accomplish about three or four years old.

Key words: human pons, morphometry, ventral swelling

ヒトの橋, 形態計測, 腹側への膨隆

Reprint request to: Hayashi TSUKANO,
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
新潟大学医学部解剖学第二教室

塚野 捷

橋は比較解剖学的にみると、哺乳類になって始めて延髄から区別される脳部であって、それより下等な動物では橋とよぶべき特別な部分がない。

系統発生的に新しい橋腹側部には橋核が存在し、皮質橋路、橋小脳路を介し大脳皮質と新小脳皮質との間の連絡部位であり、また皮質核路、皮質脊髄路などの錐体路も通過している。したがって大脳皮質や新小脳の発達のない動物ほど、橋の発達のよいのは当然であり、ヒトで最もよく発達し腹側に膨隆している。

著者は成人脳、ヒト乳幼児脳、ヒト胎児脳の橋の形態について、腹側面と正中矢状断面において観察し、とくに腹側への膨隆の程度を量的に表わすことを試みた。なおこれらの一部は既に報告した¹⁾。

材料と方法

研究材料とした人脳は、解剖学教室に系統解剖学実習のために保存された日本人成人脳で、大腿動脈より固定液を注入後、頭蓋から剔出しホルマリン液に貯蔵されたもので、脳に病変のないと思われるものを用いた。日本人胎児脳については、頭蓋から剔出し直接ホルマリン液で固定したものを用い、日本人乳幼児脳は教室所蔵のホルマリン固定脳を使用した。

橋腹側面からの観察計測は、島田²⁾にならい脳底溝における橋の前後長を長径、両側三叉神経根内側縁間の距離を横径とした。また両側錐体膨隆部における最大前

後長を最大長径とした。

次に脳全体に正確に正中矢状断を加え、えられた橋及び周辺の正中矢状断面を写しとり、その図形について観察し計測を行なった。一部は引き伸ばした写真について計測を行なった。

基準線としては、後交連下縁とカンヌキを結ぶ線、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、X-Y から垂線を下して XY-V を橋の高径とした。橋の前縁と後縁、即ち橋前溝、橋後溝の最深部から X-Y へ垂線をひき、X-Y との交点をそれぞれ 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、即ち膨隆度を表わす角度とした (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、その平均値を求めた。橋指数は高径/前後径×100で示した。

計測値はすべて、平均 (M)±標準偏差 (SD) で示した。

観察結果

1. 橋腹側面における観察

計測結果については表 1 に示した。長径：25.98mm、最大長径：右 27.02mm、左 27.03mm、横径 31.45mm であり、性差、左右差は殆ど認められなかった。

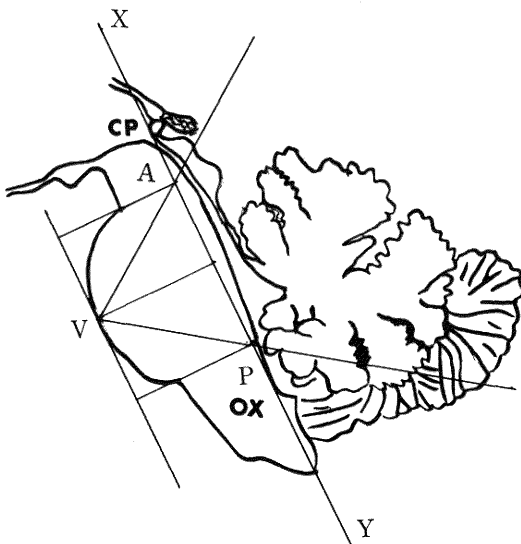
表 1

	長 径 (mm)	最大長径 (mm)		横 径 (mm)
		右	左	
男性 21例	26.10±1.53	27.17±1.45	27.31±1.36	31.67±2.51
女性 12例	25.80±2.10	26.75±1.80	26.54±1.78	31.10±1.62
男・ 女性	25.98±1.77	27.02±1.41	27.03±1.55	31.45±2.15

2. 橋矢状断面における観察

計測結果については表 2 に示した。高径：21.09mm、前後径：25.43mm であり、膨隆角 (度) は 61.97° であった。高径、前後径においては性差は認められなかったが、膨隆角 (度) では男性が女性よりやや大きい傾向があった。

橋の正中矢状断面積は表 3 の如く、339.9mm² であった。前述した橋の高径、前後径は各例の間でそれほど差は認められないが、正中矢状断面積についてはかなりの



CP：後交連 OX：カンヌキ

図 1

表 2

	膨隆角 (度)	高 径 (mm)	前後径 (mm)
男 性 27 例	62.88±4.75	21.04±1.51	25.60±1.48
女 性 16 例	59.80±4.67	21.20±1.19	25.00±1.53
男・女性	61.97±4.87	21.09±1.43	25.43±1.52

表 3

	正中矢状断面積 (mm ²)
男 性 25 例	336.5±45.2
女 性 10 例	348.5±25.6
男・女性	339.9±41.1

表 4

	橋 指 数
男 性 27 例	82.5±7.5
女 性 16 例	85.0±7.9
男・女性	83.2±7.7

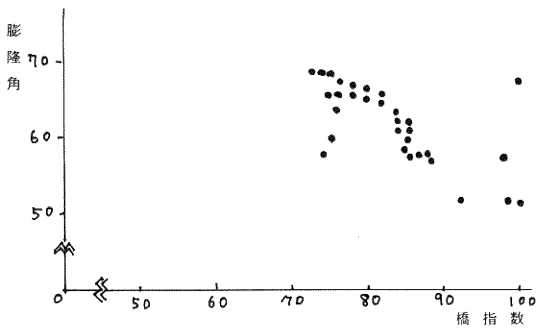


図 2

差が認められた。この様な傾向は、脳梁の長径、高径、正中矢状断面積の間においても認められる³⁾。

橋指数は表 4 の如くであり、83.2であった。橋指数と橋の形態の特徴を表わす膨隆角(度)との関係は、図

2 に示した。橋指数と膨隆角(度)の間には負の相関関係があるものと思われ、その相関計数は-0.68であった。

3. ヒト乳幼児、ヒト胎児脳の橋の観察

胎生4ヶ月、5ヶ月、6ヶ月、7ヶ月、8ヶ月、10ヶ月の胎児脳、生後70日、1年6ヶ月の乳幼児脳の橋について観察した。

4ヶ月胎児脳では、脳底溝は極めて浅く、橋の腹側面は全体として四角形をなし平坦で、その隆起はまだ明らかでない。また横橋線維も明瞭でないが、中小脳脚は認められる(図3)。

5ヶ月胎児脳では、4ヶ月胎児に比し脳底溝がやや深くなって来る。

6ヶ月胎児脳では、全体として四角形を呈し、脳底溝、横橋線維、三叉神経根も明らかとなり、膨隆の程度も増して来ている。5ヶ月以降の胎児脳は、ほぼ成人脳に近い形態をとる様になる(図4,5)。

7ヶ月以降の胎児脳では徐々に膨隆度を増してくる(図6,7)。8ヶ月、10ヶ月胎児脳では、成人型を示し、脳底溝、横橋線維、中小脳脚も明瞭となる。

生後70日、1年6ヶ月の乳幼児脳では、橋はまだ成人脳の橋の半分ほどの大きさであるが、成人型を示し膨隆

表 5

胎 生 生 後	長 径 (cm)	最大長径 (cm)	横 径 (cm)
4ヶ月	0.6	0.6	0.7
5ヶ月	0.7	0.8	0.9
6ヶ月	0.8	0.9	1.0
7ヶ月	1.0	1.1	1.3
8ヶ月	1.0	1.0	1.4
10ヶ月	1.3	1.4	1.6
70 日	1.3	1.4	1.8
1年6ヶ月	1.4	1.4	1.9

表 6

胎 生 生 後	前後径 (cm)	高 径 (cm)	膨隆角 (度)	橋指数
6ヶ月	1.1	1.2	49	109.1
7ヶ月	1.2	1.1	43	91.7
8ヶ月	1.2	1.3	53	108.3
10ヶ月	1.4	1.4	54	100.0
70 日	1.4	1.4	57	100.0
1年6ヶ月	1.6	1.6	57	100.0

度もさらに増加している。

腹側面での計測の結果は表5に示した。長径に比し、横径の成長が早い様である。

正中矢状断面での計測の結果は表6に示した。前後径と高径が増加することにより、膨隆角(度)も増加してくるものと思われる。1年6ヶ月の幼児脳の膨隆角(度)は57°に達するが、成人脳のそれよりはまだ小さい。

胎児脳や乳幼児脳では、成人脳とことなり前後径、高径に殆ど差がないので、橋指数は100に近い値となる。

考 察

本研究に使用した成人脳は、系統解剖学実習のための遺体からえられたものであり、年齢は52才から93才にわたり高年齢者が多いが、とくに年齢については考慮しなかった。また脳は固定期間により、当然計測値も変動するものと考えられるが、少なくともホルマリン固定期間5ヶ月以上のものを使用した。

島田²⁾は50例の固定脳の橋について、腹側面から観察計測し、長径 26.5mm, 最大長径左 28.6mm, 右 28.5mm, また横径については 31.1mm と記載している。著者の成績も島田の計測値とほぼ同様であった。

Yurguitis⁴⁾は橋の長径について、21-30才では男性 25.43mm, 女性 24.35mm, 60-90才では男性 25.97mm, 女性 24.57mm とし、横径については21-30才では男性 36.04mm, 女性 32.73mm, 60-90才では男性 35.27mm, 女性 33.61mm としており、性差や年齢差はあまり認められないという。著者の計測値でも性差は殆ど認められない。年齢差についてはとくに考慮しなかった。

Stepanavichyus⁵⁾によれば、成人脳で橋の長径は20-26mm, 平均 22.28mm であり、一方横径は27-34mm, 平均 30.61mm であるという。

Yurguitis⁴⁾と著者の値を比較すると、横径が日本人より大きい。また Stepanavichyus⁵⁾の値は長径が日本人より小さい値を示している。Yurguitis⁴⁾や Stepanavichyus⁵⁾の値はロシア人のものであり、人種差のあることも考えられる。

島田⁶⁾は直角座標による脳の正中断面の研究の中で、橋の断面について菱脳の平面直角座標による観察を行っている。即ち脳の正中断面において、延髄菱形窩の正中溝の水準に位置して上下に延長した直線、即ち脳幹軸を縦軸(y軸)とし、小脳虫部の正中断面上の室頂をとって脳幹軸と直交する直線、即ち小脳横軸を横軸(x軸)

とし、両軸の直交点を座標原点(O)とした。このような菱脳座標による橋断面の所見について報告している。黒松⁷⁾も直角座標により、南九州人脳の橋について観察し、島田⁶⁾の成績と比較検討している。本研究では菱脳軸、即ち後交連下縁とカンヌキを結ぶ線を基準としているので、島田⁶⁾、黒松⁷⁾の所見と比較することは出来ない。

著者は正中矢状断面において、菱脳軸を基準として橋の高径、前後径、正中矢状断面積、橋指数などを求めたが、このような観察計測は行なわれていないので比較することは出来ない。また橋の腹側への膨隆の程度を量的に表現する目的で、膨隆角(度)を求めた。膨隆角は女性に比し男性が大きく、男性の橋はより腹側に膨隆し突出していることを示すものと考えられる。

伴⁸⁾は邦人胎児脳髓に関する研究のなかで、脳橋についても観察している。16週までは「いぼ状」であるが、17週から半卵状から矩形に近くなり、脳幹内の輪郭は明瞭に区別される様になる。19週では橋腕が明瞭となり、橋の皺が現われ、20週では橋腕の発育著明、橋の下面は基部より広くなる。そして21週では橋腕の形は殆ど成人型を示し、橋の輪郭は明瞭である。腹側面での横径、正中断面での前後径、厚さは共に5ヶ月の終り頃急に発育して成人の様な形になり、それからは各々大約平行して一般に大きくなる。又橋腕も同様に5ヶ月の終り頃には既に著明に発育しており、オリブの出現と時期を同じくしている点は興味深いとしている。

著者の観察でも概ね5ヶ月以降、橋は明瞭なほぼ四角形の輪郭を示し、脳底溝も深くなり、横橋線維、中小脳脚、三叉神経根も明らかとなり、ほぼ成人型に近い形態をとる様になる。腹側面では長径に比し、横径の成長が著明のように思われる。また正中矢状断面では、膨隆角(度)は成人脳に比し小さく、成長とともに前後径が増加することにより、膨隆角(度)も増加していくものと考えられる。本研究で観察された胎児脳、乳幼児脳は例数が少なく、発育の傾向を知るにとどまったが、より多数例の観察が必要である。

橋の腹側への隆起は、皮質核線維、皮質脊髓線維、また橋核及びそれに接続する皮質橋線維、橋小脳線維の存在によってつくられる。

平田⁹⁾によれば、出生後の脳の量的増大は、主として灰白質におけるニューロピルの発達と白質の増加、特に後者によってもたらされる。白質の増加は、これに先立つ神経膠の増殖、そしてそれにつづく神経線維の有髓化による脳内コレステロールの増加を伴っているが、こ

これらの過程は脳内では一様に進行するのではなく、中脳内の各系、各神経路によって有髓化の時期はかなりことなるといふ。

Yakovlev と Lecours¹⁰⁾によれば、錐体路の有髓化は、胎生10ヶ月で橋のレベルにまずあらわれ、ついで頭方は大脳脚、内包へ、尾側は延髄錐体へひろがる。延髄錐体の線維は一年で成人に比較し得る染色性に達し、有髓化は生後2年半位で終了するという。またすべての内包を経由する長い下行性の投射路のなかで皮質橋路は有髓化が最もおそく、また有髓化の最も長いサイクルをもっている。即ち皮質橋路は、内包、大脳脚、橋の灰白質内でのみ、ほぼ生後2ヶ月で有髓化が始まり、そのサイクルは生後1年をこえて長びき、ほぼ3年位のサイクルをもっているという。

関¹¹⁾によると、形態学的に錐体路の軸索を始めて認めうるのは、ヒトの延髄錐体ではほぼ胎生4ヶ月といわれる。胎生4ヶ月の初め頃の延髄は大部分の構造が出来ているのに錐体はまだできていない。5ヶ月になると錐体がみえる。つまり錐体路は、他の伝導路、あるいは周囲の構造に比べて発生が遅い。ヒトの錐体路の線維が髓鞘をとり始めるのは、胎生8-9ヶ月の頃と思われ、髓鞘形成が完成するのは、ヒトではおよそ4才頃といわれる。

このように錐体路、皮質橋路などの有髓化から推測すると、ヒトで橋の形態、とくにその膨隆がほぼ完成するのは、生後3年から4年ころと考えられる。

総 括

成人脳、胎児脳、乳幼児脳の橋の形態について観察したが、その所見を総括すると次の如くである。

1. 成人脳橋の腹側面での計測結果では、長径 25.98 mm, 最大長径右 27.02mm, 左 27.03mm, 横径 31.45 mm であった。

2. 成人脳橋の正中矢状断面の観察では、前後径 25.43 mm, 高径 21.09mm, 膨隆角(度) 61.97° であった。とくに膨隆角は男性が女性よりやや大きく、より腹側に突出していることを示している。正中矢状断面積は 339.9 mm² であり、橋指数は 83.2 であった。橋指数と膨隆角との間には、負の相関関係があるものと思われる。

3. 胎児脳の橋は、5ヶ月以降成人型に近い形態をとるようになり、膨隆角(度)も徐々に増加してくる。錐体路、皮質橋路などの有髓化から推測すると、橋の形態、とくにその腹側への膨隆がほぼ完成するのは生後3年から4年ころと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 塚野 捷, 布施栄明: 橋の形態についての肉眼的観察. 解剖誌, 59: 82, 1984.
- 2) 島田吉三郎: 日本人の脳髓. 人類学先史学講座, 7: 151~154, 雄山閣, 東京, 1939.
- 3) 布施栄明: 脳梁の形態についての2, 3の計測. 新潟大学医学部解剖学教室輯報, 48: 77~80, 1958.
- 4) Yurguitis, A.A.: In Blinkov, S.A. and Glezer, I.I. The human brain in figures and tables. p. 137~138, 346, Plenum Press, New York, 1968.
- 5) Stepanavichyus, L.I.: In Blinkov, S.A. and Glezer, I.I. The human brain in figures and tables. p. 137~138, 346, Plenum Press, New York, 1968.
- 6) 島田吉三郎: 日本人の中樞神経系の研究補遺, XII 直角座標による脳の正中断面の研究. 解剖誌, 36: 256~271, 1961.
- 7) 黒松正一郎: 南九州日本人脳の形態学的研究 第1編 大脳半球内側面各部の直角座標(島田氏法)による検索. 鹿児島大学医学誌, 22: 753~770, 1971.
- 8) 伴 忠康: 邦人胎児脳髓に関する研究, (その3) 島, 小脳, 橋並に第四脳室に就いて. 大阪大学医学誌, 3: 55~63, 1951.
- 9) 平田幸男: 中樞神経系の解剖, 放射線医学大系, 第2巻A, 53~94, 中山書店, 東京, 1984.
- 10) Yakovlev, P.I. and Lecours, A.R.: The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. In Minkowski, A. (ed.) Regional development of the brain in early life. p. 3~70, Backwell, Oxford and Edinburgh. 1967.
- 11) 関 泰志: 錐体路の解剖学. 金沢医科大学誌, 1: 1~12, 1976.

(平成3年1月31日受付)

塚野論文付図

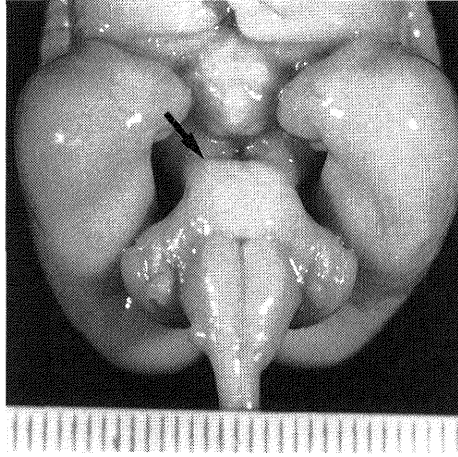


図 3 4ヶ月胎児橋 腹側面
矢印は橋を示す. 1目盛は 1mm.

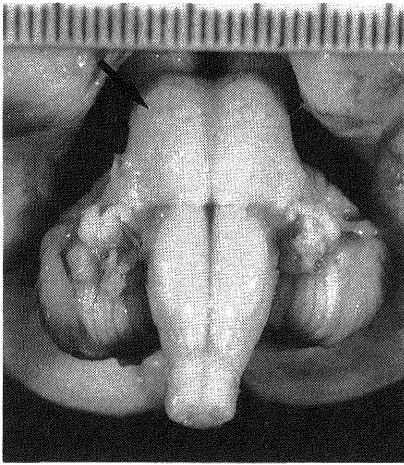


図 4 6ヶ月胎児橋 腹側面

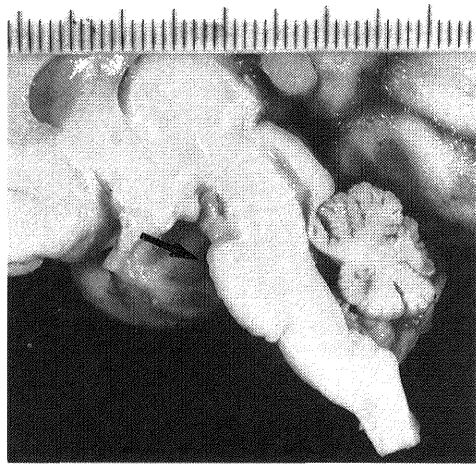


図 5 6ヶ月胎児橋 正中矢状断面

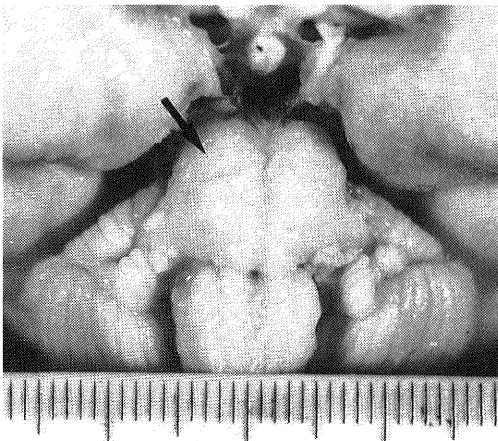


図 6 7ヶ月胎児橋 腹側面

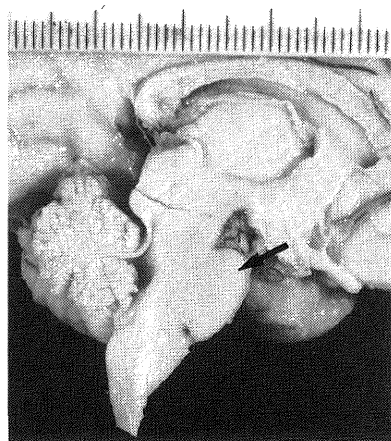


図 7 7ヶ月胎児橋 正中矢状断面