

# 应用 Fourier 变换对东北地区成人 颅骨性别差异的研究

李春彪 孙尔玉

(中国医科大学法医人类学教研室, 沈阳 110001)

**关键词** 颅骨; 性别判定; 判别分析

## 内 容 提 要

本研究所用材料为已知性别、已知年龄的东北地区汉族成人干燥颅骨。应用 Fourier 变换, 将额骨矢状弧的形态转变成 Fourier 极数, 然后应用多元逐步判别分析求得性别判别函数, 判别符合率达到 90.10%。对 31 例已知性别汉族成人颅骨盲测, 正确率达到 84.21%(男性)和 83.33%(女性)。研究表明, 颅骨的大小和年龄对本方法的判别结果无显著影响。

根据颅骨判定死者的性别, 这是法医学、人类学和考古学研究中一个重要的内容。尤其在法医实践中, 对于白骨化尸骨、高度腐败尸体、碎尸、焦尸, 都需要首先判定其性别, 这能为个人识别提供 50% 的否定率。

通过观察颅骨各部位性状的两性差异, 可以判定颅骨性别。这种观察法简便、迅速, 但一般需要经验丰富的专家来进行, 主观性较大。通过测量颅骨的某些两点间距离, 然后将其测量值代入 Fisher 线性判别方程进行判定(本文暂称“测量法”), 这种测量法简便、客观、准确、易行, 是判定骨骼性别的一种非常好的方法。但这种方法并不是基于颅骨形态的性别差异, 而是根据测量值的大小来判定性别。大者判为男性, 小者判为女性。这就易将较大的女性颅骨错判为男性, 而将较小的男性颅骨错判为女性。本文应用 Fourier 变换, 将性别差异较明显的额骨正中矢状面的形态数量化, 转变为 16 个 Fourier 极数, 然后以这 16 个极数为变量, 进行多元逐步判别分析, 意在弥补传统性别判定方法的不足。

## 一、材料和方法

### 1. 材料

本研究所用标本系选自本校解剖教研室所藏的具有性别、年龄(部分)记载的东北地区汉族成人干燥颅骨, 共 101 例, 其中男性 55 例, 女性 46 例。年龄范围在 18—62 岁之间(男性在 19—62 岁之间, 女性在 18—53 岁之间)。

### 2. 方法

(1) 描图: 应用马丁描骨仪, 根据《人体测量手册》(邵象清, 1985)所介绍的方法, 将

颅骨正中矢状面轮廓描在硫酸纸上,并在图上标出各测量点的位置。

(2) Fourier 变换: 在轮廓图上, 连接鼻根点(n)和前凶点(b)作为 X 轴; 过 n 点作 n-b 的垂线作为 Y 轴。此直角坐标系 I 象限中的曲线即为额骨矢状弧的形态(图 1)。为

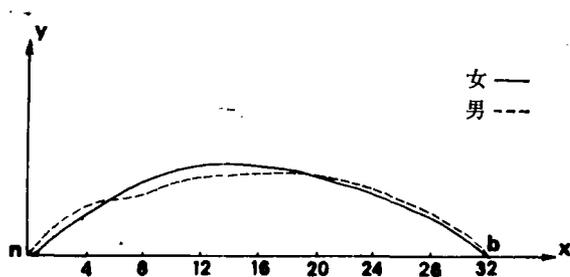


图 1 额骨矢状弧形态曲线

The curve of frontal bone on the midsagittal plane

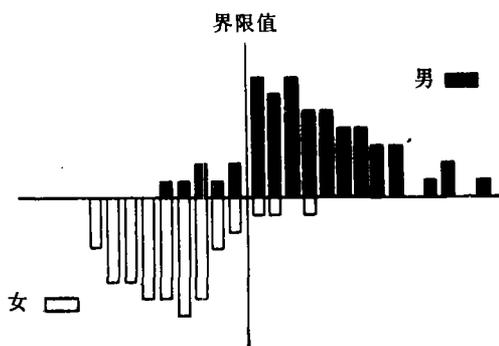


图 2 101 例颅骨函数值的两性分布

The distribution of discriminant function scores for 101 specimens

将该曲线形态数量化, 采用了 Fourier 变换, 即首先将 n-b 段 X 轴等分成 32 份, 然后求曲线上相应点的 Y 值(mm)。应用公式(1)求出一个直流成份  $A_0$ , 再应用公式(2)、(3)分别求出 16 个余弦系数  $A_k$  和 16 个正弦系数  $B_k$ , 然后应用公式(4)合成 16 个振幅  $P_k$ , 并应用公式(5)将  $P_k$  标准化成  $P'_k$ 。

$$A_0 = 1/32 \sum_{m=0}^{31} Y_m \quad (1)$$

$$A_k = 1/16 \sum_{m=0}^{31} Y_m \times \cos(2 \times 3.14 \times k \times m/32) \quad (2)$$

$$B_k = 1/16 \sum_{m=0}^{31} Y_m \times \sin(2 \times 3.14 \times k \times m/32) \quad (3)$$

$$P_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (4)$$

$$P'_k = P \times 100/A_0 \quad (5)$$

$$(k = 1, 2, \dots, 16)$$

应用同样的方法将 g-b 段弧、前二分之一 g-b 弧和前二分之一 n-b 弧亦进行 Fourier 变换。

(3) 多元逐步判别分析: 以标准化为 16 个振幅为自变量, 应用 SPSS/PC+ 软件包, 在 IBM-PC/XT 电子计算机上进行多元逐步判别分析。

## 二、结果和讨论

1. 关于等分程度 Fourier 变换是一种数学变换。其变换的原理就是通过数学变换, 将各种图形的曲线转变成 Fourier 极数, 即将形态数量化。通过 Fourier 逆变换, Fourier 极数 即能再现出原来的曲线。Fourier 变换的方法有 3 种(相马邦道, 1980), 本研究采用的是弦等分法。为使 Fourier 极数能比较完整地再现额骨矢状弧的形态, 故将 n-b 弦尽可能细分, 因为等分越多, 逆变换后所形成的曲线就越接近于原形态, 当然变换过程亦越复杂。本研究将额骨矢状弦分成 32 等分, 通过逆变换, 比较好地再现了原来的曲线, 证明等分程度比较合适。

2. 额骨性差在 Fourier 极数上的反映 在颅骨的诸块骨中, 以额骨的性别差异最为明显。(1)在颅骨的正中矢状面上, 男性鼻根部较凹陷, 眉间部的凸起较明显; 而女性鼻根部较平坦, 眉间部的凸起不明显;(2)男性额骨, 自眉间部向上较倾斜, 颅顶呈圆隆形; 而女性额骨, 自眉间部向上较陡直, 颅顶呈平坦形。以上两个部位的性别差异, 在 Fourier 极数上得到了很好的反映(表 1)。统计结果表明, 在 16 个振幅中, 前 3 个是男性小于女性,

表 1 16 个振幅男女差异的比较

振 幅	男 性		女 性		t	P
	M	S. D	M	S. D		
P' <sub>1</sub>	57.89	2.77	59.63	3.05	3.00	<0.01
P' <sub>2</sub>	13.80	1.92	15.68	1.10	6.15	<0.01
P' <sub>3</sub>	6.53	1.03	6.71	1.01	0.87	>0.05
P' <sub>4</sub>	4.96	0.80	4.56	0.83	2.51	<0.05
P' <sub>5</sub>	3.80	0.63	3.32	0.44	4.56	<0.01
P' <sub>6</sub>	2.90	0.41	2.35	0.38	7.03	<0.01
P' <sub>7</sub>	2.25	0.39	1.80	0.32	6.35	<0.01
P' <sub>8</sub>	1.90	0.41	1.36	0.27	7.90	<0.01
P' <sub>9</sub>	1.59	0.34	1.10	0.26	8.24	<0.01
P' <sub>10</sub>	1.35	0.33	0.92	0.23	7.73	<0.01
P' <sub>11</sub>	1.19	0.37	0.88	0.23	5.09	<0.01
P' <sub>12</sub>	1.12	0.36	0.87	0.23	4.29	<0.01
P' <sub>13</sub>	1.02	0.30	0.79	0.20	4.61	<0.01
P' <sub>14</sub>	0.92	0.33	0.74	0.20	3.39	<0.01
P' <sub>15</sub>	0.92	0.33	0.76	0.21	2.99	<0.01
P' <sub>16</sub>	0.81	0.38	0.76	0.26	0.74	>0.05

而后 13 个是女性小于男性。这正是额骨矢状弧上两个性别差异明显部位的反映。这一点与岡田吉郎(1987)的结果相同。

3. 性别判别方程 应用 n-b 弧标准化的 16 个振幅进行判别分析, 获得方程 1; 进行多元逐步判别分析, 获得效果最佳、变量最少的判别方程 2(表 2)。二者各自的界限值( $Z_0$ )、F 检验结果及判别符合率见表 3。方程 1: 如函数值大于  $Z_0$  则判为女性, 反之判为

表 2 非标准化判别方程的系数及其 F 值

变 量	方 程 1		方 程 2	
	系数	F 值	系数*	F 值
$X_1$	0.1626	1.5876		
$X_2$	0.3354	2.9481		
$X_3$	0.2377	1.0181	-0.3270	5.4662
$X_4$	0.5419	2.3839		
$X_5$	0.0128	0.0008		
$X_6$	-0.8847	2.9618	1.0596	8.0940
$X_7$	0.5810	0.9351		
$X_8$	-0.8671	2.1083	0.9747	3.5759
$X_9$	-1.5285	3.6634	1.4338	3.6634
$X_{10}$	-0.6847	0.8154	1.2766	4.3556
$X_{11}$	-0.7516	0.8705		
$X_{12}$	1.0525	1.7109		
$X_{13}$	-0.9901	1.7398		
$X_{14}$	1.6158	4.7393	-0.7709	4.7393
$X_{15}$	-0.6839	0.8208		
$X_{16}$	1.4035	5.1620	-0.8342	2.9481
常数	-14.4367		-4.3855	

\* 逐步回归的结果。

表 3 两个判别方程的  $Z_0$  值、F 值及判别复合率

自由度	$Z_0$	F	$F_{0.01}$	判别复合率
16, 84	0.10788	7.788	2.27	90.10%
7, 93	-0.10037	17.061	2.87	89.11%

男性; 方程 2: 如函数值大于  $Z_0$  则判为男性, 反之判为女性。由表 3 可见, 两个方程的 F 检验结果均为  $P < 0.01$ , 即两类在  $\alpha = 0.01$  的水平上差异显著。应用方程 2 对 101 例颅骨进行回代检验, 男、女两群的函数值均呈近似的正态分布(图 2)。对 31 例已知性别的干燥颅骨进行盲测, 男性判别正确率为 84.21% (16/19), 女性判别正确率为 83.33% (10/12)。

4. 额骨性别判定的最佳位置 本研究不仅将 n-b 弧进行了 Fourier 变换, 亦将 g-b 弧、前二分之一 g-b 弧和前二分之一 n-b 弧进行了变换, 以探讨性别判定的最佳位置(李春彪, 1990)。结果表明, 应用后三者的振幅进行判别分析, 其结果都不如 n-b 弧, 说明额骨矢状弧的总体要较其部分性别差异明显。

5. 判别复合率的比较 不同的判别方法, 其判别率亦会有一些不同。(表 4)。就测量法来说, 测量项目越多, 判别率越高, 但对颅骨的要求亦越高。一旦颅骨破损, 某些或某一项测量指标无法获得时, 其判别方程即失去效用。故舟山真人(1985)只根据鼻根部凹陷和眉间部凸起部位的矢状弧形态进行判别分析, 判别符合率达到 90%; 岡田吉郎等(1987)只根据额骨矢状弧形态进行判别分析, 判别符合率达到 88%。但舟山真人和岡田吉郎所用材料均为头部侧位 X 光片。本 Fourier 变换法的判别符合率, 虽较某些测量法的低, 但在应用局部形态判定性别的方法中还是很好的, 与舟山真人和岡田吉郎的基本相同。

表 4 各种方法判别率的比较

作者	时间	检材	方法	变量数	判别率(%)
Stewart	1952	颅 骨	观察法	—	77
Krogman	1962	颅 骨	观察法	—	82—87
埴原和郎	1959	颅 骨	测量法	4—5	85.6—89.7
Giles	1963	颅 骨	测量法	9	83.5—87.6
Giles	1964	下颌骨	测量法	9	85
田中武史	1979	颅 骨	测量法	18	94.94
王令红	1988	颅 骨	测量法	8	92.5
李春彪	1990	颅 骨	测量法	7	95.12
舟山真人	1985	头部 X 光片	最小二乘法	5	90
岡田吉郎	1987	头部 X 光片	Fourier 变换法	6	88
李春彪(本文)	1990	颅 骨	Fourier 变换法	7	89.11

6. 颅骨的大小对 Fourier 变换法判定颅骨性别的影响 Snow 等(1979)曾应用 Giles 和 Elliot(1963) 的性别判别方程对 52 例颅骨进行性别判定。他认为: “应用这种方法(测量法)进行性别和种族判定时, 哪些因素对其结果有影响呢? 至少有三个, 即颅骨的大小, 死时的年龄和病理情况。性别判别方程是基于这样一个事实, 即, 一般情况下, 男性颅骨较女性的大 5%—15%。但这并没有反映出颅骨更有价值的性别特征, 即形态上的性别差异。”应用 Fourier 变换法判定颅骨性别时, 因为颅骨的大小与其形态之间无平行关系, 即, 无论颅骨较大或较小, 其形态上所应具有的真实性别的特征, 都可能明显或不明显, 所以判定结果并没有受到显著影响。另一方面, 在 Fourier 变换过程中, 由于已将振幅 P 标准化, 这样就避免了颅骨大小对 Fourier 极数大小的影响, 从而降低了颅骨大小对 Fourier 变换法判定性别的影响。

7. 颅骨年龄对 Fourier 变换法判定性别的影响 Israel (1973) 的研究结果表明, 从 30 岁到 80 岁, 人的颅骨可增大 3%—5%。Behrents (1985)亦认为, 即使成人颅骨亦在继续增长。所以, 在应用测量法判定颅骨性别时, Giles (1970)认为, 判别方程的值倾向于随着年龄的增加而增大, 使得某些高年龄组的女性颅骨被错判为男性的可能性增大; 同样, 某些低年龄组的男性被误判为女性的可能性亦增大。

本研究样本回代结果有 10 例错判, 错判样本的年龄呈随机分布, 无密集区间(表 5)。各年龄组判别正确概率的均值亦呈随机分布, 无高峰区间(表 6)。这表明: 颅骨年龄对 Fourier 变换法的判定结果无显著影响。这是因为, Fourier 变换法是基于额骨矢状弧

的形态,而不是根据矢状弧或其弦的长度判定性别。虽然颅骨因年龄而增大,但其增大是近似于等比例的,并不会因其增大而使得其各部位的形态(如额骨矢状弧的形态)有显著变化。这就是 Fourier 变换法的优点所在,即,只要是青春期后的颅骨,无论年龄的大小,应用这种方法都会得到性别判定的可靠结果。

表 5 误判样本的年龄分布

样本号	年 龄	样本号	年 龄
1381	21	1059	58
1248	38	1378	38
1280	34	1080	28
1293	29	1197	18
1531	19	1015	51

表 6 各年龄组判别正确概率的均值

年龄组	男 性		女 性	
	例数	概率均值	例 数	概率均值
—25	4	0.8511	7	0.8977
—30	11	0.7345	8	0.9039
—35	10	0.8103	5	0.8551
—40	6	0.8784	4	0.8769
—45	4	0.8755	2	0.8791
—50	2	0.9784	4	0.8493
—55	2	0.9612	1	0.9485
—60	1	0.6765	0	
—65	1	0.9958	0	

### 三、结 论

应用 Fourier 变换和多元逐步判别分析,对 101 例东北地区汉族成人干燥颅骨的性别差异进行了研究。结果表明,应用这种方法判定颅骨性别,可以避免颅骨大小和年龄对性别判定的影响,在一定程度上弥补了传统性别判定方法的不足。其次,本方法只根据额骨矢状弧的形态即可获得较高的性别判别率,这对某些破损颅骨的性别判定尤其实用。

### 四、致 谢

承蒙本校解剖教研室提供颅骨标本,任勇、李传俊、林子清在研究过程中大力协助,在此一并致谢。

(1990年6月14日收稿)

## 参 考 文 献

- 王令红、孙凤喈, 1988. 太原地区现代人头骨的研究. 人类学学报, 7(3): 206—213.
- 邵象清, 1985. 人体测量手册. 上海辞书出版社, 上海.
- 李春彪, 1992. 应用逐步判别分析对东北地区成人颅骨性别差异的研究. 中国医科大学学报, 21(1): 28—31.
- 李春彪、孙尔玉, 1990. 应用 Fourier 变换对东北地区成人颅骨性别差异的初步研究. 解剖学学报, 13(增刊): 1.
- 岡田吉郎、井上仁、伏見良隆、山本直人, 1987. フーリエ変換による頭蓋骨前額部の男女形態的差異の研究. 科学警察研究所報告法科学編, 40(3): 147—153.
- 相馬邦道、羽立みよ子, 1980. フーリエ級数の顎態分析への適用に関する検討. 口病誌, 47(1): 135—144.
- 田中武史、埴原和郎、小泉清隆, 1979. 判別関数による現代日本人頭骨の性別判定法. 札幌医誌, 48(6): 582—593.
- 埴原和郎, 1959. 判別関数による日本人頭骨ならびに肩甲骨の性別判定法. 人類誌, 67: 192—197.
- 舟山真人, 1985. 頭蓋骨の性別判定に用いる形態的特徴部位の数量化に関する研究. 日法医誌, 39(4): 301—311.
- Behrents, R. G., 1985 The biological basis for understanding craniofacial growth during adulthood *Prog. Clin. Biol. Res.*, 187: 307—319.
- Giles, E. and O. Elliot, 1963. Sex determination by discriminant function analysis of crania. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 21: 53—68.
- Giles, E., 1964. Sex determination by discriminant function analysis of the mandible. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 22: 129—136.
- Israel, H., 1973. Age factor and the pattern of change in craniofacial structures. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 39: 111—128.
- Krogman, W. M., 1962. *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Charles C. Thomas, Springfield. III.
- Snow, C., S. Hartman, E. Giles and F. A. Young, 1979. Sex and race determination of crania by calipers and computer: A test of the Giles and Elliot discriminant function in 52 forensic science cases. *J. For. Sci.*, 24: 448—460.
- Stewart, T. D., 1952. *Hrdlička's Practical Anthropometry*. 4th ed. Wistar Institute of Anatomy and Biology, Philadelphia.

## A STUDY ON SEX DIFFERENCE OF ADULT SKULL OF THE NORTHEAST CHINA BY FOURIER TRANSFORM

Li Chunbiao Sun Eryu

(Department of Forensic Anthropology; China Medical University, Shenyang 110001)

**Key words** Skull; Sex determination; Discriminant analysis

### Abstract

The sex difference of mid-sagittal frontal arc was quantitatively analyzed in present paper. The samples used in this study are dried adult skulls of known sex and known age in the northeast China. The mid-sagittal frontal arc is expressed with Fourier Series by Fourier Transform. The discriminant function (DF) for sex determination was devised by means of multiple stepwise discriminant analysis. As a result, the predictive rate is 90.10%. Blind test on 31 known sex skulls showed that the accuracy rates were 84.21% for 19 males and 82.33% for 12 females. The study indicated that the age and size of skull have no effect on the sex diagnosis by this method.