

·论 著·

基于全脊柱X线摄影的四川汉族女性身高推断

崔井会¹, 骆莹贞¹, 范 飞¹, 彭 钊², 邓莉萍², 张 奎¹, 邓振华¹

(1. 四川大学华西基础医学与法医学院, 四川 成都 610041; 2. 四川大学华西医院放射科, 四川 成都 610041)

摘要: 目的 通过测量全脊柱X线正侧位片中全椎体相关高度, 建立四川汉族女性身高推断的回归模型。方法 收集200例四川汉族女性个体, 准确测量其身高, 应用大平板多功能数字化摄影系统采集全脊柱正侧位X线片, 分别测量所有样本正侧位全椎体高度, 计算正侧位全椎体高度平均值, 对各指标与身高的相关性进行线性回归分析, 建立推算身高的数学模型, 并重新选取30例样本代入数学模型, 验证模型的准确性。结果 全椎体高度与身高具有良好的相关性, 相关性最高的是正侧位全椎体高的平均值, 所建立的3个回归方程均有统计学意义($P < 0.05$), 其中以利用侧位全椎体高建立的方程准确性最高。结论 利用全椎体高度进行身高推断具有较高的准确性。

关键词: 法医人类学; 放射摄影术; 身高; 脊柱; 回归分析; 汉族; 四川

中图分类号: DF795.6 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2018.01.005

文章编号: 1004-5619(2018)01-0023-04

Stature Estimation for Sichuan Han Female Based on Whole-spine X-ray Photography

CUI Jing-hui¹, LUO Ying-zhen¹, FAN Fei¹, PENG Zhao², DENG Li-ping², ZHANG Kui¹, DENG Zhen-hua¹
(1. West China School of Basic Medical Sciences & Forensic Medicine, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Department of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

Abstract: **Objective** To establish regression models of stature estimation for Sichuan Han female by the measurement of total vertebral column length in the frontal and lateral X-ray films of whole-spine. **Methods** The frontal and lateral X-ray films of whole-spine were collected from 200 Sichuan Han females by large flat-panel multi-functional universal radiography and fluoroscopy system. The data and mean values of frontal and lateral total vertebral column length were measured and calculated in all the samples, respectively. The relationship of combined multi-markers and stature were analysed by linear regression analysis, and the mathematical models of stature estimation were established. The data of 30 new samples were selected and inputted for verifying the accuracy of the mathematical models. **Results** The total vertebral column length showed a good correlation with stature, and the mean values of the frontal and lateral X-ray films of total vertebral column length had the highest correlation coefficients. Three established linear regression equation models were statistically significant ($P < 0.05$), and the equation established with lateral total vertebral column length showed the highest accuracy. **Conclusion** The stature estimation by the measurement of total vertebral column length has high accuracy.

Keywords: forensic anthropology; radiography; body height; spine; regression analysis; Han nationality; Sichuan

个体识别是法医学研究中的重要任务之一, 包括身高、年龄、性别、种族等的推断。其中身高推断是个体识别工作的重要组成部分, 在法庭科学实践中占有

重要地位。实际检案中, 身高推断在尸源查找以及无名尸体、白骨化尸体、碎尸等案件的侦破中有时起到关键作用。由于人口流动性的增加、人类体质的整体提高以及种族和地区间的差异, 身高推断的研究已成为常规性研究。国内外学者常借助直接测量或放射学技术收集特定群体的四肢长骨、不规则骨、体表解剖标志等数据建立身高推断的回归方程^[1-2]。我国身高推断已有的相关成果中研究样本多来源于20世纪80年代, 用于当代国人身高推断准确性较低^[3]。因此, 建立适合当代国人身高的推算模型就显得格外重要。

国内外的相关研究^[4-10]表明, 椎体高度与身高具

基金项目: 上海市法医学重点实验室资助项目(KF1607); 四川省科技计划资助项目(2017JY0239)

作者简介: 崔井会(1989—), 男, 蒙古族, 硕士研究生, 主要从事法医影像学及法医临床学鉴定和研究; E-mail: 929258675@qq.com

通信作者: 张奎, 男, 副教授, 主要从事法医学教学、科研和鉴定; E-mail: newman-zhk@163.com

通信作者: 邓振华, 男, 教授, 主要从事法医影像学及法医临床学教学、科研和鉴定; E-mail: fydzh63@163.com

有良好的相关性,但目前国内外均采用的是单个或几个椎体或部分椎体节段进行研究。NAGESH 等^[1]根据全椎体高度进行身高推断,结果显示,该方法具有较高的准确性。因此,本研究旨在采用直接数字 X 射线摄影(direct digital radiography, DDR)技术,测量四川汉族女性全椎体高度,构建身高推断的回归数学模型,为法医学实践积累基础数据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究共收集 200 例四川汉族健康女性的全脊柱正侧位数字化 X 线片,年龄范围 12~78 岁,平均年龄为 35.3 岁。选取的 DDR 图像清晰,可清楚观测标志点。

排除标准:脊柱有病损、畸形或手术史者;服用影响代谢与发育及骨生长的药物者;有影响骨生长、发育与代谢的全身性疾病者。

本研究符合医学伦理学相关条款规定。

1.2 方法

1.2.1 观察方法

按照中国体育科学学会体质研究会编制的《体质测量》中身高测量方法^[2],在摄片前用人体身高坐高测量计测量每个个体的身高(y),测量单位为厘米(cm),精确至 0.1 cm。DDR 图像采集采用大平板多功能数字化透视/摄影系统 SONIALVISION Safire II [岛津企业管理(中国)有限公司],拍摄条件为管电压 70~95 kV,管电流 250~400 mA,曝光时间 5.0~8.0 ms,固定球管中心至成像板的距离为 120 cm。拍摄体位:标准的站立全脊柱正侧位。图像后处理及指标测量采用 syngo® Studio Workplace V36C(德国 Siemens AG 公司)图像后处理软件进行。

1.2.2 观测指标

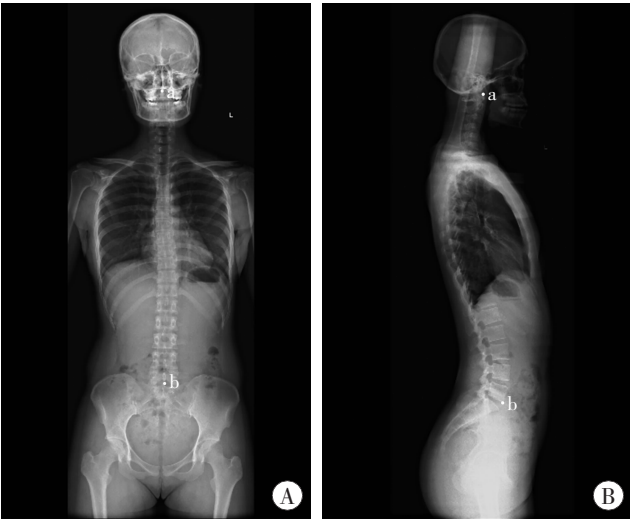
本研究测量指标参照经典法医人类学骨骼测量方法确立。在全脊柱 DDR 正位片上测量正位全椎体高(x_1):自枢椎齿状突顶点至第五腰椎椎体下缘的垂直距离(图 1A)。在全脊柱 DDR 侧位片上测量侧位全椎体高(x_2):自枢椎齿状突顶点至第五腰椎椎体下缘的垂直距离(图 2B)。将 x_1 与 x_2 的平均值作为一个新的统计变量,记作 x_3 。

1.2.3 统计方法

应用 SPSS 21.0 统计学软件对数据进行分析。对身高及各测量指标进行单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验分析其是否符合正态分布,采用独立样本的 t 检验对随机选取的 20 例样本一人两次测量(相隔大于

1 月)结果的一致性进行检验,利用单一测量指标建立身高推断的线性回归方程。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

回代检验:按照纳入标准重新收集 30 例全脊柱正侧位摄影检查的女性样本,测量并计算上述指标,代入上述回归方程,以检验其准确性。



A: 正位;B: 侧位;a: 枢椎齿状突顶点;b: 第五腰椎椎体下缘
图 1 全脊柱 X 线片

2 结 果

同一测量者的 20 例两次测量结果经 t 检验显示差异无统计学意义($P>0.05$)。

分析样本与验证样本各年龄段样本分布见表 1;身高(y)及各测量指标($x_1\sim x_3$)的描述性统计分析结果见表 2;利用各测量指标所建立的方程见表 3、图 3;使用验证样本进行回代检验,结果见表 4。

表 1 分析样本与验证样本各年龄段样本分布
(例)

年龄/岁	分析样本	验证样本
12~20	65	8
>20~30	37	6
>30~40	16	3
>40~50	23	4
>50~60	24	4
>60~70	28	4
>70~78	7	1
合计	200	30

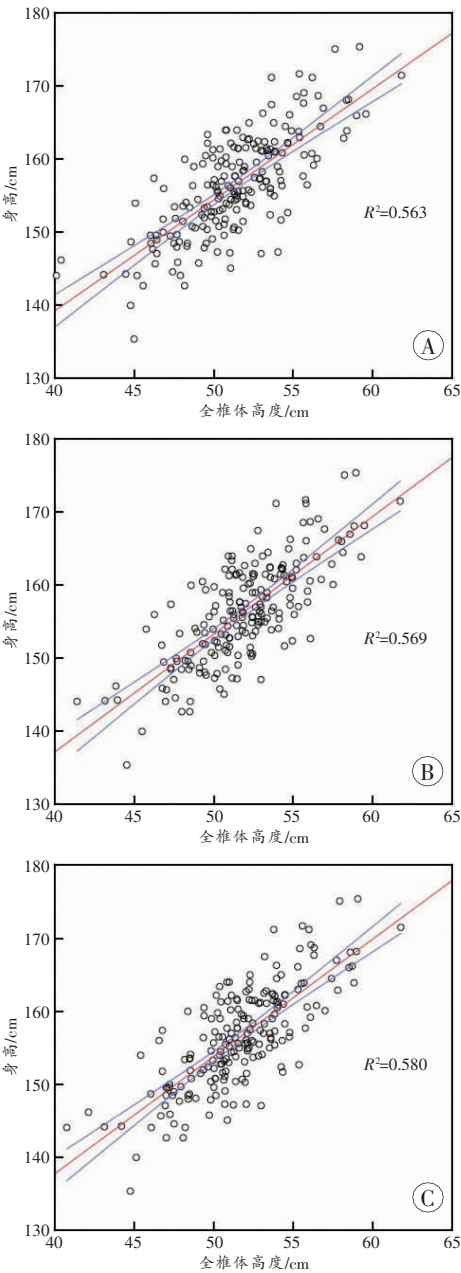
表 2 身高及各测量指标的描述性分析
($n=200$, cm)

指标	最大值	最小值	$\bar{x}\pm s$
y	175.40	135.40	156.41±6.94
x_1	61.82	40.07	51.28±3.43
x_2	61.47	41.38	51.92±3.25
x_3	61.78	40.73	51.60±3.30

表 3 单个指标建立的线性回归方程

回归方程	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>SE</i> /cm	<i>P</i>
$y=78.570+1.518x_1$	0.750	0.563	4.597 7	0.000
$y=72.844+1.610x_2$	0.754	0.569	4.565 8	0.000
$y=73.698+1.603x_3$	0.762	0.580	4.504 6	0.000

注:*R* 为复相关系数;*R*² 为复相关系数的平方;*SE* 为标准估计误差



A: 正位全椎体高度;B: 侧位全椎体高度;C: 正位全椎体高度与侧位全椎体高度的平均值;红色线条表示拟合曲线;蓝色线条表示测量指标平均值的 95% 可信区间

图 3 各指标与身高的方程拟合图

表 4 各方程验证样本回代验证结果

回归方程	误差范围/cm	平均绝对误差/cm
$y=78.570+1.518x_1$	-6.71~11.22	3.76
$y=72.844+1.610x_2$	-5.07~7.92	3.32
$y=73.698+1.603x_3$	-5.73~9.05	3.45

所有的指标($x_1\sim x_3$)及身高均符合正态分布,且各指标与身高之间有良好的相关性,建立 3 个线性回归方程,所有方程均有统计学意义($P=0.000$),相关系数分别为 0.750(x_1)、0.754(x_2)、0.762(x_3),每个指标的散点图均显示出各指标与身高具有良好的线性关系。其中利用正侧位全椎体高度平均值所建立的回归方程标准估计误差最小,为 ± 4.50 cm。经回代检验,所有方程的平均绝对误差在 $\pm 3.32\sim\pm 3.76$ cm,其中以利用侧位全椎体高所建立的回归方程准确性最高,平均绝对误差为 ± 3.32 cm。

3 讨论

身高推断作为法医学个体识别中的重要组成部分,一直是国内外学者研究和关注的重点之一。1899 年,PEARSON^[6]利用股骨进行身高推断,并建立了身高推断的回归方程。之后,各国学者也对利用长骨进行身高推断进行了研究,并建立了相应人群的身高推断方程。为了更加适应实际检案的需要,自 20 世纪 60 年代开始,陆续有学者对残存长骨进行测量研究,以期找到利用部分长骨或长骨碎片进行身高推断的方法。李铁英等^[13]建立了基于股骨、胫骨、尺骨、肱骨骨性标志测量值的多元回归方程,同时考虑到长骨近端、远端或两端同时缺失的回归方程;张继宗^[14]建立了中国女性不完整长骨推断身高的回归方程。随着对身高推断研究的不断深入,尽管长骨推算身高的准确性最高,但单纯用四肢长骨进行身高推断已经不能满足实际检案的需要。PEARSON^[6]及 STEVENSON^[7]相继提出了利用椎体进行身高推断的可能性,之后有学者利用不同椎体节段进行了身高推断的研究,并建立了相应人群的身高推断方程^[4-5,11,15]。以上研究样本都来自于尸体或者干骨,由于受到样本来源的限制,多数研究样本量较小。此后有学者探索利用皮肤体表解剖标志等进行身高推断,郑靖中等^[16]测量了 1 585 名西安汉族青年学生的身高及胸骨长度,并提出了由胸骨长推算身高的回归方程。随着医学影像技术的发展,其在骨骼成像及测量方面的优势迅速显现并很快应用于法医人类学的研究。PATIL 等^[17]用放射学方法测量颅骨侧位片中相关测量指标,进行身高推断回归分析;PELIN 等^[15]及 TORIMITSU 等^[5]分别应用磁共振及多排螺旋 CT 研究了骶椎和尾骨与身高的关系;ZHANG 等^[18]利用 CT 三维重建技术研究了胸骨与身高的关系并建立了身高推断的回归方程。

利用放射学方法进行身高推断的研究是以活体为研究对象,样本来源范围广,样本量基本不受限制,同时能够清晰地显示测量标志点,使测量结果更加准确。

我国利用脊柱进行身高推断的研究相对较少:常云峰等^[8]利用 X 射线摄影技术测量了 514 例中国四川汉族人群脊柱胸段长度,建立了身高推断的回归方程,其 R 在 0.624~0.834,身高估计值的标准误差在 3.88~4.72 cm;青思含等^[9]测量 206 例活体女性腰椎高度建立了身高推断的回归方程,其 R 为 0.533~0.834,标准估计误差 3.219~5.004 cm;ZHANG 等^[10]测量 412 例(男女各 206 例)活体腰椎高度及单个椎体前、中、后份高度建立了身高推断的回归方程,其标准估计误差为 4.108~6.010 cm(男)、2.982~4.192 cm(女);NAGESH 等^[11]测量 117 例(男性 72 例,女性 45 例)尸体全椎体高度及各脊柱节段高度建立了身高推断的回归方程,其 R 为 0.776~0.583(男)、0.708~0.352(女),标准估计误差为 4.38~5.65 cm(男)、4.16~5.58 cm(女);张召晖等^[12]利用 X 线片测量了 150 例四川汉族男性活体第 3~7 颈椎前后缘高度建立了身高推断的回归方程,其 R 为 0.259~0.656,身高估计值标准误差为 4.30~5.79 cm。以上研究均以单个椎体或部分脊柱节段为研究对象,影像资料为局部椎体 X 线片,由于受到影像学资料的限制,其测量范围较局限,无法了解脊柱的整体情况。本研究以大平板多功能数字化透视/摄影系统 SONIALVISION Safire II 采集的全脊柱正侧位图像为研究对象,一次性完整呈现全脊柱正侧位图像,同时将全脊柱作为一个整体进行研究,最大程度地减少了椎体之间连接结构及椎体形态对身高的影响,同时,测量研究对象身高后随即进行全脊柱正侧位摄影检查。建立的所有回归方程均有统计学意义,其中利用 x_3 建立的回归方程复相关系数最大(0.762),且标准估计误差最小(± 4.50 cm);利用 x_1 所建立的回归方程复相关系数最小(0.750),且标准估计误差最大(± 4.60 cm)。经回代检验,利用侧位全椎体高所建立的回归方程准确性最高,平均绝对误差为 ± 3.32 cm。与上述其他研究相比,本研究利用全脊柱正侧位 DDR 片测量全椎体高建立的身高推断方程标准估计误差和平均绝对误差均较小,采用全椎体高度进行身高推断具有较高的应用价值。

我国目前使用的身高推断方程多是 20 世纪 80 年代的研究成果,在实际工作中已经存在明显误差,同时鉴于种族、地域等的差异,推算身高的研究已经成为一项常规性研究^[20]。本研究利用影像学技术,以活体为研究对象,测量数据较准确,与利用尸骨进行身高推断相比较,减少了许多外界因素的影响,所建立的方程平均绝对误差较小,具有较强的实用性。同时,此技术可用于碎尸案及无名尸案传统尸体检验前的影像学检查。值得注意的是,本次的研究样本具有一

定的地域、民族、时代的特异性,其他地区或民族的身高推断应用该方程具有一定的局限性,需做进一步研究。

参考文献:

- [1] MARINHO L, ALMEIDA D, SANTOS A, et al. Is the length of the sternum reliable for estimating adult stature? A pilot study using fresh sterna and a test of two methods using dry sterna[J]. *Forensic Sci Int*, 2012, 220(1-3): 291-292.
- [2] PORTER A M. Estimation of body size and physique from hominin skeletal remains[J]. *Homo*, 2002, 53(1): 17-38.
- [3] 张继宗. 中国法医人类学三十年[J]. *人类学学报*, 2013, 32(3): 256-263.
- [4] TORIMITSU S, MAKINO Y, SAITOH H, et al. Stature estimation in Japanese cadavers based on the second cervical vertebra measured using multidetector computed tomography[J]. *Leg Med (Tokyo)*, 2015, 17(3): 145-149.
- [5] TORIMITSU S, MAKINO Y, SAITOH H, et al. Stature estimation in Japanese cadavers using the sacral and coccygeal length measured with multidetector computed tomography[J]. *Leg Med (Tokyo)*, 2014, 16(1): 14-19.
- [6] PEARSON K. Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. --On Homotypsis in Homologous but Differentiated Organs[J]. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1902, 71: 288-313.
- [7] STEVENSON P H. On Racial Differences in Stature Long Bone Regression Formulae, with Special Reference to Stature Reconstruction Formulae for the Chinese[J]. *Biometrika*, 1929, 21(1/4): 303-321.
- [8] 常云峰, 张召晖, 舒永康, 等. 数字 X 线摄影测量活体脊柱胸段推算身高[J]. *中国法医学杂志*, 2008, 23(5): 296-299.
- [9] 青思含, 常云峰, 董晓爱, 等. 基于腰椎高度 X 线测量技术推断四川汉族女性身高[J]. *法医学杂志*, 2013(5): 344-347.
- [10] ZHANG K, CHANG Y F, FAN F, et al. Estimation of stature from radiologic anthropometry of the lumbar vertebral dimensions in Chinese[J]. *Leg Med (Tokyo)*, 2015, 17(6): 483-488.
- [11] NAGESH K R, PRADEEP K G. Estimation of stature from vertebral column length in South Indians[J]. *Leg Med (Tokyo)*, 2006, 8(5): 269-272.
- [12] 中国体育科学学会体质研究会. 体质测量[M]. 北京: 人民体育出版社, 1984: 18.
- [13] 李铁英, 谷源洲, 曹会峰. 中国人四肢长骨骨性标志间各段长度与总长关系的分析[J]. *中国法医学杂志*, 2001, 16(1): 29-31.

(下转第 32 页)

- [18] KIM J R, SHIM W H, YOON H M, et al. Computerized Bone Age Estimation Using Deep Learning Based Program: Evaluation of the Accuracy and Efficiency[J]. AJR Am J Roentgenol, 2017, 209(6): 1374-1380.
- [19] OTSU N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.
- [20] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks[M]// PEREIRA F, BURGESS C J C, BOTTOU L, et al. Advances in Neural Information Processing Systems 25. Curran Associates, Inc., 2012: 1097-1105.
- [21] SHIN H C, ROTH H R, GAO M, et al. Deep Convolutional Neural Networks for Computer-Aided Detection: CNN Architectures, Dataset Characteristics and Transfer Learning[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2016, 35(5): 1285-1298.
- [22] 吴皓莹, 程晶, 范凯. 基于 SVM 的语音特征提取及识别模型研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2014(2): 316-319.
- [23] 胡婷鸿, 万雷, 刘太昂, 等. 深度学习在图像识别及骨龄评估中的优势及应用前景[J]. 法医学杂志, 2017, 33(6): 629-634, 639.
- [24] DENG J, DONG W, SOCHER R, et al. ImageNet: A large-scale hierarchical image database[C]. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009.
- (收稿日期: 2017-11-20)
(本文编辑: 高 东)

(上接第 26 页)

- [14] 张继宗. 中国汉族女性长骨碎片的身高推断[J]. 人类学学报, 2002, 21(3): 219-224.
- [15] PELIN C, DUYAR I, KAYAHAN E M, et al. Body height estimation based on dimensions of sacral and coccygeal vertebrae[J]. J Forensic Sci, 2005, 50(2): 294-297.
- [16] 郑靖中, 杨玉田, 党汝霖, 等. 西安市青年学生胸骨长与身长的关系[J]. 人类学学报, 1985, 4(3): 268-274.
- [17] PATIL K R, MODY R N. Determination of sex by discriminant function analysis and stature by regression analysis: a lateral cephalometric study[J]. Forensic Sci Int, 2005, 147(2-3): 175-180.
- [18] ZHANG K, LUO Y Z, FAN F, et al. Stature estimation from sternum length using computed tomography-volume rendering technique images of western Chinese[J]. J Forensic Leg Med, 2015, 35: 40-44.
- [19] 张召晖, 常云峰, 周晓蓉, 等. 计算机 X 线摄片测量四川地区活体男性颈椎推算身高[J]. 法医学杂志, 2008, 24(1): 25-31.
- [20] 吴荣奇, 黄莉娜, 陈新. 身高推断的法医学研究进展[J]. 法医学杂志, 2015, 31(6): 470-473.
- (收稿日期: 2017-01-06)
(本文编辑: 高 东)