

影像学科在法医人类学中的应用

李蓝江, 李振辉

【摘要】 影像学科的飞速发展对法医人类学的应用提供了多种可供选择的技术和方法。本文将近年来影像学技术分别在法医人类学中种族、性别、年龄、身高的鉴定及面貌复原和颅相重合中的应用进展进行了综述, 希望能为法医人类学的发展提供新的思路。

【关键词】 影像学; 体层摄影术, X 线计算机; 磁共振成像; 法医人类学; 骨骼

【中图分类号】 DF795.6; R445.2; R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)09-0979-04

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.09.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



法医人类学是应用人类学中的一个分支, 是应用人类学知识研究并解决有关法律问题的一门实践学科。法医人类学主要是以人体全身骨骼(包括牙齿)为研究对象, 运用医学、人类学及其他自然科学的理论与技术研究并解决司法实践中有关问题的一门医学科学^[1]。

近 50 年来, 随着影像学科的飞速发展, 各种影像方法和技术越来越多地被应用在法医学学科中, 法医人类学也开始利用这些先进的仪器设备和技术为传统学科服务。医学影像技术在法庭科学领域中的应用已经发展成为一门独立的学科, 称为法庭放射学^[2]。

在目前的法医人类学实践工作中, X 线是应用最早、最广泛的影像学技术, 可以对性别、年龄、身高等作出较为可信的鉴定结果。而且 X 线既能应用在骨骼标本和尸体上, 也可应用于活体检查上。其中最广泛的应用是利用 X 线影像技术进行同一认定, 即应用 X 线影像对需要鉴定的骨骼进行测量和比对, 如果有原始 X 线影像, 则将新旧影像进行比对, 然后进行同一认定。尤其在使用 X 线影像特征推断活体年龄的案件中, X 线由于经济便捷、图像易得, 成为当前我国法医学骨龄鉴定工作的主要方法。

法医人类学家在观测 18 周岁以上个体骨骼发育情况时, 发现传统的 X 线技术对于人体解剖结构的重叠没有良好的分辨能力, 在有重叠骨骼的组织中容易受到周围骨骼及组织的影响, 不利于清晰观察目的骨骼, 而 CT 能将骨骼影像进行重建, 不论从人体的哪一面进行摄影都不会出现结构互相重叠的情况, 这也是

CT 近年来有赶超 X 线的趋势的原因所在。此外, CT 对牙齿有较好的成像效果, 随着法医齿科学的飞速发展, 法医人类学家开始运用 CT 扫描牙齿, 建立了一些与种族、性别、年龄等指标相关的研究方法。这些成果都让 CT 在近年来法医人类学的应用中得到了肯定。

X 线和 CT 影像有一定程度的放大效应, 对 X 线片或 CT 图像上的骨骼的骨性指标进行测量的准确性不如直接在骨骼实体上进行测量。不过由于同一个体其骨骼的基本影像学特征在一段时期内是相对固定的, 因此采用既往 X 线片或 CT 图像对照进行个人识别, 是非影像学技术所无法代替的。

与此同时, 由于 MRI 对软组织有着较高的分辨力, 许多学者也开始将 MRI 应用于颅面部相关的法医人类学形态分析中^[3-5], 并且期望在面貌复原中得以更进一步的应用和发展。本文将从以下几个大类别中总结影像学科在法医人类学中的应用。

影像技术在性别鉴定中的应用

X 线片可以直接反映出人体骨骼的形态特征, 在法医人类学实践中经常应用于性别鉴定, 这种方法主要应用在颅骨和骨盆的观测上。无论是成年人还是儿童, 相对于人体的其他骨骼, 颅骨和骨盆的性别差异都比较明显, 不仅可应用全颅或骨盆的 X 线影像进行观测, 还可将单个骨骼作为观测点。目前, 应用颅骨 X 线片进行性别判定是国内外法医人类学家研究的重点。高东等^[6]对随机抽取的 220 例颅骨 X 线侧位片(男女各 110 例)进行了骨骼测量, 通过判别分析的方法对 15 项骨性指标进行了审慎的筛选, 肯定了颅骨 X 线片在法医人类学性别鉴定中的价值。也有依据躯干骨和四肢骨等来进行性别鉴定的报道, 常用的有锁骨、肩胛骨、脊柱、骨盆、掌指骨等, 从 X 线片上也能看出某些疾病或外伤导致的骨头变化, 从而达到鉴定的目

作者单位: 650500 昆明, 昆明医科大学法学院(李蓝江); 650118 昆明, 昆明医科大学第三附属医院/云南省肿瘤医院放射科(李振辉)

作者简介: 李蓝江(1980—), 女, 云南人, 硕士, 讲师, 主要从事法医人类学、人类遗传学研究工作。

通讯作者: 李振辉, E-mail: lizhenhui621@qq.com

基金项目: 云南省科技厅-昆明医科大学应用基础研究联合专项基金(2014FB062)

的。

CT 可以实现骨骼的立体重建,在性别鉴定中较 X 线更具优势。Uthman 等^[7]采用 CT 对 90 例伊拉克患者(男 45 例,女 45 例)的额窦和部分颅骨特征与性别的相关性进行了研究,在 CT 图像上测量了额窦的宽度、高度、前后径等,统计学分析结果显示额窦的性别差异为 76.9%;增加测量指标(颅骨最大宽度、最长径等)后,性别差异增加到 85.9%。Eshak 等^[8]采用 CT 研究了 122 例埃及人(男 60 例,女 62 例)的手骨(100 只左手,22 只右手)长度、体积与性别的相关性,发现手骨长度具有显著的性别差异:在二维图像中,所有掌骨、远节指骨、第一、三指骨近节长度的均值,男性明显大于女性,其各自的判定准确度分别为 80%、80%和 76.6%;而在掌骨的三维容积重建图像中,掌骨长度的性别判定准确度则为 92.9%。有研究表明掌骨和远端指骨特征在性别判定方面的准确率较高。Zech 等^[9]采用 CT 研究了瑞士伯尔尼州的 95 具白种人尸体(男 49 例,女 46 例)的骨盆特点、骨骼指标与性别的相关性,选择了第一骶骨周长、面积、最大前后径和最大宽度等四个骨骼评价指标进行测量,并应用判别函数进行分析,结果显示应用骨盆判定性别的准确度分别为 72.6%(男)和 74.7%(女),表明骶骨底部特征在性别判定方面的准确率不高,需结合其他方法。

影像技术在年龄鉴定中的应用

骨骼年龄简称骨龄(skeletal age, SA)是指儿童青少年骨骼发育水平同骨发育标准比较而得出的生物学年龄^[10]。

X 线摄影对种属、种族和性别的鉴定仅仅作为对骨骼直接观测的一种补充手段,但 X 线摄影对骨骼年龄的鉴定,其作用和意义则十分重要,尤其对于青少年、儿童骨龄的推断,用于观察继发骨化中心的发生、发展和闭合程度,其快捷性、准确性是肉眼直接观察标本所无法比拟的。

在我国的骨龄鉴定实践工作中,法医人类学家通常使用骨骼的 X 线片来推断骨龄,但由于我国地域辽阔,民族众多,并没有在骨龄鉴定中达成观点一致的应用标准。但无论什么方法,都是应用骨骼 X 线片来研究骨骼随年龄的变化规律,这种规律在同地区、同民族的鉴定结论中是可以肯定的。

目前,体育、医疗、法医等领域的专家多把手腕作为确定未成年人骨龄的理想部位,因为人类一侧手腕部集中了 27 块长骨和短骨,能反映未成年人骨骼的生长发育状况,相对于足部来说,手腕部 X 线片的获取也更为方便。国际上骨龄鉴定常用的评价方法有两种,一种是 1950 年 Rculich 和 Pyle 研制成的手腕骨发

育图谱(G-P 图谱法)^[11],另一种是 1962 年 Tanner 和 Whitehouse 等提出,1975 年修改的 TW2 骨龄记分法^[12]。

2002 年,Pludowski 等利用低辐射测量仪 DXA 对手腕进行影像扫描,测定骨密度以评价骨龄,研究结果表明 DXA 成本高、操作复杂,最重要的是无法达到 0.5 岁以内的骨龄精确度,但证实了骨密度与骨龄之间有较好的一致性^[13]。

我国原来使用的行业标准-中国人手腕骨发育标准 CHN 法,是根据我国的使用实际情况,只选取了手腕部的 14 块骨来观测骨骼发育情况,结果更加符合我国的使用现状^[14]。

辽宁医学院生物人类学研究所刘大华等^[15]应用 MRI 对中国汉族成人脑桥及小脑设定径线进行测量,分别研究了径线与性别、年龄、身高以及体质量的关系,并建立了相对应的回归方程,结果表明女性中脑桥横径与体质量、年龄呈正相关关系。

影像技术在种族鉴定中的应用

骨骼的种族鉴定是法医人类学研究的一个重要领域,尤其在多种族的国家和地区,种族鉴定是一项常规的法医学鉴定类别。对人体骨骼先进行种族鉴定,对于接下来进行的性别、年龄、身高、死亡原因及死亡时间的鉴定分析具有重要意义。法医人类学家尝试在骨骼、牙齿等有较好成像效果的部位进行 CT 扫描,取得了较好的效果。Dedouit 等^[16]采用 CT 对一具尸体进行扫描与重建,测量了骶骨前侧宽度和高度,计算出骶骨系数为 102.15,接近欧洲白种人的骶骨系数,确定了死者为白种人。

影像技术在身高鉴定中的应用

X 线是传统的可以评价长骨与身高、年龄间相互关系的影像技术,全身长骨中以股骨最为准确。2003 年陈志刚等^[17]通过对 1607 例青少年 X 线片的跖趾骨长度和宽度进行测量,研究了它们与身高、年龄的关系,通过回归分析发现两者之间呈高度正相关,并建立了根据各跖趾骨长度和宽度推算身高、年龄的直线回归方程。

近年来,CT 也开始应用于法医人类学中的身高推断上,传统的人类学身高推断方法是采用测量数据代入回归方程,如果遇到骨骼残片就会导致测量数据不准确,CT 扫描重建技术极大地解决了这一难题。Giurazza 等^[18]采用 CT 对 200 例意大利患者(男 100 例,女 100 例)的胸部进行了扫描与重建,并采用标准人体测量仪器测量了所有人的身高;以肩胛骨纵向和横向长度为观测指标,经过简单回归分析发现,男性两

个指标的相关系数 r 值分别为 0.74 和 0.51, 女性两个指标的 r 值分别为 0.70 和 0.48, 结果表明可以通过肩胛骨对身高进行鉴定。Giurazza 等采用 CT 对 200 例白种人(男 100 例, 女 100 例)进行了全身扫描与重建, 同时测量了身高, 以颅骨和股骨为观察对象, 选择股骨长、宽, 颅骨最大宽度等 8 个观测指标, 统计学分析结果表明股骨长、颅底长、颅底后端至鼻骨的间距等 3 个指标与身高的相关性较强, 其中又以股骨长与身高的相关性最强, 其简单回归和多元回归分析的方程分别为: 身高 = $3.06 \times$ 股骨长 + 72.6, 身高 = $35.7 + 1.48 \times$ 颅底长 + $2.32 \times$ 颅底后端至鼻骨的间距 + $2.53 \times$ 股骨长; 研究结果再次证实股骨和颅骨都可用于推断身高, 其中股骨的准确性较高^[19]。

四川大学骆莹贞等^[20]利用容积再现技术(volume rendering technique, VRT)测量活体胸骨上胸骨柄长、胸骨体长的影像数据, 建立了中国西南地区汉族成人通过胸骨柄体推算身高的回归方程。

影像技术在面貌复原和颅相重合中的应用

CT 的快速发展及在法医学学科中的广泛应用, 为法医人类学的面貌复原和颅相重合提供了新的方法, CT 能快速针对颅骨提供关于骨骼和面貌的三维图像, 实现骨骼面部标志点、标志线及软组织厚度的三维建模, 并进行复杂的统计分析, 为面貌复原和颅相重合提供了科学、快速、客观、简便的操作方法, 极大提升了这两门技术的发展。

Shimofusa 等^[21]在 CT 三维重建图像中, 对 50 具尸体(男 33 例, 女 17 例)的面部额中点、眉间等 10 个标记点的软组织厚度进行了测量, 结果显示只有人中处的测量数据与历史数据相差较大, 研究结果表明利用头部 CT 图像能够便捷地测量面部软组织厚度, 有利于面貌复原。Tilotta 等^[22]对 85 例欧洲人(男 26 例, 女 59 例)的头部进行了 CT 扫描, 利用相关图像处理技术提取颅骨和头面部表面的 39 个标记点进行头面部软组织厚度的测量, 计算每个标记点的平均厚度, 将所有数据进行整理, 输入设计好的数据库; 当需要进行颅面重建的时候, 可以先对颅骨进行 CT 扫描, 获得相关数据后再利用数据库进行面部自动重建。Hwang 等^[23]采用锥形束 CT 对 20 例成人的头部进行了扫描与重建, 选择 4 位观测者, 对 CT 图像上 31 个标记点处的软组织厚度分别进行测量, 统计学分析结果显示仅有 5 个标记点处的软组织厚度具有明显差异, 据此研究者认为通过锥形束 CT 测量面部软组织厚度具有较高的可重复性, 在颅面重建时可以采用这种方法测量软组织厚度。

Verhoff 等^[24]对 4 颗去除软组织的颅骨的 33 个

测量点进行了 CT 扫描, 之后进行了三维重建, 分别对颅骨和重建后的三维图像进行测量, 统计学分析结果显示实体颅骨与三维重建颅骨的相关测量数据间差异无统计学意义, 表明颅骨 CT 重建的真实度较高。Lorkiewicz-Muszyńska 等^[25]在一具无名尸的身份识别过程中, 采用 CT 对死者头部进行扫描, 并对死者头部和颅骨进行重建, 发现死者头部重建图像与失踪人员照片存在高度一致的面部特征, 将重建图像与失踪人员面部照片进行叠加, 发现两者具有高度一致性, 从而确定了死者的身份。

邱小彬等^[26]依据我国法医人类学家研究出的大量数据建立了一个法医人类学人体骨骼个人识别的计算机系统, 这个系统在多起刑事案件中发挥了重要作用。

Vanezis 等^[27]在对人类颅骨进行面貌复原的研究中, 利用计算机 3D 图形技术编辑的激光系统对颅骨的数据进行记录, 之后用软件将颅骨面部进行复原, 这种方法简便易得并且对颅骨无损坏。

影像学科在法医人类学应用中的展望

目前, 基于 MRI 和 CT 成像技术的虚拟解剖台已经问世, 它能通过机器进行数据处理, 将 2D 数据转变成模拟真实人体的 3D 图形数据, 这种技术可以真实地再现人体所有的骨骼、组织和器官, 让人如同见到真实的人体标本, 使用者可以通过手指在屏幕上进行医学各个解剖部位的模拟解剖, 并且能将模拟解剖的画面在屏幕上进行放大、缩小及旋转等各种操作, 比起传统的解剖方法, 这种技术能让人更加直观地进行人体解剖学习, 能更好地掌握人体组织结构的相互关系。可以预见的是, 法医人类学的未来将更多地与影像学科联系在一起。但是由于受人种、环境、样本等多种因素的影响, 全世界范围内对于个体识别骨骼问题并没有达成一致的标准。我们希望未来在影像技术的帮助下, 针对不同的人群能有更加准确和标准化的研究方法, 能为法医人类学的发展带来新的机遇。

参考文献:

- [1] 贾静涛. 法医人类学[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993: 1-4.
- [2] 张继宗. 法医人类学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 242.
- [3] Pfefferbaum A, Rohlfing T, Rosenbloom MJ, et al. Variation in longitudinal trajectories of regional brain volumes of healthy merland women (ages 10 to 85 years) measured with atlas-based parcellation of MRI[J]. Neuroimage, 2013, 65(1): 176-193.
- [4] Park HW, Yoon HK, Han SB, et al. Brain MRI measurements at a term-equivalent age and their relationship to neurodevelopmental outcomes[J]. AJNR, 2014, 35(3): 599-603.
- [5] Ternifi R, Cazals X, Desmidt T, et al. Ultrasound measurements of brain tissue pulsatility correlate with the volume of MRI white-

- matter hyperintensity[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2014, 34(6):942-944.
- [6] 高东,舒永康,邓振华,等.颌面数字 X 线片性别判定指标的研究[J].中国法医学杂志,2007,22(2):87-90.
- [7] Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Naaimi AS, et al. Evaluation of frontal sinus and skull measurements using spiral CT scanning: an aid in unknown person identification[J]. Forensic Sci Int, 2010, 197(1):1-7.
- [8] Eshak GA, Ahmed HM, Gawad EA. Gender determination from hand bones length and volume using multidetector computed tomography: A study in Egyptian people[J]. J Forensic Legal Med, 2011, 18(6):246-252.
- [9] Zech WD, Hatch G, Siegenthaler L, et al. Sex determination from os sacrum by postmortem CT[J]. Forensic Sci Int, 2012, 221(1):39-43.
- [10] 张继宗.法医人类学(第3版)[M].北京:人民卫生出版社, 2016:247.
- [11] Onat T, Numan-Cebeci E. Bones of the hand: relationships to growth skeletal and sexual development in girls[J]. Hum Biol, 1976, 48(4):659-676.
- [12] Hägg U, Taranger J. Stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt[J]. Acta Odontol Scand, 1980, 38(3):187-200.
- [13] Cowell CT, Tao C. Nature or nurture: determinants of peak bone mass in females[J]. Pediatr Endocrinol Metab, 2002, 15(5):1387-1393.
- [14] 刘英坤,钟坤,马丽颖,等.根据手籽骨判定青少年年龄[J].中国法医学杂志,2002,17(2):73-75.
- [15] 刘大华,任甫,席焕久.基于 MRI 的脑桥及小脑径线测量与回归分析[J].解剖学杂志,2015,38(3):311-313.
- [16] Dedouit F, Telmon N, Costagliola R, et al. Virtual anthropology and forensic identification: report of one case[J]. Forensic Sci Int, 2007, 173(2):182-187.
- [17] 陈志刚,郭琪.根据 X 线片跖趾骨长宽度推算 0~17 岁个体身年龄[J].中国法医学杂志,2003,9(3):156-157.
- [18] Giurazza F, Vescovo RD, Schena E, et al. Stature estimation from scapula r measurements by CT scan evaluation in an Italian population[J]. Leg Med (Tokyo), 2013, 15(4):202-208.
- [19] Giurazza F, Del Vescovo R, Schena E, et al. Determination of stature from skeletal and skull measurements by CT scan evaluation[J]. Forensic Sci Int, 2012, 222(1):1-9.
- [20] 骆莹贞,涂梦,范飞,等. CT-VRT 测量西南地区汉族人胸骨柄体长与身高的相关性[J].法医学杂志,2015,31(3):196-199.
- [21] Shimofusa R, Yamamoto S, Horikoshi T, et al. Applicability of facial soft tissue thickness measurements in 3-dimensionally reconstructed multidetector-row CT images for forensic anthropological examination[J]. Leg Med (Tokyo), 2009, 11(1):256-259.
- [22] Tilotta F, Richard F, Glaunès J, et al. Construction and analysis of a head CT-scan database for craniofacial reconstruction[J]. Forensic Sci Int, 2009, 191(1):1-12.
- [23] Hwang HS, Kim K, Moon DN, et al. Reproducibility of facial soft tissue thicknesses for craniofacial reconstruction using cone-beam CT images[J]. J Forensic Sci, 2012, 57(2):443-448.
- [24] Verhoff MA, Ramsthaler F, Krähahn J, et al. Digital forensic osteology-possibilities in cooperation with the Virtopsy project[J]. Forensic Sci Int, 2008, 174(2):152-156.
- [25] Lorkiewicz-Muszyńska D, Kociemba W, Zaba C, et al. The conclusive role of postmortem computed tomography (CT) of the skull and computer-assisted superimposition in identification of an unknown body[J]. Int J Legal Med, 2013, 127(3):653-660.
- [26] 邱小彬,董峰,何宁,等.利用产生式规则建立法医人类学计算机系统[J].湖北医科大学学报,2000,21(3):201-203.
- [27] Vanezis P, Vanezis M, McCombe G, et al. Facial reconstruction using 3D computer graphics[J]. Forensic Sci Int, 2000, 108(2):81-95.

(收稿日期:2017-09-21 修回日期:2017-10-23)