doi:10.11659/jjssx.02E020004

·基础研究·

枕骨大孔的形态学特征及临床意义

陈 波[1],段瑾东[2],刘远航[1],卜佳琪[2],李凌巍[2],于茉含[2],周雯卉[2],李胤兴[2],陈 涵[2],李志军[3],王超群[4],王 星[3],王伟志[1] (1.呼和浩特市第一医院脑外科,内蒙古 呼和浩特 010020;2.内蒙古医科大学第一临床医学院,内蒙古 呼和浩特 010059;3.内蒙古医科大学基础医学院,内蒙古 呼和浩特 010110;4.内蒙古医科大学附属医院影像科,内蒙古 呼和浩特 010050)

[摘 要] **目的** 通过影像学技术观测枕骨大孔的形态学特征,为临床诊疗和法医人类学性别鉴定提供理论依据。**方法** 回顾性分析2018年1~12月内蒙古医科大学附属医院颅底扫描的559例影像学资料,利用Mimics 16.0软件测量枕骨大孔的长度、宽度和面积,并进行枕骨大孔的形态学分类。**结果** 男性枕骨大孔的长度、宽度和面积均大于女性,且部分年龄段组间存在显著性别差异($P<0.05$);枕骨大孔各径线和面积发育峰值位于10~19岁,随着年龄的增长各值处于缓慢下降的波浪状变化状态,并且差异性主要集中于10~19岁组与其余各年龄组间($P<0.05$);枕骨大孔的形态分为7类,即椭圆形(男37%、女47%)、圆形(男19%、女20%)、六边形(男16%、女15%)、菱形(男9%、女11%)、盾形(男9%、女3%)、不规则形(男7%、女2%)和五边形(男3%、女2%)。**结论** 枕骨大孔特殊的解剖位置、重要的功能区、稳定的形态学特征及性别差异性可为神经外科手术治疗及法医人类学性别鉴定等提供重要的参考依据。

[关键词] 枕骨大孔;寰枕关节;形态特征;解剖学;法医学

[中图分类号] R602 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-02-02

Morphological characteristics and clinical significance of foramen magnum

CHEN Bo[1], DUAN Jin-dong[2], LIU Yuan-hang[1], BU Jia-qi[2], LI Ling-wei[2], YU Mo-han[2], ZHOU Wen-hui[2], LI Yin-xing[2], CHEN Han[2], LI Zhi-jun[3], WANG Chao-qun[4], WANG Xing[3], WANG Wei-zhi[1] (1. Department of Cerebral Surgery, Hohhot First Hospital, Hohhot Inner Mongolia 010020, China; 2. First Clinical Medical College, Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia 010059, China; 3. School of Basic Medicine, Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia 010110, China; 4. Department of Imaging, Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia 010050, China)

Abstract: Objective To observe the morphological characteristics of the foramen magnum by imaging techniques, so as to provide the theoretical basis for clinical diagnosis and treatment and forensic human identification. **Methods** A retrospective study of 559 cases of imaging data of the skull base scan, which were provided by the affiliated hospital of Inner Mongolia Medical University from January to December 2018, was conducted with the Mimics 16.0 software. Measured the length, width and area of the foramen magnum, and carried out the morphological classification of the foramen magnum. **Results** The length, width and area of foramen magnum in males were larger than those in females, and there were significant gender differences among some age groups ($P<0.05$). The development peaks of each diameter and area of the foramen magnum were located in the age of 10 to 19 years old, and the values were decreased slowly in a wavy state with the increase of age, and the differences mainly concentrated in the group of 10 to 19 years old and other age groups ($P<0.05$). The shape of the foramen magnum was divided into seven types: oval (male 37%, female 47%), round (male 19%, female 20%), hexagonal (male 16%, female 15%), diamond (male 9%, female 11%), shield (male 9%, female 3%), irregular (male 7%, female 2%) and pentagon (male 3%, female 2%). **Conclusion** The special anatomical location, important functional areas, stable morphology characteristics, and gender differences of the foramen magnum may provide important reference for neurosurgical treatment and forensic human gender identification.

Keywords: foramen magnum; atlantooccipital joint; morphological characteristics; anatomy; forensic medicine

枕骨大孔作为颅颈结合(寰枕关节)的重要区域,其内有中枢神经、椎动脉、脊髓前后动脉等穿行,与临床疾病的发生发展有着密切关系,如枕骨大孔疝、小脑扁桃体疝、颅底骨折、颅底凹陷症及枕骨大孔畸形、发育不良等。此外,还可根据枕骨大孔的形态学特征和面积进行法医人类学性别鉴定[1-2]。国内现有的研究主要集中于对枕骨大孔的形态特征进行分型和相关径线的测量,旨在为临床手术治疗提供理论依据;而国外研究除了临床治疗外还多应用于法医人类学性别的鉴

[基金项目] 国家自然科学基金(81660358,81860383,81860382);内蒙古医科大学大学生科技创新"英才培育"项目(YCPY2109024,YCPY20200013)

[通信作者] 王伟志,E-mail:164890480@qq.com;王 星,E-mail:502691374@qq.com

定,但目前的研究存在样本量相对较少,并且多数是干燥骨测量;同时,国内关于颅骨应用于法医学性别鉴定的报道相对较少。因此,本研究利用影像资料和三维重建手段对枕骨大孔的形态学特征进行观测,以期进一步为该区的解剖学特点、发育规律、手术入路及法医人类学性别鉴定提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 资料

回顾性分析2018年1~12月内蒙古医科大学附属医院收集的颅底扫描影像学原始资料559例,其中男402例,女157例,平均(52.68±18.25)岁,扫描范围包括完整颅颈结合区,排除颅颈结合区的畸形、骨折等因素。按年龄分为10~19岁组、20~29岁组、30~39岁组、40~49岁组、50~59岁组、60~69岁组、70岁以上组,共计7组(表1)。

表1 男女性别分组情况(例)

性别	10~19岁组	20~29岁组	30~39岁组	40~49岁组	50~59岁组	60~69岁组	≥70岁组
男	37	20	36	41	108	97	63
女	16	2	7	22	39	47	24

1.2 方法

利用Mimics 16.0软件(由内蒙古医科大学数字医学中心提供)进行测量,将所收集的原始资料导入软件以对枕骨大孔进行形态学观测。依据Routal等[3]的方法,为保证所测指标和分型的准确性,上述资料测量均由固定的小组成员完成,观测指标如下:①枕骨大孔长度(length of foramen magnum,LFM),即枕骨大孔前后缘中点之间的距离;②枕骨大孔宽度(width of foramen magnum,WFM),即枕骨大孔最大侧弯点之间的距离;③枕骨大孔面积(area of foramen magnum,AFM),AFM = LFM × WFM × π/4;④枕骨大孔的形态学特征分类,若LFM/WFM≥1.2,为椭圆形,其余形态特征则依据枕骨大孔的实际形态进行分类。

1.3 统计学方法

使用SPSS 22.0软件进行数据分析,计数资料使用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,男女性别间采用两独立样本t检验,同一个指标不同年龄组变化的比较应用多样本均数比较的单因素方差分析(One-way ANOVA),确立检验水准为$\alpha = 0.05$,$P < 0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 枕骨大孔各指标不同性别比较

枕骨大孔长度、宽度和面积存在显著性别差异的年龄段主要集中于50~59岁组和60~69岁组间,且随着年龄的增长,各径线和面积逐渐总体呈波浪状递减趋势,尤其以枕骨大孔宽度和枕骨大孔面积明显,整体来看男性均值大于女性($P < 0.05$),见表2。

2.2 枕骨大孔各指标不同年龄比较

枕骨大孔长度、宽度和面积随年龄的增长呈波浪状递减趋势,最大值多位于10~19岁组和20~29岁组,最小值则存在较大的差异;通过统计学分析发现,枕骨大孔长度、宽度和面积在不同年龄组间比较,差异具有统计学意义($P < 0.05$),如枕骨大孔长度在10~19岁组与40岁以上组,组间比较差异具有统计学意义,枕骨大孔宽度则在20~29岁组与50岁以上组,组间比较差异存在统计学意义,枕骨大孔面积也多在10~19岁组与50岁以上组,组间比较差异存在统计学意义($P < 0.05$),说明枕骨大孔各径线值最大值基本位于30岁以下(表2)。

表2 各指标不同性别比较($\bar{x} \pm s$)

指标	性别	10~19岁组	20~29岁组	30~39岁组	40~49岁组	50~59岁组	60~69岁组	70岁以上组
LFM (mm)	男+女	38.29±3.97*#△▲	36.85±3.67	36.79±5.21△	35.65±3.68	35.04±5.71#	36.67±4.43	36.00±4.95
	男	38.52±3.93	36.73±3.74	37.50±5.35	35.68±3.73	34.95±5.71	37.66±3.83	36.27±5.26
	女	37.73±4.12	38.07±3.61	33.15±2.07	35.61±3.67	35.28±5.78	34.63±4.91	35.27±4.03
t		0.992	−0.148	1.703	−0.312	1.585	2.787	0.816
P		0.337	0.907	0.139	0.758	0.121	0.008	0.423
WFM (mm)	男+女	31.08±2.91*	32.22±2.95*#△	31.12±3.78*	31.17±3.24*△	30.13±3.71	30.16±3.32	29.61±3.58
	男	31.36±3.00	32.27±3.10	31.28±3.65	31.67±3.18	30.58±3.90	30.95±3.21	29.40±4.00
	女	30.43±2.66	31.80±0.53	30.25±4.60	30.23±3.21	28.88±2.80	28.55±2.96	30.19±2.07
t		1.621	0.485	0.936	1.233	2.655	3.540	−1.805
P		0.126	0.713	0.385	0.231	0.012	0.001	0.084
AFM (mm^2)	男+女	937.90±155.83*#△	935.51±148.51*△	907.92±204.74△	876.55±152.11	837.76±209.00	874.65±175.01	843.06±180.96
	男	952.87±162.89	933.97±154.14	930.23±206.54	891.75±157.21	848.36±209.41	919.22±160.77	845.28±199.20
	女	903.27±136.63	950.95±105.86	793.20±162.02	848.23±141.22	807.91±202.23	782.67±168.64	837.23±124.23
t		1.488	0.359	1.405	0.533	2.382	3.382	−0.151
P		0.157	0.781	0.210	0.600	0.022	0.001	0.881

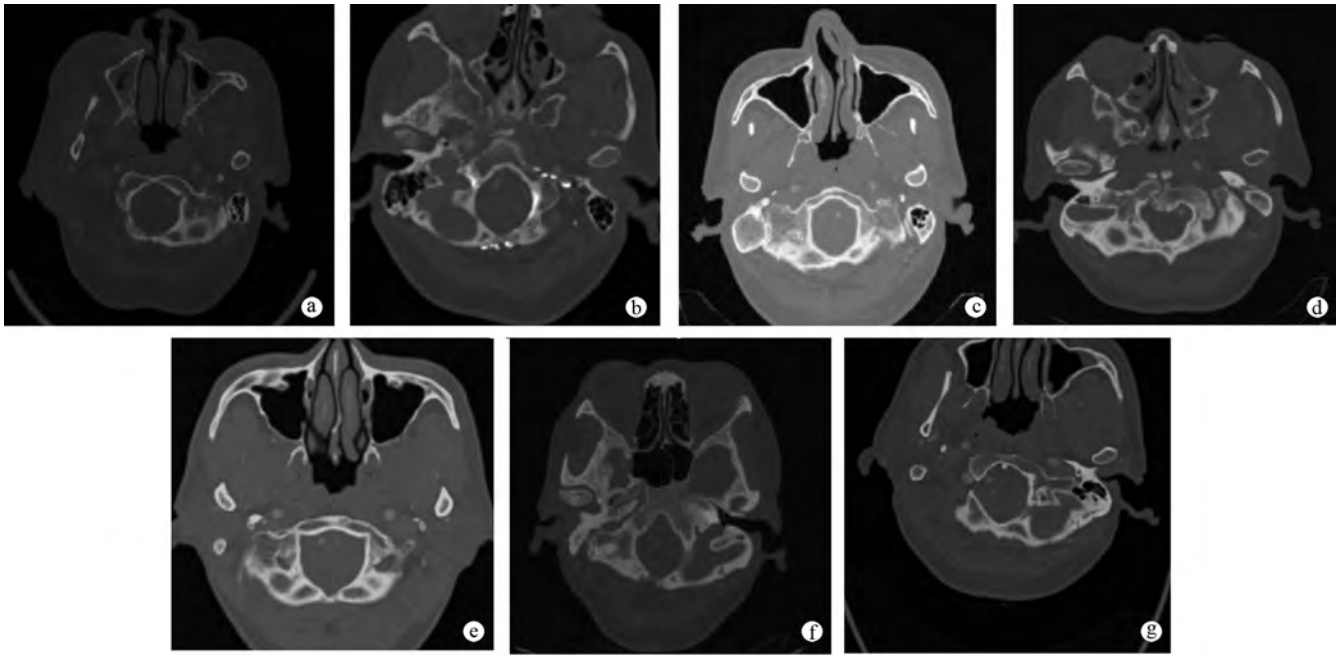
*:与70岁以上组比较,$P < 0.05$;#:与60~69岁组比较,$P < 0.05$;△:与50~59岁组比较,$P < 0.05$;▲:与40~49岁组比较,$P < 0.05$

2.3 枕骨大孔形态学特征分类

枕骨大孔分型中椭圆形的判定标准以 LFM/WFM≥1.2 为准,其余根据外形枕骨大孔大致可分为 7 类,即圆形、椭圆形、五边形、六边形、菱形、盾形和不规则形。其中无论是男性还是女性,椭圆形、圆形和六边形均占前三,尤其是以椭圆形为主(表 3、图 1)。

表 3 枕骨大孔在不同性别间的分型占比[例(%)]

性别	不规则形	椭圆形	盾形	五边形	六边形	圆形	菱形
男	28(7)	147(37)	36(9)	13(3)	64(16)	76(19)	38(9)
女	3(2)	74(47)	4(3)	3(2)	23(15)	32(20)	18(11)



a:圆形;b:椭圆形;c:六边形;d:不规则形;e:盾形;f:菱形;g:五边形

图 1 枕骨大孔的形态学特征分类

3 讨论

枕骨大孔作为枕 - 寰 - 枢关节结合区的重要通道,容纳了重要的神经、血管等结构,是人体生命中枢所在部位,故对于该区的手术治疗具有重要意义。但该区周围解剖结构复杂,手术风险较大,因此在临床中针对颅颈结合区的外伤、骨折、畸形及一些重要颅脑病变的诊治就要求对枕骨大孔区域的形态特征及解剖结构非常了解。例如,颅颈交界区畸形中的寰枕融合对椎动脉的走行影响较大,枕骨大孔的大小对于手术方案及手术入路的选择非常重要,因为枕骨大孔面积的大小决定着周围骨质切除的范围及出现并发症的概率,尤其是随着显微外科技术不断发展与成熟,明确颅颈交界区的解剖结构具有重要意义[4-6]。对于颅内肿瘤或者其他病变导致的颅内压增高患者,枕骨大孔的形态学特征也决定着症状的严重性、后期手术方案的选择及手术治疗的成功率,枕骨大孔的面积越大,手术视野越清晰,枕骨大孔越接近圆形或者椭圆形,越有利于显露手术视野,需要磨除的骨质越少,也有利于颅颈结合区的稳定[7-9]。

但在实际研究过程中发现,枕骨大孔的形态并不是理想中的圆形。李京等[10]通过对 73 例干燥颅骨进行观察发现,枕骨大孔可分为 5 种类型,即:圆形(47.9%)、椭圆形(45.2%)、菱形(2.7%)、不对称形(2.7%)及五边形(1.5%),其中以圆形和椭圆形为主;在 Avci 等[11]和 Muthukmar 等[12]的研究中,枕骨大孔圆形占 46%,椭圆形占 58%;Natsis 等[13]研究发现椭圆形及圆形分别占 14.7% 及 1.4%,菱形占 14%,椭圆形和菱形的占比较高;Burdan 等[14]在对东欧人群枕骨大孔进行性别分组的研究中发现,男性枕骨大孔椭圆形、圆形占比分别为 36.62% 和 7.05%,女性枕骨大孔椭圆形、圆形占比分别为 39.18% 和 9.94%,都是以椭圆形和圆形为主。本研究通过对 559 例枕骨大孔的影像学形态观测发现,枕骨大孔的形态可以更加详细地分为 7 型,即圆形、椭圆形、五边形、六边形、菱形、盾形和不规则形,通过对男女性别进行分组发现,不论是男性还是女性,都是以椭圆形(男 37%、女 47%)和圆形(男 19%、女 20%)为主,六边形(男 16%、女 15%)和菱形(男 9%、女 11%)占比也较高,这与李京等[10]和 Burdan 等[14]的研究相吻合,但上述作者研究的样本量均较小,在一定程度上缺乏说服力,本研究通过对 559 例内蒙古地区的国人进行影像学测量研究,

数据具有较强的说服力,可以为临床治疗提供一定的理论依据。

枕骨大孔的形态学特征不仅在临床治疗中具有重要作用,而且在法医人类学性别鉴定中也具有重要意义。有研究分别从枕骨大孔形态学特征和枕骨大孔面积进行性别鉴定的归纳与综述发现,枕骨大孔具有相对稳定性,其尺寸具有性别、民族等特点,为法医人类学性别鉴定在方法上提供了新的佐证[15-20]。Williams等[21]研究发现枕骨大孔大小形态受人种、年龄和性别的影响。青春期前枕骨大孔随年龄的增长逐渐增大,男性22岁左右、女性19岁左右蝶枕软骨融合后,枕骨大孔大小形态将不再发生改变[14,22]。本研究发现,枕骨大孔的长度、宽度和面积在性别间部分存在着显著性差异,且男性大于女性,而且在随增龄变化的研究中也证实,枕骨大孔各径线及面积发育高峰在儿童青少年期,并且峰值位于10~19岁年龄段,从20~29岁枕骨大孔的径线值和面积开始降低,但规律性不是很显著,这可能是因为儿童期颅骨在躯干骨中的占比较大,随着其年龄的增长,颅骨发育趋于稳定,而躯干骨发育较快,并且枕骨大孔径线与面积随年龄的增长而出现显著性差异,也说明了这一发育规律。虽然目前对于枕骨大孔的测量方式不尽相同,但不论是采取何种方式,以往研究均一致认为枕骨大孔的长度、宽度和面积对于性别鉴定均有意义,而且枕骨大孔面积最准确,其次是长度(纵状面直径),最后是宽度(横状面直径)[23-24]。

综上所述,枕骨大孔特殊的解剖位置、重要的功能区、稳定的形态学、差异性的性别特征可为神经外科手术治疗、法医人类学性别鉴定等提供重要的参考依据。但本研究也存在着一些不足:一是样本量虽然较大,但是男女比例严重失衡,男性远多于女性,结果存在数据偏倚的可能性很大,这也在一定程度上影响了统计学分析的结果;二是没有与国内外文献所报道的关于枕骨大孔径线和面积就种族、地域等进行详细对比研究;三是分型标准、测量依据缺乏统一标准,导致不同研究间的测量结果存在较大差异,这也是本课题组后期将要继续完善和补充的方面。

[参考文献]

[1] Kamath VG, Asif M, Shetty R, et al. Binary logistic regression analysis of foramen magnum dimensions for sex determination[J]. Anat Res Int, 2015,9(10):1155. doi:10.1155/2015/459428.

[2] Seifert Z, Friedl L, Chaumoitre K, et al. Applicability and limitations of sex assessment based on foramen magnum[J]. Forensic Sci Int, 2017, 271(1):126e1-126e9. doi:10.1016/j.forsciint.2016.11.044.

[3] Routal RR, Pal GP, Bhagwat SS. Metrical studies with sexual dimorphism in foramen magnum of human crania[J]. J Anat Soc India, 1984, 2(33):85-89.

[4] Raghavendra Babbu YP, Kanchan T, Attiku Y, et al. Sex estimation from foramen magnum dimensions in an Indian population[J]. J Forensic Leg Med, 2012, 19(3):162-167. doi:10.1016/jfil.2011.12.019.

[5] Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Timimi JF. Evaluation of foramen magnum in gender determination using helical CT scanning[J]. Dentomaxillafac Rad, 2012, 41(3):197-202. doi:10.1259/dmfr/21276789.

[6] Radhakrishna SK, Shivarama CH, Ramakrishna A, et al. Morphometric analysis of foramen magnum for sex determination in South Indian population[J]. Nitte Univ J Health Sci, 2012, 2(1):20-22. doi:10.1055/s-0040-1703549.

[7] Yamahata H, Yamaguchi S, Takayasu M, et al. Exploitation of simple classification and space created by the tumor for the treatment of foramen magnum meningiomas[J]. World Neurosurg, 2016, 87:1-7. doi:10.1016/j.wneu.2015.09.022.

[8] Park HH, Lee KS, Hong CK. Vertebral artery transposition via an extreme-lateral approach for anterior foramen magnum meningioma or craniocervical junction tumors[J]. World Neurosurg, 2016, 88:154-165. doi:10.1016/j.wneu.2015.12.073.

[9] Manoel C, Prado FB, Caria PHF, et al. Morphometric analysis of the foramen magnum in human skulls of brazilian individuals: Its relation to gender[J]. Braz J Morphol Sci, 2009, 26(2):104-108.

[10] 李 京,秦燕霞,刘盼盼,等. 枕骨大孔的解剖学研究及其临床意义[J]. 中国现代医学杂志, 2018, 28(14):120-122. doi:10.3969/j.issn.1005-8982.2018.14.025.

[11] Avci E, Dagtekin A, Ozturk AH, et al. Anatomical variations of the foramen magnum, occipital condyle and jugular tubercle[J]. Turk Neurosurg, 2011, 21(2):181-190. doi:10.5137/1019-5149.JTN.3838-10.1.

[12] Muthukumar N, Swaminathan R, Venkatesh G, et al. A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach[J]. Acta Neurochir (Wien), 2005, 147(8):889-895. doi:10.1007/s00701-005-0555-x.

[13] Natsis K, Piagkou M, Skotsimara G. A morphometric anatomical and comparative study of the foramen magnum region in a Greek population[J]. Surg Radiol Anat, 2013, 35(10):925-934. doi:10.1007s/s00276-013-1119-z.

[14] Burdan F, Szumilo J, Walocha J, et al. Morphology of the foramen magnum in young Eastern European adults[J]. Folia Morphol, 2012, 71(4):205-216. doi:10.3389/fnana.2012.00044.

[15] 朱祥清,聂胜洁,李蓝江,等. 利用枕骨大孔形态学特征进行性别鉴定的研究进展[J]. 昆明医科大学学报, 2017, 38(11):131-135.

[16] 邓 爽,程芸芸,米丛波. 应用枕骨大孔面积判定性别的研究进展[J]. 中国法医学杂志, 2018, 33(6):618-621. doi:10.13618/j.issn.1001-5728.2018.06.014.

[17] Holland TD. Use of the cranial base in the identification of fire victims[J]. J Forensic Sci, 1989, 34(2):458-460. doi:10.1016/0379-0738(89)90188-6.

[18] Ukoha U, Egwu OA, Okafor IJ, et al. Sexual dimorphism in the foramen magnum of Nigerian adult[J]. Int J Biol Med Res, 2011, 2(4):878-881. doi:10.1.1.302.6853.

doi:10.11659/jjssx.01E020064

·基础研究·

基于 CVH 薄层断面解剖三维重建设计的分歧韧带 MRI 扫描方法

邓泓鄗[1],胡 昕[2],杨静怡[2],王雲蛟[1],吴 毅[2],唐康来[1] (1.陆军军医大学第一附属医院运动医学中心,重庆 400038;2.陆军军医大学生物医学工程与影像医学系数字医学教研室,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 设计一种新的 MRI 扫描方法,为分歧韧带损伤的临床诊断提供影像学参考。**方法** 使用 Amira 5.2.2 软件对 5 具尸体的 10 例分歧韧带中国数字化人体(CVH)数据进行分割和三维重建,研究分歧韧带大体形态,并对分歧韧带长度、宽度、厚度、走行角度等参数进行测量,参考测量的韧带走行角度,设计出可以完整呈现分歧韧带的斜矢状位和斜轴位扫描方法。随后选择陆军军医大学第一附属医院7例患者的10例分歧韧带行斜矢状位和斜轴位 MRI 扫描,并对 MRI 图像进行分析和比较,反证新的 MRI 扫描方法的有效性。**结果** 新的 MRI 扫描方法可以在斜矢状位、斜轴位上良好地呈现出分歧韧带跟舟支;斜矢状位上的跟骰支呈现良好,但在斜轴位上表现不佳。断面三维重建和 MRI 图像上测量所得的分歧韧带跟骰支长度、宽度、厚度比较差异无统计学意义($P>0.05$),而跟舟支只在远端宽度上存在统计学差异($P<0.05$)。断面三维重建和 MRI 图像上的分歧韧带走行角度比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。从形态上看,跟舟支有扇状和索状两种形态,跟骰支较跟舟支更短、更薄、也更规则。**结论** 基于数字化人体断面解剖三维重建模型设计的 MRI 扫描方法可以良好地呈现分歧韧带。

[关键词] 中国数字化人体;分歧韧带;断面解剖;三维可视化;核磁共振成像

[中图分类号] R323.7+2;R445.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-01-13

MRI scanning method of bifurcate ligament based on three-dimensional visualization of undeformed high-resolution sectional anatomical images from CVH

DENG Hong-hao[1], HU Xin[2], YANG Jing-yi[2], WANG Yun-jiao[1], WU Yi[2], TANG Kang-lai[1] (1. Sports Medicine Center, First Affiliated Hospital of the Army Medical University, Chongqing 400038, China; 2. Institute of Digital Medicine, College of Biomedical Engineering and Medical Imaging, Army Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To design a new MRI scanning method for the clinical diagnosis of bifurcate ligament injury. **Methods** Amira 5.2.2 software was used to segment and reconstruct the Chinese Visible Human (CVH) data of 10 bifurcate ligaments (BLs) from 5 cadavers. The morphology of bifurcate ligaments was observed, and the length, width, thickness, angle and other parameters of bifurcate ligaments were measured. According to the measured angle of ligaments, the oblique sagittal and axial MRI scanning methods which could present bifurcate ligament completely were designed. Then 10 BLs of 7 patients from the first affiliated hospital of the Army Medical University were scanned with oblique sagittal and axial position. The effectiveness of the new scanning method was verified by analyzing and comparing the MRI images with CVH reconstruction models. **Results** The new MRI scanning method can present the calcaneonavicular ligament (CNL) very well in oblique sagittal and axial position, and it can present the calcaneocuboid ligament (CCL) well in oblique sagittal position, but it

[基金项目] 科技部国家重点研发专项(2016YFC1100500)

[通信作者] 唐康来,E-mail: tangkanglai@hotmail.com;吴 毅,E-mail:wuyi1979@tmmu.edu.cn

[19] Jain SK, Choudhary AK, Mishra P. Morphometric evaluation of foramen magnum for sex determination in a documented north Indian sample [J]. J Evol Med Dent Sci, 2013, 2(5): 8093 - 8098. doi: 10.16965/ijar.2015.154.

[20] Metin TA, Durum Y, Gok M, et al. Suitability of foramen magnum measurements in sex determination and their clinical significance[J]. Folia Morphol, 2017, 77(1): 101 - 112. doi: 10.5603/FM.a2017.0070.

[21] Williams BA, Rogers TL. Evaluating the accuracy and precision of cranialmorphological traits for sex determination[J]. J Forensic Sci, 2006, 51(4): 729 - 735. doi: 10.1111/j.1556 - 4029.2006.00177.x.

[22] Jaitley M, Phulambrikar T, Kode M, et al. Foramen magnum as a tool for sexual dimorphism: a cone beam computed tomography study[J]. Indian J Dent Res, 2016, 7(5): 458 - 462. doi: 10.4103/0970 - 9290.195610.

[23] Lopez-Capp TT, Rynn C, et al. Sexing the cranium from the foramen magnum using discriminant analysis in a Brazilian sample[J]. Braz Dent J, 2018, 29(6): 592 - 598. doi: 10.1590/0103 - 6440201802087.

[24] Cirpan S, Yonguc GN, Mas NG, et al. Morphological and morphometric analysis of foramen magnum: an anatomical aspect[J]. J Craniofac Surg, 2016, 27(6): 1576 - 1578. doi: 10.1097/SCS.0000000000002822.

(编辑:魏 源)