

## 枕骨大孔和枕髁数字化形态的三维重建

王建<sup>1</sup>, 王星<sup>1,2</sup>, 李琨<sup>1,2</sup>, 高尚<sup>1</sup>, 王超群<sup>3</sup>, 张少杰<sup>1,2</sup>, 李志军<sup>1,2</sup><https://doi.org/10.12307/2023.148>

投稿日期: 2021-12-08

采用日期: 2022-05-21

修回日期: 2022-08-16

在线日期: 2022-09-20

中图分类号:

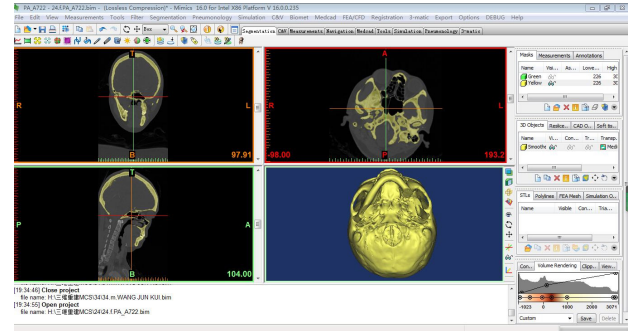
R459.9; R318; R651

文章编号:

2095-4344(2023)20-03117-06

文献标识码: A

## 文章快速阅读: 三维重建分析枕骨大孔和枕髁的形态特征

673例正常  
成人头颈CT(1) 经Mimics重建  
颅底;  
(2) 测量枕骨大孔、  
枕髁相关参数。为临床远外侧入路  
提供解剖参数

## 文题释义:

**枕骨大孔:** 位于颅底后部, 容纳和毗邻脑干、椎动脉、脑神经、脑被膜等重要结构, 了解此区域的形态特征及解剖结构对临床治疗脑干腹侧病变具有重要意义。

**枕骨大孔前、后缘中点连线与枕骨大孔前缘中点和舌下神经管内口后壁中点连线的夹角(F-H角):** 为从枕髁后内侧磨除枕髁至舌下神经管内口时所显露的手术视野, 可避免损伤舌下神经, 即经髁入路所暴露最大范围。

## 摘要

**背景:** 脑干腹侧面周围结构的病变位于颅颈交界处深面, 周围毗邻重要结构, 远外侧入路是基本术式, 但入路时要考虑性别、侧别间的差异。

**目的:** 通过三维重建测量手段对枕骨大孔和枕髁进行形态特征分析, 为临床颅底远外侧手术入路提供解剖学参数。

**方法:** 选择拍摄头颈部电子计算机断层扫描图像的成年人共673例, 男448例, 女225例, 年龄20~87岁。经软件三维重建颅底, 测量枕骨大孔长度和宽度, 利用公式计算枕骨大孔面积和指数, 测量枕髁长度、宽度, 枕髁长轴与矢状轴的夹角, 枕骨大孔前、后缘中点连线与枕髁后缘和枕骨大孔交点连线的夹角, 枕骨大孔前、后缘连线中点与舌下神经管后壁中点连线的夹角。对各指标进行性别和侧别差异分析。

**结果与结论:** ①枕骨大孔指标中除枕骨大孔指数不存在性别间统计学差异外, 其余指标均存在性别间的差异( $P < 0.05$ ); 枕髁指标中, 除男性左枕髁宽小于女性外( $P > 0.05$ ), 左枕髁长、右枕髁长、右枕髁宽男性均大于女性( $P < 0.05$ ); ②男性枕髁长轴与矢状轴的夹角小于女性, 且左枕髁长轴与矢状轴的夹角在性别间差异有显著性意义( $P < 0.05$ ); ③枕骨大孔前、后缘连线中点与枕骨大孔前缘中点和舌下神经管内口后壁中点连线的夹角在侧别间无统计学差异; 枕髁长、枕髁宽、枕髁长轴与矢状轴的夹角、枕骨大孔前、后缘中点连线与枕髁和枕骨大孔交点连线的夹角在侧别间差异均有显著性意义( $P < 0.05$ ); ④提示枕骨大孔和枕髁的相关参数在性别和侧别间存有差异, 临床远外侧髁后及经髁入路中, 右侧入路暴露范围较大; 男性枕骨大孔长、宽、面积均大于女性, 男性枕髁长、枕骨大孔前缘中点和枕髁后缘连线与矢状面夹角大于女性, 远外侧入路时应考虑性别间差异。

**关键词:** 枕骨大孔; 枕髁; 电子计算机断层扫描图像; 三维重建; 远外侧入路

## Digital morphology of foramen magnum and occipital condyle: an observation based on three-dimensional reconstruction

Wang Jian<sup>1</sup>, Wang Xing<sup>1,2</sup>, Li Kun<sup>1,2</sup>, Gao Shang<sup>1</sup>, Wang Chaoqun<sup>3</sup>, Zhang Shaojie<sup>1,2</sup>, Li Zhijun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Human Anatomy Teaching and Research Section, <sup>2</sup>Digital Medicine Center, <sup>3</sup>Imaging Center of Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

内蒙古医科大学, <sup>1</sup>人体解剖学教研室, <sup>2</sup>数字医学中心, <sup>3</sup>附属医院影像中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110

第一作者: 王建, 男, 1986年生, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 汉族, 内蒙古医科大学医学在读硕士, 主要从事脊柱脊髓损伤方面的研究。

并列第一作者: 王星, 男, 1979年生, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 汉族, 博士, 主要从事脊柱与脊髓的数字化研究。

通讯作者: 李志军, 教授, 博士生导师, 内蒙古医科大学人体解剖学教研室, 数字医学中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110

并列通讯作者: 张少杰, 教授, 硕士生导师, 内蒙古医科大学人体解剖学教研室, 数字医学中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110

<https://orcid.org/0000-0001-8064-0320> (王建); <https://orcid.org/0000-0003-0059-4921> (王星)

**基金资助:** 国家自然科学基金资助项目(81860383), 项目负责人: 李志军; 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2020LH08021), 项目负责人: 李志军; 国家自然科学基金资助项目(81860382), 项目负责人: 王星; 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2020MS03061), 项目负责人: 王星; 内蒙古自治区高等学校青年科技英才支持计划资助(NJYT22009), 项目负责人: 王星; 内蒙古自治区科技计划项目(2019GG158), 项目负责人: 王星; 内蒙古医科大学科研重点项目(YKD2021ZD011), 项目负责人: 王星; 内蒙古自治区卫生健康委医疗卫生科技计划项目(202201217), 项目负责人: 王星; 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2019MS08017), 项目负责人: 张少杰, 内蒙古医科大学青年基金项目(YKD2020QNCX055), 项目负责人: 李琨

引用本文: 王建, 王星, 李琨, 高尚, 王超群, 张少杰, 李志军. 枕骨大孔和枕髁数字化形态的三维重建[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(20):3117-3122.



Wang Jian, Master candidate, Human Anatomy Teaching and Research Section, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Wang Xing, MD, Human Anatomy Teaching and Research Section, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; Digital Medicine Center, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Wang Jian and Wang Xing contributed equally to this work.

**Corresponding author:** Li Zhijun, Professor, Doctoral supervisor, Human Anatomy Teaching and Research Section, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; Digital Medicine Center, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

**Co-corresponding author:** Zhang Shaojie, Professor, Master's supervisor, Human Anatomy Teaching and Research Section, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; Digital Medicine Center, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China

## Abstract

**BACKGROUND:** Lesions of structures around the ventral side of the brainstem are located in the deep surface of the craniocervical junction, surrounded by important structures. The far lateral approach is the basic surgical method, but sex and lateral differences should be considered in the approach.

**OBJECTIVE:** To analyze the morphological characteristics of the foramen magnum and occipital condyle by three-dimensional reconstruction measurements, thereby providing anatomical parameters for the far lateral approach to the skull base in clinical practice.

**METHODS:** A total of 673 adult patients (448 males and 225 females) with head and neck CT scans were selected. The age ranged from 20 to 87. The length and width of the foramen magnum were measured. The area and index of the foramen magnum were then calculated by formulas. The length and width of the occipital condyle were measured, as well as the angle between the long and sagittal axis of the occipital condyle (O-S angle), the angle between the line connecting the midpoints of anterior and posterior foramen magnum and the line connecting the midpoint of anterior foramen magnum and the intersection of posterior occipital condyle and lateral foramen magnum (F-O angle), and the angle between the line connecting the midpoints of anterior and posterior foramen magnum and the line connecting the midpoint of anterior foramen magnum and the midpoint of the posterior wall of the hypoglossal canal (F-H angle). The sex and lateral differences of each index were analyzed.

**RESULTS AND CONCLUSION:** There were statistical differences in foramen magnum indexes except between sexes ( $P > 0.05$ ). The indexes of occipital condyle were significantly higher in males than in females ( $P < 0.05$ ) except that the left occipital condyle width in males was lower than that in females ( $P > 0.05$ ). The O-S angle in males was smaller than that in females, and there was a significant difference in the left O-S angle between sexes ( $P < 0.05$ ). There was no statistical difference between right and left F-H angles. Significant differences were observed in occipital condyle length, occipital condyle width, O-S angle, and F-O angle ( $P < 0.05$ ). These findings indicate that the parameters of the foramen magnum and occipital condyle were different in sex and on both sides. For the far lateral and transcondylar approaches, the right approach was relatively safe and exposed to a larger range. The length, width, and area of the foramen magnum, the length of the occipital condyle, and O-S angle in males were larger than those in females. Therefore, the sex difference should be considered in the far lateral approach.

**Key words:** foramen magnum; occipital condyle; computed tomography; three-dimensional reconstruction; far lateral approach

**Funding:** the National Natural Science Foundation of China, Nos. 81860383 (to LZJ) and 81860382 (to WX); the Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous Region, Nos. 2020LH08021 (to LZJ), 2020MS03061 (to WX), and 2019MS08017 (to ZSJ); the College Youth Science and Technology Talent Support Program in Inner Mongolia Autonomous Region, No. NJYT22009 (to WX); Inner Mongolia Autonomous Region Science and Technology Plan Project, No. 2019GG158 (to WX); Inner Mongolia Medical University Key Research Project, No. YKD2021ZD011 (to WX); Medical and Health Science and Technology Plan Project of Inner Mongolia Autonomous Region Health Commission, No. 202201217 (to WX); Inner Mongolia Medical University Youth Fund Project, No. YKD2020QNCX055 (to LK)

**How to cite this article:** WANG J, WANG X, LI K, GAO S, WANG CQ, ZHANG SJ, LI ZJ. Digital morphology of foramen magnum and occipital condyle: an observation based on three-dimensional reconstruction. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu.* 2023;27(20):3117-3122.

## 0 引言 Introduction

由于枕骨大孔腹侧和斜坡处的病变在颅颈交界处深面，毗邻延髓、椎动脉及多对颅神经等结构，临床对于该类病变的手术治疗具有非常大的挑战性<sup>[1]</sup>。为了充分暴露病变位置和手术野，有学者采取经口或经颈前路治疗脑干腹侧或腹外侧病变，但该术式存在术野暴露不充分和出现脑脊液外漏等并发症<sup>[2-3]</sup>。1986年HEROS<sup>[4]</sup>首次使用远外侧髁后入路治疗椎动脉瘤，其认为该入路也能很好地暴露枕骨大孔腹侧病变。此后远外侧手术入路成为神经外科医生治疗下斜坡或枕骨大孔腹侧病变的基本技术。行远外侧手术入路时，为扩大手术野是否要磨除枕髁或磨除多少一直存在着争议。NANDA等<sup>[5]</sup>通过对8例尸体标本的观测，发现去除1/3枕髁可增加视野范围15.9°，去除1/2枕髁可增加视野范围19.9°，但在临床实际治疗当中因占位性病变的挤压而扩大了手术通道<sup>[6-7]</sup>，所以有时也不需要磨除枕髁。此次研究通过对673例不同年龄段受试者枕骨大孔及枕髁结构相关指标进行形态学特征观测，以发现其增龄变化特点和形态特征，从而进一步认识该区的解剖结构，为临床手术入路及治疗提供理论依据。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

### 1.1 设计 形态学测量实验。

1.2 时间及地点 实验于2019年10月至2020年10月在内蒙古医科大学附属医院(三级甲等综合性医院)影像中心完成。

1.3 对象 回顾性分析2019年10月至2020年10月在内蒙古医科大学附属医院影像中心收集的头颈部CT影像资料，排除能影响枕骨大孔、枕髁形态的头颈部疾患以及拍摄结构不完整、图像质量较差或伪影较重等其他因素，共收集符合标准的样本673例，其中男448例，平均(50.43±16.09)岁(20-83岁)；女225例，平均(45.10±16.26)岁(20-87岁)，按年龄段分组见表1。该研究方案的实施符合《赫尔辛基宣言》和内蒙古医科大学对研究的相关伦理要求，医院伦理批件号：YKD2018015，审批时间：2018-03-06。

表1 | 研究对象的分组情况

Table 1 | The grouping information of research objects

性别	20-29 周岁	30-39 周岁	40-49 周岁	50-59 周岁	≥ 60 周岁
男	58	77	63	137	113
女	46	57	38	49	35
合计	104	134	101	186	148

1.4 方法 将所收集原始 DICOM 格式资料导入 Mimics 16.0 软件 (由内蒙古医科大学数字医学中心提供), 进行三维重建后对枕骨大孔及枕髁相关指标进行测量。

## 1.5 主要观察指标

### 1.5.1 枕骨大孔测量指标

选取参考定位点: A 点为枕骨大孔前缘中点; B 点为枕骨大孔后缘中点; C 点为枕髁后缘和枕骨大孔侧缘交点; D 点为舌下神经管内口后壁中点, 见图 1a。

枕骨大孔最大长度: 即枕骨大孔最大长度, 为枕骨大孔的最大前后直径或矢状面直径<sup>[8]</sup>, 为骨大孔前、后缘之间的最大距离, 见图 1b。

枕骨大孔最大宽度: 即垂直于枕骨大孔最大长度, 枕骨大孔外侧缘之间的最大距离<sup>[8-9]</sup>, 见图 1b。

枕骨大孔面积: 根据 TEIXEIRA 等<sup>[10]</sup>和 ROUNTAL 等<sup>[11]</sup>提出的公式计算枕骨大孔面积。这 2 个公式分别为:

(1)TEIXEIRA 的公式:  $Area = \pi[(枕骨大孔最大长度 \times 枕骨大孔最大宽度) / 4]^2(FMAT)$ ;

(2)ROUNTAL 的公式:  $Area = \frac{1}{2}\pi \times 枕骨大孔最大长度 \times 枕骨大孔最大宽度(FMAR)$ ;

枕骨大孔指数 = 枕骨大孔最大宽度 / 枕骨大孔最大长度  $\times 100\%$ <sup>[10-11]</sup>。

### 1.5.2 枕髁测量指标

选取参考定位点: E 点为枕髁前缘中点, F 点为枕髁后缘中点, G 点为枕髁内侧缘中点, H 点为枕髁外侧缘中点, 见图 1c。

枕髁长: 即 E 点与 F 点连线长度。

枕髁宽: 即 G 点与 H 点连线长度。

$\angle O-S$  角为 E、F 点连线与正中矢状面夹角;  $\angle F-O$  角为 A、B 点连线与 A、C 点连线的夹角, 即远外侧入路中未磨除枕髁时所显露的手术视野;  $\angle F-H$  角为 A、B 点连线与 A、D 点连线的夹角, 即从枕髁后内侧磨除枕髁至舌下神经管内口时所显露的手术视野, 见图 1d。

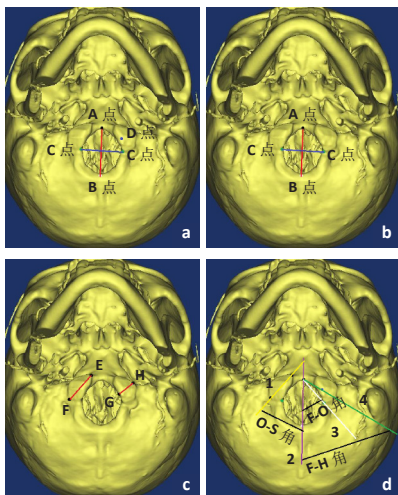


图 1 | 枕骨大孔及枕髁相关指标测量示意图

Figure 1 | Schematic diagram of parameter measurements of the foramen magnum and occipital condyle

图注: A 点为枕骨大孔前缘中点, B 点为枕骨大孔后缘中点, C 点为枕髁与枕骨大孔交点, D 点为舌下神经管内口后壁中点(图 a, b); E 点为枕髁前缘中点, F 点为枕髁后缘中点, G 点为枕髁内侧缘中点, H 点为枕髁外侧缘中点(图 c); A、B 点连线为枕骨大孔最大长度, C、C 点连线为枕骨大孔最大宽度, E、F 点连线为枕髁长, G、H 点连线为枕髁宽; 线 1 与线 2 夹角为 O-S 角, 线 3 与线 2 夹角为 F-O 角, 线 4 与线 2 夹角为 F-H 角(图 d)

1.6 统计学分析 所测数据录入 Excel, 使用 SPSS 22.0 软件分析数据, 计量资料使用  $\bar{x} \pm s$  表示, 性别、侧别间采用配对 t 检验, 对 2 种公式计算的面积比较进行配对样本 t 检验, 同一个指标不同年龄组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  $\alpha=0.05$ , 以  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。文章统计学方法已经内蒙古医科大学生物统计学专家审核。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 符合纳入标准的样本共 673 例, 其中男 448 例, 女 225 例, 男女各分为 5 个年龄组。

2.2 枕骨大孔形态参数整体结果 通过分析发现, 枕骨大孔指数整体男性小于女性, 且性别间无差异 ( $P > 0.05$ ); 枕骨大孔最大长度、枕骨大孔最大宽度、FMAR、FMAT 均为男性大于女性, 且性别间差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ ); 在男、女中枕骨大孔最大长度  $>$  枕骨大孔最大宽度, 即枕骨大孔长大于宽; 且 FMAT 在男、女中均大于 FMAR, 见表 2。

表 2 | 枕骨大孔、枕髁形态参数性别间比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 2 | Sex comparison of morphological parameters of the foramen magnum and occipital condyle

指标	男 (n=448)	女 (n=225)	t 值	P 值
枕骨大孔最大长度 (mm)	35.64±3.89	34.26±3.75	27.57	0.00
枕骨大孔最大宽度 (mm)	30.29±3.54	29.65±2.98	0.15	0.00
FMAT(mm <sup>2</sup> )	861.83±169.14	807.08±140.00	25.48	0.00
FMAR(mm <sup>2</sup> )	853.92±167.50	799.65±136.11	25.25	0.00
枕骨大孔指数	0.85±0.09	0.87±0.11	1.46	0.23
左枕髁长 (mm)	21.56±2.49	20.50±2.26	27.35	0.00
右枕髁长 (mm)	19.51±4.35	18.08±4.18	25.33	0.00
左枕髁宽 (mm)	13.67±4.63	13.80±4.71	0.30	0.58
右枕髁宽 (mm)	11.52±1.25	11.19±1.29	10.77	0.00
左 O-S 角 (°)	38.41±7.51	40.06±7.86	6.06	0.01
右 O-S 角 (°)	35.94±6.98	37.12±7.26	2.61	0.11
左 F-O 角 (°)	45.02±4.41	44.54±4.73	2.23	0.14
右 F-O 角 (°)	45.06±4.08	44.72±4.21	0.39	0.53
左 F-H 角 (°)	60.79±6.03	60.77±6.01	0.04	0.84
右 F-H 角 (°)	61.60±5.52	61.70±6.36	1.39	0.24

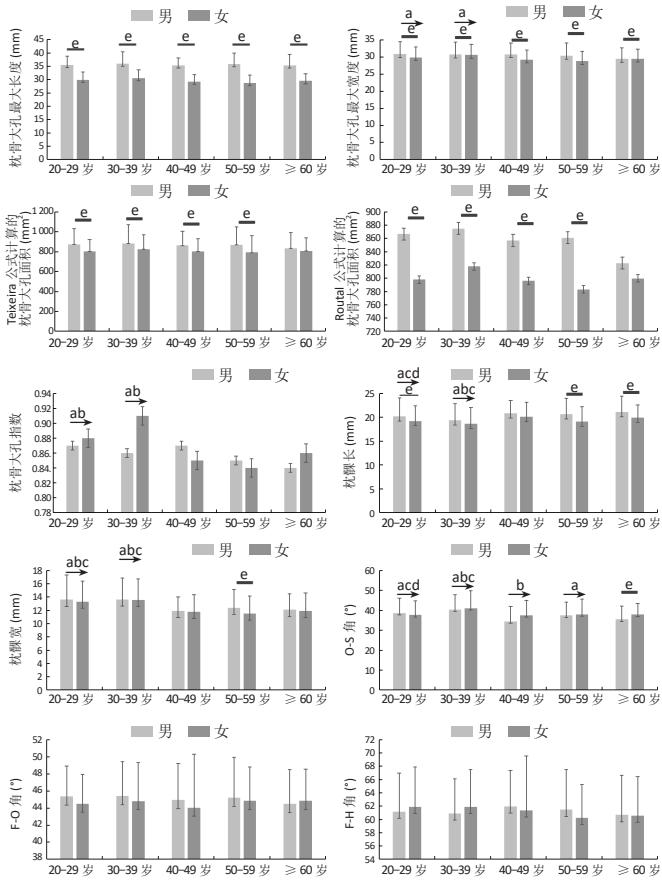
表注: FMAT 为 Teixeira 公式计算的枕骨大孔面积; FMAR 为 Rountal 公式计算的枕骨大孔面积; O-S 角: 枕髁长轴与正中矢状面夹角; F-O 角: 侧枕骨大孔前、后缘中点连线与枕髁后缘和枕骨大孔交点连线的夹角; F-H 角: 枕骨大孔前、后缘中点连线与舌下神经管后壁中点连线的夹角

2.3 枕髁形态参数整体结果 参数分析发现男性左枕髁宽整体小于女性, 但性别间无统计学差异 ( $P > 0.05$ ); 男性左枕髁长、右枕髁长、右枕髁宽指标均大于女性, 且性别间差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ ); 男性左 O-S 角、右 O-S 角、右 F-H 角整体均小于女性, 但仅左 O-S 角在性别间差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ ); 男性左 F-O 角、右 F-O 角、左 F-H 角均大于女性, 但均无性别间的差异 ( $P > 0.05$ )。通过枕髁指标在左、右侧别间的分析发现, 枕髁长、枕髁宽、O-S 角、F-O 角在侧别间差异均有显著性意义 ( $P < 0.05$ ), 且左枕髁长、左枕髁宽、左 O-S 角均大于右侧, 左 F-O 角、左 F-H 角均小于右侧, 见表 2。

2.4 枕骨大孔形态参数年龄分组结果 枕骨大孔形态学参数的年龄组分析发现枕骨大孔最大长度总体随年龄的增长呈波浪状递增趋势, 最大值在 50-59 岁组, 最小值在 20-29 岁



组；枕骨大孔最大宽度、FMAT、FMAR、枕骨大孔指数总体随年龄的增长呈波浪状递减趋势，最大值在30-39岁组，最小值在≥60岁组。男性枕骨大孔最大长度、FMAT、FMAR在所有年龄组都大于女性，枕骨大孔最大长度在20-29岁组、30-39岁组、40-49岁组、50-59岁组内有男女性别间的差异 ( $P < 0.05$ )，枕骨大孔最大宽度、FMAT、FMAR在20-29岁组、30-39岁组、40-49岁组、50-59岁组内有男女性别间差异 ( $P < 0.05$ )；枕骨大孔指数在所有年龄组中都无性别间的差异 ( $P > 0.05$ )，见图2。



图注：与≥60岁组比较，<sup>a</sup> $P < 0.05$ ；与50-59岁组比较，<sup>b</sup> $P < 0.05$ ；与40-49岁组比较，<sup>c</sup> $P < 0.05$ ；与30-39岁组比较，<sup>d</sup> $P < 0.05$ ；男、女之间比较，<sup>e</sup> $P < 0.05$ 。O-S角：枕髁长轴与正中矢状面夹角；F-O角：侧枕骨大孔前、后缘中点连线与枕髁后缘和枕骨大孔交点连线的夹角；F-H角：枕骨大孔前、后缘中点连线与舌下神经管后壁中点连线的夹角

图2 | 年龄组间的枕骨大孔、枕髁形态参数比较  
Figure 2 | Comparison of morphological parameters of the foramen magnum and occipital condyle among different age groups

2.5 枕髁形态参数年龄分组结果 枕髁形态学参数的年龄组分析发现，枕髁长总体随年龄的增长呈波浪状递增趋势，最大值在≥60岁组，最小值在30-39岁组，枕髁长总体在20-29岁组、50-59岁组、≥60岁组内均有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；枕髁宽总体随年龄的增长呈波浪状递减趋势，最大值在30-39岁组，最小值在40-49岁组，枕髁宽总体只在50-59岁组内有性别间差异 ( $P < 0.05$ )。

左枕髁长、右枕髁宽总体随年龄的增长变化不明显，在各年龄组间总体值接近；右枕髁长总体随年龄的增长呈波浪

状递增趋势，最大值在40-49岁组，最小值在30-39岁组；左枕髁宽总体随年龄的增长呈波浪状递减趋势，最大值在30-39岁组，最小值在40-49岁组。男性枕髁长在所有年龄组都大于女性，左枕髁长在20-29岁组、30-39岁组、50-59岁组、≥60岁组内均有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；右枕髁长在50-59岁组、≥60岁组内均有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；左枕髁宽只在50-59岁组有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；右枕髁宽在40-49岁组、50-59岁组、≥60岁组内均有性别间差异 ( $P < 0.05$ )。

O-S角总体、F-O角总体随年龄的增长变化呈平缓递减趋势，最大值在30-39岁组，最小值在40-49岁组；F-H角总体随年龄的增长呈波浪状递减趋势，最大值在30-39岁组，最小值在≥60岁组。O-S角总体只在≥60岁组内有性别间差异 ( $P < 0.05$ )。F-O角总体、F-H角总体在任何年龄组内均无性别间差异 ( $P > 0.05$ )。

左O-S角只在40-49岁组内有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；右O-S角只在60岁以上组内有性别间差异 ( $P < 0.05$ )；枕骨大孔最大宽度、枕骨大孔指数、右枕髁长、枕髁宽、O-S角、F-H角在不同年龄组间比较差异均有显著性意义 ( $P < 0.05$ )，见图2。

### 3 讨论 Discussion

3.1 枕骨大孔解剖参数的分析 枕骨大孔作为“枕-寰-枢关节”结合区的重要结构，容纳和毗邻重要的神经、血管等结构，结构复杂，对此区域形态特征及解剖结构的了解对临床治疗具有重要意义。国外学者通过对枕骨大孔最大长度和枕骨大孔最大宽度进行研究测量发现，男性大于女性<sup>[8, 12-16]</sup>。而在此次研究中除枕骨大孔指数男性小于女性外，其余枕骨大孔最大长度、枕骨大孔最大宽度、FMAT、FMAR均为男大于女，这与上述学者研究结果相似，符合枕骨大孔男性大于女性的特征。国内朱祥清<sup>[17]</sup>测量昆明地区国人颅底结构参数后发现男性枕骨大孔最大长度为(33.60±2.90) mm，女性枕骨大孔最大长度为(32.90±2.40) mm；埃及的HEND等<sup>[18]</sup>通过CT资料测量得出男性枕骨大孔最大长度为(36.80±0.33) mm，女性枕骨大孔最大长度为(35.70±0.33) mm；保加利亚的GAPERT等<sup>[19]</sup>研究结果显示男性枕骨大孔指数为(0.86±0.62)，女性枕骨大孔指数为(0.83±0.56)；而此次研究的男性枕骨大孔最大长度为(35.64±3.89) mm，女性枕骨大孔最大长度为(34.26±3.75) mm，男性枕骨大孔指数为(0.85±0.09)，女性枕骨大孔指数为(0.87±0.11)；以上结果均与此次研究不同，这些差异提示枕骨大孔相关参数可能具有种族和地区差异性。此次研究发现枕骨大孔最大长度大于枕骨大孔最大宽度，即枕骨大孔长度大于宽度，这与国外学者的研究结果基本一致，见表3，说明不同国家、地区枕骨大孔形态均符合长大于宽的规律<sup>[15, 19-24]</sup>。

3.2 关于枕髁解剖参数的分析 “枕-寰-枢关节”对寰枕关节的稳定性起重要作用。枕髁的大小和方向可能影响颅颈

表 3 | 枕骨大孔指标在不同人群中的比较 ( $\bar{x}\pm s$ , mm)

Table 3 | Comparison of foramen magnum parameters in different populations

第一作者	男		女	
	枕骨大孔最大长度	枕骨大孔最大宽度	枕骨大孔最大长度	枕骨大孔最大宽度
BOLZ <sup>[8]</sup>	39.13±2.29	33.19±2.64	36.52±1.97	31.17±1.88
GARGI <sup>[12]</sup>	34.84±1.83	30.65±1.79	32.96±2.21	28.70±1.91
AGARWAL <sup>[13]</sup>	36.60±2.72	31.07±2.57	34.68±3.24	28.84±2.92
ZDILLA <sup>[14]</sup>	38.56±3.21	33.58±2.63	36.38±3.93	32.02±2.31
GONZÁLEZ-COLMENARES <sup>[15]</sup>	40.98±2.19	35.45±1.86	36.88±2.09	33.63±2.19
GAPERT <sup>[19]</sup>	35.91±2.41	34.71±1.91	30.51±1.77	29.36±1.96
LUCENA <sup>[20]</sup>	35.01±3.03	33.92±3.19	30.12±2.95	28.91±2.83
UTHMAN <sup>[21]</sup>	34.90±2.00	29.50±2.50	32.90±2.00	27.30±2.20
MOODLEY <sup>[22]</sup>	35.66±2.77	29.47±2.16	34.32±2.48	27.86±2.31
KUMAR <sup>[23]</sup>	37.65±0.32	32.19±0.27	34.41±0.24	29.02±0.16
MADADIN <sup>[24]</sup>	37.21±2.15	31.65±2.25	36.10±2.65	30.60±2.47
此次研究	35.64±3.89	30.29±3.54	34.26±3.75	29.65±2.98

交界区病变的手术入路<sup>[25]</sup>。对于枕骨大孔腹侧和斜坡处的病变可经远外侧入路暴露，术中磨除枕髁一定范围后可扩大手术视野和增大操作空间，但结果是可能导致枕颈不稳，因此，就是否磨除枕髁及磨除范围的大小是目前学者争议较大的地方，但总体来讲要根据具体情况考虑是否磨除枕髁。WANI-BUCHI等<sup>[26]</sup>认为在远外侧入路中枕骨大孔周围骨质磨除范围应在保持寰枕关节稳定的原则下采取个体化设计，此外置钉的成功与否取决于枕髁体积的大小。此次研究中发现枕髁长和枕髁宽具有左右侧别和性别差异，在枕髁长中整体男性左侧大于女性，且右侧小于左侧；枕髁宽男性右侧大于女性，男性左侧小于女性，且左侧大于右侧。说明枕髁的长、宽外形上存在着不对称性；男性枕髁可容纳较大的螺钉，同时术中处理枕髁时需考虑性别、侧别带来的差异性<sup>[27]</sup>。REHAB等<sup>[28]</sup>、CHOVALOPOULOU等<sup>[29]</sup>、ALJARRAH等<sup>[30]</sup>、KALTHUR等<sup>[31]</sup>结果都与此次研究不同，见表4，可能与样本来自不同国家、地区及测量方法有关，需要对检测手段、颅底标志制定相关标准。

表 4 | 枕髁指标在不同人群中的比较 ( $\bar{x}\pm s$ , mm)

Table 4 | Comparison of occipital condyle parameters in different populations

第一作者	男			
	左枕髁长	左枕髁宽	右枕髁长	右枕髁宽
REHAB <sup>[28]</sup>	27.09±0.26	11.91±0.12	26.91±0.24	12.22±0.13
CHOVALOPOULOU <sup>[29]</sup>	24.36±2.68	13.99±1.96	24.52±3.07	13.80±1.92
ALJARRAH <sup>[30]</sup>	21.30±2.00	11.43±1.36	22.02±2.20	11.30±1.40
KALTHUR <sup>[31]</sup>	22.90±2.40	10.80±2.40	22.80±2.50	10.50±1.80
此次研究	21.56±2.49	13.67±4.63	19.51±4.35	11.52±1.25

第一作者	女			
	左枕髁长	左枕髁宽	右枕髁长	右枕髁宽
REHAB <sup>[28]</sup>	23.67±0.14	10.75±0.12	24.00±0.13	11.13±0.11
CHOVALOPOULOU <sup>[29]</sup>	22.21±2.33	13.17±1.84	22.51±2.41	12.76±1.76
ALJARRAH <sup>[30]</sup>	20.20±1.90	11.20±1.37	20.92±2.00	10.99±1.41
KALTHUR <sup>[31]</sup>	21.60±2.60	12.20±2.60	21.40±2.90	12.00±2.30
此次研究	20.50±2.26	13.80±4.71	18.08±4.18	11.19±1.29

此次研究中所测量的角度中，只有左 O-S 角有性别间的统计学差异，男性 O-S 角小于女性；只有 F-H 角无侧别间统计学差异，左侧 O-S 角大于右侧，左侧 F-O 角小于右侧。O-S 角大小反映枕髁后缘与正中矢状面的距离，角度越大手术视野也越大，在磨除枕骨后左侧视野大于右侧。F-O 角为髁后入路不需磨除枕髁时所暴露的手术视野范围，在磨除枕骨至枕髁后缘后所暴露的范围左侧小于右侧，建议从右侧入路。ZHOU等<sup>[32]</sup>对27例CT测量结果左侧 O-S 角小于右侧，结果与此文一致。GUMUSSOY等<sup>[33]</sup>、KIRNAZ等<sup>[34]</sup>研究左侧 O-S 角大于右侧，不同于此次研究结果，可能因其样本量较少所致。F-H 角为远外侧经髁入路时，从枕髁后缘磨除至舌下神经管后壁时所暴露的最大手术视野范围，此文结果为男性 F-H 角小于女性，且左侧小于右侧。经髁入路时女性右侧枕髁磨除至舌下神经管后所暴露的手术视野范围相对较大，但磨除枕髁应根据具体情况在枕髁后缘和舌下神经管后壁之间的范围内进行。胡海建<sup>[27]</sup>的结果中左侧 F-H 角大于右侧，男性 F-H 角大于女性，与此文不一致，可能由于样本来源不同导致枕髁形态与此次研究有差异。对于枕髁磨除多少，有国内外学者认为磨除枕髁后内侧 1/3 至 1/2 即可使肿瘤暴露满意，磨除枕髁的 1/2 以下基本不影响寰枕关节的稳定性<sup>[35-36]</sup>。

综上所述，枕骨大孔和枕髁的参数在性别和侧别间存有差异，远外侧经髁后入路及远外侧经髁入路，经右侧进入暴露范围较大，相对安全。男性枕骨大孔长、宽、面积和枕髁长、枕骨大孔前缘中点和枕髁后缘连线与矢状面夹角均大于女性，提示临床远外侧入路时应充分考虑性别间差异。

此次研究的不足之处：①主要关注骨性结构，而对周围软组织考虑较少，在实际的临床手术中，周围毗邻结构的位置异常，如椎动脉可能高于正常位置而妨碍枕髁被磨除；②属形态学观测，临床术中枕骨、枕髁的磨除可能比此次研究更困难；③未考虑受试者的种族和原始诊断；④枕骨大孔面积是根据公式计算得出，并不是最佳的测量方案。在今后的研究中，需进一步扩大样本完善数据，纳入更多的观测指标，在其他软件上获取精确枕骨大孔面积数据，结合临床实践与术中所见进行对比验证。

致谢：衷心感谢导师李志军教授、张少杰教授对论文的指导。

作者贡献：王建、王星负责设计及撰写，王星、王超群负责收集资料，李志军、张少杰、高尚负责审核。

利益冲突：文章的全部作者声明，在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明：这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让：文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范：该文章撰写遵守了国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

#### 4 参考文献 References

- [1] VASQUEZ C, YANG A, YOUSSEF AS. Foramen Magnum Meningioma: Far Lateral Approach. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2019;80(Suppl 4): S363-S364.
- [2] BEER-FURLAN A, VELLUTINI EA, BALSALOBRE L, et al. Endoscopic Endonasal Approach to Ventral Posterior Fossa Meningiomas: From Case Selection to Surgical Management. *Neurosurg Clin N Am*. 2015; 26(3):413-426.
- [3] AMELOT A, TERRIER LM, LOT G. Craniovertebral Junction Transoral Approach: Predictive Factors of Complications. *World Neurosurg*. 2018; 110:568-574.
- [4] HEROS RC. Lateral suboccipital approach for vertebral and vertebrobasilar artery lesions. *J Neurosurg*. 1986;64(4):559-562.
- [5] NANDA A, VINCENT DA, VANNEMREDDY PS, et al. Far-lateral approach to intradural lesions of the foramen magnum without resection of the occipital condyle. *J Neurosurg*. 2002;96(2):302-309.
- [6] BASSIOUNI H, NTOUKAS V, ASGARI S, et al. Foramen magnum meningiomas: clinical outcome after microsurgical resection via a posterolateral suboccipital retrocondylar approach. *Neurosurgery*. 2006;59(6):1177-1185.
- [7] BOULTON MR, CUSIMANO MD. Foramen magnum meningiomas: concepts, classifications, and nuances. *Neurosurg Focus*. 2003;14(6): e10.
- [8] BOLZ S, GAPERT R, HARTWIG S, et al. Evaluation of foramen magnum sexual dimorphism in a modern documented German population using post-mortem computed tomography. *Forensic Imaging*. 2020; 21:200352.
- [9] TONEVA D, NIKOLOVA S, HARIZANOV S, et al. Sex estimation by size and shape of foramen magnum based on CT imaging. *Leg Med (Tokyo)*. 2018;35:50-60.
- [10] TEIXEIRA WR. Sex identification utilizing the size of the foramen magnum. *Am J Forensic Med Pathol*. 1982;3(3):203-206.
- [11] ROUTAL RR, PAL GP, BHAGAWAT SS, et al. Metrical studies with sexual dimorphism in foramen magnum of human crania. *J Anat Soc India*. 1984;2(33):85-89.
- [12] GARGI V, RAVI PRAKASH SM, SANGEETA MALIK S, et al. Sexual Dimorphism of Foramen Magnum between Two Different Groups of Indian Population: A CrossSectional ConeBeam Computed Tomography Study. *J Forens Sci Med*. 2021;4(3):150-155.
- [13] AGARWAL HKS, SETIA PS, PANDEY S. Virtual Determination of Sex: Estimating Cut off Value of Digital Metric Traits of Foramen Magnum on Threedimensional Computed Tomography with Receiver Operating Characteristic and Logistic Regression Analysis. *J Forens Sci Med*. 2021; 1(7):1-8.
- [14] ZDILLA MJ, RUSSELL ML, BLISS KN, et al. The size and shape of the foramen magnum in man. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2017;8(3): 205-221.
- [15] GONZÁLEZ-COLMENARES G, SANABRIA MEDINA C, ROJAS-SÁNCHEZ MP, et al. Sex estimation from skull base radiographs in a contemporary Colombian population. *J Forensic Leg Med*. 2019;62:77-81.
- [16] GONZÁLEZ-COLMENARES G, MEDINA CS, ROJAS-SÁNCHEZ MP. Sexual Dimorphism in the Foramen Magnum of Nigerian Adult. *Int J Biol Med Res*. 2011;2(4):878-881.
- [17] 朱祥清. 利用枕骨大孔和乳突进行性别判别的研 究 [D]. 昆明: 昆明医科大学, 2017.
- [18] HEND MH, ABDEL-RAHMAN RH, EL-HAWARY G, et al. Sexual dimorphism of foramen magnum: An Egyptian study. *Egypt J Forensic Sci*. 2020;10(3):1715-1722.
- [19] GAPERT R, BLACK S, LAST J. Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century British sample. *Int J Legal Med*. 2009;123(1):25-33.
- [20] LUCENA JD, SANDERS J, BRITO HD, et al. Morphometric Analysis of the Foramen Magnum in Dry Human Skulls in Northeastern Brazil. *J Morphol Sci*. 2019;36:97-104.
- [21] UTHMAN AT, AL-RAWI NH, AL-TIMIMI JF. Evaluation of foramen magnum in gender determination using helical CT scanning. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(3):197-202.
- [22] MOODLEY M, RENNIE C, LAZARUS L, et al. The Morphometry and Morphology of the Foramen Magnum In Age And Sex Determination Within The South African Black Population Utilizing Computer Tomography (CT) Scans. *Int J Morphol*. 2019;37(1):251-257.
- [23] KUMAR NP, PRIYANKA EN, KOLAPPAN R, et al. Morphometric analysis of foramen magnum using helical computed tomography for gender determination. *World J Adv Res Rev*. 2020;8(3):1-6.
- [24] MADADIN M, MENEZES RG, AL SAIF HS, et al. Morphometric evaluation of the foramen magnum for sex determination: A study from Saudi Arabia. *J Forensic Leg Med*. 2017;46:66-71.
- [25] LE TV, DAKWAR E, HAN S, et al. Computed tomography-based morphometric analysis of the human occipital condyle for occipital condyle-cervical fusion. *J Neurosurg Spine*. 2011;15(3):328-331.
- [26] WANIBUCHI M, FUKUSHIMA T, ZENGA F, et al. Simple identification of the third segment of the extracranial vertebral artery by extreme lateral inferior transcondylar-transtubercular exposure (ELITE). *Acta Neurochir (Wien)*. 2009;151(11):1499-1503.
- [27] 胡海建. 远外侧入路中枕髁相关解剖学参数的 CT 影像研究 [D]. 新乡: 新乡医学院, 2020.
- [28] REHAB I, ABDEL-KARIM, HOUSSEINI AM, et al. Adult sex estimation using Three Dimensional Volume Rendering Multislice Computed Tomography of the foramen magnum and occipital condyles: A study in Egyptian population. *Int J Adv Res*. 2015;3(5):1212-1215.
- [29] CHOVALOPOULOU ME, BERTSATOS A, CARDOSO H. Estimating Sex of Modern Greeks Based on the Foramen Magnum Region. *J Anthropology*. 2017;2017:1-7.
- [30] ALJARRAH K, PACKIRISAMY V, AL ANAZI N, et al. Morphometric analysis of foramen magnum and occipital condyle using CT images for sex determination in a Saudi Arabian population. *Morphologie*. 2021;11: S1286-0115(21)192-192.
- [31] KALTHUR SG, PADMASHALI S, GUPTA C, et al. Anatomic study of the occipital condyle and its surgical implications in transcondylar approach. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2014;5(2):71-77.
- [32] ZHOU J, ESPINOZA ORÍAS AA, KANG X, et al. CT-based morphometric analysis of the occipital condyle: focus on occipital condyle screw insertion. *J Neurosurg Spine*. 2016;25(5):572-579.
- [33] GUMUSSOY I, DUMAN SB. Morphometric analysis of occipital condyles using alternative imaging technique. *Surg Radiol Anat*. 2020;42(2): 161-169.
- [34] KIRNAZ S, GERGES MM, RUMALLA K, et al. Occipital Condyle Screw Placement in Patients with Chiari Malformation: A Radiographic Feasibility Analysis and Cadaveric Demonstration. *World Neurosurg*. 2020;136:470-478.
- [35] 周晓平, 岳志建, 胡小吴, 等. 枕下远外侧入路切除枕大孔前方及外侧肿瘤 [J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2003,2(3):238-241.
- [36] SPEKTOR S, ANDERSON GJ, MCMENOMEY SO, et al. Quantitative description of the far-lateral transcondylar transtubercular approach to the foramen magnum and clivus. *J Neurosurg*. 2000;92(5):824-831.

(责任编辑: GD, ZN, ZJP)