

· 基础研究 ·

## 应用 MIMICS 软件肩胛盂数字解剖研究

郑润龙<sup>1</sup>, 黄迅悟<sup>2\*</sup>, 徐洪伟<sup>2</sup>, 董志明<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军战略支援部队特色医学中心特勤诊疗三科, 北京 100101; 2. 中国人民解放军总医院第八医学中心关节外科, 北京 100091)

**摘要:** [目的] 应用 MIMICS 软件测量肩胛盂形态参数, 比较左右侧和男女两性间的差异。[方法] 对 2022 年 8 月—2023 年 7 月 84 例正常成人双侧肩关节 CT 扫描资料进行分析。研究对象男 45 例, 女 39 例, 年龄 18~86 岁, 平均 (53.8±17.9) 岁。将 CT 数据导入 MIMICS 软件行三维重建, 拟合出肩胛盂凹曲面、肩胛盂走行平面、肩胛骨走行平面, 测量肩胛盂的高度、宽度、高宽比、上下深度、前后深度、深度比、凹曲面面积 (孟表面积)、倾斜角。[结果] 45 例成年男性和 39 例女性左右两侧肩胛盂的高度、宽度、高宽比、上下深度、前后深度、上下与前后深度比 (深度比)、孟表面积和倾斜角的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。左侧男性肩胛盂的高度 [(37.2±2.4) mm vs (32.6±2.4) mm,  $P<0.001$ ]、宽度 [(28.5±2.8) mm vs (23.2±2.3) mm,  $P<0.001$ ]、上下深度 [(3.6±0.9) mm vs (3.3±1.0) mm,  $P=0.013$ ]、前后深度 [(2.0±0.7) mm vs (1.7±0.8) mm,  $P=0.036$ ]、孟表面积 [(820.6±116.1) mm<sup>2</sup> vs (627.9±86.0) mm<sup>2</sup>,  $P<0.001$ ] 和倾斜角绝对值 [(13.8±7.1)° vs (10.7±4.5)°,  $P<0.001$ ] 均显著大于女性, 但是, 男性孟高度与宽度比 (高宽比) 显著小于女性 [(1.3±0.1) vs (1.4±0.1),  $P<0.001$ ], 两性间上下与前后深度比的差异无统计学意义 [(2.2±0.8) vs (2.3±1.4),  $P=0.629$ ]。此外, 完全相同男女两性间解剖差异在右侧肩胛盂得到验证。[结论] 应用 MIMICS 软件测量肩胛盂形态参数精确、快捷、可视。本研究数据可为孟肱不稳定解剖异常评估提供参考。

**关键词:** 肩胛盂, 骨缺损, 孟肱不稳, 数字化解剖

中图分类号: R68 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 07-0636-05

**Digital anatomic measurement of scapular glenoid using MIMICS software // ZHENG Run-long<sup>1</sup>, HUANG Xun-wu<sup>2</sup>, XU Hong-wei<sup>2</sup>, DONG Zhi-ming<sup>2</sup>.** 1. Third Department of Special Service for Diagnosis and Treatment, Special Medical Center, Strategic Support Force of PLA, Beijing 100101, China; 2. Department of Joint Surgery, Eighth Medical Center, General Hospital of PLA, Beijing 100091, China

**Abstract: [Objective]** To measure the morphological parameters of scapular glenoid on CT data by MIMICS software, and compare the differences between left and right side and between male and female. **[Methods]** A analysis was conducted on the data of bilateral shoulder CT scan obtained in 84 normal adults from August 2022 to July 2023. The subjects included 45 males and 39 females, aged 18 to 86 years with an average age of (53.8±17.9) years. CT data were imported into MIMICS software for 3D reconstruction, and the concave surface of scapular glenoid, the planes of scapular outline and glenoid outline were determined. Anatomic parameters were measured, including the height, width, height-width ratio, superoinferior (SI) depth, anteroposterior (AP) depth, SI/AP ratio, area of concave glenoid surface (ACGS) and glenoid inclination. **[Results]** There were no significant differences in height, width, height width ration, SI depth, AP depth, SI/AP depth ratio, ACGS and glenoid inclination between the left and right sides in the 45 adult males and 39 females ( $P>0.05$ ). However, the male was significantly greater than the female in terms of glenoid height [(37.2±2.4) mm vs (32.6±2.4) mm,  $P<0.001$ ], width [(28.5±2.8) mm vs (23.2±2.3) mm,  $P<0.001$ ], and SI depth [(3.6±0.9) mm vs (3.3±1.0) mm,  $P=0.013$ ], AP depth [(2.0±0.7) mm vs (1.7±0.8) mm,  $P=0.036$ ], ACGS [(820.6±116.1) mm<sup>2</sup> vs (627.9±86.0) mm<sup>2</sup>,  $P<0.001$ ] and absolute value of glenoid inclination [(13.8±7.1)° vs (10.7±4.5)°,  $P<0.001$ ], whereas the male had significantly less height/width ratio than the female [(1.3±0.1) vs (1.4±0.1),  $P<0.001$ ], and there was no a significant difference in the SI/AP depth ratio between the two genders [(2.2±0.8) vs (2.3±1.4),  $P=0.629$ ] on the left side. In addition, totally same anatomic differences were verified on the right side between the male and female. **[Conclusion]** The MIMICS software used to measure the morphological parameters of scapular glenoid is accurate, quick and visible. The data of this study might provide reference for the evaluation of anatomical abnormality in glenohumeral instability.

**Key words:** glenoid, bone defect, glenohumeral instability, digital anatomy

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.07.11

作者简介: 郑润龙, 主治医师, 医学硕士, 研究方向: 关节外科与运动医学, (电话)18911195171, (电子信箱)tzs\_55@163.com

\* 通信作者: 黄迅悟, (电子信箱)hxw\_309@163.com

肩关节是人体最不稳定的关节，脱位率 21.9/10 万，初次脱位患者 13%~53% 出现肩关节不稳定<sup>[1]</sup>。肩关节不稳定受多种因素影响，其中肩胛盂发育异常、肩胛盂骨缺损大小是选择治疗方案的重要影响因素<sup>[2]</sup>。因肩胛骨形态不规则，肩胛盂形态数据测量困难，本研究应用 MIMICS 软件测量健康成人双侧肩胛盂的三维参数，提供简单易操作、精确度更高的肩胛盂三维参数的测量及骨缺损评估方法，为肩关节不稳的治疗及手术方案的选择提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

分析中国人民解放军总医院第八医学中心 2022 年 8 月—2023 年 7 月 84 例成人双侧正常肩关节 CT 扫描的影像数据资料。研究对象男 45 例，女 39 例；年龄 18~86 岁，平均 (53.3±17.9) 岁；排除肩关节重大外伤史、肩关节感染史，以及肩关节发育不良者和未成年人。本研究已获得伦理委员会批准同意。

### 1.2 数据获取

所有肩关节 CT 扫描均采用日本东芝 320 排螺旋 CT 扫描仪 (Toshiba, 日本)。扫描参数: 120 kV, 层厚 0.5 mm。所有数据均以 DICOM 格式导出并存储。

### 1.3 三维重建与肩胛盂形态学参数测量

应用 MIMICS 17.0 软件 (Materialise, 比利时) 对 DICOM 格式影像数据进行整合, 通过 CT 阈值分析、二维蒙板编辑等步骤, 重建肩胛骨三维模型。标记肩胛盂最大上下径 AB (高度), 最大前后径 CD (宽度), 测量长度 (mm), 计算高度/宽度比值 (高宽比)。拟合肩胛盂凹曲面中心点 O (图 1a)。过肩胛冈与肩胛骨内缘交点 E、肩胛骨最低点 F、肩胛盂-肩胛冈-肩峰根部交汇点 G 拟合平面 1 为肩胛骨走行平面, 过 AB 及肩胛切迹最低点 H 拟合平面为 2 肩胛盂走行平面, 平面 1 和平面 2 夹角即为肩胛盂倾斜角, 以平面 1 为参考, 平面 2 在平面 1 前侧成角为前倾, 后侧成角为后倾 (图 1b, 1c)。以上模型均以 STL 格式文件导入 3-MATIC (Materialise, 比利时), 应用 “Wave-Brush-Mark” 技术拟合出肩胛盂凹曲面, 计算表面积 (图 1e)。应用 “Measure-Distance-Line to point” 功能分别测量 AB-O 的垂直距离, 即上下深度 (图 1f); CD-O 的垂直距离, 即前后深度 (图 1h); 计算上下深度/前后深度比值 (深度比)。应用 “Measure-Angle-Plane to plane” 功能计算平面 1、2 夹角 (图 5)。所有模型三维重建及肩胛盂形态参数测量由 2 名医师单独完成并取得平均值, 计量

单位取平均值行统计学分析。

### 1.4 统计学方法

本研究应用 IBM SPSS 19.0 软件进行统计分析计算, 计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验均符合正态分布, 以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用配对 *T* 检验和独立样本 *t* 检验, 检验水准  $\alpha$  值取双侧 0.05。

## 2 结果

### 2.1 同性别左右两侧测量结果对比

45 例成年男性左右侧肩胛盂测量结果比较见表 1, 男性左右两侧肩胛盂的高度、宽度、高宽比、上下深度、前后深度、深度比、盂表面积和倾斜角的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。39 例成年女性左右侧肩胛盂测量结果比较见表 2, 女性左右两侧肩胛盂的高度、宽度、高宽比、上下深度、前后深度、深度比、盂表面积和倾斜角的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

### 2.2 两性间左右两侧测量结果比较

45 例男性与 39 例女性左侧肩胛盂测量结果比较见表 3, 男性肩胛盂的高度、宽度、上下深度、前后深度、盂表面积和倾斜角均显著大于女性 ( $P<0.05$ ), 但是, 男性盂高宽比显著小于女性 ( $P<0.05$ ), 两性间深度比的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

45 例男性与 39 例女性右侧肩胛盂测量结果比较见表 4, 男性肩胛盂的高度、宽度、上下深度、前后深度、盂表面积和倾斜角均显著大于女性 ( $P<0.05$ ), 但是, 男性盂高宽比显著小于女性 ( $P<0.05$ ), 两性间深度比的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

当前外伤所致肩关节不稳日趋增多, 肩关节脱位骨折等损伤时多伴有肩胛盂不同程度骨缺损, 肩胛盂骨缺损大小是肩关节不稳定手术方式选择的关键依据<sup>[3-5]</sup>。肩胛盂骨缺损 20%~25% 通常需要骨性手术, 而骨缺损 >30% 难以通过 Latarjet 手术解决肩关节不稳问题<sup>[6]</sup>。确定肩胛盂骨缺损面积对肩关节不稳手术方式的选择有重要意义。肩胛盂关节面外形为不规则凹曲面, 健康成人肩胛盂分为 5 型: 梨形、卵圆形、梭形、壶状、倒置逗号形<sup>[7]</sup>。文献报告的肩胛盂骨缺损测量方法包括表面积法、叠加圆法、比率法等, 均为间接平面测量, 技术复杂, 精确度不高且误差较大<sup>[8]</sup>。为解决上述问题, 本研究通过 320 排 CT 容积扫描、MIMICS 软件三维建模, 直接拟合测量得出盂表面积, 测量数据精确到平方毫米, 较之传统测量方

法避免了复杂的计算，更加精确、高效。本研究表明正常成人双侧盂表面积无统计学差异，因此对于单侧肩胛盂骨缺损患者，以健侧盂表面积作为参照，可直接计算患侧肩胛盂骨缺损大小比例，这对肩关节不稳

的治疗，尤其是手术方式的选择提供了更精确的参考。针对极少发生的双侧肩胛盂骨缺损，可参照正常平均 ACGS，评估肩胛盂骨缺损大小。

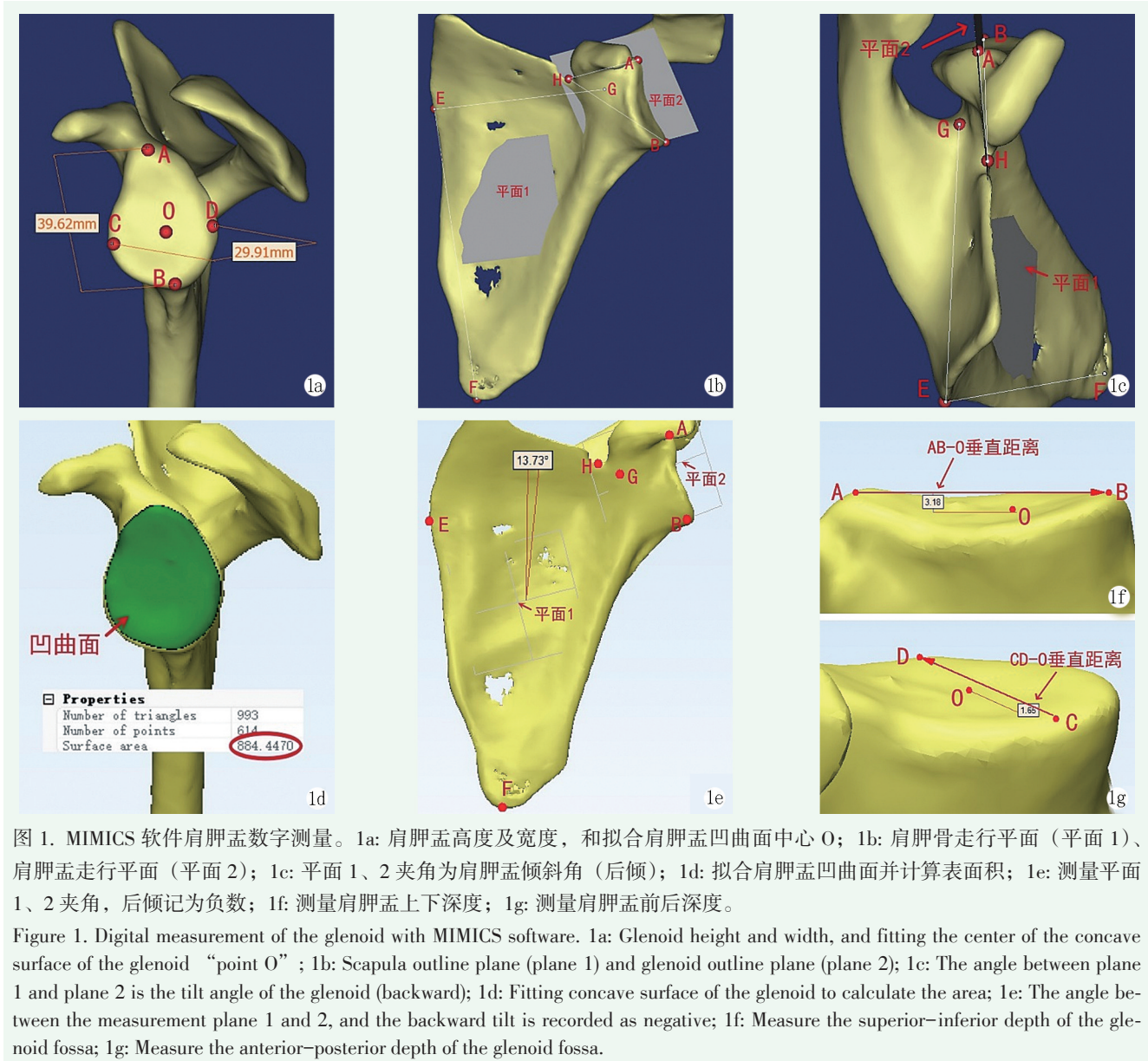


表 1. 45 例成年男性左右侧肩胛盂测量结果比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 1. Comparison of measurements of left and right scapular glenoid in 45 adult males ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	左侧 (n=45)	右侧 (n=45)	P 值
高度 (mm)	37.2±2.4	37.4±2.6	0.696
宽度 (mm)	28.5±2.8	28.8±2.5	0.599
高宽比	1.3±0.1	1.3±0.1	0.736
上下深度 (mm)	3.6±0.9	3.9±0.8	0.826
前后深度 (mm)	2.0±0.7	2.1±0.7	0.245
深度比	2.2±0.8	1.9±0.4	0.102
表面积 (mm <sup>2</sup> )	820.6±116.1	821.5±106.0	0.968
倾斜角 (°)	-13.8±7.1	-14.9±6.6	0.792

表 2. 39 例成年女性左右侧肩胛盂测量结果比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 2. Comparison of measurements of left and right scapular glenoid in 39 adult females ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	左侧 (n=39)	右侧 (n=39)	P 值
高度 (mm)	32.6±2.4	33.7±2.4	0.910
宽度 (mm)	23.2±2.3	23.3±2.2	0.881
高宽比	1.4±0.1	1.5±0.1	0.975
上下深度 (mm)	3.3±1.0	3.4±1.9	0.676
前后深度 (mm)	1.7±0.8	1.8±0.7	0.755
深度比	2.3±1.4	2.2±1.0	0.826
表面积 (mm <sup>2</sup> )	627.9±86.0	622.8±86.1	0.795
倾斜角 (°)	-10.7±4.5	-9.6±4.1	0.534



表 3. 左侧肩胛盂男性与女性测量结果比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 3. Comparison of measurements of the left scapular glenoid between the males and females ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	男性 (n=45)	女性 (n=39)	P 值
高度 (mm)	37.2±2.4	32.6±2.4	<0.001
宽度 (mm)	28.5±2.8	23.2±2.3	<0.001
高宽比	1.3±0.1	1.4±0.1	<0.001
上下深度 (mm)	3.6±0.9	3.3±1.0	0.013
前后深度 (mm)	2.0±0.7	1.7±0.8	0.036
深度比	2.2±0.8	2.3±1.4	0.629
表面积 (mm <sup>2</sup> )	820.6±116.1	627.9±86.0	<0.001
倾斜角 (°)	-13.8±7.1	-10.7±4.5	<0.001

表 4. 右侧肩胛盂男性与女性测量结果比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 4. Comparison of measurements of the right scapular glenoid between the males and females ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	男性 (n=45)	女性 (n=39)	P 值
高度 (mm)	37.4±2.6	33.7±2.4	<0.001
宽度 (mm)	28.8±2.5	23.3±2.2	<0.001
高宽比	1.3±0.1	1.5±0.1	<0.001
上下深度 (mm)	3.9±0.8	3.4±1.9	0.018
前后深度 (mm)	2.1±0.7	1.8±0.7	0.023
深度比	1.9±0.4	2.2±1.0	0.078
表面积 (mm <sup>2</sup> )	821.5±106.0	622.8±86.1	<0.001
倾斜角 (°)	-14.9±6.6	-9.6±4.1	<0.001

肩胛盂骨缺损通常伴有肩胛盂高度、宽度及深度等几何结构异常<sup>[9]</sup>。肩胛盂高度、宽度是肩关节不稳定诊断与治疗的指标之一，本研究发现因个体和性别的差异，肩胛盂高度、宽度的绝对值变化较大，且男性大于女性，这可能与男性身高普遍高于女性有关，单纯使用肩胛盂高度、宽度绝对值评估肩关节不稳易受性别及个体差异影响。而肩胛盂高宽比决定肩胛盂为“高窄型”或“矮宽型”，受性别及个体差异影响小，本研究测量计算肩胛盂高宽比结果显示男性小于女性，这提示不同性别对肩关节软组织稳定性及动态稳定性的要求程度不一。与文献报道的肩关节不稳定患者肩胛盂高宽比大于正常人，高宽比大的 Bankart 损伤患者接受关节镜手术后复发的风险也更高相符合<sup>[10-13]</sup>。同时本研究显示胛盂上下深度明显大于前后深度，男性肩胛盂上下深度、前后深度均大于女性，但上下深度比男女无差异。肩胛盂曲率与深度比呈正相关，曲率缩小直接影响凹陷压缩机制，肩胛盂深度比越小，肩关节越不稳定，对手术重建肩关节稳定要求也更高。

肩胛盂倾斜角是影响肩关节稳定性的另一因素。文献报告肩胛盂过度前倾或后倾与盂肱关节不稳有直

接相关性，若前倾超过 10°或后倾超过 15°，肩关节前向或后向不稳定发生风险显著增大<sup>[14, 15]</sup>。但肩胛骨为不规则体，确定肩胛盂整体走行及参照平面困难，既往研究多在 CT 二维图像上取若干层面分别测量取平均值方法计算肩胛盂倾角，误差较大<sup>[16]</sup>。作者在大量观察肩胛骨三维重建模型的基础上提出肩胛骨走行平面及肩胛盂走行平面的概念，以肩胛骨走行平面为参照面，两平面夹角为肩胛盂倾斜角，成角在参照面以前为正，反之则为负。本研究选取过肩胛骨表面固定骨性标志点拟合肩胛骨走行平面及肩胛盂走行平面，平面夹角测量能在反映肩胛盂在三维坐标内的倾斜角，操作简便，平面夹角可直接读取，避免复杂计算，可重复性好，较之二维测量的精确度显著提高。

综上所述，320 排螺旋 CT 容积扫描的资料经 MIMICS 软件处理，可对肩胛盂三维参数的精细化测量，对肩关节不稳、肩胛盂骨缺损评估、临床治疗及手术方案的选择有较大参考价值。

#### 参考文献

- [1] Miettinen SS, Kiljunen T, Joukainen A. Anterior glenohumeral instability treated with arthroscopic Bankart operation – a retrospective 5-year follow-up study [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107 (5) : 102943. DOI: 10.1016/j.otsr.2021.102943.
- [2] Trasolini NA, Dandu N, Azua EN, et al. Inconsistencies in controlling for risk factors for recurrent shoulder instability after primary arthroscopic bankart repair: a systematic review [J]. *Am J Sports Med*, 2022, 50 (3) : 3705–3713. DOI: 10.1177/03635465211038712.
- [3] 黄迅悟, 余方圆, 徐洪伟. 肩关节前向不稳定外科治疗 3.0 时代 [J]. *中国骨伤*, 2022, 35 (3) : 199–202. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.03.001.  
Huang XW, Yu FY, Xu HW. The third era of surgical treatment for anterior shoulder instability [J]. *China Journal of Orthopaedic Trauma*, 2022, 35 (3) : 199–202. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.03.001.
- [4] Bozzo I, Kooner P, Nelson R, et al. Contribution of the bony bankart in calculating glenoid bone loss [J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (5) : 23259671231168879. DOI: 10.1177/23259671231168879.
- [5] Jonathan F, Benjamin W, Kelly G, et al. Posterior glenoid bone loss and instability: an evidence-based approach to diagnosis and management [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2023, 31 (9) : 429–439. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-00060.
- [6] Rossi LA, Frank RM, Wilke D, et al. Evaluation and management of glenohumeral instability with associated bone loss: an expert consensus statement using the modified delphi technique [J]. *Arthroscopy*, 2021, 37 (6) : 1719–1728. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.12.237.

- [7] Chen Y, Xiong J, Chen W, et al. Morphological classification and measurement of the glenoid cavity using three-dimensional reconstruction in a Chinese population [J]. *Folia Morphologica*, 2023, 82 (2): 325-331. DOI: 10.5603/FM.a2022.0017.
- [8] Cable B, Boniello M, Kelly AM, et al. The role of remplissage in the setting of shoulder instability [J]. *Sport Med Arthrosc Rev*, 2020, 28 (4): 140-145. DOI: 10.1097/JSA.0000000000000289.
- [9] Min KS, Wake J, Cruz C, et al. Surgical treatment of shoulder instability in active-duty service members with subcritical glenoid bone loss - bankart versus Latarjet [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2023, 32 (4): 771-775. DOI: 10.1016/j.jse.2022.10.011.
- [10] Hong J, Huang Y, Ma C, et al. Risk factors for anterior shoulder instability: a matched case-control study [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2019, 28 (5): 869-874. DOI: 10.1016/j.jse.2018.09.014.
- [11] Agustin AF, Bruchmann MG, Luciano A, et al. Glenoid index: a new risk factor for recurrence of glenohumeral instability after arthroscopic bankart repair [J]. *JSES Int*, 2023, 7 (4): 532-537. DOI: 10.1016/j.jseint.2023.02.020.
- [12] Chuang TY, Adams CR, Burkhart SS. Use of preoperative three-dimensional computed tomography to quantify glenoid bone loss in shoulder instability [J]. *Arthroscopy*, 2008, 24 (4): 376-382. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.10.008.
- [13] 刘镇煌, 黄长明, 范华强, 等. 影响肩关节不稳术后复发因素研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (2): 158-162. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.02.14.
- Liu ZH, Huang CM, Fan HQ, et al. Research advance on factors related to postoperative recurrence of shoulder instability [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (2): 158-162. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.02.14.
- [14] Hurley ET, Manjunath AK, Bloom DA, et al. Arthroscopic bankart repair versus conservative management for first-time traumatic anterior shoulder instability: a systematic review and meta-analysis [J]. *Arthroscopy*, 2020, 36 (9): 2526-2532. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.04.046.
- [15] Wermers J, Schliemann B, Raschke MJ, et al. Glenoid concavity has a higher impact on shoulder stability than the size of a bony defect [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29 (8): 2631-2639. DOI: 10.1007/s00167-021-06562-3.
- [16] Budge MD, Lewis GS, Schaefer E, et al. Comparison of standard two-dimensional and three-dimensional corrected glenoid version measurements [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2011, 20 (4): 577-583. DOI: 10.1016/j.jse.2010.11.003.

(收稿:2024-01-15 修回:2024-02-23)

(同行评议专家:姚建华,余方圆,张星火)

(本文编辑:宁桦)

## 读者 · 作者 · 编者

### 《中国矫形外科杂志》网站增设在线发表栏目的公告

为了更好地为广大作者服务,自2024年2月下旬起,《中国矫形外科杂志》网站将增设在线发表栏目。该栏目将经审定拟刊用的定稿稿件,以PDF的形式在本刊网站在线发表(由于技术原因,目前只能发表文章首页),比正式出版时间提前1个月左右,以方便作者了解稿件的刊用情况,后续我们将争取做到稿件全文在线发表,此举可为作者提供更便捷的投稿体验,以提升杂志为读者和作者服务的整体水平。

未来本刊网站将继续着力于为广大读者提供更多优质的内容和服务,感谢您的关注和支持,让我们一起为《中国矫形外科杂志》的不断发展贡献力量。

敬请关注《中国矫形外科杂志》网站, <http://jxwk.ijournal.cn>

《中国矫形外科杂志》编辑部

2024年2月22日