

磁共振测量肩峰相关角度对 SAIS 的诊断价值

孙 坡 张瀚元 郭瑞鹏 李 博 徐 斌

摘要 目的 量化肩峰倾斜及下垂状改变的程度并探究其对于肩峰下撞击综合征(SAIS)的相关性及诊断价值。方法

对 40 例接受关节镜手术患者的术前肩关节核磁共振成像(MRI)(实验组)和 40 例健康肩关节 MRI(对照组)进行量化肩峰倾斜及下垂状改变的程度分析(包括角 α 、 β 、 γ 、 Δ 、 ε 、 ζ)。并对比各个量化指标在各组及组中的相关性及其差异性,讨论其对于 SAIS 的诊断价值。结果 病例组与对照组肩峰倾斜及下垂状改变的相关角 α 的独立样本 t 检验结果差异无统计学意义;病例组与对照组肩峰下垂及倾斜相关角 β 、 γ 、 Δ 、 ε 、 ζ 的独立样本 t 检验结果差异有统计学意义($P < 0.05$)。角 β 、 γ 、 Δ 、 ε 、 ζ 单个指标 ROC 结果曲线下方的区域分别为 0.677、0.864、0.707、0.848、0.886,角 β 和角 ζ 联合 ROC 曲线下方的区域为 0.906,诊断性能优异。结论 肩峰倾斜及下垂状改变的相关角度对 SAIS 的诊断有一定价值,对于确定的量化指标角 γ 、 ε 、 ζ 对于 SAIS 具有显著性的诊断意义,而角 β 与 ζ 两者的联合诊断性能表现更加优异。

关键词 肩峰下撞击综合征;肩峰下垂状改变;肩峰倾斜;磁共振

中图分类号 G 804.53; R 445.2

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2022)07-1161-05

doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2022.07.028

肩峰下撞击综合征(subacromial impingement syndrome, SAIS)是肩关节最常见的疾病之一,约占以肩关节疼痛为主诉病人的 44%~65%^[1-2],与其他骨科疾病相比,肩痛对社会经济具有更大的影响^[3],给医疗保健和社会带来了高昂的成本^[4]。而肩峰的形态被认为是肩峰下疾病的主要原因^[5-6]。Neer^[7-9]认为肩峰形态异常是造成肩部撞击的主要原因,持这种观点的代表人物是 Bigliani^[9],他根据尸体解剖的结果得出肩峰存在三种不同解剖形态变异,并指出其中肩部撞击在 III 型(钩状)肩峰中的发生率更高。40 年来,这种观点的支持者认为是由于

肩峰下间隙距离减少而导致撞击的原因^[10],而对肩峰下垂倾斜程度对 SAIS 所产生的影响关注很少。本研究的目的是量化肩峰下垂倾斜程度并评估其对 SAIS 的诊断价值。

1 材料与方法

1.1 方案批准、注册和患者同意 研究符合《赫尔辛基宣言》和安徽医科大学关于涉及人类的研究的相关规定,该研究由安徽医科大学第一附属医院伦理委员会批准,参与本课题的患者和对照人员均给予知情书面同意。

1.2 病例资料 于 2020 年 11 月—2021 年 3 月就诊于安徽医科大学第一附属医院运动创伤与关节镜外科并住院的患者 40 例(实验组)。纳入标准:①结合患者查体体征、肩关节核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)及关节镜下诊断为肩峰下撞击综合征;②年龄 < 60 岁;③无明确外伤及肩关节手术史;④无 MRI 检查禁忌症。排除标准:①肩关节生长发育畸形;②合并严重心血管疾病或精神疾病;③其他病变导致肩部症状或肩关节结构异常(如类风湿性关节炎、SLE、恶性肿瘤、肩关节周围囊肿等)。

1.3 临床检查

1.3.1 扫描参数 所有肩部 MRI 扫描均在德国 GE HEALTHCARE DISCOVERY MR 750W 3T 磁共振扫描仪上进行,使用专用肩部线圈,患者处于解剖位置。斜冠状面沿冈上肌腱长轴,垂直于斜矢状面。扫描层间距为 0.4 mm、扫描层厚为 4.0 mm、FOV: 180 mm $\times$ 180 mm。序列包含:①横轴位 T2WI: TR: 3 000 ms; TE: 73.4 ms; 矩阵: 320 $\times$ 192。②斜冠状位 T1WI: TR: 804 ms; TE: 11.3 ms; 矩阵: 320 $\times$ 256。③斜冠状位 T2WI: TR: 3 000 ms; TE: 69.5 ms; 矩阵: 320 $\times$ 256。④矢状位: TR: 2 021 ms; TE: 49.8 ms; 矩阵: 288 $\times$ 256。

1.3.2 量化指标 两名研究人员在 80 张肩关节核磁共振图像上回顾性量化肩峰下垂倾斜程度。在冠状位 T1WI 上测量图像相关角度及数据包括:角 α 、 β 、 γ 、 Δ 、 ε 、 ζ 。①角 α : 在不同层面上找出肩胛盂上下顶点,并平移至同一层面作过两顶点的直线的垂

2022-05-11 接收

基金项目:安徽省自然科学基金(编号:1808085MH243)

作者单位:安徽医科大学第一附属医院运动创伤与关节镜外科,合肥 230022

作者简介:孙 坡,男,硕士研究生;

徐 斌,男,主任医师,教授,博士生导师,责任作者, E-mail: youchen100@126.com

线 c 与第一次完整出现锁骨远端图像上锁骨远端轴线 b 所成的锐角(锁骨远端轴线为组成 α 的上边线记为正数值,反之记为负数值),见图 1A; ② 角 β : 垂线 c 与第一次完整出现肩峰前外侧远端图像上的肩峰远端轴线 a 所成的锐角,见图 1B; ③ 角 γ : 过肩峰前外侧下表面骨皮质最低点与肩峰远端轴线 a 与肩锁关节面交点的直线 d,垂线 c 与直线 d 所成的锐角,见图 1C; ④ 角 Δ : 肩峰远端轴线 a 与锁骨远端轴线 b 所成的锐角,见图 1D; ⑤ 角 ε : 锁骨远端轴线 b 与直线 d 所成的锐角,见图 1E; ⑥ 角 ζ : 肩峰远端轴线 a 与直线 d 所成的锐角,见图 1F。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 23.0 软件进行数据分析,所有数据使用 Levene 进行正态性检验,符合正态性分布的计量资料组间比较采用独立样本 t 检验,如果不符合正态分布,则使用非参数检验进行分析。各指标诊断独立诊断效能评价的准确性通过相应指标的 ROC 曲线下面积比较,曲线下面积越大,表示准确性越高。各指标间的联合诊断试验采用二元 Logistic 回归分析建立回归模型,Logistic 方程为 $\text{Logit}(P) = 0.158\beta + 0.442\zeta - 5.346$, $\text{Logit}(P)$ 作为联合变量进行多变量 ROC 曲线分析。所有结果的显著性检验水准为 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异有显著性。并使用统计学显著变量中的约登指数 (Youden's index) 计算最佳角度标准。诊断测试的表现分为失败(曲线下面积 [AUC] 在 0.5 ~ 0.6 之

间)、差(AUC 在 0.6 ~ 0.7 之间)、一般(AUC 在 0.7 ~ 0.8 之间)、良好(AUC 在 0.8 ~ 0.9 之间)和优秀(AUC 在 0.9 ~ 1.0 之间)。

2 结果

2.1 病例和对照组量化指标的比较 80 例患者符合纳入和排除标准。病例组 40 例均结合患者查体、肩关节 MRI 及关节镜下诊断为肩峰下撞击综合征,其中男性 16 人(40%),女性 24 人(60%)。年龄 31 ~ 59 岁(51.65 ± 5.31 岁);对照组 40 例均为正常肩关节,其中男性 24 人(60%),女性 16 人(40%)。年龄 37 ~ 58 岁(51.07 ± 5.38 岁)。在对照组和病例组之间年龄和性别无统计学差异($P > 0.05$)。病例组与对照组各指标均符合正态分布,其中角 β 、 γ 、 Δ 、 ε 、 ζ 的独立样本 t 检验结果如下,差异有统计学意义 $P < 0.05$ 。而角 α 的独立样本 t 检验结果差异无统计学意义,见表 1。

表 1 病例和对照肩峰下垂及倾斜相关角的比较($n = 80$ $\bar{x} \pm s$)

倾斜相关角	病例组	对照组	统计量	P 值
角 α	2.725 ± 7.411	2.113 ± 6.725	0.387	0.700
角 β	14.212 ± 6.613	9.438 ± 6.660	3.218	0.002
角 γ	24.950 ± 6.942	13.513 ± 8.369	6.653	<0.001
角 Δ	16.912 ± 7.826	11.597 ± 7.129	3.175	0.002
角 ε	27.675 ± 7.507	15.625 ± 9.354	6.354	<0.001
角 ζ	10.738 ± 3.309	4.063 ± 5.019	7.022	<0.001

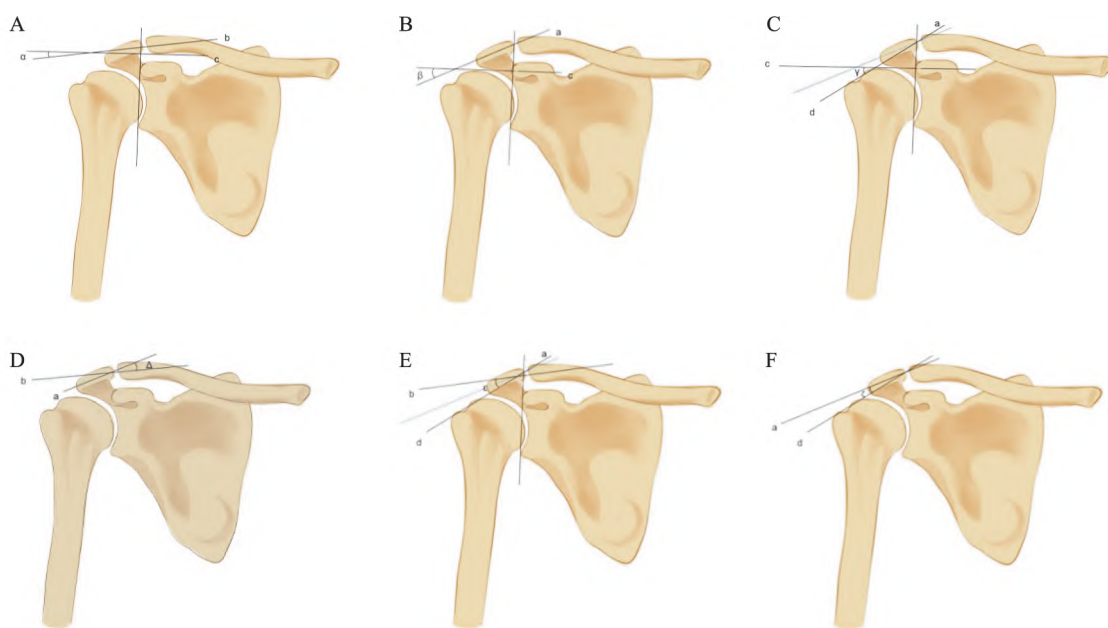


图 1 肩峰下垂倾斜程度的量化指标示意图

A: 直线 b 和 c 之间的锐角 α ; B: 直线 a 和 c 之间的锐角 β ; C: 直线 c 和 d 之间的锐角 γ ; D: 直线 a 和 b 之间的锐角 Δ ; E: 直线 b 和 d 之间的锐角 ε ; F: 直线 a 和 d 之间的锐角 ζ

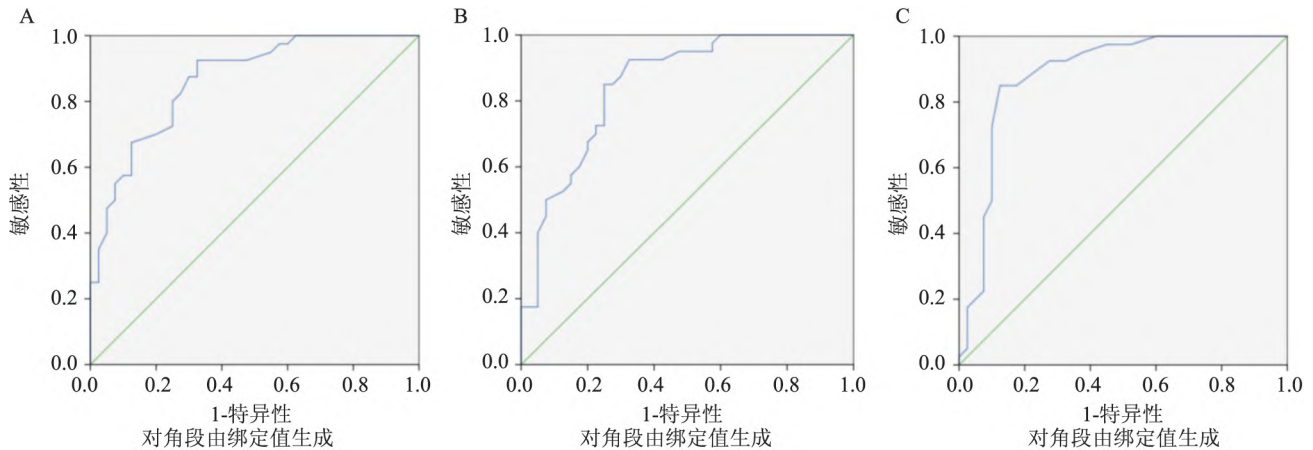


图2 角 γ 、 ϵ 、 ζ 的ROC曲线

A: 角 γ ; B: 角 ϵ ; C: 角 ζ

2.2 单个指标 ROC 结果、敏感度、特异度 对于肩峰下垂及倾斜相关角 β 、 γ 、 Δ 、 ϵ 、 ζ , 其各个单项 ROC 结果如下, 其中角 γ 、 ϵ 、 ζ 的诊断性能良好, 诊断敏感度较高, 分别为 92.5%、92.5%、85%; 诊断特异度为 67.5%、67.5%、87.5%, 见图 2 和表 2。

表2 单个指标 ROC 结果曲线下方的区域、敏感度与特异度 ($n=80$, $\bar{x} \pm s$)

倾斜相关角	AUC	P 值	截断值	灵敏度	特异度
角 β	0.677	0.007	8.75	0.85	0.50
角 γ	0.864	<0.001	16.75	0.93	0.68
角 Δ	0.707	0.001	14.75	0.65	0.73
角 ϵ	0.848	<0.001	18.25	0.93	0.68
角 ζ	0.886	<0.001	7.75	0.85	0.88

2.3 并联方式拟合联合诊断变量, 进行联合诊断试验评价 二元 Logistic 回归分析, 采用向前法逐步评估指标诊断效能影响指数, 并剔除混杂因子筛选后角 γ 、 Δ 、 ϵ 为混杂因素。角 β 和 ζ 对于患 SAIS 有显著性的诊断意义, 其拟合参数见表 3。角 β 与角 ζ 的联合 AUC 为 0.906 (95% CI: 0.842 0.971; $P < 0.001$), 见图 3。当选择 cut-off 值 > 0.3138979 为临界值时, Youden 指数最大, 此时诊断的敏感性为 95%, 特异性为 75%。

表3 联合诊断试验

方程中的变量	B	SE	Wald	df	P	Exp(B)	EXP(B) 的 95% CI	
角 β	0.158	0.06	7.073	1	0.008	1.172	1.043	1.317
角 ζ	0.442	0.104	18.095	1	0	1.556	1.269	1.908

2.4 单独对肩峰分型做 ROC 曲线 肩峰分型为分组, 对实验组与对照组中肩峰分型分别为 I 型、II

型的研究对象做 ROC 曲线, 结果见表 4。

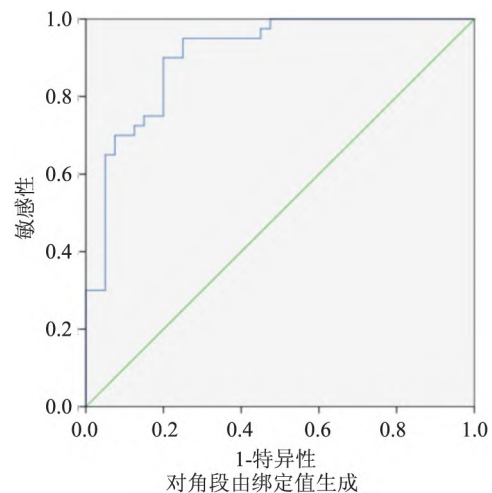


图3 β 和 ζ 的联合 ROC 曲线

表4 不同类型肩峰时结果有意义指标 ROC 结果、敏感度与特异度

组别	倾斜相关角	AUC	P 值	截断值	灵敏度	特异度	Yueden 指数
I 型肩峰	角 γ	0.827	0.004	22.25	0.64	0.92	0.566
	角 ϵ	0.868	0.001	18.75	0.93	0.85	0.775
	角 ζ	0.986	<0.001	7.50	0.86	1.00	0.857
II 型肩峰	角 γ	0.878	<0.001	19.25	0.95	0.76	0.710
	角 ϵ	0.810	<0.001	18.25	0.90	0.64	0.540
	角 ζ	0.875	<0.001	7.75	0.85	0.84	0.690

3 讨论

肩峰下垂及倾斜程度对肩峰下撞击综合征的影响迄今为止国内外研究甚少。Banas et al^[11] 报道了肩峰侧倾斜角度与较高的肩峰下疾病患病率相关。其研究描述了一个可能有用的辅助评估和管理肩袖

疾病的角度。MacGillivray et al^[12] 的研究显示随着年龄的增长,更大比例的患者肩峰向下成角。而 Yao et al^[13] 研究的结论描述了在冠状斜位 MR 图像上主观发现肩峰侧下倾斜,虽然部分通过标准化测量得到验证,但不能预测撞击综合征。Balke 和 Toivonen et al^[14] 研究了肩峰下外侧倾斜角度与肩峰下撞击综合征之间的关系,并认为 ASA 增大与肩峰撞击及肩袖损伤有关。上述学者的研究中对下外侧倾斜的量化方法和结果均存在显著差异。本研究结果部分重现了这些作者的发现,虽然方法上存在差异,但结果均发现部分肩峰下垂倾斜角度对肩峰下撞击综合征具有可观的诊断性能。MacGillivray et al^[12] 描述了肩峰与锁骨之间的成角,认为肩峰下外侧倾斜的加重会影响撞击综合征的发病机制^[12]。Banas et al^[11] 也通过研究核磁共振成像斜冠状位切片确定,角度越小,肩峰侧倾角越大,因此撞击越大。

本研究评估肩峰下垂倾斜程度对肩峰下撞击综合征的影响,使用不同量化相关角在肩关节 MRI 上的变化以及这些测量数据不同分组之间的可变性。结果显示,量化指标角 γ 、 ε 、 ζ 对肩峰下撞击综合征的诊断具有更好的诊断效能。虽然对与单项指标 ROC 结果中角 γ 、 ζ 的诊断性能较为优越,但在各指标间的联合诊断试验中采用二元 Logistic 回归分析拟合的结果发现角 γ 、 Δ 、 ε 为混杂因素,即携变量,例如角 γ 的诊断效能佳可能是受到的角 β 和角 ζ 两者的影响导致的。而将角 β 和角 ζ 两者联合结果有统计学意义,反映了两者对于 SAIS 有显著性的诊断意义。除此之外,当再次以肩峰分型为条件,分别对 I 型、II 型肩峰的研究对象各量化指标作 ROC 曲线时,研究发现在 I 型肩峰中,角 ζ 的 AUC 为 0.986 (95% CI: 0.954 ~ 1.000; $P < 0.001$),这提示了临床工作者对于平坦型肩峰的患者,肩峰下垂及倾斜程度的量化指标对 SAIS 的诊断具有更令人满意的诊断性能。在临床工作中,部分肩峰下撞击综合征及肩袖损伤诊断明确的患者,虽然属于 I 型或 II 型肩峰,却拥有着较大的肩峰下垂程度。如图 4,图 A 展示了一个正常肩关节的 MRI 图像;图 B 为一例诊断 SAIS 和肩袖损伤患者肩关节的 MRI 图像,肩峰有明显的倾斜和下垂变化。此类患者虽然肩峰结构形态平坦,却可能因为拥有着下垂状肩峰改变,更容易发生肩峰下撞击综合征及肩袖损伤。这启发研究者在之后的研究中可以考虑在肩峰分型中加入一种新的亚型,充分考虑下垂状肩峰对疾病的影响,使得诊断标准更加完善和全面。另外,对于关节镜下肩

峰成形术的手术指征,在术前可以对患者以此作为一项评估标准,将更有助于患者手术方案精确而完善的制定。

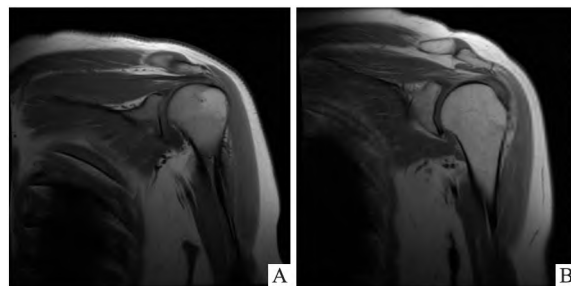


图 4 一例对照组与一例实验组肩关节 MRI 图像对比展示
A: 55 岁女性正常肩关节的 MRI 图像; B: 52 岁女性 SAIS 和肩袖损伤患者肩关节的 MRI 图像,肩峰有明显的倾斜和下垂变化

然而,相关量化肩峰下垂倾斜程度的测量可能会受到图像中所描述的结构的影响。不是所有的检查都有清晰且完整规范的图像,足以描述角度测量所需的所有结构,另外图像滚动可能会影响测量结果,导致测量误差更高。本研究的主要局限性是回顾性设计和依赖 MRI 图像结果的处理,如果依据本研究结果再继续进行一个前瞻性的研究分析,将会验证所量化肩峰下垂倾斜程度是否能应用于临床实践。

本研究的主要优点是不同测量值的比较,以及对每种测量指标之间的诊断性能的评估,并且各指标间的联合诊断试验采用二元 Logistic 回归分析拟合,排除携变量的因素后得到一个诊断性能更佳的联合指标,便能够在上述参数中确定最佳参数。本研究不足之处在于样本量不足够大,这意味着置信区间不足够小。另外,本研究所有测量均在磁共振图像上进行,故只能评估静态水平^[15],虽然通过肩胛盂所作的辅助线来减小误差,但无法动态分析。

综上所述,本文在磁共振图像上量化了肩峰下垂及倾斜相关角,并分析其对于肩峰下撞击综合征的诊断价值,在本系列中发现最适合用于肩峰下垂及倾斜相关角量化的参数是角 β 与角 ζ ,其联合诊断性能最佳,对 SAIS 具有诊断价值。

参考文献

- [1] Takeno K, Glaviano N R, Norte G E, et al. Therapeutic Interventions for Scapular Kinematics and Disability in Patients With Subacromial Impingement: A Systematic Review [J]. J Athl Train, 2019, 54(3): 283-95.
- [2] 王涛,刘辉,周理乾,等. MRI、超声及 X 线对肩峰下撞击

- 综合征的诊断价值比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志 2016 31(5): 467-9.
- [3] Hopkins C, Fu S C, Chua E, et al. Critical review on the socio-economic impact of tendinopathy [J]. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, 2016 4: 9-20.
- [4] Rønnow M M, Stæhr T A B, Christiansen D H. Predicting change in symptoms and function in patients with persistent shoulder pain: a prognostic model development study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021 22(1): 732.
- [5] Circi E, Okur S C, Aksu O, et al. The effectiveness of extracorporeal shockwave treatment in subacromial impingement syndrome and its relation with acromion morphology [J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2018 52(1): 17-21.
- [6] Larsson R, Bernhardsson S, Nordeman L. Effects of eccentric exercise in patients with subacromial impingement syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019 20(1): 446.
- [7] Dhillon K S. Subacromial impingement syndrome of the shoulder: a musculoskeletal disorder or a medical myth? [J]. *Malays Orthop J*, 2019 13(3): 1-7.
- [8] 刘海鹏, 徐雅强, 刘振刚, 等. 关节镜肩峰下间隙减压术治疗肩峰下撞击综合征临床疗效分析[J]. 中华肩肘外科电子杂志, 2016 4(3): 156-61.
- [9] McLean A, Taylor F. Classifications in Brief: Bigliani Classification of Acromial Morphology [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2019, 477(8): 1958-61.
- [10] Consigliere P, Haddo O, Levy O, et al. Subacromial impingement syndrome: management challenges [J]. *Orthop Res Rev*, 2018, 10: 83-91.
- [11] Banas M P, Miller R J, Totterman S. Relationship between the lateral acromion angle and rotator cuff disease [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 1995 4(6): 454-61.
- [12] MacGillivray J D, Fealy S, Potter H G, et al. Multiplanar analysis of acromion morphology [J]. *Am J Sports Med*, 1998 26(6): 836-40.
- [13] Yao L, Lee H Y, Gentili A, et al. Lateral down-sloping of the acromion: a useful MR sign? [J]. *Clin Radiol*, 1996 51(12): 869-72.
- [14] 曾一鸣, 王燎, 徐辰, 等. 三维测量分析肩峰前缘骨赘对肩峰形态的影响[J]. 中华肩肘外科电子杂志 2019 7(2): 136-44.
- [15] 杨东强, 徐斌, 张瀚元. 结节间沟入口形态与肱二头肌长头肌腱炎相关性的 MRI 研究及其相关因素分析[J]. 安徽医科大学学报 2020 55(1): 133-7.

The diagnostic value of acromion correlation Angle measured by magnetic resonance in SAIS

Sun Po, Zhang Hanyuan, Guo Ruipeng, Li Bo, Xu Bin

(Dept of Sports Injury and Arthroscopic Surgery, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022)

Abstract *Objective* To quantify the degree of acromial droop tilt and explore its correlation and diagnostic value for subacromial impingement syndrome. *Methods* The degree of quantification of shoulder tilt and droop (including Angle α , β , γ , Δ , ε , ζ) was analyzed by preoperative MRI of 40 patients undergoing arthroscopic surgery (experimental group) and 40 healthy shoulder MRI (control group). The correlation and difference of each quantitative index in each group and group were compared to discuss their diagnostic value for rotator cuff injury and subacromial impingement syndrome. *Results* There was no significant difference between the patients group and the control group in the acromion droop and tilt correlation the independent sample T test of angle α ($P > 0.05$), respectively, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The region below the ROC curve of β , γ , Δ , ε , ζ were 0.677, 0.864, 0.707, 0.848, 0.886, respectively, and the region below the ROC curve of β and ζ combined was 0.906, indicating excellent diagnostic performance. *Conclusion* Acromial droop and tilt correlation angle have certain value in the diagnosis of subacromial impaction syndrome. The quantitative indexes γ , ε , ζ have significant significance in the diagnosis of SAIS, and the combined diagnosis performance of β and ζ is better.

Key words subacromial impingement syndrome; SAIS; changes of acromion droop, shoulder peak tilt; MRI