

• 临床研究 •

基于肩部正位片的肩周炎关节形态及力学特征分析

周红海^{1△} 黄新冰¹ 黄明翥¹ 罗灏¹ 刘粮酺¹

[摘要] 目的:基于肩部正位片分析肩周炎患者的肩关节形态及力学分布特征。方法:选取肩周炎患者30例作为研究对象(肩周炎组),20例正常人肩关节作为对照组,按分类标准分别将肩锁关节形态及肱骨大结节形态分为Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型,测量各组的肩肱距离、肩峰指数、喙突关节面至肩峰关节面的距离、肩锁间隙、锥状结节至锁骨关节面的距离、锥状结节与喙突指状突起之间的距离、喙突上锥形韧带与喙肩韧带附着点距离等指标,进行统计学处理,比较各组差异,分析肩部正位片观察到的肩关节及肩锁关节特征与肩周炎的关系。结果:肩周炎组与对照组之间肩锁关节形态及肱骨大结节分型差异无统计学意义($P>0.05$),肩周炎组以Ⅱ型肩锁关节形态及Ⅲ型肱骨大结节形态为主。肩周炎组与对照组之间肩峰指数差异无统计学意义($P>0.05$),肩肱距离差异有统计学意义($P<0.05$),肩周炎组肩肱距离较对照组小。肩周炎组与对照组之间肩锁关节间隙距离 b 及喙突上锥形韧带与喙肩韧带附着点距离 e 差异无统计学意义($P>0.05$);肩周炎组与对照组之间喙突关节面至肩峰关节面的距离 a 、锥状结节至锁骨最外侧端的距离 c 、锥状结节与喙突指状突起之间的距离 d 及其围成的面积 S ,差异均有统计学意义($P<0.05$),且肩周炎组均明显小于对照组。肩周炎组与对照组之间锁骨下斜方棘至喙突连线与 c 的夹角 3 差异有统计学意义($P<0.05$), a 与 b 的夹角 1 及 c 与 d 的夹角 2 差异无统计学意义($P>0.05$)。面积 S 与 a 、 c 、 d 之间相关性分析差异有统计学意义($P<0.05$),与 b 、 e 、夹角 1 、夹角 2 、夹角 3 之间相关性分析差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:肩周炎患者肩肱距离更小、喙肩韧带更短,其下软组织挤压摩擦增多;肩关节竖直方向稳定性减弱,肩峰下间隙及肩袖间隙容积减小,会增加肩周炎的发生概率;患者锥状结节至锁骨最外侧端的距离越小,喙肩韧带与锥形韧带越靠近,容易超出拉伸极限导致损伤;斜方韧带受损造成的稳定性减弱,可能是导致肩周炎产生的一个诱因;患者的肩关节稳定性减弱是因为韧带-核心稳定区域-肩关节的系列连锁变化,核心稳定区面积越小,则受力越大。

[关键词] 肩周炎;韧带;肩锁关节;生物力学;影像学

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)10-0006-07

DOI: 10. 20085/j. cnki. issn1005-0205. 241002

Analysis of Joint Morphology and Mechanical Characteristics of Scapulohumeral Periarthritis Based on Anteroposterior Radiographs of Shoulder

ZHOU Honghai^{1△} HUANG Xinbing¹ HUANG Mingzhu¹ LUO Hao¹ LIU Liangpu¹¹Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530001, China.

Abstract Objective: To analyze shoulder joint morphology and mechanical distribution characteristics in patients with periarthritis of the shoulder based on shoulder radiographs. **Methods:** 30 patients with frozen shoulder were selected as the

research subjects (shoulder periarthritis group), and 20 normal shoulder joints were selected as the control group. The morphology of the acromioclavicular joint and the morphology of the greater tuberosity of the humerus were classified into type I, type II, and type III according to classification criteria. The shoulder-humerus distance, acromion index, distance from the coracoid process articular surface to the ac-

基金项目:国医大师韦贵康学术思想与临床诊疗传承发展
研究中心资助项目(2022V001)
广西中医骨伤科生物力学与损伤修复重点实验室
基金资助项目

¹ 广西中医药大学(南宁, 530001)

△通信作者 E-mail: 1310803699@qq.com

romion articular surface, acromioclavicular gap, distance from the conoid tubercle to the clavicular articular surface, distance between the conoid tubercle and the coracoid process finger-like protrusion, distance between the conoid tubercle and the attachment point of the coracoclavicular ligament on the coracoid process, and other indicators were measured in each group. Statistical analysis was performed to compare the differences between each group and analyze the relationship between the characteristics of the shoulder joint and acromioclavicular joint observed on the shoulder radiograph and frozen shoulder. **Results:** There was no statistically significant difference in the morphology of the acromioclavicular joint and the classification of the greater tuberosity of the humerus between the shoulder periarthritis group and the control group ($P > 0.05$). The shoulder periarthritis group mainly had type II acromioclavicular joint morphology and type III greater tuberosity of the humerus. The difference in shoulder peak index between the shoulder periarthritis group and the control group was not statistically significant ($P > 0.05$), while the difference in shoulder humeral distance was statistically significant ($P < 0.05$). The shoulder humeral distance in the shoulder periarthritis group was smaller than that in the control group. There was no statistical significance in the distance b between the acromioclavicular joint space and the distance e between the conical ligament of the superior coracoprocess and the coracoshoulder ligament between the periarthritis group and the control group ($P > 0.05$). There were statistically significant differences between the periarthritis group and the control group in the distance a from the articular surface of coracoideus to acromialis articularis, the distance c from the conical tubercle to the most lateral end of the clavicle, the distance d from the conical tubercle to the digital process of coracoideus and the area S surrounding them ($P < 0.05$), and the periarthritis group was significantly smaller than the control group. There was a statistically significant difference in the angle 3 between the subclavian oblique spine to coracoid process line and c between the shoulder periarthritis group and the control group ($P < 0.05$), while there was no statistically significant difference in the angle 1 between a and b and the angle 2 between c and d ($P > 0.05$). The correlation analysis between area S and distances a, c, d showed statistical significance ($P < 0.05$), while there was no statistically significance in the correlation analysis among distances b, e , angle 1, angle 2, and angle 3 ($P > 0.05$). **Conclusion:** Patients with periarthritis of the shoulder have a smaller distance between the shoulder and humerus, shorter coracoacromial ligaments, and increased compression and friction of the soft tissue beneath them. The vertical stability of the shoulder joint is weakened, and the volume of the subacromial space and rotator cuff space is reduced, which increases the likelihood of rotator cuff injury and shoulder periarthritis. The smaller the distance from the cone-shaped nodule to the outermost end of the clavicle in patients with periarthritis of the shoulder, the closer the coracoacromial ligament is to the cone-shaped ligament, which is prone to exceeding the tensile limit and causing damage. The weakened stability caused by damage to the diagonal ligament may be one of the causes of shoulder periarthritis. The weakening of shoulder joint stability in patients with shoulder periarthritis is a series of chain changes from a single ligament to the core stable area to the shoulder joint. The smaller the area of the core stable area, the greater the stress.

Keywords: shoulder periarthritis; ligament; acromioclavicular joint; biomechanics; imaging

肩周炎又称冻结肩,是以肩关节疼痛、活动障碍为主要临床特征的骨伤科常见病,多发生于 50 岁以上人群,目前发病率约为 20.6%^[1]。研究发现肩关节的解剖结构异常可导致肩关节疾病的发生^[2],已有许多以肩峰指数为评价指标对肩峰下撞击综合征、肩袖损伤的研究^[3-4],而关于肩周炎与解剖结构变化的相关研究较少。常规 X 线片(特别是正位片)是基层医院肩周炎患者检查排除其他疾病的首选经济方法。本研究通过观察肩周炎患者与正常人的肩部正位片,分析肩周炎患者肩关节的形态与力学分布特征,以期对肩周炎患者的诊断及中医治疗提供参考。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选取 2022 年 1 月至 2024 年 2 月在广西中医药大学第一附属医院本部及仁爱分院就诊的肩周炎患者

30 例作为研究对象(肩周炎组),另选取 20 例正常人肩关节作为对照组。

1.2 诊断标准

参考《中医筋伤学》^[5]中肩周炎诊断标准:1)慢性发病;2)肩部疼痛,夜间加重,关节活动受限或者僵硬;3)肩关节 X 线检查结果正常,或可见钙化灶、密度增高。

1.3 纳入标准

1)符合上述诊断标准;2)年龄 ≥ 30 岁;3)病历资料及影像学资料完整;4)同意参与本研究。

1.4 排除标准

1)有肩关节骨折、重大外伤、手术病史者;2)骨肿瘤、先天性肩胛骨畸形或肩关节骨骼发育异常者;3)有肩关节感染性疾病或局部有皮肤感染者;4)病历资料及影像学资料欠缺者;5)妊娠期或哺乳期妇女。

1.5 方法

1.5.1 检查方法 对纳入的患者于治疗前行肩关节正位 X 线片检查,根据肩关节 X 线图像来判断肩锁关节形态和肱骨大结节形态类型。由两名骨科医师共同完成对影像学图像的判断及参数的测量、分析,若两人对判断结果无异议则纳入研究。

1.5.2 观察指标 1)肩锁形态分类:按 Urist 分类^[6],将锁骨端关节面与肩峰关节面结构,按覆盖、平行、被覆盖关系分为I、II、III型。2)肱骨大结节分类:根据肱骨大结节形态(无明显凸起、呈圆弧状凸起、呈丘状凸起)分为I、II、III型。3)肩肱距离:即肩峰下表面与肱骨头上缘的最小垂直距离,标记为 AHD。4)肩峰指数:分别作肩胛骨关节盂平面上缘至下缘的连线、肩峰外侧缘与关节盂平面连线的平行线、肱骨头最外侧缘与关节盂平面连线的平行线。关节盂平面连线至肩峰外侧缘连线之间作垂直距离 GA;关节盂平面连线至肱骨头最外侧缘连线之间作垂直距离 GH;GA/GH=AI,即为肩峰指数。5)喙突关节面至肩峰关节面的距离 a。6)肩锁间隙距离 b。7)锥状结节至锁骨关节面的距离 c。8)锥状结节与喙突指状突起之间的距离 d。9)喙突上锥形韧带与喙肩韧带附着点距离 e。10)abcde 围成的面积 S。11)a 与 b 的夹角 1。12)c 与 d 的夹角 2。13)锁骨下斜方棘至喙突连线与 c 的夹角 3。各观察指标示意图见图 1。

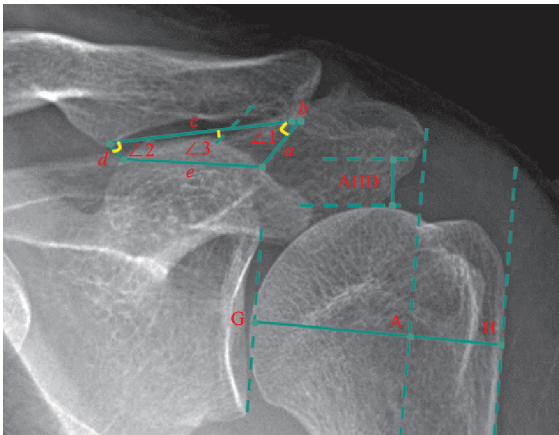


图 1 各观察指标示意图

1.6 统计学方法

用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计学分析,符合正态分布及方差齐的数据,计数资料采用 χ^2 检验,计量资料采用 t 检验;对不符合正态分布的数据用非参数检验;多组间数据比较用方差分析,两个变量之间用相关性分析; $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 组间比较

2.1.1 肩锁关节形态及肱骨大结节形态分类比较 如表 1 所示,肩周炎组与对照组肩锁关节形态分类及肱骨大结节形态分类差异无统计学意义($P>0.05$)。肩周炎组患者 II 型肩锁关节形态人数最多(约占 46.67%),III 型肱骨大结节形态人数所占比例为 70%。

表 1 两组患者肩锁关节形态及肱骨大结节形态比较(例)

组别	例数	肩锁关节形态			肱骨大结节形态		
		I 型	II 型	III 型	I 型	II 型	III 型
对照组	20	8	9	3	3	7	10
肩周炎组	30	11	14	5	1	8	21
χ^2		0.063			2.191		
P		>0.05			>0.05		

2.1.2 肩关节各观察指标比较 如表 2 所示,肩周炎组与对照组之间的肩肱距离差异有统计学意义($P<0.05$);肩周炎组与对照组之间的肩峰指数差异无统计学意义($P>0.05$);肩周炎组与对照组之间喙突关节面至肩峰关节面的距离 a、锥状结节至锁骨关节面的距离 c、锥状结节与喙突指状突起之间的距离 d 及 abcde 围成的面积 S,差异均有统计学意义($P<0.05$),肩周炎组各观察指标均明显小于对照组;两组之间肩锁间隙距离 b、喙突上锥形韧带与喙肩韧带附着点距离 e 差异无统计学意义($P>0.05$)。

如表 3 所示,肩周炎组与对照组之间锁骨下斜方棘至喙突连线与 c 的夹角 3 差异有统计学意义($P<0.05$),a 与 b 的夹角 1、c 与 d 的夹角 2 差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 2 两组患者间各观察指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	肩肱距离/mm	肩峰指数	a/mm	b/mm
对照组	20	10.38 \pm 1.74	0.73 \pm 0.07	25.05 \pm 5.96	3.67 \pm 1.17
肩周炎组	30	8.79 \pm 1.96	0.70 \pm 0.08	20.60 \pm 4.95	3.48 \pm 0.89
t		2.931	0.636	2.866	0.636
P		<0.05	>0.05	<0.05	>0.05
组别	例数/例	c/mm	d/mm	e/mm	S/mm ²
对照组	20	43.08 \pm 5.11	8.36 \pm 3.62	17.97 \pm 0.81	280.48 \pm 20.57
肩周炎组	30	39.78 \pm 5.58	5.57 \pm 2.48	19.36 \pm 0.83	231.86 \pm 10.72
t		2.121	3.011	1.141	2.285
P		<0.05	<0.05	>0.05	<0.05

表 3 两组患者间韧带夹角的比较($\bar{x}\pm s,^{\circ}$)

组别	夹角 1	夹角 2	夹角 3
对照组	30.24±2.80	59.10±2.89	54.12±2.39
肩周炎组	30.60±1.72	59.27±2.57	47.24±1.80
<i>t</i>	0.115	0.043	2.339
<i>P</i>	>0.05	>0.05	<0.05

如表 4 所示, *abcde* 围成的面积与 *a*、*c*、*d* 之间相关性分析差异有统计学意义($P<0.05$), 与 *b*、*e*、夹角 1、夹角 2、夹角 3 之间相关性分析差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 5 不同肩锁关节形态各观察指标比较($\bar{x}\pm s$)

形态分类	例数/例	肩肱距离/mm	肩峰指数	<i>a</i> /mm	<i>b</i> /mm
I 型	11	8.44±2.460	0.71±0.06	20.10±5.36	3.19±0.96
II 型	14	8.69±1.612	0.70±0.09	21.61±4.43	3.67±0.86
III 型	5	9.84±1.528	0.66±0.10	18.86±5.83	3.58±0.78
<i>F</i>		0.911	0.447	2.866	0.938
<i>P</i>		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
形态分类	例数/例	<i>c</i> /mm	<i>d</i> /mm	<i>e</i> /mm	<i>S</i> /mm ²
I 型	11	39.53±7.14	5.77±2.64	20.06±4.40	256.51±64.74
II 型	14	40.69±4.63	5.83±2.71	19.72±4.93	224.80±55.50
III 型	5	37.76±4.49	4.38±1.13	16.80±3.42	197.40±34.19
<i>F</i>		0.509	0.673	0.968	2.076
<i>P</i>		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

2.2.2 不同肱骨大结节各观察指标比较 如表 6 所示, 肩周炎组 3 种不同肱骨大结节形态的各观察指标

表 6 不同肱骨大结节形态各观察指标比较($\bar{x}\pm s$)

形态分类	例数/例	肩肱距离/mm	肩峰指数	<i>a</i> /mm	<i>b</i> /mm
I 型	2	7.35±2.19	0.76±0.00	22.90±3.68	3.75±0.49
II 型	7	6.69±1.52	0.70±0.10	19.06±6.84	3.24±0.36
III 型	21	9.62±1.47 ¹⁾²⁾	0.69±0.08	20.90±4.39	3.53±1.03
<i>F</i>		10.903	0.635	0.577	0.364
<i>P</i>		<0.05	>0.05	>0.05	>0.05
形态分类	例数/例	<i>c</i> /mm	<i>d</i> /mm	<i>e</i> /mm	<i>S</i> /mm ²
I 型	2	35.85±1.34	6.00±4.10	14.15±0.07	223.49±2.33
II 型	7	38.49±6.01	5.99±2.33	19.83±4.50	217.80±32.83
III 型	21	40.58±5.60	5.39±2.52	19.70±4.57	237.34±67.57
<i>F</i>		0.896	0.176	1.460	0.298
<i>P</i>		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注: 1) I 型与 III 型相比, $P<0.05$; 2) II 型与 III 型相比, $P<0.05$ 。

2.3 典型病例影像学资料

肩周炎组患者 1, 女, 51 岁, 诊断为肩周炎, 肩关节正位 X 线片未见明显异常, 肱骨大结节呈丘状凸起, 肱骨大结节为 III 型; 锁骨关节面与肩峰关节面相互平行, 肩锁关节为 II 型; 肩峰下区域及锁骨下区域较狭窄(见图 2a)。肩周炎组患者 2, 男, 55 岁, 诊断为肩周炎, 肩关节正位 X 线片可见局部密度增高, 肱骨大结节呈丘状凸起, 肱骨大结节为 III 型; 肩峰关节面被锁骨关节面斜向覆盖, 肩锁关节为 I 型; 肩峰下区域及锁骨下区域较狭窄(见图 2b)。肩周炎组患者 3, 女, 45 岁, 诊断为肩周炎, 肩关节正位 X 线片未见

表 4 面积与各观察指标间的相关性分析

指标	<i>P</i>	指标	<i>P</i>
<i>a</i>	<0.05	<i>e</i>	>0.05
<i>b</i>	>0.05	夹角 1	>0.05
<i>c</i>	<0.05	夹角 2	>0.05
<i>d</i>	<0.05	夹角 3	>0.05

2.2 肩周炎组组内比较

2.2.1 不同肩锁关节形态各观察指标比较 如表 5 所示, 肩周炎组 3 种不同肩锁关节形态的各指标比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。

比较, 肩肱距离差异有统计学意义($P<0.05$), 其余观察指标差异均无统计学意义($P>0.05$)。

明显异常, 肱骨大结节无明显凸起, 肱骨大结节为 I 型; 锁骨关节面平行于肩峰关节面, 肩锁关节为 II 型; 肩峰下区域及锁骨下区域较狭窄(见图 2c)。对照组患者 1, 女, 51 岁, 肩关节正位 X 线片未见明显异常, 肱骨大结节呈弧状凸起, 肱骨大结节为 II 型; 锁骨关节面覆盖肩峰关节面, 肩锁关节为 I 型; 肩峰下区域及锁骨下区域较宽(见图 3a)。对照组患者 2, 女, 54 岁, 肩关节正位 X 线片未见明显异常, 肱骨大结节呈丘状凸起, 肱骨大结节为 III 型; 肩峰关节面被锁骨关节面斜向覆盖, 肩锁关节为 I 型; 肩峰下区域及锁骨下区域较宽(见图 3b)。对照组患者 3, 女, 54

岁,肩关节正位 X 线片未见明显异常,肱骨大结节呈丘状凸起,肱骨大结节为Ⅲ型;锁骨关节面覆盖肩峰

关节面,肩锁关节为Ⅰ型;肩峰下区域及锁骨下区域较宽(见图 3c)。

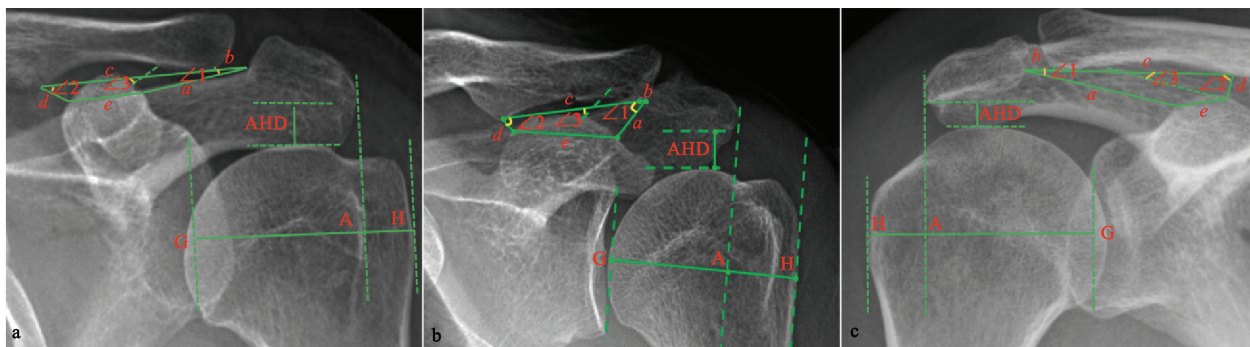


图 2 肩周炎组典型病例影像学资料
(a) 肩肱距离=9.1 mm, 肩峰指数=0.73, $a=21.2$ mm, $b=4.7$ mm, $c=42.1$ mm, $d=7.1$ mm, $e=15.9$ mm, 夹角1=12.10°, 夹角2=41.65°, 夹角3=37.00°, $S=150.47$ mm²; (b) 肩肱距离=9.2 mm, 肩峰指数=0.76, $a=10.6$ mm, $b=3.1$ mm, $c=34.7$ mm, $d=3.2$ mm, $e=24.1$ mm, 夹角1=33.31°, 夹角2=51.73°, 夹角3=56.06°, $S=128.86$ mm²; (c) 肩肱距离=5.8 mm, 肩峰指数=0.76, $a=26.2$ mm, $b=4.1$ mm, $c=37.4$ mm, $d=4.0$ mm, $e=14.2$ mm, 夹角1=24.04°, 夹角2=78.40°, 夹角3=33.96°, $S=225.14$ mm²

图 2 肩周炎组典型病例影像学资料

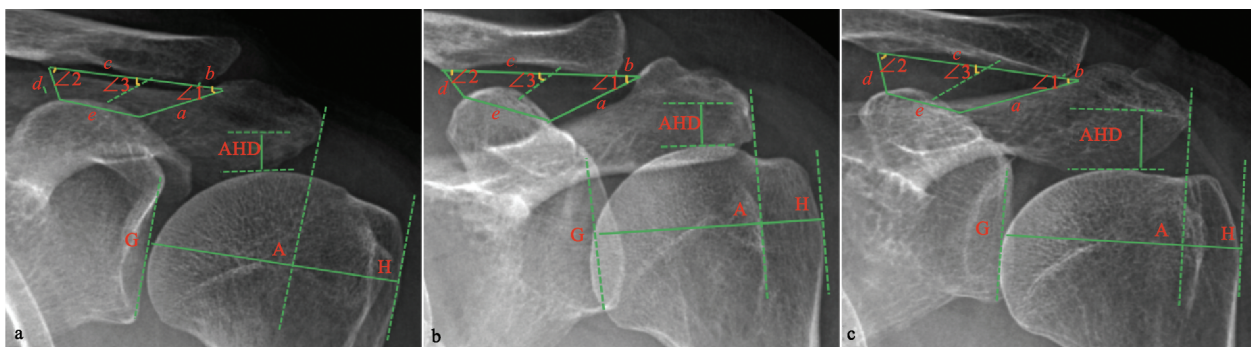


图 3 对照组典型病例影像学资料
(a) 肩肱距离=10.6 mm, 肩峰指数=0.73, $a=14.7$ mm, $b=6.1$ mm, $c=37.4$ mm, $d=10.3$ mm, $e=25.3$ mm, 夹角1=61.80°, 夹角2=54.93°, 夹角3=66.92°, $S=342.07$ mm²; (b) 肩肱距离=10.4 mm, 肩峰指数=0.72, $a=18.5$ mm, $b=4.7$ mm, $c=39.0$ mm, $d=7.2$ mm, $e=23.6$ mm, 夹角1=27.16°, 夹角2=55.30°, 夹角3=51.41°, $S=316.71$ mm²; (c) 肩肱距离=12.1 mm, 肩峰指数=0.74, $a=22.0$ mm, $b=3.1$ mm, $c=39.1$ mm, $d=9.8$ mm, $e=18.5$ mm, 夹角1=39.54°, 夹角2=59.16°, 夹角3=56.22°, $S=340.93$ mm²

图 3 对照组典型病例影像学资料

3 讨论

中医将肩周炎称为“漏肩风”“五十肩”,属于“痹证”范畴。《素问·痹论》曰:“风寒湿三气杂至,合而为痹也。”年老体衰,正气不足,筋肉失养,复加风寒湿邪外袭肩部,外伤劳损,气血瘀滞,筋脉不荣,本病即发^[7]。肩周炎的主要病理是由局部微循环障碍、肩关节腔容积变小,滑膜囊、关节囊、韧带的炎症或纤维化引起^[8]。有研究表明肩部韧带的断裂或形态性状改变可引起骨关节位置结构、力学变化,改变肩关节的稳定性^[9],对肩周软组织产生异常的摩擦挤压,因此在长期力学异常的环境下活动肩关节,应该也是导致肩周炎的一个原因。

3.1 肩周炎患者肱孟关节形态及力学分布

本研究发现肩周炎患者的肩肱距离更小、喙肩韧带更短。肩肱距离是肩峰下间隙的最小高度,考虑肩周炎患者的肩峰下滑囊和冈上肌肌腱承受挤压力更大。在肱骨大结节分型中,Ⅲ型所占比例最高。肱骨大结节上部是冈上肌的肌腱附着点,该结节的形态可影响冈上肌肌腱的连接状态。Neer 等^[10]提出,当肩关节活动时,肩袖在肱骨大结节和喙突之间循环往复

摩擦运动,肱骨大结节解剖形态异常可影响肩袖磨损程度。还有研究指出,肱骨大结节体积越小,与附着肌腱的接触面积越小,对肱骨大结节的牵拉力可能会更加集中、加大,会提高运动中的磨损率^[11]。但在本研究中,Ⅲ型肱骨大结节组的肩肱距离平均值大于其他两型,与肩周炎组肩肱距离更小的结果不符,即使肩周炎组中Ⅲ型数量最多,也不认为是与肩周炎有关的变化。统计结果也表明 3 种肱骨大结节形态普遍存在于肩周炎患者与正常人中,且相关研究未综合分析肩肱距离的影响,因此认为肱骨大结节形态差异可导致韧带损伤,但不排除肩周炎的发生受肩肱距离影响。

肩周炎组患者的肩峰喙突间距小于正常组,提示喙肩韧带更短,会增加肩峰下软组织的磨损。肩峰喙突间距在一定程度上反映喙肩韧带的走向与长度,喙肩韧带与喙突、肩峰组成喙肩弓,可限制肱骨头向前、向上的移动^[9],能缓冲肱骨头、肩峰对肩袖的碰撞挤压^[12],但同时肱骨头活动仍会压迫喙肩韧带、肩关节囊、肱二头肌长头。喙肩韧带不同的形态可影响肩峰-喙突之间的空间构筑,引起关节及软组织损伤,长喙肩

韧带多向喙突内侧延伸,与肩关节囊、肱二头肌长头的接触面积较少,而短喙肩韧带横跨二者,接触面积大,更容易发生磨损^[13]。另外,压力可随韧带变短而增大。假设喙肩韧带横截面面积相近,该韧带越短,则柔度越小,韧带形变所需应变力增大,以及可提供给肩部活动的形变空间减小,即韧带的长度系数 μ 与惯性半径 i 相等,要发生相同的形变量 δ ,长度 L 越小,需压力 P 越大, $\delta=P(\mu L/i)$ 。这加大了对软组织的挤压,提示肩周炎的发生或与不同形态的喙肩韧带压迫有关。

3.2 肩周炎患者肩锁关节形态及力学分布

Goss^[14]提出肩关节上部悬吊复合体包括喙锁韧带、喙突、肩峰以及肩锁关节、锁骨远端的骨-韧带环形结构,其中肩锁韧带限制锁骨与肩胛骨的相对水平活动,喙锁韧带保证竖直方向上的位置稳定,共同维持肩关节主要的稳定性,本研究发现肩周炎的发生可能与肩关节竖直方向的稳定性变化有关。分析表 1 和表 5,发现肩锁关节的类型与肩周炎的发生、与肩周解剖结构无相关性,有研究指出Ⅲ型肩锁关节的肩峰关节面由内上向外下斜形覆盖锁骨关节面,比两个关节面相互平行的Ⅱ型肩锁关节结构稳定性强,若肩锁韧带连接薄弱,则容易导致肩锁关节结构紊乱及损伤^[6]。但综合肩锁间隙距离考虑,肩锁韧带的基础解剖长度短,两组平均差值小,柔度及形变空间则无明显差别,不能显著缓解对软组织的挤压,可见此三类不同的肩锁关节的稳定性差异对肩周炎的发生影响有限。

肩周炎患者的肩峰下间隙及肩袖间隙容积减小,会增加肩袖损伤及肩周炎的发生概率^[15]。肩肱距离、喙突关节面至肩峰关节面距离、锥状结节与喙突指状突起距离在一定程度上可反映肩峰下间隙及肩袖间隙容积大小^[16],肩周炎组皆小于正常组,提示容积变小,存在其中的软组织更容易受肩关节活动的挤压而损伤,引起冈上肌、肱二头肌长头肌腱、肩袖、肩峰下滑囊等组织炎症,出现组织粘连、纤维化、炎性水肿,使组织体积增大,进一步减小容积、加大压迫,过大的软组织张力还会改变周围骨结构的位置^[17],表现为疼痛后活动受限,符合肩周炎的分期演变。

肩周炎患者的锥状结节至锁骨最外侧端距离小于正常人,该指标与锁骨外 1/3 的长度重合^[18],是三角肌前束起点和斜方肌止点,两者相互拮抗,对肩关节的运动、动态稳定性的维持有重要意义^[12]。锁骨外侧 1/3 的距离变短,肌肉的附着面积减小,结构力量薄弱,活动中三角肌的相互应力失衡会诱发薄弱点的急性损伤^[19]。对照组锥状结节至锁骨远端的距离为 (43.08 ± 5.11) mm,与多项解剖测量结果相近^[20-21],而肩周炎组仅为 (39.78 ± 5.58) mm。从解剖学关系(图 4)可看出,该间距减小说明喙肩韧带与锥形韧带相互靠近,则与锁

骨的夹角 θ_1 、 θ_2 增大,提示韧带受重力大,处于高负荷拉伸状态,角度变化以代偿生物力。当向锁骨施加力 F ,超出韧带拉伸极限时,可造成该处的稳定性丢失,进一步引起肩周软组织损伤或肩周炎。水平方向可承受最大外来暴力 $F=F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + N$,竖直方向可承受力 $F=F_1 \sin \theta_1 + F_2 \sin \theta_2$ 。

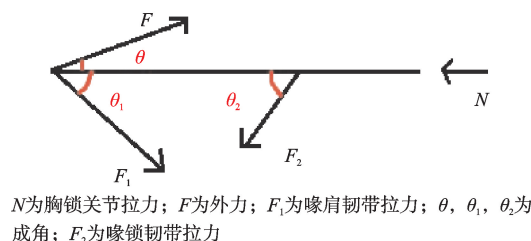


图 4 肩关节主要受力分析

研究还发现肩周炎患者斜方韧带(夹角 3)的力学分布差异有统计学意义,而锥形韧带(夹角 2)差异无统计学意义。锥形、斜方韧带同受肩关节及上臂重力,因锥形韧带角度大,会承担更多重力,施加外力时首先损伤、断裂,但也有研究证明锥形韧带是竖直方向的主要受力韧带^[22],即在竖直拉力的影响下斜方韧带首先失稳,发生变性及损伤,与本实验结果相符,考虑为斜方韧带长而受重力小,为维持稳定性,伸长代偿出较大面积,但此长度及面积下稳定性仍弱于锥形韧带。再运用向心力公式 $F=m\omega^2 r$ 分析锁骨运动, r_1 和 r_2 为半径,若 $r_2 > r_1$,则 $F_2 > F_1$ (见图 5),耸肩活动或上肢撑地,施加力使锁骨远端向上呈扇形活动,锁骨上两韧带角速度相同,但在半径远端的斜方韧带受离心力更大,附加的向心力可使稳定性更弱的斜方韧带受损,进一步造成稳定性减弱,导致肩周炎的发生。

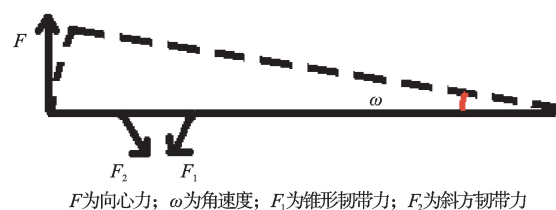


图 5 锁骨运动力图

从以上研究结果可知,肩周炎患者的肩关节稳定性呈韧带-核心稳定区域-肩关节的系列连锁变化。本研究发现 a、c、d 与肩周炎显著相关,认为其相应结构是肩关节稳定的核心区域,该区域与 a、c、d 间距的相关性分析差异有统计学意义。从正位 X 线片上看,该区域是由 a、b、c、d、e 围成的不规则多边形,与肩峰下间隙容积的大小相关,而力学分析则视喙突为质点,为三角形的受力区域,肩周炎组的肩部稳定核心区域面积明显小于正常组,面积及多边韧带长度变小,区域的变应力使均布载荷增高,成为应力集中的易损伤区块,锁骨远端、肩峰、喙突等相围束挤压摩擦其中软组织,损伤概率提高。

韧带的力学变化、损伤会导致肩关节稳定性改变,在劳损病理过程中周围的关节囊、肌腱逐步病变的机会也增多。手法治疗该病除了局部推拿和关节牵伸等常用方法外,从锁骨外侧下方、肩前循韧带走向的拇指推行扣拨,以理顺韧带的“筋转”“筋翻”,促进局部循环,解除炎症,减轻局部的粘连,对恢复肩部正常生物力学环境有重要意义;手法纠正肩部“骨错缝”,要注意扩大肩袖间隙和肩峰下间隙容积;对肩肱距离小、喙肩韧带短生理结构的患者,日常生活应注意避免做过多拉伸肩关节的工作;而存在以上结构的肩周炎患者,在康复锻炼中要注意针对对应韧带的动作训练。

参考文献

- [1] 张剑坤,赵晨玲,王先志,等.补肾通络针法治疗肩周炎 60 例[J]. 中国中医骨伤科杂志,2022,30(6):52-54.
- [2] 董康康,孙水.肩峰指数与肩关节疾病关系的相关研究进展[J]. 中国骨与关节杂志,2021,10(5):364-369.
- [3] 杨忠宝,付纳新.肩峰形态在退行性肩袖撕裂诊断中的研究进展[J]. 临床医学研究与实践,2024,9(3):195-198.
- [4] 向宁,卓鸿武.肩峰形态和肩袖损伤的相关性研究[J]. 中外医疗,2019,38(13):40-42.
- [5] 周红海.中医筋伤学[M]. 北京:中国中医药出版社,2021:152-154.
- [6] 郭守进.现代临床骨科学[M]. 上海:上海交通大学出版社,2018:188.
- [7] 黄雨寒,陈科,何沛聪,等.骨四方治疗风寒湿痹型肩周炎的临床疗效观察[J]. 中国中医骨伤科杂志,2023,31(11):56-60.
- [8] 李会会,王翔,詹红生.“凝肩”的中西医诊治进展[J]. 中国中医骨伤科杂志,2019,27(9):85-88.
- [9] 王娟,黄富国.喙肩韧带对肩关节前上方稳定作用的生物力学研究[J]. 中国修复重建外科杂志,2009,23(1):49-51.
- [10] NEER C S, POPPAN N K. Supraspinatus outlet[J]. Orthop Trans,1987,11(2):234.
- [11] 张磊,何雪,周鑫,等.肱骨大结节上方的解剖分型及临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志,2021,39(5):513-517.
- [12] 梁振,冯宗权,欧阳汉斌,等.肩锁关节应用解剖及生物力学研究进展[J]. 中国临床新医学,2019,12(5):577-580.
- [13] 朱玥润,魏畅,毛庆花,等.喙肩韧带的解剖学分型及临床意义[J]. 解剖学研究,2022,44(5):488-491.
- [14] GOSS T P. Double disruptions of the superior shoulder suspensory complex[J]. J Orthop Trauma,1993,7(2):99-106.
- [15] FARLEY T, NEUMANN C, STEINBACH L, et al. The coracoacromial arch: MR evaluation and correlation with rotator cuff pathology[J]. Skeletal Radiol,1994,23(8):641-645.
- [16] 殷钦,成欣,李云龙,等.肩肱距减小与肩袖损伤相关性的研究[J]. 中华肩肘外科电子杂志,2018,6(1):25-29.
- [17] TANG L, CHEN K, MA Y, et al. Scapular stabilization exercise based on the type of scapular dyskinesis versus traditional rehabilitation training in the treatment of periarthritis of the shoulder: study protocol for a randomized controlled trial[J]. Trials,2021,22(1):713.
- [18] BANFFY M B, UQUILLAS C, NEUMANN J A, et al. Bio-mechanical evaluation of a single-versus double-tunnel coracoclavicular ligament reconstruction with acromioclavicular stabilization for acromioclavicular joint injuries[J]. Am J Sports Med,2018,7(4):36-47.
- [19] 吴漪彤,王佳乐,程宇星.肌筋膜链理论与八段锦原理相关性探析[J]. 广州中医药大学学报,2022,39(8):1933-1937.
- [20] 刘燕洁,何鸿陶,陈云丰,等.肩锁关节解剖学研究和临床意义[J]. 实用骨科杂志,2012,18(2):139-142.
- [21] 周日,谢小肖,王霜,等.肩锁关节形态学及组织结构特点[J]. 解剖学报,2022,53(1):103-107.
- [22] 季贵柱,郑秋,汪武祥,等.原生喙锁韧带及柔性重建后有限元仿真和实验测试[J]. 中国组织工程研究,2024,28(5):706-711.

(收稿日期:2024-05-01)

(上接第 5 页)

- [13] 张洁文,梁祖建,黄增彬,等.独活寄生汤对风湿寒痹型膝骨性关节炎疗效及对炎症因子的影响[J]. 陕西中医,2017,38(9):1226-1228.
- [14] GOLDRING M B, GOLDRING S R. Articular cartilage and subchondral bone in the pathogenesis of osteoarthritis[J]. Annals of the New York Academy of Sciences,2010,1192(1):230-237.
- [15] IMHOF H, SULZBACHER I, GRAMPP S, et al. Subchondral bone and cartilage disease: a rediscovered functional unit[J]. Invest Radiol,2000,35(10):581-588.
- [16] BELLIDO M, LUGO L, ROMANBLAS J A, et al. Improving subchondral bone integrity reduces progression of cartilage damage in experimental osteoarthritis preceded by osteoporosis[J]. Osteoarthritis Cartilage,2011,19(10):1228.
- [17] ZHANG G M, ZHANG G M, GU B. Serum transforming growth factor $\beta 1$ level for knee osteoarthritis diagnosis[J]. Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry,2017,474:136.
- [18] SHEN J, LI S, CHEN D. TGF- β signaling and the development of osteoarthritis[J]. Bone Research,2014,2(2):73-79.
- [19] 程征,李可大,宋梦,等.基于 TGF- β /BMP/Smad 信号通路治疗激素性股骨头坏死中医药研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(2):102-108.
- [20] 傅永升,谭茗月,王卫国,等.中药调控膝关节炎相关信号通路的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2023,29(22):231-243.

(收稿日期:2024-04-12)