

• 论 著 •

Latarjet 手术治疗肩关节前向脱位中螺钉固定与纽扣固定的生物力学对比分析



梁达强, 蒯声政, 李瑛, 丘志河, 李盛, 吴冰, 钟名金, 李皓, 柳海峰, 陆伟

深圳大学第一附属医院(深圳市第二人民医院)运动医学科(广东深圳 518000)

【摘要】 目的 通过生物力学分析,明确皮质纽扣作为内固定物在 Latarjet 手术中的应用价值。**方法** 选取 6~7 月龄雄性家猪肩关节标本 10 对,每对标本左右侧随机分为螺钉组及纽扣组。制备 25% 肩胛盂缺损模型,使用家猪冈下肌腱及其相连骨块作为修补骨块,螺钉组使用 2 枚 3.5 mm 螺钉固定,纽扣组使用双皮质纽扣、高强度线打结挤压固定。将制作好的肩胛盂缺损修复模型固定于生物力学测试台,分别在肩胛盂及骨块上固定光学标记点。对模型进行疲劳试验,观察移植骨块或内固定物是否脱落;同时在测试过程中,通过光学标记点测量两组骨块与肩胛盂之间相对位移量的标准差。接着进行最大失败载荷测试,对比两组最大失败载荷。**结果** 疲劳试验显示,10 对肩关节标本均未出现肌腱撕裂、骨块骨折等移植失效情况,内固定物均未出现断裂情况。螺钉组和纽扣组相对位移量的标准差分别为 (0.007 87±0.001 44) mm 和 (0.034 88±0.011 10) mm,比较差异有统计学意义 ($t=7.682, P=0.000$);最大失败载荷分别为 (265±39) N 和 (275±52) N,比较差异无统计学意义 ($t=1.386, P=0.199$)。失败方式主要有 3 种:骨块在螺钉孔位置裂开(螺钉组 6 个、纽扣组 3 个),钳夹的腱性部分撕裂(两组各 2 个),肌腱止点在内固定物接触界面撕裂(螺钉组 2 个、纽扣组 5 个),两组比较差异无统计学意义 ($P=0.395$)。**结论** 尽管皮质纽扣未能达到金属螺钉的坚强固定稳定性,但其固定稳定性已能满足临床要求;两种固定方式在 Latarjet 手术中能给予相似的固定强度。

【关键词】 肩关节不稳; Latarjet 手术; 生物力学试验; 纽扣固定; 螺钉固定

Biomechanical comparative analysis of screw fixation and cortical endo-button fixation in Latarjet procedure for anterior dislocation of shoulder joint

LIANG Daqiang, KUAI Shengzheng, LI Ying, QIU Zhihe, LI Sheng, WU Bing, ZHONG Mingjin, LI Hao, LIU Haifeng, LU Wei

Department of Sports Medicine, the First Affiliated Hospital of Shenzhen University (Shenzhen Second People's Hospital), Shenzhen Guangdong, 518000, P.R.China

Corresponding author: LU Wei, Email: 13922855513@139.com

【Abstract】 Objective To clarify the value of the cortical endo-button as an internal fixator in Latarjet procedure through biomechanical analysis. **Methods** Ten pairs of shoulder joints from 6-7 months old male pigs were selected. Each pair was randomly divided into screw group and endo-button group. A 25% glenoid defect model was created, and the porcine infraspinatus tendon and its associated bone were used to simulate conjoint tendon and coracoid process in human body. The bone grafts were fixed with two 3.5 mm screws and double cortical endo-buttons with high-strength sutures in screw group and endo-button group, respectively. The prepared glenoid defect model was fixed on a biomechanical test bench and optical markers were fixed on the glenoid and the bone block, respectively. Then fatigue test was performed to observe whether the graft or internal fixator would failed. During the test, the standard deviations of the relative displacement between the graft and the glenoid of two groups were measured by optical motion measure system for comparison. Finally the maximum failure load comparison was conducted and the maximum failure loads of the two groups were measured and compared. **Results** There was no tendon tear, bone fracture, and other graft or internal fixation failure in the two groups during the fatigue test. The standard deviation of the relative displacement of the screw

DOI: 10.7507/1002-1892.201909124

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (2018A030313834)

通信作者: 陆伟, Email: 13922855513@139.com

group was (0.007 87±0.001 44) mm, and that of the endo-button group was (0.034 88±0.011 10) mm, showing significant difference between the two groups ($t=7.682, P=0.000$). The maximum failure load was (265±39) N in screw group and (275±52) N in endo-button group, showing no significant difference between the two groups ($t=1.386, P=0.199$). There were 3 ways of failure: rupture at bone graft's tunnel (6/10 from screw group, 3/10 from endo-button group), tendon tear at the cramp (2/10 from screw group, 2/10 from endo-button group), and tendon tear at the internal fixator interface (2/10 from screw group, 5/10 from endo-button group), showing no significant difference between the two groups ($P=0.395$). **Conclusion** Although the endo-button fixation fails to achieve the same strong fixation stability as the screw fixation, its fixation stability can achieve the clinical requirements. The two fixation methods can provide similar fixation strength when being used in Latarjet procedure.

【Key words】 Shoulder joint instability; Latarjet procedure; biomechanical test; endo-button fixation; screw fixation

Foundation item: Natural Science Foundation of Guangdong Province (2018A030313834)

Latarjet 手术是治疗肩关节复发性前脱位的经典术式^[1-2],其主要原理是将喙突转位到关节盂前方缺损处,协同联合腱发挥遮挡作用。尽管既往系统回顾研究显示,近 3% 患者 Latarjet 术后发生肩关节脱位、3.3%~7.5% 患者术后存在复发性肱骨头半脱位^[3-4],但目前已有诸多报道证实该手术在恢复肩关节前向稳定性上具有令人满意的临床和生物力学结果^[3-6]。

该手术传统使用金属螺钉来固定转位的喙突及关节盂,既往研究也从临床和生物力学研究上证实了螺钉固定的良好效果^[7-8]。但螺钉固定仍存在相关的硬固定并发症,且该并发症发生率达 6.5% 以上^[4]。因此,一些研究主张使用皮质纽扣作为 Latarjet 手术的内固定物,以减少硬固定并发症的发生。有临床随访研究报道,使用纽扣固定的 Latarjet 术后 6 个月,91% 患者骨块愈合,14 个月无患者出现神经性或植入物相关并发症^[9]。

尽管已有皮质纽扣固定疗效良好的临床报道^[9-10],但目前仍缺少其与金属螺钉固定在生物力学上的对比分析文献。本研究拟制备 Latarjet 手术动物模型,比较使用金属螺钉固定以及皮质纽扣固定骨块的生物力学强度差异,明确皮质纽扣作为一种内固定物在 Latarjet 手术中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 标本来源及分组

取 6~7 月龄雄性家猪新鲜肩关节标本 10 对,家猪标本购自经过健康监测的屠宰场。同一头家猪的左右 2 个肩关节标本随机分为 2 组,纽扣组采用 2 枚 endo-button 及 4 根高强缝线穿袢挤压固定,螺钉组采用 2 枚 3.5 mm 金属螺钉固定,模拟常规螺钉固定手术方式。

1.2 实验方法

1.2.1 肩胛孟缺损模型制备 将新鲜家猪肩关节标本解剖,暴露肩关节周围肌肉及腱性结构;由于家猪缺乏喙突,因此在考虑肌腱及所连骨块的大小、形状后,决定选取冈下肌腱及所连骨块作为联合腱、喙突的模拟物。仔细暴露家猪肩关节冈下肌腱及其止点,用摆锯锯下其所连骨块,将骨块形状修整为 2.0 cm×1.2 cm×1.0 cm 大小,同时将肌腱上的残余肌肉去除,留下约 5 cm 长的腱性结构。切开发节囊,暴露整个关节盂面,将关节盂面从内侧平行孟面锯下,保留约 2 cm 厚度。利用 Burkhart 等^[11]改良的关节盂缺损面积计算方法[公式为:关节盂缺损面积=(B-A)/2B×100%,其中 B 为最适圆半径,A 为截骨缘距圆心距离],制备约 25% 肩胛孟缺损模型。具体操作方法:通过游标卡尺测量出 B 后,由于缺损面积已设置为 25%,根据公式反推出达需要保留骨量时 A 的长度后,用摆锯在与关节盂面长轴平行的方向锯下 A 以外部分。见图 1。随后在水平中心偏上区域钻取 4 mm 大小的孔,用于将

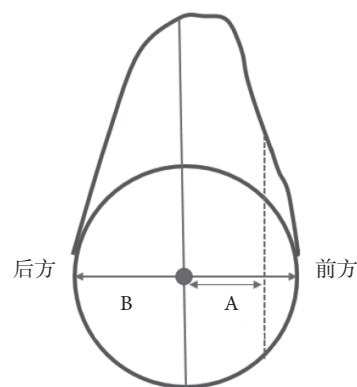


图 1 右肩关节盂缺损模型截骨量计算方法

Fig.1 Method for calculating the amount of osteotomy in the construction of glenoid defect model of right shoulder

标本固定于生物力学测试台上。

1.2.2 手术方法 所有动物模型的 Latarjet 手术均由同 1 名高年资医师完成。螺钉组：先将骨块固定在肩胛盂赤道水平面偏下，保持骨块与盂面平整，用 3.2 mm 钻头在中心线下（约 3 : 30 位置）平行钻穿肩胛盂及骨块，然后用 3.5 mm 皮质螺钉进行固定；再次用 3.2 mm 钻头在约 5 : 00 位置钻取骨道，注意两孔之间保留 8 mm 以上的骨桥，使用第 2 枚 3.5 mm 皮质螺钉进行固定。纽扣组：骨块放置位置与螺钉组相同，使用 3.0 mm 克氏针在骨块中心钻取 1 个贯穿骨块及关节盂的骨道；使用 4 根高强度线穿过纽扣钛板后，通过可吸收缝线将高强度线引过骨道，在关节盂后方将线尾分别穿过另 1 个纽扣钛板，调整骨块位置到与盂面平整后，将 4 根高强度线均用 100 N 张力打结固定，以获得持续的挤压固定^[12]。见图 2。

1.2.3 生物力学测试台安装 根据预试验测试结果定制 1 块聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA) 材料，作为生物力学测试的模型固定台。在 PMMA 的垂直面先植入 1 枚 4 mm 螺棒，随后将肩胛盂骨块拧入螺棒，直到肩胛盂平面紧贴 PMMA 垂直面，同时使骨块上的肌腱残端垂直向上，便于进一步试验；在 PMMA 垂直面螺棒孔上方约 5 mm 处钻取一 3.5 mm 的螺纹孔；当肩胛盂骨块拧好后，在垂直板的后方植入 1 枚 3.5 mm 自攻螺钉，攻入肩胛盂的骨松质约 5 mm 以上，从而使肩胛盂在 PMMA 上达到坚强固定，防止生物力学试验时肩胛盂骨块产生旋转。将肩关节标本与 PMMA 测试台固定好后，调整好位置，用 2 个 C 型台钳将 PMMA 底座固定到 CMT6104 万能材料试验机 (MTS 公司, 美国) 上。

光学标记点安装：将光学标记点分别固定在肩胛盂及骨块上；通过将光学标记点 A 安装在螺棒上，作为肩胛盂的位移标识；通过一特制夹子将光学标记点 B 固定在骨块上，注意夹子与 PMMA 垂直面之间不能产生接触，防止二者间的摩擦力影响实验结果。用挤压钳夹住腱性部分进行最后的固定。见图 3。将万能材料试验机牵拉方向垂直向上，模拟患者术后早期联合腱对骨块的牵拉作用。

1.2.4 生物力学测试方法 根据既往研究报道的模型^[13]，本研究设置了两组力学条件下的分析方案：① 疲劳试验：采用万能材料试验机，首先进行拉力 2 ~ 20 N、频率 0.5 Hz、循环 100 次的疲劳试验，通过 Optotrak Centus 三维非接触式光电运动捕捉系统 (NDI 公司, 加拿大) 对两组骨块与肩胛盂的相对位移情况进行捕捉，实时记录骨块与肩胛盂相对位移量并计算标准差，以反映这些数据的离散程度，离散程度越高（即标准差越大），说明位移量越大；同时观察移植骨块或内固定物是否脱落。② 最大失败载荷试验：根据预试验结果，本试验模型以 4 cm/min 速度逐渐牵拉肌腱，直至力矩记录曲线出现峰值拐点，记为两组的最大失败载荷。本试验中的失败定义为肌腱、骨块或肩胛盂的连续性中断，观察并记录失败的方式。

1.3 统计学方法

采用 SPSS21.0 统计软件进行分析。先通过 Shapiro-Wilk 检验数据是否符合正态分布；正态分布结果以均数±标准差表示，统计检验前行方差齐性检验。相对位移量的标准差、最大失败载荷符合正态分布，组间比较采用配对 t 检验；两组失败方式构成比较采用 Fisher 确切概率法。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

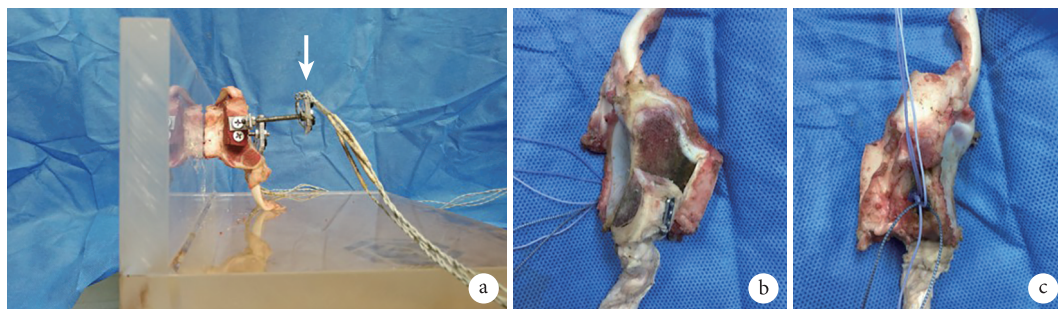


图 2 两组标本固定示意图 a. 螺钉组骨块及固定台的矢状面观，可见固定骨块的螺钉位置以及光学标记点（箭头）；b. 纽扣组标本前面观，可见固定骨块的皮质纽扣；c. 纽扣组标本后面观，可见打结后的高强度线

Fig.2 Schematic diagram of the fixation of the two groups' specimens a. Sagittal view of the bone graft in screw group and fixation frame, the position of screws fixing the bone graft and the optical identification point could be seen (arrow); b. Front view of the specimen in endobutton group, cortical endobutton fixing the bone graft could be seen; c. Back view of the specimen in endobutton group, the knotted high-strength suture could be seen

2 结果

疲劳试验显示, 10 对肩关节标本均未出现肌腱撕裂、骨块骨折等移植物失效情况, 内固定物均未出现断裂情况。螺钉组和纽扣组相对位移量的标准差分别为 $(0.007\ 87 \pm 0.001\ 44)$ mm 和 $(0.034\ 88 \pm$

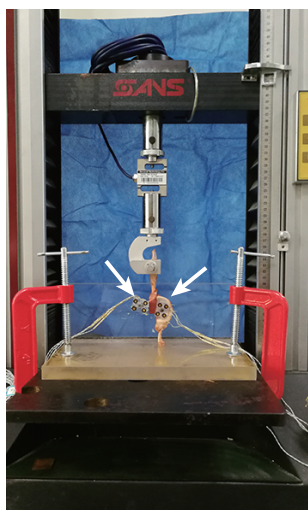


图 3 生物力学测试系统示意图 (箭头示光学标记点)

Fig.3 Schematic diagram of biomechanical test system (arrow indicated optical markers)

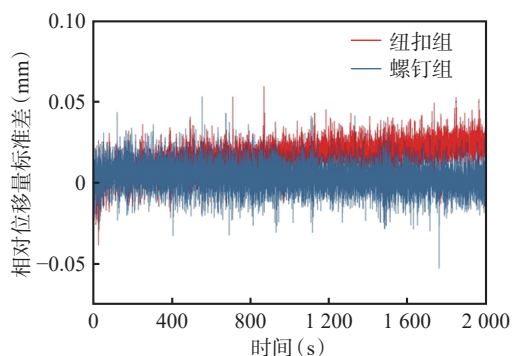


图 4 两组疲劳试验的位移图

Fig.4 Displacement curves of two groups of fatigue tests

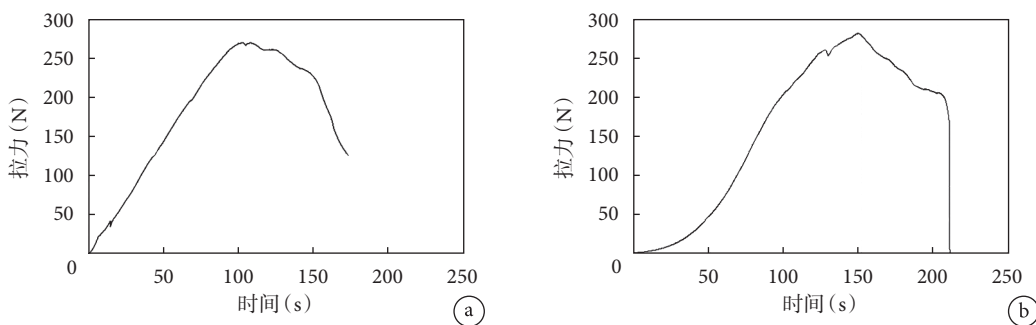


图 5 两组拉断曲线 (峰值示最大失败载荷) a. 螺钉组; b. 纽扣组

Fig.5 Pull-off curves (peak value showed the maximum failure load) of the two groups a. Screw group; b. Endo-button group

$0.011\ 10)$ mm, 差异有统计学意义 ($t=7.682, P=0.000$)。见图 4。螺钉组和纽扣组的最大失败载荷分别为 (265 ± 39) N 和 (275 ± 52) N, 差异无统计学意义 ($t=1.386, P=0.199$)。见图 5。失败方式主要有 3 种: 骨块在螺钉孔位置裂开 (螺钉组 6 个、纽扣组 3 个), 钳夹的腱性部分撕裂 (两组各 2 个), 肌腱止点在内固定物接触界面撕裂 (螺钉组 2 个、纽扣组 5 个); 两组比较差异无统计学意义 ($P=0.395$)。见图 6。

3 讨论

Latarjet 手术作为治疗复发性肩关节脱位的经典手术, 自 1954 年由法国医生 Latarjet^[1]发明以来, 经历了诸多改进。随着关节镜技术的成熟, 该项技术逐渐可以在关节镜下完成, 尽管镜下手术的学习曲线更长、手术难度更高, 但其具有创伤小、定位精确等优势, 仍有许多骨科医生趋之若鹜。但在移植物固定方式的选择上仍有较大争议。螺钉固定为传统的坚强固定方式, 但既往临床随访报道显示, 采用螺钉固定的肩关节脱位术后, 10.1% 患者出现术后骨不连、术后骨块移位或骨折, 1.6% 出现严重的骨吸收, 1.5% 出现术中骨块骨折, 2.4% ~ 6.5% 出现螺钉相关并发症 (螺钉断裂、扭转、与肱骨头发生撞击等)^[4, 14]。随后, 2016 年 Boileau 等^[12]提出使用特质圆形纽扣扣板代替螺钉进行骨块固定引起了广泛关注。2 年的临床随访结果显示, 皮质纽扣固定有着与螺钉固定相近的骨块愈合率及临床效果, 同时纽扣固定的患者未观察到螺钉固定导致的神经损伤以及前述其他螺钉固定相关并发症^[9, 12]。尽管前述研究证实了皮质纽扣固定优异的临床效果, 但不少学者仍对皮质纽扣固定强度持有怀疑态度, 认为仅靠钛板挤压固定结合高强缝线打结强度不足, 容易发生术后固定失效。

本研究以家猪肩关节标本制备肩胛盂缺损修

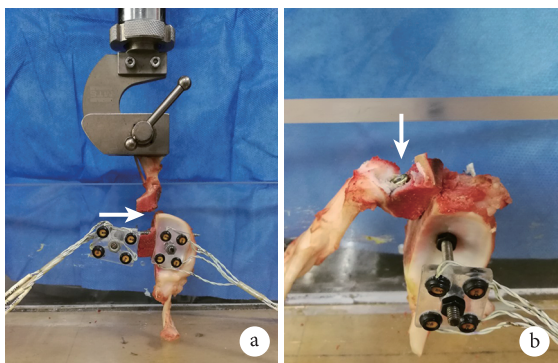


图6 两组失败情况示意图 a. 螺钉组标本在拉断试验中出现骨块在螺钉孔位置裂开; b. 纽扣组标本在拉断试验中出现肌腱在内固定物接触界面撕裂

Fig.6 Schematic diagram of the failure situation of the two groups a. In the screw group, rupture at bone graft's screw tunnel could be seen after the failure test; b. In the endo-button group, tear at the internal fixator interface could be seen after the failure test

复模拟模型,比较 Latarjet 手术中使用金属螺钉固定以及皮质纽扣固定骨块的生物力学强度差异,明确皮质纽扣作为一种内固定物在此手术中的应用价值。根据既往文献报道^[6],我们以拉力 2~20 N、频率 0.5 Hz、循环 100 次进行疲劳试验,模拟患者术后早期屈肘活动对骨块产生的作用效果。通过统计每例标本实时相对位移量的标准差,来表示骨块与肩胛盂之间位移的波动大小。位移曲线显示,螺钉组骨块与肩胛盂之间位移的波动较纽扣组小;统计分析结果也表明,螺钉组比纽扣组有更好的固定稳定性。尽管如此,本研究测量出的纽扣组相对位移量的标准差均值不超过 0.05 mm,我们认为在此模型中纽扣固定稳定性能满足临床所需;同时考虑到人体实际有肩胛下肌的遮挡,我们认为该微小位移在人体中可以忽略。

本研究模型的模拟原理为,患者接受 Latarjet 手术后,绝大多数早期需要固定患侧上肢于旋转中立位 2 周,限制了肱骨头前向滑动,减少了肱骨头对移植骨块的作用力,利于骨块愈合;此时间段联合腱对骨块的作用力,则为骨块所受到的主要作用力^[6]。而在本模型中,该肌腱对骨块的作用力可被模拟为沿肌腱长轴方向牵拉所产生的力。本研究结果表明,螺钉组与纽扣组的最大失败载荷差异并无统计学意义,在一定程度上反映皮质纽扣固定强度可以满足临床所需。鉴于既往关于传统螺钉固定方式所导致的较高术后并发症发生率^[4,14],我们认为双皮质纽扣挤压固定可能具有更高的安全性。

生物力学分析作为佐证骨科手术效果、植入物各种性能分析的重要研究手段,近年来在骨科领域

得到充分应用^[15-16]。而对于 Latarjet 手术的相关生物力学研究,既往国内外也有相关报道。Barrett 等^[17]对比了 20% 肩胛盂缺损模型、Latarjet 喙突转位、单纯联合腱转位固定 3 种模型的肱骨头活动度改变,结果显示,Latarjet 手术不会影响肱骨头的活动度;同时在高强度负荷时,Latarjet 手术组模型相比单纯联合腱转位模型有更好的稳定性。这在一定程度上证明了对复发性肩关节前脱位患者,Latarjet 手术能有效恢复关节稳定性。而对于术中内固定物的选择,此前已有针对螺钉固定生物力学性能的研究。Weppe 等^[18]应用双皮质踝螺钉进行骨块固定,随后进行最大失败载荷测定,测得的平均最大失败载荷为 202 N;Montgomery 等^[6]对骨块平行转位、内旋 90° 转位的生物力学进行了比较,在使用螺钉作为内固定物的情况下,测得的平均最大失败载荷为 303 N。上述实验结果不尽相同,可能与模型的动物种类、制作方式有关。考虑到此前已有学者将猪肩关节模型用于肩关节手术的研究^[19],我们认为本研究结果具有一定的临床指导价值。

根据本研究结果,螺钉组最常见的失败方式为骨块在螺钉孔处裂开,而纽扣组为内固定物接触界面撕裂。这可能是因为与纽扣组相比,螺钉组需要钻取容积更大的骨道(1 个 3.2 mm 骨道),同时在牵引肌腱、骨块受力的情况下,螺钉上的螺纹对骨块存在直接切割作用,因此骨块裂开的情况较为常见。这对于我们在术中选择固定方式可能有一定指导价值。对于骨密度较低的患者,双袢挤压固定可能有更好的临床效果,但仍需进一步临床数据支持。

本研究对皮质纽扣固定、螺钉固定在 Latarjet 手术中的应用价值进行生物力学比较,为纽扣固定在该手术中的临床应用提供了相关的基础理论支持。但本研究存在以下几项不足:首先,由于新鲜尸体标本来源有限,本研究选用了猪肩关节。尽管猪肩胛盂与人肩胛盂外形十分接近,但猪肌腱、骨质的力学强度与人的具体差异尚不可知,仍需要使用尸体标本进行进一步生物力学分析。其次,本模型的构建存在一定局限,缺乏肩胛下肌对骨块遮挡作用的模拟,导致疲劳试验的位移结论可能存在一定失真;进一步研究需要完善肩关节 Latarjet 手术模型的构建,以便得出更为符合人体的生物力学结论。

综上所述,尽管皮质纽扣固定未能达到金属螺钉的坚强固定稳定性,但其固定稳定性已能满足临床要求;两种固定方式在 Latarjet 手术中能给予相似的固定强度。

作者贡献:梁达强、蒯声政、陆伟参与实验设计; 梁达强、蒯声政、李瑛、丘志河、李盛、吴冰、钟名金参与实验实施; 蒯声政负责数据收集、统计分析; 梁达强负责文章撰写; 李皓、柳海峰、陆伟负责对文章知识性内容作批评性审阅。

利益冲突:所有作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。课题经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

参考文献

- Latarjet M. Treatment of recurrent dislocation of the shoulder. *Lyon Chir*, 1954, 49(8): 994-997.
- 梁达强, 丘志河, 柳海峰, 等. 肩关节前向脱位及合并损伤的手术治疗进展. *中国修复重建外科杂志*, 2019, 33(6): 768-773.
- Longo UG, Loppini M, Rizzello G, *et al.* Latarjet, Bristow, and Eden-Hybinette procedures for anterior shoulder dislocation: systematic review and quantitative synthesis of the literature. *Arthroscopy*, 2014, 30(9): 1184-1211.
- Butt U, Charalambous CP. Complications associated with open coracoid transfer procedures for shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg*, 2012, 21(8): 1110-1119.
- Giles JW, Boons HW, Elkinson I, *et al.* Does the dynamic sling effect of the Latarjet procedure improve shoulder stability? A biomechanical evaluation. *J Shoulder Elbow Surg*, 2013, 22(6): 821-827.
- Montgomery SR, Katthagen JC, Mikula JD, *et al.* Anatomic and biomechanical comparison of the classic and congruent-arc techniques of the Latarjet procedure. *Am J Sports Med*, 2017, 45(6): 1252-1260.
- An VV, Sivakumar BS, Phan K, *et al.* A systematic review and meta-analysis of clinical and patient-reported outcomes following two procedures for recurrent traumatic anterior instability of the shoulder: Latarjet procedure vs. Bankart repair. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(5): 853-863.
- Yamamoto N, Muraki T, An KN, *et al.* The stabilizing mechanism of the Latarjet procedure: a cadaveric study. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2013, 95(15): 1390-1397.
- Gendre P, Thélou CE, d'Ollonne T, *et al.* Coracoid bone block fixation with cortical buttons: An alternative to screw fixation? *Orthop Traumatol Surg Res*, 2016, 102(8): 983-987.
- 黄刚, 柳海峰, 谢卫勇, 等. 关节镜下改良弹性固定 Latarjet 术治疗一例慢性锁定性肩关节前脱位. *中国修复重建外科杂志*, 2019, 33(3): 387-389.
- Burkhart SS, Debeer JF, Tehrany AM, *et al.* Quantifying glenoid bone loss arthroscopically in shoulder instability. *Arthroscopy*, 2002, 18(5): 488-491.
- Boileau P, Gendre P, Baba M, *et al.* A guided surgical approach and novel fixation method for arthroscopic Latarjet. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(1): 78-89.
- Golish SR, Caldwell PE 3rd, Miller MD, *et al.* Interference screw versus suture anchor fixation for subpectoral tenodesis of the proximal biceps tendon: a cadaveric study. *Arthroscopy*, 2008, 24(10): 1103-1108.
- Griesser MJ, Harris JD, McCoy BW, *et al.* Complications and reoperations after Bristow-Latarjet shoulder stabilization: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*, 2013, 22(2): 286-292.
- Buchholz A, Martetschläger F, Siebenlist S, *et al.* Biomechanical comparison of intramedullary cortical button fixation and interference screw technique for subpectoral biceps tenodesis. *Arthroscopy*, 2013, 29(5): 845-853.
- Petersen SA, Bernard JA, Langdale ER, *et al.* Autologous distal clavicle versus autologous coracoid bone grafts for restoration of anterior-inferior glenoid bone loss: a biomechanical comparison. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(6): 960-966.
- Barrett Payne W, Kleiner MT, McGarry MH, *et al.* Biomechanical comparison of the Latarjet procedure with and without a coracoid bone block. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(2): 513-520.
- Weppe F, Magnussen RA, Lustig S, *et al.* A biomechanical evaluation of bicortical metal screw fixation versus absorbable interference screw fixation after coracoid transfer for anterior shoulder instability. *Arthroscopy*, 2011, 27(10): 1358-1363.
- Santos RBMD, Prazeres CMM, Fittipaldi RM, *et al.* Bankart lesion repair: biomechanical and anatomical analysis of Mason-Allen and simple sutures in a swine model. *Rev Bras Ortop*, 2018, 53(4): 454-459.

收稿日期: 2019-09-26 修回日期: 2020-02-08

本文编辑: 王雁