

[17] 李焱,唐康来. 拇外翻的微创治疗研究进展[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(47):3912-3916.  
LI Y, TANG KL. Research progress of minimally invasive treatment of hallux valgus[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2021, 101(47):3912-3916. Chinese.

[18] Schipper ON, Day J, Ray GS, et al. Percutaneous techniques in orthopedic foot and ankle surgery[J]. Orthop Clin North Am, 2020, 51(3):403-422.

[19] Holme TJ, Sivaloganathan SS, Patel B, et al. Third-generation minimally invasive Chevron Akin osteotomy for hallux valgus[J]. Foot Ankle Int, 2020, 41(1):50-56.

[20] Neufeld SK, Dean D, Hussaini S. Outcomes and surgical strategies of minimally invasive Chevron/Akin procedures[J]. Foot Ankle Int, 2021, 42(6):676-688.

[21] Jowett CRJ, Bedi HS. Preliminary results and learning curve of the minimally invasive Chevron Akin operation for hallux valgus[J]. J Foot Ankle Surg, 2017, 56(3):445-452.

[22] Giannini S, Faldini C, Nanni M, et al. A minimally invasive technique for surgical treatment of hallux valgus: simple, effective, rapid, inexpensive (SERI) [J]. Int Orthop, 2013, 37(9):1805-1813.

[23] 李学谦, 张解元, 傅绍菱, 等. 微创 Chevron-Akin 截骨术治疗轻中度拇外翻的早期疗效分析[J]. 中国骨伤, 2022, 35(9):824-829.  
LI XQ, ZHANG JY, FU SL, et al. Early efficacy analysis of minimally Chevron-Akin osteotomy for the treatment of mild to moderate hallux valgus[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2022, 35(9):824-829. Chinese with abstract in English.

[24] 李兵, 和文宝, 夏江, 等. 微创与传统 Chevron 截骨治疗轻中度拇外翻的疗效比较[J]. 中国骨伤, 2022, 35(9):818-824.  
LI B, HE WB, XIA J, et al. Comparison of minimally invasive and traditional Chevron osteotomy in treating patients with mild to moderate hallux valgus[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2022, 35(9):818-824. Chinese with abstract in English.

[25] 耿翔, 王之枫, 王晨, 等. 微创 Chevron 合并外侧软组织松解治疗轻中度拇外翻畸形的短期疗效分析[J]. 中国骨伤, 2022, 35(9):830-835.  
GENG X, WANG ZF, WANG C, et al. Short-term results of minimally invasive Chevron Osteotomy with lateral soft tissue release in treating mild to moderate hallux valgus[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2022, 35(9):830-835. Chinese with abstract in English.

(收稿日期:2022-07-27 本文编辑:李宜)

• 基础研究 •

# 叠加锚钉在骨质疏松骨模块中提高锚钉稳定性的研究

董伊隆, 钱约男, 刘略, 蔡春元  
(温州医科大学附属第三医院, 浙江 瑞安 325200)

**【摘要】** 目的:探索骨质疏松条件下叠加锚钉置入是否能提高锚钉的把持力,以期临床解决伴有骨质疏松的肩袖损伤的治疗。**方法:**选取 21 个同种异体骨质疏松股骨头标本,男 13 例,女 8 例;年龄 60~95(77.6±10.3)岁;左侧 9 例,右侧 12 例。将骨模块分为 3 组,每组 7 个。拧入单枚锚钉(A 组);拧入并联的 2 枚锚钉(B 组);拧入单枚锚钉,在拔出锚钉后,重新拧回锚钉,并紧贴该钉再拧入 1 枚锚钉(C 组)。置钉后 3 组均进行 X 线检查,观察锚钉在骨质疏松模块中的情况;随后进行力学试验,测量 3 组的最大轴向拔出力(Fmax)。**结果:**A、B、C 组 Fmax 分别为(170.35±31.21)、(314.47±23.47)、(292.74±25.36) N。与 A 组相比,B、C 组 Fmax 差异有统计学意义(P<0.05),而 B 组与 C 组 Fmax 比较差异无统计学意义(P>0.05)。**结论:**在骨质疏松模块中锚钉松动的前提下通过叠加锚钉可提高锚钉的把持力。该方法可为临床手术时单锚钉失效提供一种补救方法。

**【关键词】** 骨质疏松; 生物力学; 股骨头

中图分类号:R686.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.09.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基金项目:温州市医药卫生科研项目(编号:2020036)  
Fund program: Wenzhou Medical and Health Research Project(No. 2020036)  
通讯作者:蔡春元 E-mail: dongyilongdel@126.com  
Corresponding author: CAI Chun-yuan E-mail: dongyilongdel@126.com

**Experimental study on improving stability of anchor by adding anchor** DONG Yi-long, QIAN Yue-nan, LIU Lue, and CAI Chun-yuan. The Third Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Ruian 325200, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To explore whether anchor placement could improve holding force of anchors under the condition of osteoporosis, in order to solve the problem of clinical treatment for rotator cuff injury associated with osteoporosis. **Methods:** Twenty one bone modules, which included 13 males and 8 females aged from 60 to 95 years old with an average of (77.6±10.3) years old, and were divided into three experimental groups named as group A, B and C, and 7 in each group. A single anchor was inserted in group A, two parallel anchors were screwed in group B, and a single anchor was screwed in group C, then after the anchor was pulled out, anchor was screwed back and another anchor was screwed in close to the anchor. X-ray examination was performed in all three groups to observe situation of anchor in osteoporosis module; the maximum axial pull-out force (Fmax) of the three groups was measured. **Results:** Fmax of group A, B and C was (170.35±31.21) N, (314.47±23.47) N, and (292.74±25.36) N, respectively. Compared with group A, there were statistical difference of Fmax in group B and C ( $P<0.05$ ), while no difference of Fmax between group B and C ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** In the case of loose anchors in the osteoporosis module, holding force of anchors could be improved by adding anchor, which provide a remedy for single anchor failure in clinical operation.

**KEYWORDS** Osteoporosis; Biomechanics; Femur head

随着社会老龄化加剧,伴有骨质疏松的肩袖损伤患者越来越多<sup>[1-3]</sup>。骨质疏松带来的骨密度下降会严重影响锚钉的把持力,导致锚钉松动,甚至脱离<sup>[4]</sup>,而锚钉松动拔出等锚钉固定失败是导致肩袖修补手术失败的主要原因之一<sup>[5]</sup>。因此,临床急需一种方法在不改变患者骨密度的前提下来提高锚钉的把持力。笔者假设在原松动的锚钉旁再置入 1 枚锚钉,即叠加锚钉,以增强原锚钉的把持力,该假设是基于较大直径的锚钉比较小直径的锚钉具有更大的把持力,并且 2 个锚钉(螺纹对螺纹)的配置比单个锚钉螺纹结构更强。因此,本研究通过股骨头标本模拟骨质疏松肱骨大结节区域结构测量该模型联合锚钉的稳定性,以期临床解决手术时单锚钉失效的问题。

## 1 资料与方法

### 1.1 试验标本

北京运康恒业生物科技有限公司提供的同种异体骨质疏松股骨头标本 21 个,为完整的股骨头标本,排除肉眼观察或 X 线证实有肿瘤、结核、风湿、骨折等病变及解剖学异常的标本。其中男 13 例,女 8 例;年龄 60~95(77.6±10.3)岁;左侧 9 例,右侧 12 例。

### 1.2 试验工具

(1)电动摆锯等解剖器械(美国 Stryker 公司)。(2)锚钉的强化材料:PMMA 骨水泥(天津合成材料工业研究所)。(3)带线锚钉(施乐辉 TwinFix Ti 5.0)。(4)数字 X 线机(DirectView DR7500, Kodak, USA),由瑞安市人民医院提供。(5)生物力学机(美国 BOSE ESG 公司)。(6)CAD 图像处理软件(Computer Aided Design, 美国 Autodesk 公司)。(7)标本夹具(自备)及牙脱石粉和自凝牙脱水(上海珊瑚化工厂)。

### 1.3 试验标本制作与固定

北京运康恒业生物科技有限公司提供的同种异体股骨头,经定量 CT(quantitative computed tomogra-

phy, QCT)筛选骨密度(bone mineral density, BMD) < 120 mg/cm<sup>3</sup> 的股骨头作为试验对象,本研究中利用电动摆锯将股骨头标本切割成 3 cm×3 cm×3 cm 大小的立方体,完全去除股骨头软骨,原股骨颈处灌注调配好的自凝型牙脱粉,使其牢固固定底座。

### 1.4 分组与干预措施

将 21 个骨质疏松骨模块随机分为 A、B 和 C 3 组,每组 7 个。采用相同的方法制备钉道,开孔器建立骨道,骨道深度 20 mm, A 组拧入单枚锚钉, B 组拧入并联的 2 枚锚钉; C 组拧入单枚锚钉,在力学试验拔出锚钉后,重新拧回锚钉,并紧贴该钉再拧入 1 枚锚钉。

### 1.5 检测项目与方法

试验模型完成后,对所有标本进行 X 线检查,了解锚钉在骨模块中的情况。将已置钉的骨模块通过特制的夹具固定 BOSE 生物力学机上,沿锚钉长轴方向以 5 mm/min 的加载速度进行拔出力学试验,以锚钉拔出骨破坏后停止加载。锚钉被拔出的判断标准是位移-拔出曲线从最高点后随即明显下降。试验机的载荷信号由计算机数据采集系统记录,并由相应的测试软件计算出螺钉的最大拔出力(maximum pullout force, Fmax)。为保证力学测量的高精度,试验所制作的置钉骨模块在模型制作、材料力学、高度、加载方式、结构处理上保持一致。

### 1.6 统计学处理

采用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析。定量资料采用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,采用 Levene 法进行方差齐性检验,3 组数据比较采用方差分析,两两比较采用 LSD-t 检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 X 光线示 3 组锚钉在骨模块中情况

A 组单枚锚钉螺纹直接与骨接触(图 1); B 组在

骨质疏松模块中 2 枚锚钉并联;C 组在骨质疏松模块中 2 枚锚钉并联,锚钉螺纹与螺纹相互铰链(图 2)。

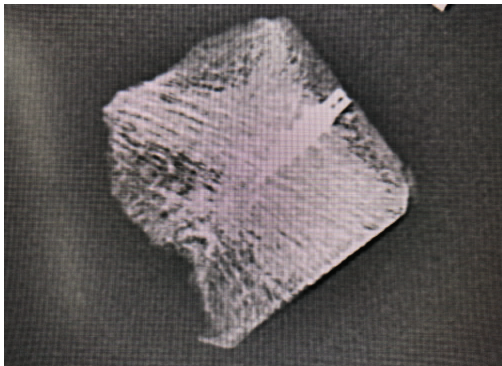


图 1 单枚锚钉螺纹直接与骨接触  
Fig.1 Single anchor screw thread in direct contact with bone

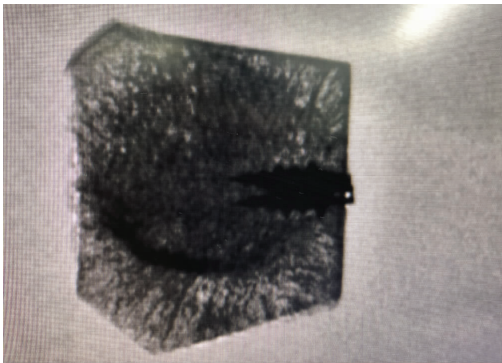


图 2 叠加锚钉置入,锚钉螺纹与螺纹相互铰链  
Fig.2 Superimposed anchor screw in, anchor screw thread and thread hinge each other

### 2.2 各组间最大轴向拔出力的比较

如图 3 所示,锚钉拔出后各组模块均有不同程度的破坏。A、B、C 组  $F_{max}$  分别为  $(170.35 \pm 31.21)$ 、 $(314.47 \pm 23.47)$ 、 $(292.74 \pm 25.36)$  N, 3 组比较差异有统计学意义  $(F=10.23, P<0.05)$ 。A 组与 B 组  $F_{max}$  比较差异有统计学意义  $(t=9.765, P<0.05)$ ; A 组与 C 组比较差异有统计学意义  $(t=8.052, P<0.05)$ ; 而 B 组与 C 组比较差异无统计学意义  $(t=1.664, P>0.05)$ 。

### 3 讨论

Yamamoto 等<sup>[3]</sup>流行病学调查发现 60 岁以上人群出现肩袖损伤高达 25% 以上。而国内的流行病学调查发现 40 岁以上男性罹患骨质疏松高达 11.8%, 女性则高达 14.2%, 同时随着年龄增长, 骨质疏松的患病率也逐年升高, 其中 50 岁以上女性患病率明显增高<sup>[6]</sup>。故临床上伴有骨质疏松的肩袖损伤越来越多, 而关节镜下带线锚钉缝合修补损伤肩袖已成为肩袖损伤手术治疗的主要方法<sup>[7]</sup>, 锚钉拔出等锚钉

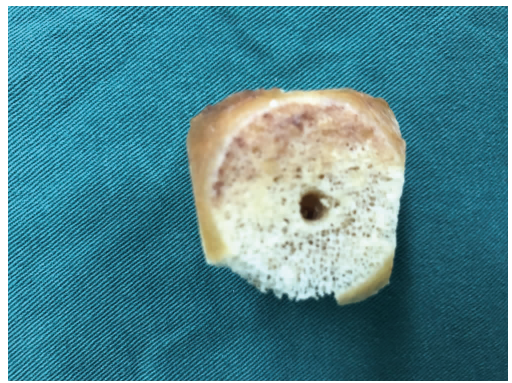


图 3 锚钉拔出后骨质疏松模块有所破坏  
Fig.3 Osteoporotic module is damaged after anchor is pulled out

固定失败是导致肩袖修补手术失败的主要原因之一<sup>[5]</sup>。一旦发生锚钉拔出, 不仅影响肩袖修补愈合的成功率, 而且拔出的锚钉在关节腔内形成异物, 对关节内的组织结构产生不可逆的损害。而导致锚钉拔出失效主要与锚钉的设计、患者骨质密度, 以及锚钉插入深度和插入角度等因素相关<sup>[8]</sup>。由于手术医生无法掌控锚钉的设计和患者的骨质密度, 同时在术中置钉打结时常出现锚钉拔出的情况, 如何在术中解决锚钉拔出并提高锚钉的稳定性, 是亟需解决的问题。笔者基于前期试验, 较大直径的锚钉比较小直径的锚钉具有更大的把持力, Brady 等<sup>[9]</sup>研究也证实大直径的锚钉比小直径的锚钉具有更大的把持力。因此, 设计使用第 2 个锚钉作为辅助来增强第 1 枚锚钉抗拔力的方式来增强锚钉稳定性, 并进行生物力学研究。

本研究采取股骨头标本代替肱骨近端标本, 基于以下几点: (1) 因为骨质疏松股骨头标本相对充裕, 由于老年股骨颈骨折患者选择髋关节置换术, 故股骨头标本不必等待患者死亡即可获得。(2) 相对于目前采用聚氨酯骨质疏松模块进行生物力学研究试验<sup>[10]</sup>, 股骨头标本微观骨结构更接近肱骨近端。(3) 临床为提高肩袖组织和肱骨大结节的愈合率, 需打磨去除肱骨大结节皮质, 在骨松质内置钉。而本研究的股骨头骨模块去除皮质和软骨, 使骨模块更接近真实状态的肱骨大结节。故基于来源相对充裕和骨结构近似, 本研究选用股骨头来模拟骨质疏松条件下的肱骨近端结构, 通过生物力学试验来验证第 2 个锚钉作为辅助钉来增强第 1 枚锚钉抗拔力的技术, 同时测量如此置钉的力学稳定性。

由于第 1 个锚钉位置往往是术者所寻找到缝合肩袖最佳的固定位置。若出现锚钉脱出的情况, 需放弃该定位点, 另寻固定位置, 而另寻的固定点并非肩袖缝合的最佳点, 或者想方设法恢复或第 1 枚锚钉

的稳定性。本研究结果发现：在 A 组中，仅需 (168.75±32.19) N 可拔出锚钉，B、C 组明显提高锚钉的把持力至 (318.35±20.58)、(289.42±21.74) N，双锚钉拔出强度明显大于单锚钉结构。这结果也验证了之前的假说，较大直径的锚钉比较小直径的锚钉具有更大的把持力，并且 2 个锚钉（螺纹对螺纹）的配置比单个锚钉螺纹结构更强。而 B、C 组 F<sub>max</sub> 比较差异无统计学意义，表明在原单枚锚钉失效后，通过补救锚钉可使把持力恢复到双锚钉状态。这在锚钉松动的前提下通过补救锚钉的外科技术提供了生物力学支持。同时双锚钉除了提高把持力，其 2 倍数量的缝合线可降低任何一条缝线的张力<sup>[11]</sup>，使术者在缝合肩袖中获益。笔者认为双锚钉其生物力学强度提高的原因可能在于增加了螺纹表面积，增加的表面积使与骨接触的面积加大，从而对骨产生更大的摩擦固定。

本研究存在不足之处：(1)真实的肱骨大结节并不是一个平面，不同区域骨密度不一致，而本试验的骨模块制作成一个平面，也并未考虑肱骨近端的解剖形态对锚钉的受力情况的影响。本研究也并未考虑肩袖等肌肉软组织结构对锚钉和骨组织应力分析的影响。(2)本研究并没有对其他制造商的锚钉进行测试，直接得出辅助锚钉能提高任何拧入式锚钉的把持力。(3)最后本研究并没有进一步研究 2 枚锚钉间的距离是否对锚钉的把持力产生影响。上述不足之处，仍需更多类似的生物力学研究进行验证，同时下一步研究将进行 2 枚锚钉不同距离对锚钉稳定性影响的研究。

综上所述，本研究结果表明，在骨质疏松模块中锚钉松动的情况下通过辅助锚钉，即联合锚钉可提高锚钉的把持力。该方法可为临床手术时单锚钉失效提供一种补救方法。

#### 参考文献

[1] 沈海良,周骁栋,叶秋杰. 关节镜下肩袖肱骨止点内移技术与传统技术治疗巨大肩袖撕裂的疗效比较[J]. 中国骨伤, 2020, 33(4): 312-316.

SHEN HL, ZHOU RD, YE QJ. A comparative study of technique of humeral ending insertion of rotator cuff under arthroscopy and traditional techniques in the treatment of giant rotator cuff tear [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2020, 33(4): 312-316. Chinese with abstract in English.

- [2] 曹寅生, 万云峰. 肩袖撕裂修补术后腱骨愈合的研究进展[J]. 中国骨伤, 2018, 31(12): 1172-1179.  
CAO YS, WAN YF. Progress on tendon to bone healing after rotator cuff repair [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(12): 1172-1179. Chinese with abstract in English.
- [3] Yamamoto A, Takagishi K, O sawa T, et al. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2010, 19(1): 116-120.
- [4] Mall NA, Tanaka MJ, Choi LS, et al. Factors affecting rotator cuff healing [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(9): 778-788.
- [5] Benson EC, MacDermid JC, Drosdowech DS, et al. The incidence of early metallic suture anchor pullout after arthroscopic rotator cuff repair [J]. Arthroscopy, 2010, 26(3): 310-315.
- [6] 韩亚军, 帖小佳, 伊力哈木·托合提. 中国中老年人骨质疏松症患者病率的 Meta 分析 [J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(7): 1129-1134.  
HAN YJ, TIE XJ, YILIHAMU THT. Meta-analysis on the prevalence rate of osteoporosis in the middle-aged and elderly in China [J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2014, 18(7): 1129-1134. Chinese.
- [7] Cheon SJ, Lee HY, Jeon WK. Arthroscopic treatment for intratendinous rotator cuff tear results in satisfactory clinical outcomes and structural integrity [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(12): 3797-3803.
- [8] Barber FA, Herbert MA. All-suture anchors: biomechanical analysis of pullout strength, displacement, and failure mode [J]. Arthroscopy, 2017, 33(6): 1113-1121.
- [9] Brady PC, Arrigoni P, Burkhart SS. What do you do when you have a loose screw [J]. Arthroscopy, 2006, 22(9): 925-930.
- [10] Kiyak G, Balıkcı T, Heydar AM, et al. Comparison of the pullout strength of different Pedicle screw designs and augmentation techniques in an osteoporotic bone model [J]. Asian Spine J, 2018, 12(1): 3-11.
- [11] Denard PJ, Burkhart SS. Techniques for managing poor quality tissue and bone during arthroscopic rotator cuff repair [J]. Arthroscopy, 2011, 27(10): 1409-1421.

(收稿日期: 2021-06-30 本文编辑: 李宜)