DOI:10.16571/j.cnki.1008-8199.2015.02.017

综　　述

肩袖损伤的机制与修复方法的研究现状及进展

徐鸿尧综述，赵建宁，包倪荣审校

[摘要]　肩袖损伤的机制可能与反复的肩峰下撞击、缺血退变、不正常的生物力学因素有关，在修复时根据损伤的大小以及类型、急性还是慢性，可以采取不同的修复方法。肩袖损伤后在多种因素的影响下，传统修复方法成功率较低。伴随组织工程学和材料学的发展，未来在进一步了解损伤机制的条件下，新材料的运用可能会取得确切效果。

[关键词]　肩袖损伤; 机制; 修复

[中图分类号]　R686　　[文献标志码]　A　　[文章编号]　1008-8199(2015)02-0212-06

Progress on the mechanism and repair of the rotator cuff injury

XU Hong-yao *reviewing*, ZHAO Jian-ning, BAO Ni-rong *checking*

(*Department of Orthopaedics, Nanjing Clinical Medicine Hospital of Second Military Medical University/Nanjing General Hospital of Nanjing Military Region, PLA, Nanjing* 210002, *Jiangsu, China*)

[Abstract]　The rotator cuff injury may be associated with subacromial impingement, ischemic degeneration, abnormal biomechanical factors, However, depending on the size and type of repair, acute or chronic injury, can need different repair methods. Under the influence of various factors, traditional repair methods have the lower success rate for rotator cuff injury. With deeply understanding the mechanism of injury and the development of tissue engineering and materials science, the treatment of rotator cuff injury may get the better results with the use of new materials.

[Key words]　Rotator Cuff Injury; Mechanism; Repair

0　引　　言

肩袖又称旋转袖，是由肩关节上方的冈上肌、后方的冈下肌及小圆肌、前方的肩胛下肌肌腱包绕在肱骨头周围的一组肌腱复合体，这些肌腱的运动导致肩关节旋内，旋外和上举活动，其对维持肩关节的稳定和肩关节活动起着极其重要的作用。肩袖损伤约在临床很常见，绝大多数有外伤史，是造成肩关节疼痛及功能障碍的主要疾病; 肩袖损伤占肩关节疾患的 20%，研究同时发现部分或全层肩袖损伤已经被认为是一种功能性疾病，自 40 岁开始发生率 逐年增长，正确诊断早期修复是肩袖损伤取得良好治疗效果的关键[1]。本文就肩袖损伤机制及其修复方式的研究现状和进展作一综述。

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK2012776)

作者单位: 210002 南京，第二军医大学南京临床医学院(南京军区南京总医院)骨科 [徐鸿尧(医学硕士研究生)、赵建宁、包倪荣]

通讯作者: 包倪荣，E-mail: bnrbnr@sina.com

1　肩袖损伤的机制

1.1　撞击学说　肩关节是个活动非常灵活的关节，可进行大范围的运动，长期的磨损积累可能是其容易损伤的原因之一。Neer 等[2] 认为 95% 肩袖撕裂与反复的肩峰下撞击导致的肩袖慢性磨损有关。肩袖肌腱与周围组织之间的空隙本来就非常狭小，当肩峰形状的改变、肩锁关节和肩袖周围韧带下骨质的增生都会使肩峰下的空间更加狭窄，同时不正常的肩胛骨和肱骨的运动、姿势上的异常、肩袖和肩胛周围肌肉的薄弱、胸小肌和肩胛后部组织延展性下降这些因素都是导致肩袖损伤的内在解剖因素。Neer 提出肩关节撞击征的发展过程有 3 个阶段: ①可逆阶段，常是由于肩关节累积性损伤导致的水肿出血引起的，是肩袖损伤的初步阶段，此阶段及时修复，功能可以得到很好恢复。②不可逆阶段，慢性肌腱炎和滑囊炎以及纤维组织炎导致滑囊与肌腱增厚使肩峰下间隙狭窄。③肌腱变性和断裂，由于冈上肌腱、肱二头肌长头腱长期受到撞击而引起损伤后

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

发生肌腱退变，最终发展到终末期的肌腱断裂。所以在这种学说中，肩峰的形状对损伤可能有重大意义。Bigliani 等[3]对尸体肩关节进行解剖学研究，发现肩峰可分为扁平型(17%)、曲线型(43%)和钩型(40%)3 型。其中在全层型肩袖损伤的标本中钩型占 73%，而曲线型和扁平型则分别占 24% 和 3%，由于钩型肩峰向下的钩状结构在倾斜较大时，容易导致肩峰与肩袖发生撞击引起肩袖撕裂，此研究表明肩袖损伤与肩峰的形态密切相关，这也间接支持了 Neer 提出的撞击学说[4]。

1.2 缺血退变学说 有报道称超过 60 岁的人中有 40% 或者更多都受到肩袖损伤的困扰，发病率随着年龄增长而增高[5]。Lindblom 等[6]通过肩胛显微血管造影研究，发现肩胛上下动脉的分支和旋肱前动脉的分支在 距离冈上肌止点处有个乏血管区。Godman 称此区为“乏血管危险区”，此区有明显的缺血表现，损伤多发生于此部位[7]；Fukuda 等[8]通过对肩袖撕裂标本的病理观察证实了缺血区的存在，随着年龄增加肌肉延展性下降，此部位极易受损，故认为该因素是导致肩袖撕裂、退变等损伤的内在因素。此外，大量临床研究观察发现肩袖损伤与年龄增长有明显关系。Mifgrom 等[9]对 30 ~ 80 岁的成人研究发现，肩袖损伤概率随年龄增长逐渐增高，50 岁以上增加较为显著，70 岁以上则超过 50%，80 岁达 80%，由此引出了肩袖损伤病因的另一个学说即缺血-退变学说，并在动物实验中也证实了这一点。

1.3 肩袖损伤的生物力学因素 肩袖在肩关节运动中起着加强关节囊，预防过度的前后运动，稳定肩关节的作用，同时对肩关节具有减压作用，盂肱关节活动时在冠状面和水平面上始终保持动态力偶平衡：①冠状面力偶，即肩外展位时上方的三角肌和下方的肩袖之间的力学平衡。②水平面力偶，前方肩胛下肌和后方的冈下肌、小圆肌之间的力学平衡，这种力偶平衡也是肩袖发挥功能的必要前提，肩袖中的冈上肌对肱骨头起着向上稳定器的作用，冈下肌和小圆肌起着向后稳定器和使肱骨外旋，肩胛下肌使肱骨内旋作用，其中以冈上肌在其中作用尤为突出，在维持肩关节稳定中起重要作用，也最易损伤[10]。但也有学者认为，患者仅有冈上肌撕裂，即使是大的撕裂，由于肩袖的力偶平衡未遭到破坏，加上其他肌肉等肩周肌肉的代偿，肩关节的功能尚能维持，但这种维持可能必然导致肩关节的功能逐渐下降[11]。近年来随着对肩袖其解剖结构研究的不断深入，有学者发现冈上肌腱前缘和肩胛下肌腱上缘的肩袖间隙(rotator interval，RI)是整个肩袖结构中最薄弱的地方[12]。通过研究后认为当肩关节处于内收位，肩胛下肌肌腱松弛时，对抗肩外旋和肱骨头下移的作用主要由肩袖间隙的结构来承担，因此当发生 RI 的撕裂，上臂外展过程中的合力作用减弱，肱盂关节松弛导致肩关节不稳；在内收位牵拉患肢使肱骨头下移，在肩峰与肱骨头之间易行成凹陷；在肩关节外展并内旋时，RI 会与前方的喙突尖部发生撞击引发疼痛[13]。

2 病理生理及损伤分型分期

2.1 肩袖损伤的病理生理变化 Fukuda 等[8]通过对尸体标本作病理研究后发现损伤肩袖的近侧残端腱细胞化生为软骨细胞，残端变硬，而远侧残端则有肉芽组织生长；这样的结构就会导致腱细胞长入困难。研究还发现，正常肩袖肌腱可以视为 3 层结构：滑囊层、肌腱中间层和关节面层[14]。仅有滑囊层有大量的血管存在，所以该层恢复能力也最强，肌腱的修复可依靠本身的滑膜组织和血管，故肩袖浅层损伤特别是滑囊层撕裂的患者可以采用保守治疗。但肩袖损伤发生于深层或全层时，由于缺乏血管，所以修复难度加大，需及时进行手术治疗。在损伤的肩袖中，我们大多只注意肌腱受损的问题，其实肌肉也在不同程度受到累积。肌腱和肌肉以及邻近肌肉组织在都会有渐进性、不可逆的脂肪浸润；撕裂后的肩袖肌肉不能再附着于骨上，使得肌肉的功能和结构发生变化，肌肉也逐渐发生萎缩，肌肉相应显微结构也发生变化，肌小节长度和数量减少、肌原纤维溶解和变性并被脂肪组织替代，脂肪浸润在肌束和肌腱内，肌肉功能收到极大影响[15-16]。由此可见，肌肉萎缩和脂肪浸润成为肩袖损伤，是慢性肩袖损伤及巨大肩袖撕裂的不可避免的并发症。Rubino 等[17]通过切断新西兰白兔冈上肌再造肩袖损伤模型，发现脂肪浸润一般出现在肩袖损伤 6 周以后，且浸润呈不均匀性，通常在肌肉远端、靠近肌肉-肌腱交界处浸润程度更为严重，肩袖损伤后其脂肪浸润不可避免，特别是 2 级以上的脂肪浸润可导致肌肉功能的永久丧失，而且这也极大地增加了肩袖再次撕裂的可能。Goutallier 等[18]基于其 CT 横断面上的浸润程度将肩袖脂肪浸润(脂肪/肌肉比例)分为 5 级：0 级为无脂肪浸润，1 级为少量脂肪浸润，2 级为肌肉量大于脂肪浸润量，3 级为肌肉量等于脂肪浸润量，4 级为脂肪浸润量大于肌肉量；Fuchs 等[19]利用 MRI 将分级简化为 3 级，MRI 能够更好地区分肌肉纤维组织和脂肪，因此临床肩关节评估中心大多

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

采用 MRI 评级，有学者使用动物模型观察，核磁共振承载力与脂肪有高度的相关性，MRI 现以作为诊断脂肪浸润的金标准。Murray 等[20] 研究表明，损伤修复越晚，肌力恢复越差。肌肉活检证实：损伤后 6 周进行了肌腱修复的动物，它们的肌肉中的脂肪浸润可以在修复后部分逆转；如果修复延迟至损伤后 1 8 周之后，则脂肪浸润将不可逆转 。

2.2　肩袖损伤的分型及分期　临床上将肩袖损伤分为有症状肩袖撕裂和无症状肩袖撕裂，病理学上则分为部分厚度损伤和全厚损伤。有学者将部分厚度肩袖撕裂分为关节面、滑囊面和腱中部分撕裂 3 种类型[21] 。全厚肩袖撕裂又可分为：撕裂缘在关节面软骨边缘的外侧为小撕裂（ <1.0 cm）、裂口缘已暴露肱骨头但没有扩展到关节盂为中撕裂（1 ~3 cm）、撕裂扩展到关节盂为大撕裂（3 ~5 cm），裂口回缩到关节盂内侧即为巨大撕裂（ >5 cm）。通常情况下中度撕裂可于关节镜下手术治疗，大的与巨大的肩袖撕裂应行开放手术修复。Lo 和 Burkhart[22] 根据撕裂的大小、形态和手术难易程度将巨大撕裂分成 4 型：①新月形撕裂；②U 形撕裂；③L 形撕裂；④巨大、退缩、不可回复性撕裂。Zingg 等[23] 认为，将至少 2 个肌腱的完全撕裂定义为巨大肩袖撕裂更为合理，这种分类更多地考虑到肩关节的功能、诊断和手术效果。Neer 将肩袖损伤分为Ⅲ期。Ⅰ期：患者年龄 <25 岁，病变可逆。活动时肩痛到活动期间痛，体征上有肩峰和肱骨大结节触痛，对抗阻力时疼痛加重。Ⅱ期：年龄 25 ~40 岁，反复创伤引起慢性肌腱炎，持续性肩痛，常于夜间加重，体征与Ⅰ期相似但更重可伴有肩部僵硬。Ⅲ期：包括完全性肌腱损伤、骨改变，年龄在 40 岁以上，病史长，从轻度肩痛到严重肩痛，夜间为甚，影响正常生活，多肌腱发生损伤而严重影响功能[24] 。Castricini 等[25] 通过影像学和脂肪变性情况设立了一个更加精确便于指导治疗的分类。

3　肩袖损伤的治疗方法

肩袖损伤的治疗原则应该包括：缓解损伤局部的炎症反应、去除损伤肩袖与邻近结构可能存在的撞击因素，以消除疼痛，促进肩关节功能的恢复，满足生活和运动的需要。

3.1　非手术治疗　对于小撕裂（ <1.0 cm）且 Neer 分期在Ⅰ期 3 个月内的损伤，同时症状不甚严重的患者可采取非手术治疗。非手术治疗治疗的方法包括：休息、患肢制动、非甾体抗炎药物的应用、局部封闭等。Bartolozzi 等[26] 认为，巨大肩袖损伤非手术治疗的预后不佳，一般只有自觉症状的改善，而患肩功能无明显改善，但是对于一些年龄较大对肩部功能要求不高的巨大肩袖损伤患者可采用非手术治疗；对于损伤时间较长、肩袖及其周围组织脂肪浸润程度严重的巨大肩袖损伤患者，通常会根据其临床情况判断，手术效果较差可采取保守治疗并以不引起疼痛为原则。对于巨大的肩袖撕裂并且无手术要求的患者，可以使用非手术保守治疗，但应该定期使用 MRI 复查观察撕裂情况变化，及时调整治疗策略[27] 。

3.2　关节镜下手术治疗　关节镜是诊断肩袖损伤的最准确的方法，也是治疗肩袖损伤的一种方式，以往认为适用于中小型肩袖撕裂在，随着肩关节镜技术的发展，医师操作水平的提高，现已无明确界限。对长期保守治疗无效且其他检查方法不易确诊的病例，关节镜具有独特的诊治价值。手术方式包括：①肩峰下减压成形术，Ellman[28] 首先介绍了肩关节镜肩峰下减压成形术，其目的就是解除因肩峰下狭窄而导致的撞击综合征，避免肌腱再受撞击，适用于肩峰下间隙狭窄喙肩韧带有骨赘存在的患者，近期有学者报道通过肩峰下减压成形术治疗钙化性肌腱炎获得确切疗效[29]；②关节镜下肩袖缝合术；关节镜下修补肩袖损伤具有创伤小的优点，但缺点也很明显，由于暴露较少会导致肩袖重建后接触面积较少，腱-骨接触压力不够，这些都是影响腱-骨愈合的因素；③巨大肩袖撕裂的治疗，有学者报道目前通过肩关节镜治疗后，UCLA 评分可提高 17.1% ~ 32.4%，疼痛评分可提高 4.4 ~8.6 分，功能评分可提高 4.0% ~9.2%，均提示肩关节镜术后可取得满意的治疗效果，国外有学者使用关节镜下修复巨大肩胛下肌损伤，在 2 ~4 年的临床随访调查结果中，发现肩胛下肌的力量以及其肌腱的完整性上都保持的很好[30] 。

3.3　非关节镜下手术治疗　手术治疗的方法很多，视不同损伤程度，选择不同手术方式，手术的目的就是消除疼痛重建肩袖的力偶平衡，清除不稳定的撕裂缘，扩大肩峰下间歇，去除撞击因素，促进肩关节功能的恢复，满足生活和运动的需要。肩袖修复手术首先要将断裂回缩的肌腱拉回到其止点附近。同时还需要对肩袖周围的粘连组织及疤痕彻底松解，狭窄的肩峰下间隙同样需要修复，直至肩袖组织可以在肩关节外展体位时到达大结节的情况下再进行固定操作[31] 。手术的效果不仅于撕裂的程度和损伤时间有关，也于缝线的力量[32] ，腱-骨接触面积及接触压力[33] ，腱-骨之间的微动[34] ，肱骨的骨质，缝线的

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

设计和材料以及术后的功能锻炼密切相关。

3.3.1 单纯肩袖修补术 主要用于小的撕裂，此种方法用于单纯的肩袖损伤没有撞击综合症存在。其缝合修复方法类似于跟腱断裂修复，目前有常规的肌腱缝合法和锚钉固定缝合法。在跟腱损伤修复中，我们已经发现带线锚钉具有操作简单、缝合可靠等优点[35]。常规的冈上肌缝合法是在松解肌腱与周围组织的粘连后，把大结节表面做去皮质化处理后，使骨质渗血至足够新鲜化后在肱骨大结节处用克氏针钻孔，用缝线以将肌腱与骨固定。而临床观察锚钉固定缝合其效果优于常规的冈上肌缝合固定，其优越性是锚钉直接固定于骨内，固定更为牢靠，同时手术暴露少，创伤小，操作快，减少肱骨大结节骨折的危险性[36]。双排锚钉固定技术优点更为明显，较单排固定由于能提供较好的肌腱及结节间接触面积和接触压力而得到了广泛的认可，特别是在修复中撕裂以上的肩袖损伤时双排固定优势明显[37]。Lorbach等[38]报道双排技术能更有效地防止间隙形成。Neer[39]认为对存在撞击因素的患者，需要同时行肩峰成形术修复狭窄的肩峰下间歇，解除撞击因素的存在，术后功能恢复更加理想。

3.3.2 肌腱移位术 在巨大撕裂和损伤后修复失败的病例中，不能应用常规方法修补，不少学者应用肌腱移位修复这类病例[40]。其所用方法是在保留冈上肌血供的前提下，剥离其冈上窝部分附着点，肌肉向外推移进行缺损修补。主要用于冈上肌腱缺损较大的患者。此外还有利用背阔肌、大圆肌、胸大肌、三角肌、肱三头肌及斜方肌进行肌腱转移，这类手术效果并不确切[41]。

3.4 小切口联合关节镜 该种手术适用于非巨大撕裂损伤患者，治疗方式对三角肌损伤较小，最大程度地保留三角肌功能，创伤小，有利于术后早期康复和训练[43]。

4 其他促进肩袖损伤修复的方法

4.1 肩袖损伤的修补材料 传统的肩袖修复后我们发现手术后的失败率特别高，有报道称达到20%~90%，术后长期的满意度较差[43]。导致手术失败的原因是多重的，包括患者的年龄、损伤的大小、肌肉萎缩和退变、修复的技术以及术后的康复等。随着现代的组织工程学和材料技术的发展，新的修复材料为我们解决巨大肩袖损伤和手术再次撕裂的病例提供了方法。在手术中我们可以在断裂处使用一个类似支架的材料，对于巨大肩袖撕裂可以采用插入材料修补，对于其他的撕裂可以采用增强修补，植入的材料可以缓解修复后肌腱的张力、增加机械强度并且具有很好的组织相容性可以促进肌腱的自我修复。有学者仿照多重软组织自然插入位点，构建复合支架材料，理论上可以形成骨支架界面，以达到促进腱-骨界面愈合的效果，通过临床观察还发现在修复过程中使用材料支架修复可以减轻病人的疼痛，具有更高的满意度[44]。这一领域已成为肩袖损伤后肩袖重建的研究热点。常用的修复材料包括细胞外基质组成的可降解材料、不可降解的人工合成材料、以及可降解的人工合成材料等，国内外很多学者都曾有过实验及报道比较不同的肩袖修复材料在动物模型中的使用效果，发现使用材料修复后的病例明显较对照常规不适用材料修复组，在术后患者满意度和术后长期 MRI 随访中都有更好的表现，在美国 FDA 已经允许一些材料用于临床治疗，但临床上目前还没有得到广泛应用。

4.2 生长的因子的使用 损伤后腱细胞的增殖以及肌腱的重构是肩袖损伤修复后的重要环节，有学者发现一些细胞因子、骨形态发生蛋白(bone morphogenetic protein, BMP)、基质金属蛋白酶(matrix metalloproteinases, MMP)等在腱-骨愈合中都发挥重要作用[45-46]。富血小板血浆(platelet-richplasma, PRP)在已被证实其富含多种生长因子，在动物实验中，PRP 有促进成骨细胞生长的作用[47]。也有学者发现将富血小板血浆应用于肩袖修复中，可以促进胶原纤维的生长，并使肩袖修复处的胶原束排列与正常组织中类似[48]。付国建等[49]的研究认为：rhBMP-2 可以在术后明显增强肩袖腱骨界面的抗拉强度及刚度，促进腱骨界面形成类似直接止点的特有结构。也有研究表明阻断 MMP 活性可提高胶原蛋白活性，从而促进肩袖的腱-骨愈合，故调节 MMP 活性可为促进肩袖腱-骨愈合的一个新的手段，所有这些外源性生长因子的使用虽然在一定程度上显示了一些效果，但尚处在研究的初步阶段，很多细胞因子在肩袖修复中的具体作用未能明确[50]。

4.3 物理治疗 低场强脉冲超声和冲击波能够影响局部血管，可能会促进肌腱愈合[51]。Walsh 等[52]在羊前交叉韧带重建模型中发现，低场强脉冲超声和冲击波可以增强腱骨界面的细胞活性，促进局部血供和腱骨愈合，并能提高腱骨界面的机械性能，这些研究提示可以通过超声波来增加肩袖修复部位的血供来促进腱骨愈合。

5 结 语

尽管现在对肩袖损伤修复的认识及治疗方法都

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

有了提高，但肩袖损伤的修复仍然是临床上的一个难题，通过对肩袖损伤更深入的研究，我们会发现越来越多的问题，关于肩袖损伤机制的讨论我们可以概括的认为，不正常的运动姿势以及局部存在的乏血管区导致慢性积累性损伤，从而使得修复极其困难；目前从手术效果来看，并没有特别可靠的方法可以明显提高手术成功率，传统的治疗方法对于一些巨大肩袖撕裂及再次撕裂的患者效果差。当前新的修复材料正在被应用到临床上，前期很多修复材料在实验中得到了较为确切的效果，但同时各种材料也都有明显的优缺点，例如研究最多、应用最广的细胞外支架材料，在实验中发现同种的细胞外基质材料具有很好的组织相容性，但生物力学强度较差，而研究人工合成的材料发现，虽然其有很好的机械轻度，但是异物排斥反应往往较多见。有学者预测未来使用人工合成且可以降解吸收的材料将是热点，它们具有类似细胞外基质材料的优点，可以作为一个临时的支架诱导腱细胞再生促进肌腱自我愈合，而且该材料还具有更好的组织相容性与更强大的机械强度。总之，伴随着各种新的理论、新的观点的出现，修复手段也会不断更新，未来组织工程材料的研发以及对损伤机制研究深入，肩袖损伤的治疗效果也会更加确切[53]。

【参考文献】

[1] Zumstein MA, Jost B, Hempel J, *et al*. The clinical and structural long-term results of open repair of massive tears of the rotator cuff [J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90(11): 2423-2431.

[2] Neer CS, Poppan NK. Supraspinatus outlet [J]. Orthop Trans, 1987, 11(2): 234.

[3] Bigliani LU, Motrison DS, April EW. The morphology of the acromlon and its relationship to rotator cuff tear [J]. Orthop Tran, 1986, 10: 216-228.

[4] Gerber C, Snedeker JG, Baumgartner D, *et al*. Supraspinatus tendon load during abduction is dependent on the size of the critical shoulder angle: A biomechanical analysis [J]. J Orthop Res, 2014, 32(7): 952-957.

[5] Tashjian RZ. Epidemiology, natural history, and indications for treatment of rotator cuff tears [J]. Clin Sports Med, 2012, 31(4): 589-604.

[6] Lindblom K, Palmer I. Rupture of the tendon aponeurosis of shoulder joint: the so called supraspinatus rupture [J]. Acta Chir Scand, 1939, 82: 133.

[7] 汪　洋. 肩袖损伤的研究概况 [J]. 井冈山医专学报, 2008, 15(1): 9-10.

[8] Fukuda H, Hamada K, Yamanaka K. Pathology and pathogenesis of bursal-side rotator cuff tears viewed from en bloc histologic sections [J]. Clin Orthop Relat Res, 1990, 254: 75-80.

[9] Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, *et al*. Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gende [J]. J Bone Joint Surg, 1995, 77(2): 296-298.

[10] Burkhart SS. Reconciling the paradox of rotator cuff repair versus debridement: a unified biomechanical rationale for the treatment of rotator cuff tears [J]. Arthroscopy, 1994, 10(1): 4-19.

[11] Burkhart SS. Fluoroscopic comparison of kinematic patterns in massive rotator cuff tears. A suspension bridge model [J]. Clin Orthop Relat Res, 1992, 284: 144-152.

[12] Krych AJ, Shindle MK, Baran S, *et al*. Isolated arthroscopic rotator interval closure for shoulder instability [J]. Arthrosc Tech, 2013, 3(1): e35-e38.

[13] 陈疾忤，陈世益，张　鹏. 肩袖间隙的解剖学研究及其临床意义 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2004, 22(25): 55-57.

[14] 童建军，肖德明. 肩袖损伤的形态学研究进展及其临床意义 [J]. 中国矫形外科杂志, 2005, 13(14): 1102-1104.

[15] Mdis B, Nemoz C, Walch G. Muscle fatty infiltration in rotator cuff tears: Descriptive analysis of 1688 cases [J]. J Orthop Trauma, 2009, 95(3): 319-324.

[16] Kuzel BR, Grindel S, Papandrea R, *et al*. Fatty infiltration and rotator cuff atrophy [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 12(10): 613-623.

[17] Rubino LJ, Sills HF, Sprott DC, *et al*. Fatty infiltration of the torn rotator cuff worsens over time in a rabbit mode [J]. Arthroscopy, 2007, 23(7): 717-722.

[18] Goutallier D, Bernageau J, Patte D. Assessment of the trophicity of the muscles of the ruptured rotator cuff by CT scan [J]. Surgery of the shoulder, 1990, 23(12): 11-13.

[19] Samagh SP, Kramer EJ, Melkus G, *et al*. MRI quantification of fatty infiltration and muscle atrophy in a mouse model of rotator cuff tears [J]. J Orthop Res, 2013, 31(3): 421-426.

[20] Mall NA, Tanaka MJ, Choi LS, *et al*. Factors affecting rotator cuff healing [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(9): 778-788.

[21] Meister K, Thesing J, Montgomery WJ, *et al*. MR arthrography of partial thickness tears of the undersurface of the rotator cuff: an arthroscopic correlation [J]. Skeletal Radiol, 2004, 33(3): 136-141.

[22] Lo IK, Burkhart SS. Current concepts in arthroscopic rotator cuff repair [J]. Am J Sports Med, 2003, 31(2): 308-324.

[23] Zingg PO, Jolt B, Suktbankar A, *et al*. Clinical and structural outcomes of nonoperative management of massive rotator cuff tears [J]. J Bone Joint Surg, 2007, 89(12): 1928-1934.

[24] 骆　刚，黄昌林，赵汉平，等. 肩袖损伤 46 例观察报告 [J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(10): 793-795.

[25] Castricini R. Irreparable rotator cuff tears: a novel classification system [J]. Musculoskelet Surg, 2014, 98(Suppl 1): 49-53.

[26] Bartolozzi AL, Andreychik D, Ahmad S. Determinants of outcome in the treatment of rotator cuff disease [J]. Clin Orthop Relat Res, 1994, 11(308): 90-97.

[27] Maman E, Harris C, White L, *et al*. Outcome of nonoperative treatment of symptomatic rotator cuff tears monitored by magnetic resonance imaging [J]. J Bone Joint Surg, 2009, 91(8): 1898-1906.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[28] Ellman H. Arthroscopic subacromial decompression: analysis of one-to three-year results [J]. Arthroscopy, 1987, 3: 173-181.

[29] Barber FA, Cowden CH. Arthroscopic treatment of calcific tendonitis [J]. Arthrosc Tech, 2014, 3(2): 237-240.

[30] Lanz U, Fullick R, Saintmard B, *et al*. Arthroscopic repair of large subscapularis tendon tears: 2 to 4 year clinical and radiographic outcomes [J]. Arthroscopy, 2013, 29(9): 1471-1478.

[31] Tsuyosbi S, Yozo S, Teruaki I, *et al*. A comparative study of surgical invasion in arthroscopic and open rotator cuff repair [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2009, 18(6): 596-599.

[32] Carbonel I, Martinez AA, Calvo A, *et al*. Single-row versus double-row arthroscopic repair in the treatment of rotator cuff tears: a prospective randomized clinical study [J]. Int Orthop, 2012, 36(9): 1877-1883.

[33] Mazzocca AD, Bollier MJ, Ciminiello AM, *et al*. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs over time [J]. Arthroscopy, 2010, 26(5): 592-599.

[34] Barber FA, Drew OR. A biomechanical comparison of tendon-bone interface motion and cyclic loading between single-row, triple-loaded cuff repairs and double-row, suture-tape cuff repairs using biocomposite anchors [J]. Arthroscopy, 2012, 28(9): 1197-205.

[35] 徐海栋，陈 勇，卢俊浩，等. 带线锚钉 Krackow 缝合法修复急性跟腱断裂临床研究 [J]. 医学研究生学报，2013，26(2): 156-159.

[36] Demirham M, AtalarAC, Kilicoglu O. Primary fixation strength of rotator cuff repair techniques: a comparative study [J]. Arthroscopy, 2003, 19(6): 572-576.

[37] Lapner PL, Sabri E, Rakhra K, *et al*. A multicenter randomized controlled trial comparing single-row with double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair [J]. J Bone Joint Surg Am, 2012, 94(14): 1249-1257.

[38] Lorbach O, Kieb M, Raber F, *et al*. Three-dimensional evaluation of cyclic displacement in single-row and double-row rotator cuffreconstructions under static external rotation [J]. Am J Sports Med, 2013, 41(1): 153-162.

[39] Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder. 1972 [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(6): 1399.

[40] Cofield RH. Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears [J]. Surg Gynec Obstet, 1982, 154(5): 667-672.

[41] Neri BR, Chan KW, Kwon YW. Management of massive and irreparable rotator cuff tears [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2009, 18(5): 808-818.

[42] Ziegler DW. The use of in-office, orthopaedist-performed ultrasound of the shoulder to evaluate and manage rotator cuff disorders [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2004, 13(3): 291-297.

[43] Brown BN, Valentin JE, Stewart-Akers AM, *et al*. Macrophage phenotype and remodeling outcomes in response to biologic scaffolds with and without a cellular component [J]. Biomaterials, 2009, 30(8): 1482-1491.

[44] Moor BK, Bouaicha S, Rothenfluh DA, *et al*. New solution for massive, irreparable rotator cuff tears: the subacromial "biodegradable spacer" [J]. Bone Joint J, 2013, 95(7): 935-941.

[45] Weimin P, Dan L, Yiyong W. Tendon-to-bone healing using an injectable calcium phosphate cement combined with bone xenograft/BMP composite [J]. Biomaterials, 2013, 34(38): 9926-9936.

[46] Bedi A, Kovacevic D, Hettrich C, *et al*. The effect of matrix metalloproteinase inhibition on tendon-to-bone healing in a rotator cuff repair model [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2010, 19(3): 384-391.

[47] 苏 寒，张森林，董 震. 组织工程化引导骨再生膜的构建及其修复牙槽骨缺损的实验研究 [J]. 医学研究生学报，2013，26(9)，932-936.

[48] Randelli PS, Arrigoni P, Cabitza P, *et al*. Autologous platelet rich plasma for arthroscopic rotator cuff repair. A pilot study [J]. Disabil Rehabil, 2008, 30(20-22): 1584-1589.

[49] 付国建，靳安民，张 力，等. rhBMP-2 对兔肩袖损伤重建术后腱-骨愈合的组织学及生物力学研究 [J]. 中国矫形外科杂志，2010，18(10): 828-831.

[50] Bedi A, Fox AJ, Kovacevic D, *et al*. Doxycycline-mediated inhibition of matrix metalloproteinases improves healing after rotator cuff repair [J]. Am J Sports Med, 2010, 38(2): 308-317.

[51] Foldager CB, Kearney C, Spector M. Clinical application of extracorporeal shock wave therapy in orthopedics: focused versus unfocused shockwaves [J]. Ultrasound Med Biol, 2012, 38(10): 1673-1680.

[52] Walsh WR, Stephens P, Vizesi F, *et al*. Effects of low-intensity pulsed ultrasound on tendon-bone healing in all intra-articular sheep knee moodel [J]. Arthroscopy, 2007, 23(2): 197-204.

[53] Longo UG, Rizzello G, Berton A *et al*. Biological strategies to enhance rotator cuff healing [J]. Curr Stem Cell Res Ther, 2013, 8(6): 464-470.

(收稿日期: 2014-06-06; 修回日期: 2014-07-01)

(责任编辑: 左 琦; 英文编辑: 张龙江)

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net