

不可修复性肩袖损伤动力性重建研究进展

伍晨亮 苏为 赵松 赵金忠

摘要 不可修复性肩袖损伤(IRCT)的治疗一直是运动医学临床工作中的重点和难点。动力性重建通过肌肉肌腱转移来重建损伤的肩袖组织以恢复盂肱关节的力偶平衡,从而缓解疼痛,改善功能,提高力量。对于不可修复性后上肩袖损伤,背阔肌转移是经典选择,大圆肌转移是二线选择,三角肌肌瓣转移是传统方法,下斜方肌转移是较符合解剖结构的新兴方法;对于不可修复性正后肩袖损伤,背阔肌与大圆肌联合转移是恢复外旋功能的合适选择;对于不可修复性正前和前上肩袖损伤,胸大肌转移是经典选择,胸小肌转移是二线选择,而背阔肌转移具有广阔的应用前景。该文对不同类型 IRCT 动力性重建研究进展作一综述。

关键词 动力性重建;肌肉肌腱转移;不可修复性;肩袖损伤

DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2020.06.001

肩袖损伤(RCT)是肩关节疼痛和活动障碍的常见原因。不可修复性肩袖损伤(IRCT)占有 RCT 的 20%~40%,其修补失败率高达 94%^[1],是当下临床的重点与难点。功能正常的肩关节必须保证其横断面(水平)与冠状面(垂直)的力偶完整且平衡:前方的肩胛下肌需与后方的冈下肌、小圆肌平衡;向上的三角肌需与合力向下的肩袖肌群平衡^[2]。巨大肩袖损伤是指肩袖撕裂的前后向直径>5 cm 或完全损伤的肌腱数目≥2 组,常可直接导致疼痛、功能障碍等,打破上述平衡。IRCT 治疗难点在于肩袖内外向撕裂或缺损,肩袖组织断裂后常由于肌腱缺损、回缩,严重的脂肪浸润、肌肉萎缩等原因无法通过常规手术恢复肩袖与肱骨头大小结节部位的连接,或常规修补后存在结构失效(如肩袖再撕裂)^[3]。

目前临床上治疗 IRCT 的方法主要包括保守治疗、止痛手术、肩袖部分修补术、静态结构重建、反式肩关节置换术(RSA)和动力性重建等。物理治疗、局部封闭等保守治疗^[4]和关节镜下单纯清理术、肩峰下减压成形术、肱二头肌肌腱切断或固定术等^[5]姑息性止痛手术虽能在短期内缓解疼痛,但并不能恢复肩关节的力偶平衡,仍存在进行性关节软骨磨

损,最终导致骨关节炎发生。肩袖部分修补术旨在通过修复“悬索桥”结构恢复力偶平衡,其在短期内可改善症状,但长期疗效不尽如人意^[6]。肩峰下球囊植入和上关节囊重建、前关节囊重建等静态结构重建的生物力学机制、手术指征和长期临床疗效仍需进一步明确^[7-8]。RSA 对伴有骨关节炎的年长患者疗效较好,但不适用于年轻患者^[9]。动力性重建现阶段多指肌肉肌腱转移术,其通过改变盂肱关节周围正常肌肉肌腱起止点位置代替损伤肩袖肌肉的功能,恢复力偶平衡,能有效改善肩关节活动度,大幅提升运动需求较高的年轻患者生活质量。治疗 IRCT 时,动力性重建所转移的肌肉、肌腱需要符合以下条件:①与需替代肌腱拥有相似的力线;②与需替代肌腱有相近的拉力和收缩位移;③1 条肌腱应该被设计来替代损伤的肌肉、肌腱 1 个功能;④转移后不会引起供区功能受损;⑤转移肌腱的肌力不低于 4 级。本文对不同类型 IRCT 选择不同肌肉肌腱转移策略作一综述。

1 不可修复性后上肩袖损伤

不可修复性后上肩袖损伤是 IRCT 中最常见的损伤形式,通常以冈上肌损伤和冈下肌损伤为主,主要表现为伴有疼痛的主动上举障碍,主动外旋受限不明显。

1.1 背阔肌转移

背阔肌转移(LDT)于 1988 年由 Gerber 等^[10]首次应用在冈上肌和冈下肌完全损伤的治疗,采用双切口入路,将背阔肌肌腱从肱骨上分离并固定于

基金项目:国家自然科学基金(31972923)、国家自然科学基金(81772341)

作者单位:200233, 上海交通大学附属第六人民医院运动医学科

通信作者:赵金忠 E-mail: jzzhao@sjtu.edu.cn

肱骨大结节前方近肩胛下肌肌腱处,后逐渐成为重建后上肩袖损伤的最常用方法。长期随访的临床研究已证实经典双切口入路治疗不可修复性上肩袖损伤的可靠性。Gerber 等^[11]对 46 例 LDT 患者进行了 147 个月的随访(最短随访 10 年),发现平均主观肩关节评分从 29 分提高至 70 分,平均 Constant 肩关节评分从 56 分提高至 80 分,前屈、外展、外旋、外展肌力等均得到持久性改善,Hamada 骨关节炎分级从 1.2 级小幅增加至 2.0 级。El-Azab 等^[12]对 93 例 LDT 患者进行研究,平均随访时间 9 年,发现其肩关节活动度和肌力均得到提升,且在随访结束时术后失败率仅有 10%。然而 LDT 在恢复肩关节外旋角度和延缓骨关节炎进展方面的真实效果仍存疑^[13],可能与转移后的肌腱无法完全恢复盂肱关节动力学有关^[14]。LDT 术后并发症主要包括皮下血肿、冻结肩、肌腱断裂和三角肌医源性损伤等^[11],其中肌腱断裂发生率较高,且与不良预后密切相关^[15-16]。

近年,LDT 的手术技术在切口入路、肌腱固定和肌腱强度等方面得到许多改良。短期随访时间内关节镜下 LDT 缓解疼痛、恢复功能的效果与开放性 LDT 相近^[17],并能避免医源性三角肌损伤。关于 LDT 理想的固定位点仍有争议,更靠近大结节前方的固定点能完整地覆盖肱骨头且最大化肌腱固定效应,而固定于冈下肌止点能获得更佳的外旋和上举力臂^[3,18]。Valenti 等^[19]建议以恢复主动前屈能力为目的时固定点靠前,以恢复主动外旋能力为目的时固定点靠后。Moursy 等^[20]为了降低肌腱断裂率,在获取肌腱时用连带的骨块实现骨-骨增强固定,使肌腱断裂率从 27%降低至 10%。Sidler-Maier 等^[21]采用异体脱细胞真皮层来加强肌腱强度,在平均 27 个月的随访时间内,肌腱断裂率只有 4%。Kany 等^[22]研究发现,将肌腱展开固定于冈下肌足印区,术后 3 个月肌腱断裂率仅为 15%,远低于经骨隧道固定在冈上肌足印区的断裂率(46%),这也从侧面证明了冈下肌可能是较佳的固定点。此外,多种手术方法的联合使用可能成为未来的研究热点。Valenti 等^[23]报道,关节镜下 LDT 联合部分修补术相比于单独 LDT 术后患者可获得更高的 Constant 肩关节评分、肩关节活动度以及更大的外展肌力。生物力学研究表明,上关节囊重建技术与 LDT 联合应用可提升肩关节动态稳定性^[24]。

选择合适的患者是 LDT 成功的关键。对伴有

疼痛的主动上举障碍、对保守治疗不满意、活动需求高的年轻(<65 岁)患者,可考虑行 LDT。小圆肌脂肪浸润、肩临界角 $>36^\circ$ 等均与较差预后相关,而三角肌或肩胛下肌功能不全、假性麻痹以及肩袖损伤骨关节病(Hamada 骨关节炎分级 ≥ 3 级)被认为是 LDT 的禁忌证^[25]。对于肩袖修补失败者能否实施 LDT,学术界仍存在争议。部分学者研究认为,LDT 初次手术者与肩袖修补术后 LDT 者疼痛缓解和功能恢复等指标无统计学差异^[11,26]。但大部分学者研究认为,肩袖修补术后 LDT 者较 LDT 初次手术者肌腱再撕裂率更高,Constant 肩关节评分、主观满意度更低^[27]。Muench 等^[28]研究发现,以 LDT 作为修补术失败的补救措施,平均随访时间 3.4 年,临床失败率为 41%,并发症发生率为 27%。因此,对于肩袖修补术患者应设置更加严格的 LDT 手术指征。

1.2 下斜方肌转移

下斜方肌转移(LTT)最早用于治疗臂丛神经麻痹患者以恢复肩关节主动外旋,近年逐渐应用于 IRCT 的治疗。LTT 通常将下斜方肌从肩胛冈上分离,用异体跟腱桥接后固定于肱骨大结节后上方、冈上肌与冈下肌足印区交界处。相较于 LDT,LTT 具有以下优点:①与冈下肌的力线、张力与位移更相近;②与冈下肌作用同步(in-phase),即肩关节外旋时斜方肌自然收缩,因此转移后肌肉的适应过程较简单,便于后期康复训练^[29];③解剖层次清晰,可更安全地分离肌腱组织而不损伤血管神经和中斜方肌^[30]。生物力学实验也证实其优越性。Hartzler 等^[31]研究发现,转移的下斜方肌与背阔肌在 90° 外展位外旋力臂相近,而其在 0° 外展位外旋力臂明显优于背阔肌。Omid 等^[32]研究认为,转移的下斜方肌在 0° 、 30° 、 60° 外展位能较好地恢复正常盂肱关节动力学和力偶平衡。Reddy 等^[33]在数字肩关节模型上证实了转移的下斜方肌有着较好的外展和外旋力臂。

Elhassan 等^[29]报道了 33 例用异体跟腱桥接的开放性 LTT 治疗 IRCT,平均随访 47 个月,其中 32 例疼痛和主动活动得到明显改善,前屈平均改善 50° ,外展平均改善 50° ,外旋平均改善 30° 。Aibinder 等^[34]报道了 41 例关节镜下 LTT,在末次随访时,37 例患者得到改善,平均外旋角度达 47° 。关节镜辅助能避免开放性手术引起的肩峰和三角肌损伤,且便于更好地观察和修复肩胛下肌。Valenti

等^[35]为避免与异体移植植物相关的并发症,使用自体半腱肌代替异体跟腱,平均随访 24 个月,所有患者在內收位和外展位外旋角度平均改善 24°和 40°。

LTT 与 LDT 适应证和禁忌证相似。但由于在解剖结构和生物力学方面存在优势,LTT 对于主动外旋障碍的患者可能效果更佳^[34]。此外,小圆肌浸润不影响患者预后指标,可能与下斜方肌和小圆肌力线相近有关,且由于 LTT 不影响內旋外旋肌肉的平衡,故肩胛下肌功能不全也并非绝对禁忌,可修复性肩胛下肌损伤并不会影响预后^[36]。目前有关 LTT 的临床研究均肯定了其对 IRCT 的疗效,认为其可有效缓解疼痛并改善肩关节主动活动度(尤其是外旋角度),但桥接移植物的潜在风险及远期结果仍然存有争议,生物力学实验发现的 LTT 相对 LDT 的优势能否在临床中显现还需进一步研究。未来的研究需明确影响 LTT 预后的术前因素,以期提高手术效果。

1.3 大圆肌转移

Celli 等^[37]首次利用大圆肌转移(TMT)治疗涉及冈下肌的不可修复性后上肩袖损伤,大圆肌的力线方向较接近冈下肌,术中结构较易辨认,神经血管蒂长,但肌腱较短,术中操作难度相对较大^[38]。TMT 的临床短期疗效较好,适应证与 LDT 相似。Kolk 等^[39]对 20 例因不可修复性后上肩袖损伤接受 TMT 的患者进行研究,随访 10 年,患者满意率为 80%,平均 Constant 肩关节评分增加了 32 分,仅有 4%的患者接受了 RSA,认为 TMT 是 LDT 的有效替代方法。

1.4 三角肌肌瓣转移

传统三角肌肌瓣转移利用三角肌中束前段纤维吻合肩袖残端来重建肩袖,并可在肩峰与肱骨头之间起缓冲作用。传统三角肌肌瓣转移虽能缓解疼痛,改善主观满意度,但在改善功能方面效果不尽如人意,肩关节主动活动范围及肌力并未明显提高,术后肌腱撕裂和骨关节炎发生率仍较高^[40]。因此,目前临床上不推荐采用该方法治疗 IRCT。而分层肌瓣重建、后束肌瓣重建、三角肌前外侧肌瓣重建等改良术式的实际效果仍需长期临床研究证实。

2 不可修复性正后肩袖损伤

不可修复性正后肩袖损伤较少见,通常以小圆肌及冈下肌损伤为主,导致水平力偶失衡,表现为单纯主动外旋障碍,尽管保留一定的上举功能,但患者日常生活能力大幅下降^[41]。

L'Episcopo 等^[42]于 1934 年首次应用背阔肌与大圆肌联合转移(LDMTT)治疗产瘫导致的肩內收內旋。Boileau 等^[43]首次采用 LDMTT 治疗存在主动外旋障碍的冈下肌和小圆肌脂肪浸润或萎缩的 RCT 患者,6 例单纯主动外旋障碍患者术后主动外旋角度增加 27°。Boileau 等^[41]研究显示,26 例单纯主动外旋障碍患者在 LDMTT 术后平均 52 个月,主动外旋角度在內收位和外展 90°位分别提高了 26°和 18.5°,患者满意度达 84%。而 Lichtenberg 等^[44]研究发现,LDMTT 相较单独 LDT 在常规的不可修复性后上肩袖损伤中并未展现出优势。但对于肩胛下肌完整、由小圆肌脂肪浸润或萎缩引起的主动外旋障碍(即不可修复性正后肩袖损伤)的患者,LDT 通常疗效欠佳,此时 LDMTT 会是较好的选择。

3 不可修复性正前和前上肩袖损伤

临床上不可修复性正前肩袖损伤(即肩胛下肌损伤)非常少见,绝大部分不可修复性肩胛下肌损伤合并冈上肌损伤(即前上肩袖损伤)。然而,在冈下肌结构和功能完整的情况下,肩关节上举功能常不受影响。因此,不可修复性前上肩袖损伤治疗仍以恢复肩胛下肌功能为主要目的。不可修复性肩胛下肌损伤的患者通常出现前肩疼痛、內旋障碍,若合并不可修复性冈上肌损伤,可能伴有肱骨头前、上移位。

3.1 胸大肌转移

胸大肌转移(PMaT)是最常用的代替肩胛下肌功能、提供前方力偶的肌腱转移方法。Wirth 等^[45]于 1997 年首次提出该方法,通过胸三角入路将胸大肌上部肌腱经联合腱前方固定于处理好的肱骨小结节骨槽中。在此基础上衍生出多种术式。在肌腱转移路径方面,亦可选择经联合腱后方的路径,从而借助联合腱的“滑轮”作用使力线方向更接近肩胛下肌,但肌腱可能在喙突下与肌皮神经发生接触而形成压迫。虽然目前尚无直接的临床对比研究,但有系统综述表明经联合腱后方路径的患者术后 Constant 肩关节评分略高。在转移的肌腱部位方面,因肌纤维力线方向不同,有研究认为胸大肌的胸骨部分转移比锁骨部分转移在生物力学更接近肩胛下肌^[46]。但 Valenti 等^[47]研究认为,两者在有效缓解疼痛、提升肌力和功能方面并无差别。

Moroder 等^[48]对 24 例胸大肌胸骨部分经联合腱后方转移的患者进行研究,随访 10 年发现,虽然患者主动前屈、外旋角度相对短期随访时有所回落,

但多项指标尤其是内旋角度和疼痛缓解方面得到明显改善,随访结束时患者满意率达 77%。Ernstbrunner 等^[49]对 30 例采用整个胸大肌经联合腱前方转移的患者进行研究,平均随访 20 年,发现 Constant 肩关节评分和主观评分明显改善,活动范围相较短期随访时略有回落,1/3 的患者进展为轻微症状或无症状的骨关节炎。但从解剖层面来说,即使在改变肌腱方向的情况下,起自前胸壁的胸大肌可能仍不是起自后胸壁的肩胛下肌的最适合替代肌腱。肱骨头前半脱位、联合不可修复性冈上肌撕裂、严重的冈上肌及冈下肌脂肪浸润、肩关节置换术等与 PMaT 不良预后相关。

3.2 胸小肌转移

胸小肌转移(PMiT)也是治疗不可修复性肩胛下肌损伤的一种手术方法^[45]。Paladini 等^[50]对 27 例肩胛下肌上 2/3 完全损伤(Lafosse 分级Ⅲ级)合并不可修复性冈上肌损伤的患者进行研究,将胸小肌及附着的喙突骨块转移至肩胛下肌足印区,随访 2 年,平均肩关节主动上举角度上升 50°,外旋角度减少 11°,简易肩关节功能评分提高 5 分,Constant 肩关节评分提高 41 分,且未出现神经损伤和转移失败等并发症。Cartaya 等^[51]研究认为,关节镜下 PMiT 能进一步减轻手术带来的医源性损伤。PMiT 能在不过多限制外旋能力的前提下,明显恢复不可修复性前上肩袖损伤患者的主动前举和内旋能力。肩胛下肌肌腱完全损伤和肱骨半脱位(Lafosse 分级Ⅳ、Ⅴ级)是 PMiT 禁忌证^[48]。

3.3 LDT

LDT 已被广泛用于治疗后上肩袖损伤,而其在治疗前上肩袖损伤的潜力近来也逐渐显现。相比于胸大肌,起自胸后壁的背阔肌力线方向与肩胛下肌更接近。Elhassan 等^[52]实验证明,LDT 和 TMT 重建不可修复性肩胛下肌损伤有一定可行性,且背阔肌肌腱更长、压迫桡神经和腋神经的风险更低,相对于 TMT,LDT 操作更简单。生物力学研究表明,LDT 能够使肩关节恢复至正常内外旋活动度^[53]。

Kany 等^[54]报道了关节镜下 LDT 在不可修复性肩胛下肌损伤中的应用,通过腋下开放切口分离获得背阔肌肌腱,在关节镜下将肌腱移至肩胛下肌足印区骨槽内,在最短 12 个月的随访时间内,5 例患者术后平均 Constant 肩关节评分由 32.5 分提高至 68 分,压腹试验均转阴。Mun 等^[55]对 24 例行 LDT 的不可修复性肩胛下肌损伤患者进行研究,随

访 2 年,平均 Constant 肩关节评分、美国肩肘外科协会评分(ASES)评分均明显提高,平均前举角度从 135°提高至 166°,内旋从 L₅ 提升至 L₁,且未出现神经损伤和肌腱再撕裂等并发症。现有研究已初步证实了 LDT 治疗不可修复性肩胛下肌损伤的疗效,但其相较于 PMaT 的力线优势能否在实际应用中体现,尤其是在合并不可修复性冈上肌损伤、肱骨前脱位患者中的疗效,还需要更多研究来检验。

4 需 RSA 的 IRCT

部分 IRCT 患者通过肌腱转移术无法获得良好结局。如果患者原有的慢性肩袖损伤过于严重,在试图上举肩部时残余的肩袖组织无法维持肱骨头在关节盂的动态中心位置,出现向前、向上的移位,则会造成其主动上举角度<90°(近期 Burks 等^[56]建议定义为<45°)。若不伴有内旋外旋受限,则只是水平力偶失衡,称为单纯上举障碍,或被 Burks 等定义为假性麻痹^[56],此时只有通过 RSA 来修正关节的旋转中心才能重获上举功能。若同时伴有外旋障碍,则是水平和垂直力偶均失衡,称为主动上举和外旋联合障碍,或被 Kany 等^[57]定义为真正的假性麻痹,此时单独 RSA 只能恢复垂直力偶,还需联合相应的肌腱转移术来恢复水平力偶。此外,对于进展至终末期肩袖损伤关节病的患者,若伴有主动外旋障碍,也需要将 RSA 与肌腱转移联用^[58]。

Boileau 等^[43]在 2007 年首次使用单切口行 RSA 联合 LDMTT 治疗 6 例主动上举和外旋联合障碍患者,随访至少 1 年,发现患者平均主动外旋角度提高 28.3°,Constant 肩关节评分明显提高。随后他们^[57]又对 11 例主动上举和外旋联合障碍患者进行 RSA 联合 LDMTT 治疗,随访至少 1 年,发现患者平均主动外旋角度提高 36°,Constant 肩关节评分均明显提高。Boughebri 等^[59]采用相同方法治疗 14 例主动上举和外旋联合障碍患者,在平均 33.2 个月的随访时间内,平均主动前举角度从 65°增加至 126°,主动外旋角度从 -8.7°增加至 27.3°,其中 12 例患者对疗效非常满意。相比之下,RSA 联合 LDT 对主动外旋角度的改善并不明显。但一项前瞻性随机对照研究^[60]显示,单独 RSA 与 RSA 联合 LDMTT 在术后 2 年随访时均能提高主动上举和外旋联合障碍患者日常生活活动、主动外旋主观评分,且两者之间无明显差异。

5 结语

IRCT 的治疗往往是复杂且具有挑战性。外科

医生需对患者进行全面的术前评估,包括病史(年龄、损伤原因、持续时间、疼痛部位)、体检(主动、被动活动度)、影像学检查(脂肪浸润、肌腱回缩程度),选择最合适的治疗方法。对于活动需求高或对保守治疗效果不满意的年轻患者,在排除禁忌证后可考虑行动力性重建。对于不可修复性后上肩袖损伤,LDT 是经过长期临床检验的主流选择,TMT 是备选的二线方法,三角肌肌瓣转移现已不常用,而 LTT 因更符合解剖力学而前景广阔。对于不可修复性正后肩袖(大圆肌)损伤,LDMTT 较利于纠正主动外旋障碍。对于不可修复性正前肩袖(肩胛下肌)和前上损伤,PMaT 是长期以往的首选,PMiT 是相对小众的选择,而 LDT 将会是未来的临床应用重点。对于需要 RSA 且伴有主动外旋障碍的患者,RSA 联合 LDMTT 或单独 LDT 可改善外旋障碍。

参 考 文 献

- [1] Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, et al. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86(2): 219-224.
- [2] Burkhart SS. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale[J]. Clin Orthop Relat Res, 1991, 267: 45-56.
- [3] Burnier M, Elhassan BT, Sanchez-sotelo J. Surgical management of irreparable rotator cuff tears: what works, what does not, and what is coming[J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101(17): 1603-1612.
- [4] Kooistra B, Gurnani N, Weening A, et al. Low level of evidence for all treatment modalities for irreparable posterosuperior rotator cuff tears[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(12): 4038-4048.
- [5] Pander P, Sierevelt IN, Pecasse G, et al. Irreparable rotator cuff tears: long-term follow-up, five to ten years, of arthroscopic debridement and tenotomy of the long head of the biceps[J]. Int Orthop, 2018, 42(11): 2633-2638.
- [6] Shon MS, Koh KH, Lim TK, et al. Arthroscopic partial repair of irreparable rotator cuff tears: preoperative factors associated with outcome deterioration over 2 years[J]. Am J Sports Med, 2015, 43(8): 1965-1975.
- [7] Makovicka JL, Chung AS, Patel KA, et al. Superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff tears: a systematic review of biomechanical and clinical outcomes by graft type[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(2): 392-401.
- [8] Deranlot J, Herisson O, Nourissat G, et al. Arthroscopic subacromial spacer implantation in patients with massive irreparable rotator cuff tears: clinical and radiographic results

- of 39 retrospectives cases[J]. Arthroscopy, 2017, 33(9): 1639-1644.
- [9] Bacle G, Nove-josserand L, Garaud P, et al. Long-term outcomes of reverse total shoulder arthroplasty: a follow-up of a previous study[J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(6): 454-461.
- [10] Gerber C, Vinh TS, Hertel R, et al. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report[J]. Clin Orthop Relat Res, 1988, 232: 51-61.
- [11] Gerber C, Rahm SA, Catanzaro S, et al. Latissimus dorsi tendon transfer for treatment of irreparable posterosuperior rotator cuff tears: long-term results at a minimum follow-up of ten years[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(21): 1920-1926.
- [12] El-Azab HM, Rott O, Irlenbusch U. Long-term follow-up after latissimus dorsi transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(6): 462-469.
- [13] Hetto P, Erhard S, Thiele NM, et al. 3D motion analysis of latissimus dorsi tendon transfer in patients with posterosuperior rotator cuff tears: analysis of proprioception and the ability to perform ADLS[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2020, 106(1): 39-44.
- [14] Oh JH, Tilan J, Chen YJ, et al. Biomechanical effect of latissimus dorsi tendon transfer for irreparable massive cuff tear[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2013, 22(2): 150-157.
- [15] Kany J, Grimberg J, Amaravathi RS, et al. Arthroscopically-assisted latissimus dorsi transfer for irreparable rotator cuff insufficiency: modes of failure and clinical correlation[J]. Arthroscopy, 2018, 34(4): 1139-1150.
- [16] Cavalier M, Jullion S, Kany J, et al. Management of massive rotator cuff tears: prospective study in 218 patients[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2018, 104(8S): S193-S197.
- [17] Grimberg J, Kany J, Valenti P, et al. Arthroscopic-assisted latissimus dorsi tendon transfer for irreparable posterosuperior cuff tears[J]. Arthroscopy, 2015, 31(4): 599-607.
- [18] Ippolito G, Serrao M, Napoli F, et al. Three-dimensional analysis of the shoulder motion in patients with massive irreparable cuff tears after latissimus dorsi tendon transfer (LDT)[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2016, 136(10): 1363-1370.
- [19] Valenti P, Kalouche I, Diaz LC, et al. Results of latissimus dorsi tendon transfer in primary or salvage reconstruction of irreparable rotator cuff tears[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2010, 96(2): 133-138.
- [20] Moursy M, Forstner R, Koller H, et al. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: a modified technique to improve tendon transfer integrity[J]. J Bone

- Joint Surg Am, 2009, 91(8): 1924-1931.
- [21] Sidler-Maier CC, Mutch JA, Sidler M, et al. Augmented latissimus dorsi transfer; initial results in patients with massive irreparable posterosuperior rotator cuff tears[J]. Shoulder Elbow, 2019, 11(1 Suppl): 59-67.
 - [22] Kany J, Sekaran P, Grimberg J, et al. Risk of latissimus dorsi tendon rupture after arthroscopic transfer for posterior superior rotator cuff tear; a comparative analysis of 3 humeral head fixation techniques[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(2): 282-290.
 - [23] Valenti P, Reinares F, Maroun C, et al. Comparison of arthroscopically assisted transfer of the latissimus dorsi with or without partial cuff repair for irreparable postero-superior rotator cuff tear[J]. Int Orthop, 2019, 43(2): 387-394.
 - [24] Omid R, Stone MA, Lin CC, et al. Biomechanical analysis of latissimus dorsi tendon transfer with and without superior capsule reconstruction using dermal allograft[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2019, 28(8): 1523-1530.
 - [25] Anastasopoulos PP, Alexiadis G, Spyridonos S, et al. Latissimus dorsi transfer in posterior irreparable rotator cuff tears[J]. Open Orthop J, 2017, 11: 77-94.
 - [26] Moursy M, Schmalzl J, Kadavkolan AS, et al. Latissimus dorsi transfer for massive posterosuperior rotator cuff tears; what affects the postoperative outcome?[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2019, 28(11): 2191-2197.
 - [27] Ebert-fillmer S, Bloos UT, El Masri S, et al. Transfer of latissimus dorsi muscle for irreparable posterosuperior rotator cuff defects in older patients; medium term results [J]. Unfallchirurg, 2019, 122(7): 544-554.
 - [28] Muench LN, Kia C, Williams AA, et al. High clinical failure rate after latissimus dorsi transfer for revision massive rotator cuff tears[J]. Arthroscopy, 2020, 36(1): 88-94.
 - [29] Elhassan BT, Wagner ER, Werthel JD. Outcome of lower trapezius transfer to reconstruct massive irreparable posterior-superior rotator cuff tear [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2016, 25(8): 1346-1353.
 - [30] Omid R, Cavallero MJ, Granholm D, et al. Surgical anatomy of the lower trapezius tendon transfer[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2015, 24(9): 1353-1358.
 - [31] Hartzler RU, Barlow JD, An KN, et al. Biomechanical effectiveness of different types of tendon transfers to the shoulder for external rotation[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2012, 21(10): 1370-1376.
 - [32] Omid R, Heckmann N, Wang L, et al. Biomechanical comparison between the trapezius transfer and latissimus transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2015, 24(10): 1635-1643.
 - [33] Reddy A, Gulotta LV, Chen X, et al. Biomechanics of lower trapezius and latissimus dorsi transfers in rotator cuff-deficient shoulders[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2019, 28(7): 1257-1264.
 - [34] Aibinder WR, Elhassan BT. Lower trapezius transfer with Achilles tendon augmentation; indication and clinical results [J]. Obere Extremit, 2018, 13(4): 269-272.
 - [35] Valenti P, Werthel JD. Lower trapezius transfer with semitendinosus tendon augmentation; indication, technique, results[J]. Obere Extremit, 2018, 13(4): 261-268.
 - [36] Clouette J, Leroux T, Shanmugaraj A, et al. The lower trapezius transfer; a systematic review of biomechanical data, techniques, and clinical outcomes [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(7): 1505-1512.
 - [37] Celli L, Rovesta C, Marongiu MC, et al. Transplantation of teres major muscle for infraspinatus muscle in irreparable rotator cuff tears[J]. J Shoulder Elbow Surg, 1998, 7(5): 485-490.
 - [38] Buijze GA, Keereweere S, Jennings G, et al. Musculotendinous transfer as a treatment option for irreparable posterosuperior rotator cuff tears: teres major or latissimus dorsi?[J]. Clin Anat, 2007, 20(8): 919-923.
 - [39] Kolk A, Henseler JF, Overes FJ, et al. Teres major tendon transfer in the treatment of irreparable posterosuperior rotator cuff tears; long-term improvement of shoulder function and pain reduction at eight to 12 years' follow-up [J]. Bone Joint J, 2018, 100B(3): 309-317.
 - [40] Glanzmann MC, Goldhahn J, Flury M, et al. Deltoid flap reconstruction for massive rotator cuff tears: mid- and long-term functional and structural results[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2010, 19(3): 439-445.
 - [41] Boileau P, Baba M, McClelland WB, et al. Isolated loss of active external rotation: a distinct entity and results of L'Episcopo tendon transfer[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2018, 27(3): 499-509.
 - [42] L'Episcopo JB. Tendon transplantation in obstetrical paralysis[J]. Am J Surg, 1934, 25(1): 122-125.
 - [43] Boileau P, Chuinard C, Roussanne Y, et al. Modified latissimus dorsi and teres major transfer through a single delto-pectoral approach for external rotation deficit of the shoulder; as an isolated procedure or with a reverse arthroplasty [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2007, 16(6): 671-682.
 - [44] Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P. Are there advantages of the combined latissimus-dorsi transfer according to L'Episcopo compared to the isolated latissimus-dorsi transfer according to Herzberg after a mean follow-up of 6 years? A matched-pair analysis[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2012, 21(11): 1499-1507.
 - [45] Wirth MA, Rockwood CA. Operative treatment of irreparable rupture of the subscapularis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1997, 79(5): 722-731.
 - [46] Jennings GJ, Keereweere S, Buijze GA, et al. Transfer of segmentally split pectoralis major for the treatment of irreparable rupture of the subscapularis tendon [J]. J

- Shoulder Elbow Surg, 2007, 16(6): 837-842.
- [47] Valenti P, Boughebbi O, Moraiti C, et al. Transfer of the clavicular or sternocostal portion of the pectoralis major muscle for irreparable tears of the subscapularis. Technique and clinical results[J]. Int Orthop, 2015, 39(3): 477-483.
- [48] Moroder P, Schulz E, Mitterer M, et al. Long-term outcome after pectoralis major transfer for irreparable anterosuperior rotator cuff tears[J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(3): 239-245.
- [49] Ernstbrunner L, Wieser K, Catanzaro S, et al. Long-term outcomes of pectoralis major transfer for the treatment of irreparable subscapularis tears: results after a mean follow-up of 20 Years[J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101(23): 2091-2100.
- [50] Paladini P, Campi F, Merolla G, et al. Pectoralis minor tendon transfer for irreparable anterosuperior cuff tears[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2013, 22(6): e1-e5.
- [51] Cartaya M, Werthel JD, Valenti P. Arthroscopic-assisted pectoralis minor transfer for irreparable tears of the upper two-thirds of the subscapularis tendon: surgical technique [J]. Arthrosc Tech, 2017, 6(5): e1501-e1505.
- [52] Elhassan B, Christensen TJ, Wagner ER. Feasibility of latissimus and teres major transfer to reconstruct irreparable subscapularis tendon tear: an anatomic study[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23(4): 492-499.
- [53] Omid R, Stone MA, Lin CC, et al. Biomechanical analysis of anterior capsule reconstruction and latissimus dorsi transfer for irreparable subscapularis tears [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(2): 374-380.
- [54] Kany J, Guinand R, Croutzet P, et al. Arthroscopic-assisted latissimus dorsi transfer for subscapularis deficiency[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2016, 26(3): 329-334.
- [55] Mun SW, Kim JY, Yi SH, et al. Latissimus dorsi transfer for irreparable subscapularis tendon tears [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2018, 27(6): 1057-1064.
- [56] Burks RT, Tashjian RZ. Should we have a better definition of pseudoparalysis in patients with rotator cuff tears?[J]. Arthroscopy, 2017, 33(12): 2281-2283.
- [57] Kany J, Anis H, Werthel JD. Massive irreparable rotator cuff tears[J]. Obere Extremitat, 2018, 13(4): 246-254.
- [58] Boileau P, Chuinard C, Roussanne Y, et al. Reverse shoulder arthroplasty combined with a modified latissimus dorsi and teres major tendon transfer for shoulder pseudoparalysis associated with dropping arm [J]. Clin Orthop Relat Res, 2008, 466(3): 584-593.
- [59] Boughebbi O, Kilinc A, Valenti P. Reverse shoulder arthroplasty combined with a latissimus dorsi and teres major transfer for a deficit of both active elevation and external rotation. Results of 15 cases with a minimum of 2-year follow-up[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2013, 99(2): 131-137.
- [60] Young BL, Connor PM, Schiffern SC, et al. Reverse shoulder arthroplasty with and without latissimus and teres major transfer for patients with combined loss of elevation and external rotation: a prospective, randomized investigation[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(5): 874-881.

(收稿时间:2020-06-03)

(本文编辑:李圆圆)