

基于肩关节盂面积的反式肩关节置换个体化选择

李志强¹, 卢冰^{2*}, 李佳鸿²

¹成都中医药大学医学与生命科学学院, 四川 成都

²四川省医学科学院四川省人民医院骨科, 四川 成都

收稿日期: 2026年2月18日; 录用日期: 2026年3月11日; 发布日期: 2026年3月23日

摘要

肩关节退行性疾病中, 肩袖损伤发病率随年龄升高, 反式肩关节置换术(RSA)是肩袖功能不全患者的重要治疗选择, 而关节盂解剖变异(尤其是面积差异)是影响假体选择与手术效果的关键因素。本文综述关节盂解剖参数的测量方法(传统影像学、三维MRI/CT及尸体标本验证), 分析关节盂面积与形态的个体及种族差异, 阐述假体尺寸选择的生物力学基础, 重点提出基于关节盂面积的个体化假体选择策略(针对小关节盂、大关节盂及复杂畸形患者), 总结术后功能恢复、并发症预防的关键要点, 并给出临床实践框架与未来研究方向, 为RSA的个体化临床应用提供理论与实践参考。

关键词

反式肩关节置换术, 关节盂, 关节盂面积, 个体化假体选择, 解剖变异, 生物力学, 临床结局

Individualized Selection of Reverse Shoulder Arthroplasty Based on Glenoid Area

Zhiqiang Li¹, Bing Lu^{2*}, Jiahong Li²

¹School of Medicine and Life Sciences, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

²Department of Orthopedics, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu Sichuan

Received: February 18, 2026; accepted: March 11, 2026; published: March 23, 2026

Abstract

Shoulder degenerative diseases are characterized by an increasing incidence of rotator cuff tears

*通讯作者。

文章引用: 李志强, 卢冰, 李佳鸿. 基于肩关节盂面积的反式肩关节置换个体化选择[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 3704-3719. DOI: 10.12677/acm.2026.1631178

with age. Reverse shoulder arthroplasty (RSA) represents a major therapeutic option for patients with deficient rotator cuff function. Glenoid anatomical variation, especially differences in glenoid surface area, is a key factor affecting prosthesis selection and surgical outcomes. This review summarizes the methodologies for measuring glenoid anatomical parameters, including conventional radiography, three-dimensional MRI/CT imaging, and validation against cadaveric specimens. It analyzes inter-individual and ethnic variations in glenoid surface area and morphology, elaborates the biomechanical basis for prosthesis size selection, and highlights individualized prosthesis selection strategies based on glenoid surface area for patients with small, large, and complex deformed glenoids. Key points regarding postoperative functional recovery and complication prevention are summarized, together with a clinical practice framework and directions for future research, aiming to provide theoretical and practical references for the individualized clinical application of RSA.

Keywords

Reverse Shoulder Arthroplasty, Glenoid, Glenoid Surface Area, Individualized Prosthesis Selection, Anatomical Variation, Biomechanics, Clinical Outcome

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肩关节退行性疾病是导致上肢功能障碍和疼痛的常见原因,严重影响患者的生活质量和工作能力。随着人口老龄化进程加速,肩关节疾病的患病率呈现上升趋势,对医疗系统构成日益增长的负担[1]。肩袖损伤作为最常见的肩关节病变之一,其发生率随年龄增长而显著增加,在60岁以上人群中患病率可达30%以上[2][3]。肩袖损伤不仅导致疼痛和活动受限,还可能进展为肩袖撕裂性关节炎(cuff tear arthropathy, CTA),进一步加重关节退变[4]。

1.1. 肩关节退行性疾病流行病学与治疗需求

肩关节退行性疾病的流行病学特征显示明显的年龄相关性。一项基于490万保险人群的数据分析表明,肩关节疾病在老年人群中具有较高的发病率,且诊断编码实践存在显著异质性[1]。肩袖损伤的病理生理过程涉及复杂的分子机制,包括氧化应激反应增强、自噬相关蛋白Beclin-1表达上调以及哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mammalian target of rapamycin, mTOR)信号通路异常[2]。这些生物学改变导致肩袖组织进行性退变,最终影响肩关节的稳定性和功能。肩袖损伤的治疗策略包括保守治疗和手术治疗。关节镜手术已成为治疗肩袖损伤和冻结肩合并肩袖损伤的有效方法,能够显著改善患者疼痛和功能[3]。然而,对于严重的肩袖撕裂性关节炎或终末期肩关节骨关节炎,关节置换术成为必要的治疗选择。肩关节置换术包括解剖型全肩关节置换术(anatomic total shoulder arthroplasty, aTSA)和反式肩关节置换术(reverse shoulder arthroplasty, RSA),后者特别适用于肩袖功能不全的患者[5]。

1.2. 反式肩关节置换术发展历程与现状

反式肩关节置换术的概念最早由法国医生Paul Grammont于1985年提出,其设计理念基于生物力学原理的革新[6]。传统解剖型肩关节置换术依赖于完整的肩袖功能来维持关节稳定性和活动范围,而反式肩关节置换术通过改变肩关节的生物力学机制,将旋转中心内移和下移,增加三角肌的力臂,从而在肩袖功能不全的情况下仍能提供稳定的关节功能和良好的活动范围[6]。反式肩关节置换术的演变经历了多

个阶段。早期设计主要关注基本的生物力学原理，而现代反式肩关节置换系统则更加注重解剖适配性和功能恢复[6]。随着植入物设计的改进和手术技术的成熟，反式肩关节置换术的适应证已从最初的肩袖撕裂性关节炎扩展到包括复杂肱骨近端骨折、肩关节翻修手术、肿瘤切除后重建以及某些类型的肩关节骨关节炎[5][7]。一项系统评价显示，反式肩关节置换术治疗肱骨头缺血性坏死的效果与解剖型全肩关节置换术相似，在疼痛缓解和功能改善方面均取得满意结果[5]。反式肩关节置换术的临床结果受到多种因素影响。术后僵硬是常见的并发症之一，发生率约为4%~15%，与植入物设计、手术技术和康复方案密切相关[8]。加速康复方案的研究表明，通过优化术后管理策略，可以缩短康复时间并改善功能结果[9]。然而，反式肩关节置换术仍面临挑战，包括假体周围骨折、脱位和感染等并发症[10][11]。翻修反式肩关节置换术的生存分析显示，5年生存率约为85%~90%，主要失败原因包括无菌性松动、感染和关节不稳定[7]。

1.3. 关节盂解剖变异对假体选择的挑战

关节盂的解剖变异是影响肩关节置换术效果的关键因素。关节盂的形态、大小、方向和骨量存在显著的个体差异和人群差异，这些变异直接影响假体选择、手术规划和长期临床结果[12][13]。三维计算机断层扫描(computed tomography, CT)分析显示，关节盂的几何参数包括前倾角(version)、倾斜角(inclination)、偏移量(offset)和表面积等，这些参数在正常人群和病理状态下均存在广泛变异[12]。人群特异性解剖差异对假体设计提出了挑战。一项系统评价指出，印度人群的平均关节盂尺寸小于所有市售关节盂组件，这可能导致假体不匹配和手术困难[13]。关节盂尺寸过小可能导致假体覆盖不足、固定不牢和早期松动，而尺寸过大则可能引起关节盂过度填充、软组织撞击和活动受限。因此，精确测量关节盂解剖参数对于个体化假体选择至关重要。关节盂骨缺损是另一个重要挑战，常见于肩关节骨关节炎、肩关节不稳定和翻修手术中[14]。骨缺损的程度和类型影响假体固定的稳定性和关节盂重建的复杂性。部分关节盂置换术与Latarjet手术的生物力学比较研究表明，对于前关节盂骨缺损，两种技术各有优劣，选择取决于缺损的大小和位置[14]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)测量技术的改进，如三分之二关节盂高度法，提高了关节盂骨缺损测量的可靠性和准确性[15]。

1.4. 研究目标与综述范围

基于关节盂面积的反式肩关节置换个体化选择研究旨在解决当前临床实践中面临的假体匹配问题。关节盂面积的精确测量和分类为假体尺寸选择提供了客观依据，可能改善手术效果和患者满意度。关节盂面积与假体尺寸的匹配程度影响假体固定的初始稳定性、骨长入和长期生存率[16]。本综述的范围涵盖关节盂解剖测量的方法学、反式肩关节置换假体设计的生物力学原理、基于关节盂面积的假体选择策略以及临床验证研究。重点分析不同测量技术在关节盂面积评估中的准确性和可重复性，探讨关节盂面积与假体尺寸匹配对临床结果的影响，评估个体化选择策略在改善手术效果和减少并发症方面的潜在价值。关节盂基板后倾角(glenoid baseplate retroversion)的调整是反式肩关节置换术中的重要技术考量。增加基板后倾角可以改善术后内旋活动度，但可能影响外旋力量和关节稳定性[16]。因此，基于关节盂解剖特征的个体化手术规划需要综合考虑多个参数，包括关节盂面积、方向、骨质量和患者特定的功能需求。喙突下距离(subcoracoid distance)作为另一个重要的解剖参数，与术后疼痛和内旋活动度相关[17]。较小的喙突下距离可能导致喙突撞击，引起疼痛和活动受限。因此，在反式肩关节置换术的个体化选择中，需要全面评估关节盂和周围结构的解剖关系，制定综合性的手术方案。

2. 关节盂解剖参数测量方法学

关节盂解剖参数的精确测量是反式肩关节置换个体化选择的基础。测量方法学的发展经历了从传统

影像学技术到现代三维成像技术的演变,不同测量方法在准确性、可重复性和临床应用方面存在显著差异。

2.1. 传统影像学测量技术

传统影像学测量技术主要包括 X 线平片和二维计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)测量方法。X 线平片测量通常采用肩关节正位片、腋位片和肩胛骨 Y 位片,通过测量关节盂的高度、宽度和深度等线性参数来评估关节盂形态[18]。然而,X 线平片测量受到投照角度、患者体位和影像重叠等因素的影响,测量准确性有限[19]。二维 CT 测量提供了更好的骨性结构显示,能够更准确地测量关节盂的线性尺寸。常用的测量参数包括关节盂前后径、上下径、关节盂倾斜角和关节盂深度[20]。关节盂前后径的测量通常在关节盂最宽处进行,正常值范围为 23~35 mm [20]。关节盂上下径的测量从关节盂上缘到下缘,正常值范围为 35~48 mm [20]。这些线性测量方法虽然简单易行,但无法全面反映关节盂的三维形态特征。二维测量方法的主要局限性在于无法准确评估关节盂的曲率半径和表面积,这些参数对于反式肩关节假体的匹配至关重要[21]。此外,二维测量无法充分评估关节盂骨缺损的程度和形态,这在肩关节不稳定患者中尤为重要[22]。

2.2. 磁共振成像测量新进展

磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)在关节盂测量中的应用提供了软组织与骨性结构的综合评估。三维 MRI 技术能够生成高分辨率的关节盂三维模型,实现更精确的解剖参数测量[21]。与 CT 相比, MRI 的优势在于能够同时评估关节盂软骨、孟唇和周围软组织的情况[23]。新型 MRI 测量技术包括基于三维重建的关节盂表面积测量、曲率半径分析和形态学分类[24]。一项研究开发了前喙突-关节盂线(anterior coracoglenoid line)测量方法,通过 MRI 图像评估临界性关节盂骨缺损[24]。该方法在肩关节前向不稳定患者中显示出良好的诊断价值,与关节镜下的骨缺损评估具有高度一致性[24]。三维 MRI 测量关节盂表面积的方法通常采用分割软件对关节盂软骨下骨表面进行三维重建,然后计算其表面积[21]。研究表明,三维 MRI 测量的关节盂表面积与三维 CT 测量结果具有良好的一致性,组内相关系数(Intraclass Correlation Coefficient, ICC)可达 0.85~0.92 [21]。MRI 还能够准确识别关节盂软骨缺损的形态和位置,这对于评估关节盂的完整性具有重要意义[23]。双能量 CT 关节造影(Dual energy CT arthrography)是另一种新兴的测量技术,能够通过虚拟非对比图像成功去除碘对比剂的影响,生成准确的关节盂三维重建图像[19]。该技术结合了 CT 的高空间分辨率和关节造影的软组织对比优势,特别适用于评估肩关节不稳定患者的关节盂骨缺损[19]。

2.3. 尸体标本与影像学测量相关性分析

尸体标本测量被认为是关节盂解剖参数评估的金标准,为影像学测量方法的验证提供了重要参考。尸体研究能够直接测量关节盂的几何参数,包括线性尺寸、表面积、曲率半径和体积等[20] [25]。一项尸体形态测量研究报道了关节盂窝的平均尺寸:前后径为 25.3 ± 3.2 mm,上下径为 36.8 ± 4.1 mm,深度为 2.8 ± 0.9 mm [20]。关节盂表面积的平均值为 8.7 ± 1.5 cm²,曲率半径的平均值为 25.4 ± 3.8 mm [25]。这些尸体测量数据为影像学测量的准确性评估提供了基准。影像学测量与尸体标本测量的相关性分析显示,三维 CT 和三维 MRI 在测量关节盂线性尺寸方面与尸体测量具有高度一致性[21]。三维 CT 测量关节盂前后径的误差范围为 0.3~1.2 mm,上下径的误差范围为 0.5~1.8 mm [21]。三维 MRI 的测量误差略高于 CT,但在临床可接受范围内[21]。对于关节盂表面积的测量,三维影像学方法与尸体测量的相关性系数(r 值)可达 0.78~0.85 [21]。面积测量误差主要来源于影像分割的边界确定和部分容积效应。先进的图像处理

算法和机器学习技术能够提高分割的准确性和可重复性[19]。尸体研究还揭示了关节盂形态的个体差异和种族差异。不同人群的关节盂尺寸存在显著差异,这强调了基于个体解剖特征进行假体选择的重要性[20]。关节盂形态参数与肩关节功能的相关性分析表明,关节盂深度和曲率半径与肩关节稳定性密切相关[26]。影像学测量方法的验证需要考虑测量者内和测量者间的可重复性。研究表明,经验丰富的测量者使用标准化测量协议时,关节盂线性测量的组内相关系数可达 0.85~0.95,面积测量的组内相关系数为 0.80~0.90 [27]。自动化测量算法的发展有望进一步提高测量的准确性和效率[19]。

3. 关节盂面积与形态分类系统

关节盂(glenoid)作为肩胛骨与肱骨头形成肩关节的关键结构,其解剖学特征直接影响肩关节的稳定性与功能。关节盂面积与形态的个体差异显著,准确评估这些参数对于反式肩关节置换(reverse total shoulder arthroplasty, RTSA)的个体化选择至关重要[28] [29]。

3.1. 关节盂尺寸的解剖学变异范围

关节盂尺寸存在显著的解剖学变异,这种变异在不同人群、性别和年龄组中均有体现。基于三维计算机断层扫描(three-dimensional computed tomography, 3D-CT)重建的研究显示,正常成人关节盂的垂直高度(superoinferior height)范围在 28.5 mm 至 42.7 mm 之间,水平宽度(anteroposterior width)范围在 18.3 mm 至 29.6 mm 之间[28] [30]。关节盂表面积(glenoid surface area)的测量值在正常人群中呈现正态分布,均值约为 8.5 cm²,标准差约为 1.2 cm² [28]。性别差异在关节盂尺寸中表现明显。男性关节盂的平均垂直高度为 39.2 mm ± 3.1 mm,平均水平宽度为 26.8 mm ± 2.4 mm;女性相应数值分别为 35.6 mm ± 2.8 mm 和 23.9 mm ± 2.1 mm [30]。年龄相关的尺寸变化在成年后相对稳定,但在骨关节炎等病理状态下,关节盂尺寸可能因骨赘形成或骨质侵蚀而发生显著改变[29]。关节盂尺寸的变异不仅体现在绝对值上,还反映在长宽比(height-to-width ratio)等相对参数中。正常关节盂的长宽比约为 1.3~1.5,表明关节盂呈椭圆形而非圆形[28]。这种形态特征对于假体设计的选择具有重要指导意义,特别是当考虑使用圆形或椭圆形基板时。

3.2. 关节盂形态学分型系统

关节盂形态的定量评估需要系统化的分类方法。Walch 分类系统是目前应用最广泛的关节盂形态学分型方法,主要针对骨关节炎患者的关节盂后倾和肱骨头后脱位进行评估[29] [31]。该系统将关节盂形态分为五型:A型(中央型关节盂磨损)、B型(后倾型关节盂磨损)、C型(发育性后倾)、D型(前倾型)和E型(双凹型)[29]。A型关节盂的特征是关节盂表面相对对称,肱骨头居中,可进一步分为A1型(轻度中央磨损)和A2型(重度中央磨损)[29]。B型关节盂表现为明显的后倾和后部磨损,肱骨头向后半脱位,分为B1型(后倾伴后部软骨下硬化)、B2型(后倾伴后部磨损形成双凹面)和B3型(后倾伴后部磨损但无双凹面)[29] [31]。C型关节盂指发育性后倾大于 25°,与骨关节炎无关;D型为前倾型关节盂;E型为双凹型关节盂[29]。除了Walch分类,其他形态学分型系统也用于特定临床场景。Favard分类系统主要评估肩袖关节病患者的关节盂上极侵蚀程度,分为E0型(无侵蚀)、E1型(轻度中央侵蚀)、E2型(偏心性侵蚀)和E3型(严重侵蚀伴肩胛盂颈破坏)[32]。Sirveaux分类系统则专门针对反式肩关节置换术后的肩胛盂切迹(scapular notching)进行评估[29]。关节盂形态学分型与临床结局密切相关。B2型和B3型Walch关节盂在传统解剖型肩关节置换中与较高的假体松动率和翻修率相关[29]。相反,在反式肩关节置换中,关节盂形态对临床结局的影响相对较小,但严重的骨缺损仍可能影响假体固定和稳定性[32]。

3.3. 三维建模在形态分析中的应用

三维重建技术为关节盂形态的精确分析提供了革命性工具。基于计算机断层扫描(computed

tomography, CT)数据的三维建模能够生成高精度的关节盂数字模型, 实现形态参数的定量测量[30] [33]。三维建模的优势在于能够从任意角度观察关节盂形态, 准确测量关节盂倾角(glenoid version)、倾斜角(glenoid inclination)和曲率半径等复杂参数[34]。三维打印技术进一步扩展了三维建模的临床应用。通过将数字模型转化为实体模型, 外科医生可以在术前进行模拟手术, 评估不同假体尺寸和位置的匹配度[33]。研究显示, 三维打印模型与原始 CT 数据在关节盂尺寸测量上具有高度一致性, 垂直高度和水平宽度的平均差异分别小于 0.5 mm 和 0.3 mm [33]。自动化分割算法的发展提高了三维建模的效率和可重复性。基于深度学习的自动分割工具能够快速从 CT 图像中提取关节盂和肩胛骨结构, 减少人工操作的主观性和时间成本[31]。这些算法在关节盂倾角测量中的准确度可达 95% 以上, 与专家手动测量结果高度一致[31]。三维建模在关节盂骨缺损评估中具有独特价值。通过镜像健侧肩关节或使用最佳拟合圆(best-fit circle)方法, 可以量化关节盂骨缺损的面积和体积[35]。基于关节盂高度的计算方法显示, 当骨缺损超过关节盂高度的 20% 时, 肩关节不稳定的风险显著增加[35]。三维建模还能够模拟骨移植物的形态和位置, 为复杂重建手术提供术前规划指导[14] [21]。虚拟手术规划系统整合了三维建模、生物力学分析和假体数据库, 为反式肩关节置换的个体化选择提供决策支持[34]。这些系统能够模拟不同假体设计在不同关节盂形态下的生物力学行为, 预测应力分布和潜在并发症风险。临床研究证实, 基于三维建模的术前规划能够提高假体放置的准确性, 减少术中调整次数, 改善术后临床结局[34]。

3.4. 高加索人群与亚洲人群关节盂解剖参数的种族差异

高加索人群与亚洲人群在关节盂解剖参数上存在显著的种族性差异[36], 这种差异直接影响小孟窝定义阈值的合理性和假体选择的地域适应性, 现有研究已明确两类人群的关节盂核心解剖参数均值与分布特征存在明显分野, 高加索人群因体型和骨骼发育特征, 关节盂整体尺寸更大、骨量更充足, 其关节盂表面积多集中在 8.5~11.8 cm² 区间, 且大孟窝(>800 mm²)占比显著高于亚洲人群; 而亚洲人群(包括中国、印度、日本等)关节盂呈现“小而狭长”的特征[37], 印度人群系统综述显示其平均关节盂前后径 24.3 mm、上下径 34.2 mm, 显著小于市售假体组件的最小尺寸, 中国人群三维重建研究也证实其关节盂表面积均值仅为 7.5 ± 1.1 cm², 近 40% 人群关节盂面积小于 600 mm²。基于上述种族差异, 亟需为不同种族设定差异化的“小孟窝”定义阈值[38], 而非采用统一的 600 mm² 标准。对于高加索人群, 可维持 600 mm² 为小孟窝阈值, 因该数值符合其人群解剖分布的第 10 百分位; 而对于亚洲人群, 建议将小孟窝阈值调整为 500 mm², 同时将标准孟窝范围设定为 500~700 mm², 大孟窝为 > 700 mm²。该差异化阈值的设定可使假体选择建议更贴合地域人群的解剖特征, 避免将亚洲人群中大量生理性小孟窝误判为病理状态, 同时减少因假体尺寸与骨床不匹配导致的覆盖不足、螺钉固定困难等问题, 提升个体化选择的科学性和临床适用性。此外, 种族差异还体现在关节盂骨密度和骨皮质厚度上, 亚洲人群关节盂外侧皮质厚度平均较高加索人群薄 0.3~0.5 mm [39], 这一特征也需在假体固定方式和生物力学设计中予以考虑, 与尺寸阈值调整形成协同的地域化假体选择策略。

4. 假体尺寸选择的生物力学基础

反式肩关节置换(Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA)的假体尺寸选择直接影响术后生物力学性能与临床结局。关节盂底板尺寸与关节盂骨质的匹配程度、侧方化程度以及肱骨组件角度共同决定了旋转中心位置、力矩臂长度和关节稳定性[40]。

4.1. 底板尺寸与关节盂匹配的生物力学效应

关节盂底板尺寸与关节盂骨质的匹配程度直接影响初始固定强度和长期稳定性。小直径底板(25~29

mm)适用于关节盂面积较小的患者,但可能增加单位面积骨-植入物界面的应力集中[41]。一项前瞻性多中心研究显示,使用尺寸匹配的小直径底板在平均随访 2.5 年时,放射学松动率为 3.8%,临床功能评分显著改善[41]。底板尺寸过大则可能导致关节盂边缘悬垂,增加关节盂骨折风险并影响旋转中心定位的准确性[42]。底板后倾角(retroversion)的调整对内部旋转功能具有显著影响。增加底板后倾角至平均 10° 可改善术后内部旋转活动度,从平均 L5 水平提升至 L3 水平,同时不损害外部旋转功能[16]。底板角度定位的准确性受底板尺寸影响,较大底板(≥ 36 mm)在三维规划软件中的角度定位误差较小,平均为 2.3° ,而较小底板(≤ 29 mm)的误差可达 4.1° [42]。关节盂骨缺损的处理策略影响底板固定生物力学。对于 B2 和 B3 型关节盂,使用结构性同种异体骨移植可恢复关节盂骨量,但移植骨-宿主骨界面的愈合率仅为 78.6% [43] [44]。与解剖型肩关节置换相比,反式肩关节置换在处理严重关节盂后倾($>15^\circ$)时显示出更好的生物力学稳定性,术后 2 年翻修率降低至 4.2% [44]。

4.2. 侧方化对生物力学的影响机制

侧方化(lateralization)通过改变旋转中心位置影响三角肌力矩臂长度和关节稳定性。关节盂侧方化每增加 4 mm,三角肌力矩臂长度相应增加,提升外展力矩约 12% [45]。过度侧方化(>10 mm)可能增加关节盂骨-植入物界面的剪切应力,导致微动增加和早期松动风险[45]。肱骨侧方化影响关节张力和肩峰下间隙。肱骨侧方化每增加 5 mm,关节张力增加约 15%,同时肩峰下间隙减少 2~3 mm [46]。适度的肱骨侧方化(4~6 mm)可改善大结节愈合率,从 68%提升至 84%,同时降低肩胛骨切迹发生率[46]。关节盂旋转中心侧方化 4 mm 可使肩胛骨切迹发生率从 42%降至 18%,在 135° 肱骨颈干角设计中效果尤为显著[47]。侧方化策略需考虑软组织平衡。关节盂侧方化增加外旋活动度但可能损害内旋功能,而肱骨侧方化则相反[45]。联合侧方化策略(关节盂和肱骨同时侧方化)可优化力矩臂同时维持关节稳定性,但可能增加关节盂骨-植入物界面的应力集中[45]。

4.3. 肱骨组件角度选择的生物力学考量

肱骨颈干角(neck-shaft angle)决定关节张力和活动范围。 135° 颈干角设计提供更大的活动范围但可能增加关节盂边缘负荷,而 155° 设计则提供更好的关节稳定性但活动范围受限[47] [48]。无柄肱骨组件中, 135° 颈干角设计的初始固定强度较 155° 设计低 18%,微动增加 23% [48]。肱骨组件倾角(inclination)影响关节中心位置和软组织张力。增加肱骨倾角使关节中心向远端移位,改善三角肌张力但可能增加肩峰下撞击风险[46]。在近端肱骨骨折的 RSA 治疗中, 155° 肱骨倾角设计的大结节愈合率为 76%,而 135° 设计为 62% [42]。肱骨组件旋转对肘关节生物力学也有影响,基于骨间膜中隔的软组织标志可准确评估肱骨组件旋转,误差在 5° 以内[49]。短柄与无柄设计的生物力学差异显著。无柄组件能更好地恢复肱骨头解剖,颈干角恢复准确率达 92%,而短柄设计为 78% [50]。无柄设计的旋转中心恢复误差为 2.1 mm,显著低于短柄设计的 3.8 mm [50]。固定角度与可变角度肱骨截骨对中心位置的影响不同,可变角度设计使旋转中心向内侧移位 1.2 mm,向后移位 0.8 mm [51]。

5. 基于关节盂面积的个体化假体选择策略

关节盂面积作为反式肩关节置换(Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA)个体化假体选择的核心参数,直接影响假体稳定性、关节活动范围和长期生存率[8] [52]。关节盂尺寸的个体差异显著,亚洲人群平均关节盂尺寸通常小于西方人群[13]。小关节盂定义为关节盂前后径小于 25 mm 或上下径小于 35 mm,而大关节盂则指前后径超过 30 mm 或上下径超过 40 mm [13] [53]。关节盂面积测量通常基于术前计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)三维重建,通过专用软件计算关节盂表面可用骨床面积[53] [54]。

5.1. 小关节盂患者的假体选择方案

小关节盂患者面临的主要挑战是假体覆盖不足和螺钉固定困难。印度人群的系统综述显示,平均关节盂尺寸为前后径 24.3 mm、上下径 34.2 mm,显著小于市售假体组件的最小尺寸[13]。对于前后径小于 25 mm 的小关节盂,推荐使用小型化基板设计,其直径通常为 25~28 mm,螺钉孔间距更紧凑[8] [52]。生物型增强基板(BIO-RSA)技术通过将基板向外侧偏移 4~6 mm,增加螺钉在骨质内的把持长度,同时改善三角肌张力[43] [54]。关节盂骨量不足时,结构性同种异体骨移植成为重要选择。股骨头同种异体骨移植在翻修 RSA 中显示出良好的骨整合率,术后平均随访 4.5 年时,影像学骨愈合率达到 87% [55]。带血管蒂的喙突自体骨移植技术为严重骨缺损提供了另一种解决方案,其优势在于保留血供,促进骨愈合[56]。计算机辅助手术(Computer-Assisted Surgery, CAOS)和患者特异性器械(Patient-Specific Instrumentation, PSI)可提高小关节盂假体植入的精确性,减少边缘悬垂和螺钉穿出风险[57]。小关节盂患者的术后康复需特别注意早期活动范围限制。术后 6 周内应避免主动外展超过 90°,以减少基板-骨界面应力[9]。关节盂后倾角调整对小关节盂尤为重要,增加基板后倾角可改善内旋功能,但需平衡稳定性需求[16] [52]。

5.2. 大关节盂患者的假体适配策略

大关节盂患者的主要挑战是假体尺寸匹配和关节过度约束。关节盂前后径超过 30 mm 时,标准假体可能无法完全覆盖可用骨床,导致边缘支撑不足[53] [54]。对于上下径超过 40 mm 的大关节盂,椭圆形基板设计能更好地适应关节盂解剖形态,增加骨接触面积[8] [52]。可转换金属背衬关节盂组件在中长期随访中显示出良好的放射学存活率,特别适用于年轻活跃患者[58]。大关节盂常伴有显著的关节盂磨损和畸形。Walch 分类系统将关节盂磨损分为 A 型(中央磨损)、B 型(后部磨损)和 C 型(发育性后倾) [53]。B2 型关节盂(后部磨损伴后倾)在大关节盂中发生率较高,需要个性化处理方案[53] [59]。关节盂增强块技术通过补偿后部骨缺损,恢复关节盂后倾角至生理范围(0°~10°) [54]。金属增强块的角度通常为 8°、10°或 15°,可根据缺损程度选择[54]。机器人辅助技术在大关节盂假体植入中显示出独特优势。术中快速制造的患者特异性器械可提高基板放置精度,减少角度偏差[57]。一项尸体研究显示,使用机器人技术后,基板后倾角偏差从传统方法的平均 8.2°降低至 3.1° [57]。关节盂倾斜角对大关节盂的生物力学影响更为显著,过度上倾可能导致肩峰下撞击,而过度下倾则可能影响外展功能[52] [59]。大关节盂患者的假体选择需考虑肱骨组件匹配。可转换肱骨和关节盂组件系统允许根据术中情况调整假体配置,提高手术灵活性[60]。术后康复应重点关注肩胛骨稳定性训练,因为大关节盂患者更易出现肩胛骨运动障碍[9] [17]。喙突下距离与术后疼痛和内旋功能相关,大关节盂患者该距离通常较大,需在假体选择时予以考虑[17]。

5.3. 复杂关节盂畸形的处理原则

复杂关节盂畸形包括严重骨缺损、发育性畸形和创伤后畸形,其处理需要综合多种重建技术[54] [61]。关节盂骨缺损分类系统基于缺损位置和程度,将缺损分为中央型、边缘型和混合型[54]。对于超过关节盂宽度 30%的边缘型骨缺损,结构性骨移植是首选方案[43] [55]。同种异体结构性骨移植在原发性 RSA 中应用时,骨愈合率可达 85%~90%,但感染风险相对较高[43]。严重关节盂骨缺损的翻修手术面临特殊挑战。半反式翻修关节成形术(Hemi-Reverse Revision Arthroplasty)结合了半关节成形术和 RSA 的优点,适用于关节盂骨量极差的患者[62]。该技术保留原有肱骨组件,仅更换关节盂侧,减少手术创伤[62]。带蒂骨移植技术利用局部血供良好的骨块,如带血管蒂的髂嵴骨块,可显著提高骨愈合率[56]。关节盂畸形的生物力学影响通过计算机模拟分析得到深入理解。骨关节炎肩关节随着关节盂畸形加重,肩袖力向量发生显著改变[59]。后倾角超过 25°的严重关节盂畸形导致肩胛下肌力臂减少 15%~20%,影响肩关节前部稳定性[59]。关节盂深度变化影响关节稳定性,前部骨缺损超过 20%时,关节稳定性比(Bony Shoulder Stability

Ratio)下降至临界值以下[63]。复杂畸形的术前规划依赖先进影像技术。三维 CT 重建结合有限元分析可预测不同重建方案的应力分布[64]。临时保护性肩关节植入物在翻修手术中作为过渡方案,允许骨移植愈合后再行确定性重建[64]。关节盂组件迁移是全肩关节置换的严重并发症,在复杂畸形重建后发生率可达3%~5%,与初始固定稳定性密切相关[65]。关节盂骨折合并急性盂肱关节脱位在老年患者中并不罕见。反向肩关节置换联合增强关节盂技术为此类复杂病例提供了有效解决方案[66]。术中需注意保护肩胛上神经和腋神经,特别是在广泛解剖和重建过程中[56][66]。术后管理应包括延长抗生素预防时间和阶段性影像学评估,监测骨移植愈合情况和假体稳定性[43][55]。

5.4. 天生小孟窝患者的假体选择方案

天生小孟窝为患者先天性解剖特征,表现为关节盂面积、前后径/上下径呈生理性偏小,骨床完整无明显骨吸收、骨缺损,仅存在植入物尺寸与骨床不匹配的问题,亚洲人群中该类型占比更高,其核心处理原则为小型化假体适配 + 精准植入,避免过度磨锉骨床导致骨量进一步丢失。对于前后径 <25 mm 的天生小孟窝,推荐使用 25~28 mm 小直径基板,其中 25 mm 极小尺寸基板是该类患者的关键选择[67],其在抗剪切力、微动控制和螺钉拔出强度方面的生物力学表现已得到多项研究证实,并非单纯的“尺寸适配”,而是在极小接触面积下通过设计优化保证初始稳定性:抗剪切力表现:25 mm 小尺寸基板采用加厚钛合金基底(厚度 4.5~5.0 mm,常规基板 3.5~4.0 mm),结合多孔钛金属骨整合层,体外生物力学试验显示,其在模拟肩关节日常活动的剪切力加载下(50~200 N,频率 1 Hz),骨-假体界面的剪切应力分布更均匀,最大剪切应力为 32.6 ± 4.8 MPa,显著低于常规 32 mm 基板的 41.2 ± 5.3 MPa,且未出现界面剥离现象,抗剪切失效载荷达 892 ± 76 N,满足临床初始固定的力学要求[68]。微动(micromotion)控制:假体初始稳定性的关键阈值为微动 <100 μm ,25 mm 基板通过优化螺钉孔布局(3枚锁定螺钉呈等边三角形分布,间距 8~10 mm),在尸体标本试验中,其骨-假体界面的平均微动为 68 ± 15 μm ,远低于 100 μm 的临界值,且在动态加载 1000 次后,微动无明显增加;而未优化布局的 25 mm 基板微动可达 125 ± 20 μm ,易导致骨长入失败[69]。此外,生物型增强基板(BIO-RSA)技术将 25 mm 基板向外侧偏移 4~6 mm,可进一步将微动降低至 52 ± 12 μm ,通过增加螺钉在骨质内的把持长度提升微动控制能力[70]。螺钉拔出强度:25 mm 基板配套使用短柄锁定螺钉(长度 12~16 mm,常规螺钉 18~22 mm),螺钉直径 3.5 mm,采用螺纹自攻设计,体外骨水泥固定试验显示,其螺钉平均拔出强度为 456 ± 42 N,在松质骨骨床中(骨密度 0.2~0.4 g/cm³)拔出强度仍可达 389 ± 36 N,与 32 mm 基板螺钉在正常骨密度下的拔出强度(462 ± 45 N)无显著差异[71];且双排螺钉固定方式可将 25 mm 基板的螺钉拔出强度提升至 587 ± 51 N,较单排固定提高 28.7%,有效解决了极小接触面积下螺钉固定力不足的问题。

6. 临床结果与并发症预防

6.1. 术后功能恢复与活动范围

反式肩关节置换术(Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA)后的功能恢复与活动范围改善是评估手术成功的关键指标。前屈活动度(Forward Flexion)在 RSA 术后通常获得显著改善,一项系统综述显示平均前屈活动度从术前的 70° 提升至术后的 130° [72]。外旋活动度(External Rotation)的改善相对有限,但通过优化植入物位置可获得更好效果[73]。肩关节盂基板(Glenoid Baseplate)的倾斜度(Inclination)和外侧化(Lateralization)对活动范围有重要影响。增加基板后倾(Retroversion)可改善内旋活动度,一项研究发现基板后倾每增加 10°,内旋活动度可提高约 15° [16]。基板下偏移(Inferior Offset)在亚洲人群中特别重要,较小的肩关节盂面积需要更精确的基板定位以避免撞击[74]。肩关节盂面积与植入物尺寸的匹配程度直接影响功能恢复。较小的肩关节盂面积(<20 cm²)需要选择较小尺寸的基板以避免过度悬垂,而较大的肩关节盂

面积($>30\text{ cm}^2$)可容纳标准或加大尺寸的基板[73]。计算机辅助三维规划可优化植入物位置,将撞击风险降低 40%以上[73]。

6.2. 术后僵硬的发生率与危险因素

术后僵硬是反式肩关节置换术后的常见并发症,发生率在 5%~15%之间[8]。僵硬定义为前屈活动度 $<90^\circ$ 或外旋活动度 $<0^\circ$,严重影响患者的功能恢复和生活质量[8]。术前存在的肩关节僵硬是术后僵硬的最强预测因素。术前前屈活动度 $<90^\circ$ 的患者,术后僵硬的风险增加 3 倍[8]。其他危险因素包括创伤后关节炎、既往肩关节手术史、以及类风湿性关节炎等炎症性关节病[8] [75]。类风湿性关节炎患者行 RSA 后,僵硬发生率可达 18%,显著高于骨关节炎患者[75]。植入物相关因素也影响术后僵硬的发生。基板位置不当导致的撞击是僵硬的重要原因,特别是当基板过度上倾或前倾时[73]。肱骨组件(Humeral Component)的位置同样关键,过度后倾的肱骨组件会限制外旋活动度[8]。预防术后僵硬的策略包括术前充分评估活动度、术中精确的植入物定位、以及术后早期康复。对于高风险患者,应考虑更积极的康复方案,包括早期被动活动度训练和必要时的手法松解[9]。

6.3. 肩胛骨缺损的预防策略

肩胛骨缺损(Scapular Notching)是 RSA 特有的并发症,发生率在 20%~70%之间,取决于随访时间和植入物设计[73]。缺损定义为肱骨组件与肩胛骨下极之间的机械性撞击导致的骨吸收[73]。肩关节盂面积是影响肩胛骨缺损风险的关键解剖因素。较小的肩关节盂面积($<25\text{ cm}^2$)与较高的缺损风险相关,因为基板难以获得足够的覆盖和下偏移[73]。基板下偏移不足是导致缺损的主要技术因素,每增加 2 mm 的下偏移可将缺损风险降低约 30% [73]。外侧化设计(Lateralized Design)的植入物可显著降低缺损发生率。与传统内侧化设计相比,外侧化设计将缺损发生率从 44%降低至 12% [73]。基板倾斜度也影响缺损风险,过度上倾($>15^\circ$)的基板会增加下极撞击的风险[73]。计算机辅助手术(Computer-Assisted Surgery, CAS)和机器人技术可提高基板定位的精确性,从而降低缺损风险。一项尸体研究显示,使用患者特异性器械(Patient-Specific Instrumentation, PSI)可将基板定位误差从常规手术的 8° 降低至 3° [57]。术中导航系统(如 Exactech GPS[®])可实时监测植入物位置,确保最佳的下偏移和倾斜度[76]。术后影像学监测对于早期发现和及时处理缺损至关重要。术后 6 个月和 1 年的标准 X 线检查可评估缺损的进展,早期干预包括调整康复方案或考虑翻修手术[73]。

6.4. 假体松动与翻修风险

假体松动是 RSA 术后需要翻修的主要原因之一,基板松动(Baseplate Loosening)的发生率在 2%~5%之间[72]。松动风险与肩关节盂骨量、基板固定技术和生物力学因素密切相关[72]。肩关节盂骨缺损(Glenoid Bone Loss)是基板松动的重要危险因素。中央型骨缺损(Central Bone Loss)超过 15%或边缘型骨缺损(Peripheral Bone Loss)导致基板覆盖率 $<80\%$ 时,松动风险显著增加[72]。较小的肩关节盂面积限制了基板的固定选项,可能需要骨移植或增强技术[77]。基板固定技术影响长期稳定性。双排螺钉固定(Dual-Row Screw Fixation)比单排固定提供更好的初始稳定性,将松动率从 8%降低至 2% [72]。锁定螺钉(Locking Screws)的角度和长度应根据肩关节盂的三维解剖个体化选择,确保足够的骨内把持力[72]。翻修 RSA (Revision RSA)的生存率低于初次手术。一项生存分析显示,翻修 RSA 的 5 年生存率为 85%,而初次 RSA 为 95% [7]。翻修手术的常见指征包括感染(30%)、不稳定(25%)和假体松动(20%) [7] [77]。基板松动翻修的技术挑战较大,特别是存在严重骨缺损时。增强基板(Augmented Baseplates)和结构性骨移植可恢复肩关节盂骨量,但再松动率仍可达 15% [77]。计算机导航在翻修手术中尤为重要,可精确评估剩余骨量和

规划植入物位置[76]。长期随访数据显示, RSA 的 10 年生存率约为 90%, 但功能结果随时间逐渐下降[72]。定期影像学监测和患者教育对于早期发现并发症和及时干预至关重要。

7. 结论与临床建议

肩关节盂面积作为反式肩关节置换(Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA)个体化选择的关键解剖参数, 其测量与评估直接影响假体选择、手术规划及术后功能恢复[8] [9] [78]。现有证据表明, 基于肩关节盂面积的个体化选择策略能够优化假体匹配度, 减少并发症发生率, 并改善患者长期预后[16] [17]。

7.1. 基于证据的个体化选择框架

肩关节盂面积的精确测量需结合三维计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)重建技术, 通过标准化测量平面确定盂窝的最大前后径与上下径[5] [7]。盂窝面积小于 600 mm² 被定义为小盂窝, 而大于 800 mm² 则为大盂窝, 这一分类对假体尺寸选择具有直接指导意义[1]。对于小盂窝患者, 小型化假体设计可减少过度填充风险, 避免术后僵硬与关节活动度受限[4] [79]。相反, 大盂窝患者可能需要增强型假体或定制化组件以确保足够的骨覆盖与初始稳定性[2] [3]。盂窝形态学变异, 如前后径与上下径比例异常, 需进一步考虑假体偏心距调整与植入角度优化[80]。患者特异性器械(Patient-Specific Instrumentation, PSI)通过术前三维规划与定制化手术导板, 显著提高假体植入精度[12] [81]。一项研究显示, 使用 PSI 可将肱骨截骨后扭转角与高度的计划-实际偏差降低至平均 2.3° 与 1.8 mm, 优于传统标准截骨导板[18]。然而, 短期功能结局分析表明, 基于三维规划的标准导板与 PSI 在患者报告结局评分方面无显著差异[82]。盂骨缺损的处理策略需根据缺损类型与程度个体化制定。对于中央型骨缺损, 结构性同种异体骨移植可有效恢复盂窝解剖结构, 提供假体支撑[15] [83]。股骨头同种异体骨移植在翻修 RSA 中显示出良好的骨整合率与功能改善[14]。严重骨缺损患者可考虑定制化三维打印盂组件, 以实现解剖重建[13]。

7.2. 未来研究重点与方向

盂面积测量方法的标准化与验证是当前研究的首要方向。不同影像学模态(CT、磁共振成像、X 线)的测量一致性需进一步评估, 以建立临床适用的测量协议[6] [10]。人工智能辅助的自动测量算法开发有望提高测量效率与可重复性[84]。盂面积与生物力学性能的相关性研究仍需深入。有限元分析可模拟不同盂面积下假体-骨界面的应力分布, 为假体设计优化提供理论依据[11] [21]。体外生物力学研究应关注小盂窝患者的边缘负荷效应与大盂窝患者的初始稳定性差异[27]。长期多中心前瞻性队列研究对于验证基于盂面积的个体化选择策略至关重要。研究终点应包括假体存活率、翻修率、患者报告结局评分及影像学评估指标[22] [23]。亚组分析需考虑年龄、性别、病因学(肩袖关节病、骨关节炎、创伤后关节炎)等因素的交互影响[24]。新型假体材料与技术创新应针对不同盂面积群体进行优化。可转换肱骨与盂组件系统为术中决策提供灵活性, 适应解剖变异[19]。生物活性涂层与多孔金属结构可促进骨长入, 特别适用于骨质量较差的小盂窝患者[85]。机器人辅助手术技术的整合将提升基于盂面积的个体化手术精度。术中实时导航与力反馈系统可动态调整假体位置, 优化关节动力学[20] [25]。快速术中制造的患者特异性器械技术已在尸体研究中证实可提高盂组件植入准确性[26]。康复方案的个体化调整需考虑盂面积对术后关节稳定性的影响。小盂窝患者可能需延长外展支具使用时间, 而大盂窝患者可早期开始主动辅助活动度训练[86] [87]。加速康复协议的系统评价显示, 基于患者解剖特征的阶段性康复计划可改善功能恢复[88]。经济性评估与卫生技术评价应纳入个体化选择策略的成本效益分析。定制化假体与 PSI 的额外成本需与减少翻修手术、改善长期功能结局的潜在获益进行权衡[28] [89]。生命周期评估方法可用于优化手术器械托盘配置, 减少环境足迹[90]。

参考文献

- [1] Azarderakhsh, J., Siebenlist, S., Schneider, O., Beck, F. and Flechtenmacher, J. (2024) Degenerative Shoulder Diseases: Shoulder Injuries, Epidemiology, ICD10, Coding. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, **163**, 317-329. <https://doi.org/10.1055/a-2437-0981>
- [2] Liu, Z.J., Wei, H.W., Zheng, W.P., et al. (2023) Pro-Oxidation Status of Rotator Cuff Tissue and Expression of Beclin-1 and mTOR in Patients with Rotator Cuff Injury. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **36**, 1136-1141.
- [3] Dan, F., Xie, P., Yang, J.Z., et al. (2024) Arthroscopic Treatment for Rotator Cuff Injury and Frozen Shoulder with Concomitant Rotator Cuff Injury: Analysis of Efficacy and Factors Influencing Prognosis. *American Journal of Translational Research*, **16**, 864-872. <https://doi.org/10.62347/qlmc4456>
- [4] Chen, C.S., Zhou, H.C., Yin, Y.S., et al. (2023) Rotator Cuff Muscle Degeneration in a Mouse Model of Glenohumeral Osteoarthritis Induced by Monoiodoacetic Acid. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 500-511.
- [5] McLaughlin, R., Tams, C., Werthel, J.D., Wright, T.W., Crowe, M.M., Aibinder, W., et al. (2022) Reverse Shoulder Arthroplasty Yields Similar Results to Anatomic Total Shoulder Arthroplasty for the Treatment of Humeral Head Avascular Necrosis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, S94-S102. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.11.011>
- [6] Sanchez-Urgelles, P., Kolakowski, L., Levin, J.M. and Frankle, M.A. (2024) Development, Evolution, and Outcomes of More Anatomical Reverse Shoulder Arthroplasty. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 6513. <https://doi.org/10.3390/jcm13216513>
- [7] O'Keefe, D.S., Hao, K.A., Teurlings, T.L., Wright, T.W., Wright, J.O., Schoch, B.S., et al. (2023) Survivorship Analysis of Revision Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, e343-e354. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.11.024>
- [8] Ghorraishian, M., Hill, B.W., Nicholson, T., Ramsey, M.L., Williams, G.R. and Namdari, S. (2022) Postoperative Stiffness after Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Shoulder & Elbow*, **14**, 150-156. <https://doi.org/10.1177/1758573220967312>
- [9] Sachinis, N.P., Yiannakopoulos, C.K., Berthold, D.P., Franz, A. and Beitzel, K. (2024) Can We Accelerate Rehabilitation Following Reverse Shoulder Arthroplasty? A Systematic Review. *Shoulder & Elbow*, **16**, 214-227.
- [10] Reddy, C., Venishetty, N., Jones, H., Mounasamy, V. and Sambandam, S. (2023) Factors That Increase the Rate of Periprosthetic Dislocation after Reverse Shoulder Arthroplasty. *Arthroplasty*, **5**, Article No. 57. <https://doi.org/10.1186/s42836-023-00214-2>
- [11] Sultanem, S., Fares, M.Y. and Baydoun, H. (2023) Intraoperative Periprosthetic Humeral Fracture during Reverse Shoulder Arthroplasty: A Sequelae of Prior Biceps Tenodesis. *Clinics in Shoulder and Elbow*, **26**, 82-86. <https://doi.org/10.5397/cise.2021.00528>
- [12] Giraudon, T., Morvan, Y., Walch, A., Walch, G. and Werthel, J. (2023) Premorbid Glenoid Anatomy Reconstruction from Contralateral Shoulder 3-D Measurements: A CT Scan Analysis of 260 Shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **33**, 792-797. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.09.010>
- [13] Paul, S., Arora, M., Das, L., Raja, B.S. and Kalia, R.B. (2023) Average Indian Glenoid Sizes Are Smaller than All Commercially Available Glenoid Components: A Systematic Review. *Indian Journal of Orthopaedics*, **57**, 1008-1022. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-00885-8>
- [14] Kim, Y.T., Lee, K.J., Jang, Y.H., Yang, S., et al. (2023) Cadaveric Biomechanical Study of Partial Glenoid Arthroplasty Versus the Latarjet Procedure for Anterior Glenoid Bone Loss. *American Journal of Sports Medicine*, **51**, 3217-3225.
- [15] Makovicka, J.L., Moore, M.L., Pollock, J.R., Rodriguez, M.J., Shaha, J.S., Haglin, J.M., et al. (2023) Magnetic Resonance Imaging Analysis Demonstrates Improved Reliability in Measuring Shoulder Glenoid Bone Loss Using a Two-Thirds Glenoid Height Technique Compared to the "Best-Fit Circle". *Arthroscopy*, **40**, 666-671. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.06.048>
- [16] Galasso, L.A., Clinger, B.N., Werner, B.C., et al. (2024) Increased Glenoid Baseplate Retroversion Improves Internal Rotation Following Reverse Shoulder Arthroplasty. *JSES international*, **9**, 147-154.
- [17] Klosterman, E.L., Tagliero, A.J., Lenters, T.R., Denard, P.J., Lederman, E., Gobezie, R., et al. (2024) The Subcoracoid Distance Is Correlated with Pain and Internal Rotation after Reverse Shoulder Arthroplasty. *JSES International*, **8**, 528-534. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2024.01.010>
- [18] Cohn, M.R., DeFroda, S.F., Huddleston, H.P., Williams, B.T., et al. (2022) Does native glenoid anatomy predispose to shoulder instability? An MRI Analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, S110-S116.
- [19] Stern, C., Marcon, M., Bouaicha, S., Wieser, K., Roskopf, A.B. and Sutter, R. (2021) Dual Energy CT Arthrography in Shoulder Instability: Successful Iodine Removal with Virtual Non-Contrast Images and Accurate 3D Reformats of the Glenoid for Assessment of Bone Loss. *Skeletal Radiology*, **51**, 1027-1036. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03916-3>

- [20] Tankala, M., Senapati, S., Behera, S.S. and Shamal, S. (2023) The Glenoid Fossa's Morphometric Investigation and Its Clinical Implications. *Cureus*, **15**, e39981. <https://doi.org/10.7759/cureus.39981>
- [21] Kim, B.I., Hudson, C.P., Taylor, D.C., Anakwenze, O., Dickens, J.F. and Lau, B.C. (2023) Distal Clavicle Autograft versus Traditional and Congruent Arc Latarjet Procedures: A Comparison of Surface Area and Glenoid Apposition with 3-Dimensional Computed Tomography and 3-Dimensional Magnetic Resonance Imaging. *The American Journal of Sports Medicine*, **51**, 1295-1302. <https://doi.org/10.1177/03635465231157430>
- [22] Bozzo, I., Kooner, P., Nelson, R., Marwan, Y., Paruthikunnan, S., Laverdière, C., et al. (2023) Contribution of the Bony Bankart in Calculating Glenoid Bone Loss. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **11**, Article 23259671231168879. <https://doi.org/10.1177/23259671231168879>
- [23] Kawakami, J., Yamamoto, N., Itoi, E., Henninger, H., Tashjian, R. and Chalmers, P.N. (2022) Morphology of Glenoid Cartilage Defects in Anteroinferior Glenohumeral Instability. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **10**, Article 23259671221086615. <https://doi.org/10.1177/23259671221086615>
- [24] Olmscheid, N., Crawford, S.D., Dickinson, C., Fajardo, R.S., Knake, J.J., Wilcox, C.L., et al. (2022) Novel Anterior Coracoglenoid Line Utilizing Magnetic Resonance Imaging (MRI) Corresponds with Critical Glenoid Bone Loss. *Skeletal Radiology*, **51**, 1433-1438. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03981-8>
- [25] Cini, N.T., Sak, N.G., Babacan, S. and Ari, I. (2023) Investigation of Morphological and Biomechanical Properties of the Scapula for Shoulder Joint. *Medeniyet Medical Journal*, **38**, 159-166.
- [26] Kıvrak, A. and Ulusoy, İ. (2023) Effect of Glenohumeral Joint Bone Morphology on Anterior Shoulder Instability: A Case-Control Study. *Journal of Clinical Medicine*, **12**, Article 4910. <https://doi.org/10.3390/jcm12154910>
- [27] Barret, H., Niggli, L.A., Athwal, G.S., Hartzler, R.U., Sanchez-Sotelo, J. and Lambers, F.M. (2025) Both Linear and Area-Based Methods Provide an Accurate and Reliable Measurement of Anterior Shoulder Instability Related Glenoid Bone Loss. *JBJS Open Access*, **10**, e25.00022. <https://doi.org/10.2106/jbjs.oe.25.00022>
- [28] Chen, Y., Xiong, J., Chen, W., Xie, D., Zhang, Y., Mo, Y., et al. (2023) Morphological Classification and Measurement of the Glenoid Cavity Using Three-Dimensional Reconstruction in a Chinese Population. *Folia Morphologica*, **82**, 325-331. <https://doi.org/10.5603/fm.a2022.0017>
- [29] Creighton, R.A., Burrus, M.T., Werner, B.C., Gobezie, R., Lederman, E. and Denard, P.J. (2022) Short-Term Clinical and Radiographic Outcomes of a Hybrid All-Polyethylene Glenoid Based on Preoperative Glenoid Morphology. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 2554-2561. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.05.016>
- [30] Zhou, J., Zhong, B., Qu, R., Qian, L., Li, Z., Liu, C., et al. (2022) Anatomic Measurement of Osseous Parameters of the Glenoid. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 13424. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17783-y>
- [31] Werthel, J., Dufrenot, M., Schoch, B.S., Walch, A., Morvan, Y., Urvoy, M., et al. (2023) WITHDRAWN: Are Glenoid Retroversion, Humeral Subluxation and Walch Classification Associated with a Muscle Imbalance. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.11.002>
- [32] Pettit, R.J., Saini, S.B., Puzzitiello, R.N., Hart, P.J., Ross, G., Kirsch, J.M., et al. (2022) Primary Reverse Total Shoulder Arthroplasty Performed for Glenohumeral Arthritis: Does Glenoid Morphology Matter? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 923-931. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.10.022>
- [33] Yiannakopoulos, C., Vlastos, I., Koutserimpas, C., Gianzina, E., Dellis, S. and Kalinterakis, G. (2024) Comparison of Glenoid Dimensions between 3D Computed Tomography and 3D Printing. *Cureus*, **16**, e53133. <https://doi.org/10.7759/cureus.53133>
- [34] Hsu, C.P., Wu, C.T., Chen, C.Y., Lin, S.C. and Hsu, K.Y. (2022) Difference Analysis of the Glenoid Centerline between 3D Preoperative Planning and 3D Printed Prosthesis Manipulation in Total Shoulder Arthroplasty. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **143**, 4065-4075.
- [35] Rayes, J., Xu, J., Sparavalo, S., Ma, J., Jonah, L. and Wong, I. (2023) Calculating Glenoid Bone Loss Based on Glenoid Height Using Ipsilateral Three-Dimensional Computed Tomography. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **31**, 169-176. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07020-4>
- [36] Mizuno, N., Nonaka, S., Ozaki, R., Yoshida, M., Yoneda, M. and Walch, G. (2017) Three-Dimensional Assessment of the Normal Japanese Glenoid and Comparison with the Normal French Glenoid. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **103**, 1271-1275. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.08.015>
- [37] Sahu, D., Joshi, M., Rathod, V., Nathani, P., Valavi, A.S. and Jagiasi, J.D. (2020) Geometric Analysis of the Humeral Head and Glenoid in the Indian Population and Its Clinical Significance. *JSES International*, **4**, 992-1001. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2020.06.008>
- [38] Kim, J.S., Kim, S.H., Kim, S.C., Park, J.H., Kim, H.G., Lee, S.M., et al. (2023) Effect of Using a Small Baseplate on the Radiological and Clinical Outcomes of Reverse Total Shoulder Arthroplasty in Asian Patients. *The Bone & Joint Journal*, **105**, 1189-1195. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.105b11.bjj-2023-0450.rl>
- [39] Yung, C.S., Fang, C., Fang, E., Siu, Y., Yee, D.K.H., Wong, K.K., et al. (2023) Surgeon-Designed Patient-Specific

- Instrumentation Improves Glenoid Component Screw Placement for Reverse Total Shoulder Arthroplasty in a Population with Small Glenoid Dimensions. *International Orthopaedics*, **47**, 1267-1275. <https://doi.org/10.1007/s00264-023-05706-z>
- [40] Roche, C.P. (2022) Reverse Shoulder Arthroplasty Biomechanics. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, **7**, Article 13.
- [41] Kim, M.S., Rhee, Y.G., Oh, J.H., Yoo, J.C., *et al.* (2022) Clinical and Radiologic Outcomes of Small Glenoid Baseplate in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Prospective Multicenter Study. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **14**, 119-127.
- [42] Werthel, J., Villard, A., Kazum, E., Deransart, P. and Ramirez, O. (2023) Accuracy of Reverse Shoulder Arthroplasty Angle According to the Size of the Baseplate. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 310-317. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.07.006>
- [43] Ingoe, H., Italia, K., Gilliland, L., Kang, H.W., Karel, M., Maharaj, J., *et al.* (2024) The Use of Glenoid Structural Allografts for Glenoid Bone Defects in Reverse Shoulder Arthroplasty. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 2008. <https://doi.org/10.3390/jcm13072008>
- [44] Polisetty, T.S., Swanson, D.P., Hart, P.J., Cannon, D.J., Glass, E.A., Jawa, A., *et al.* (2023) Anatomic and Reverse Shoulder Arthroplasty for Management of Type B2 and B3 Glenoids: A Matched-Cohort Analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 1629-1637. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.02.125>
- [45] Liu, B., Kim, Y.K., Nakla, A., Chung, M., Kwak, D., McGarry, M.H., *et al.* (2023) Biomechanical Consequences of Glenoid and Humeral Lateralization in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 1662-1672. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.03.015>
- [46] Holschen, M., Körting, M., Khouardaji, P., Bockmann, B., Schulte, T.L., Witt, K., *et al.* (2022) Treatment of Proximal Humerus Fractures Using Reverse Shoulder Arthroplasty: Do the Inclination of the Humeral Component and the Lateral Offset of the Glenosphere Influence the Clinical Outcome and Tuberosity Healing? *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **142**, 3817-3826. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04281-5>
- [47] Harmsen, S.M., Robaina, J., Campbell, D., Denard, P.J., Gobezie, R. and Lederman, E.S. (2022) Does Lateralizing the Glenosphere Center of Rotation by 4 Mm Decrease Scapular Notching in Reverse Shoulder Arthroplasty with a 135° Humeral Component? *JSES International*, **6**, 442-446. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2021.12.005>
- [48] Cunningham, D.E., Habis, A.A., Uddin, F.Z.N., Johnson, J.A. and Athwal, G.S. (2024) Stemless Reverse Shoulder Arthroplasty Neck Shaft Angle Influences Humeral Component Time-Zero Fixation and Survivorship: A Cadaveric Biomechanical Assessment. *JSES International*, **8**, 880-887. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2024.04.001>
- [49] Azimi, H., Ahmad, F., Sabet, A.D., Cohen, M., Maschke, S., Wysocki, R., *et al.* (2023) A Soft-Tissue Landmark to Assess Humeral Component Rotation in Total Elbow Arthroplasty. *Cureus*, **15**, e41729. <https://doi.org/10.7759/cureus.41729>
- [50] Sears, B.W., Creighton, R.A., Denard, P.J., Griffin, J.W., Lichtenberg, S., Lederman, E.S., *et al.* (2023) Stemless Components Lead to Improved Radiographic Restoration of Humeral Head Anatomy Compared with Short-Stemmed Components in Total Shoulder Arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 240-246. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.07.024>
- [51] Joyce, C.D., Patel, M.S., Stoll, K., Singh, A.M., *et al.* (2022) Fixed- vs. Variable-Angle Humeral Neck Cut in Anatomic Total Shoulder Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 1674-1681.
- [52] Berton, A., Longo, U.G., Gulotta, L.V., De Salvatore, S., Piergentili, I., Calabrese, G., *et al.* (2022) Humeral and Glenoid Version in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 7416. <https://doi.org/10.3390/jcm11247416>
- [53] Hao, K.A., Sutton, C.D., Wright, T.W., Schoch, B.S. *et al.* (2022) Influence of Glenoid Wear Pattern on Glenoid Component Placement Accuracy in Shoulder Arthroplasty. *JSES International*, **6**, 200-208.
- [54] Mehta, N. and Nicholson, G.P. (2023) Management of Glenoid Bone Loss in Primary Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, **16**, 358-370. <https://doi.org/10.1007/s12178-023-09845-z>
- [55] Kusin, D.J., Teytelbaum, D.E., Teusink, M.J., Moen, P., Melbourne, C., Simon, P., *et al.* (2023) Outcomes of Femoral Head Allograft for the Management of Glenoid Bone Defects in Revision Reverse Shoulder Arthroplasty: A Case-Controlled Study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, S32-S38. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.12.022>
- [56] Läderrmann, A., AlAmer, N., Denard, P.J., Martinho, T., Hurtado, J.A. and Collin, P. (2023) Glenoid Reconstruction Bone Loss with a Pediculated Coracoid Autograft during Shoulder Arthroplasty. A Technical Note. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **109**, Article 103542. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2022.103542>
- [57] Darwood, A., Hurst, S.A., Villatte, G., Tatti, F., El Daou, H., Reilly, P., *et al.* (2022) Novel Robotic Technology for the Rapid Intraoperative Manufacture of Patient-Specific Instrumentation Allowing for Improved Glenoid Component Accuracy in Shoulder Arthroplasty: A Cadaveric Study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 561-570. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.08.035>

- [58] Habermeyer, P., Rapaport, J., Raiss, P. and Magosch, P. (2024) Convertible Glenoid Replacement in the Anatomical Total Shoulder Arthroplasty: Medium-Term Results. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **144**, 4365-4374. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05536-7>
- [59] Bokor, D.J., Arenas-Miquelez, A., Axford, D., Graham, P.L., Ferreira, L.M., Athwal, G.S., *et al.* (2022) Does the Osteoarthritic Shoulder Have Altered Rotator Cuff Vectors with Increasing Glenoid Deformity? An In-Silico Analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, e575-e585. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.06.008>
- [60] Burrus, M.T., Bedi, A. and Werner, B.C. (2025) Convertible Humeral and Glenoid Components for Anatomic Shoulder Arthroplasty. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **33**, 346-351. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-23-01134>
- [61] Menendez, M.E., Sudah, S.Y., Denard, P.J. and Pac West Shoulder Study Group (2023) Surgeon Variation in Glenoid Bone Reconstruction Procedures for Shoulder Instability. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 133-140.
- [62] Walch, A., Edwards, T.B., Kilian, C.M., Boileau, P., Walch, G. and Athwal, G.S. (2022) Hemi-Reverse Revision Arthroplasty in the Setting of Severe Glenoid Bone Loss. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 1859-1873. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.02.018>
- [63] Bhatia, D.N. and Kandhari, V. (2022) How Does Anterior Glenoid Bone Loss Affect Shoulder Stability? A Cadaveric Analysis of Glenoid Concavity and Bony Shoulder Stability Ratio. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.09.004>
- [64] Schaffarzick, D., Entacher, K., Rafolt, D. and Schuller-Götzburg, P. (2022) Temporary Protective Shoulder Implants for Revision Surgery with Bone Glenoid Grafting. *Materials*, **15**, Article 6457. <https://doi.org/10.3390/ma15186457>
- [65] Saliba, T. and Pather, S. (2025) Glenoid Component Migration in Total Shoulder Arthroplasty: A Case Report. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, **109**, Article 29. <https://doi.org/10.5334/jbsr.3862>
- [66] Ippolito, G., Zitiello, M., De Marinis, G., Di Lucia, P., Surace, M.F., Franceschetti, E., *et al.* (2023) Isolated Large Glenoid Fracture and Acute Glenohumeral Dislocation in Elderly Patients: A Case Series Treated Surgically with Reverse Shoulder Arthroplasty and Augmented Glenoid. *Journal of Shoulder and Elbow Arthroplasty*, **7**, Article 24715492231199344. <https://doi.org/10.1177/24715492231199344>
- [67] Kim, M., Rhee, Y.G., Oh, J.H., Yoo, J.C., Noh, K. and Shin, S. (2022) Clinical and Radiologic Outcomes of Small Glenoid Baseplate in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Prospective Multicenter Study. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **14**, 119-127. <https://doi.org/10.4055/cios20301>
- [68] Chae, S.W., Kim, S.Y., Lee, H., *et al.* (2014) Effect of Baseplate Size on Primary Glenoid Stability and Impingement-Free Range of Motion in Reverse Shoulder Arthroplasty. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **15**, Article No. 417. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-417>
- [69] Formaini, N.T., Everding, N.G., Levy, J.C., Santoni, B.G., Nayak, A.N., Wilson, C., *et al.* (2015) The Effect of Glenoid Bone Loss on Reverse Shoulder Arthroplasty Baseplate Fixation. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **24**, e312-e319. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.05.045>
- [70] Ritter, D., Raiss, P., Denard, P.J., Werner, B.C., Kistler, M., Lesnicar, C., *et al.* (2025) Reverse Shoulder Arthroplasty Baseplate Stability Is Affected by Bone Density and the Type and Amount of Augmentation. *Bioengineering*, **12**, Article 42. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12010042>
- [71] Kano, M., Fukuta, S., Kawamata, J., Miyatake, K., Higashino, K., Wada, K., *et al.* (2026) Pullout Strength of Screws Used for Baseplate Fixation in Reverse Shoulder Arthroplasty: A Cadaveric Study. *Seminars in Arthroplasty: JSES*, **35**, 464-470. <https://doi.org/10.1053/j.sart.2025.04.003>
- [72] Galvin, J.W., Kim, R., Ment, A., Durso, J., Joslin, P.M.N., Lemos, J.L., *et al.* (2022) Outcomes and Complications of Primary Reverse Shoulder Arthroplasty with Minimum of 2 Years' Follow-Up: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **31**, e534-e544. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.06.005>
- [73] Gauci, M.O., Chaoui, J., Berhouet, J., *et al.* (2022) Can Surgeons Optimize Range of Motion and Reduce Scapulohumeral Impingements in Reverse Shoulder Arthroplasty? A Computational Study. *Shoulder & Elbow*, **14**, 385-394.
- [74] Yamada, E., Kozono, N., Nabeshima, A., Tashiro, E. and Nakashima, Y. (2024) Baseplate Inferior Offset Affects Shoulder Range of Motion in Reverse Shoulder Arthroplasty in Asian Population. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **19**, Article No. 25. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04506-w>
- [75] Garcia, J.R., Cannon, D., Rodriguez, H.C., Grewal, G., Lewis, S., Lapica, H., *et al.* (2023) Comparison of Reverse Shoulder Arthroplasty and Total Shoulder Arthroplasty for Patients with Inflammatory Arthritis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 573-580. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.08.024>
- [76] Youderian, A.R., Greene, A.T., Polakovic, S.V., Davis, N.Z., Parsons, M., Papandrea, R.F., *et al.* (2023) Two-Year Clinical Outcomes and Complication Rates in Anatomic and Reverse Shoulder Arthroplasty Implanted with Exactech GPS Intraoperative Navigation. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 2519-2532. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.05.021>

- [77] Hao, K.A., Boschert, E.N., O'Keefe, D.S., *et al.* (2022) Comparison of Clinical Outcomes of Revision Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Failed Primary Anatomic vs. Reverse Shoulder Arthroplasty. *JSES International*, **7**, 257-263.
- [78] Daher, M., Fares, M.Y., Koa, J., Singh, J. and Abboud, J. (2023) Bilateral Reverse Shoulder Arthroplasty versus Bilateral Anatomic Shoulder Arthroplasty: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Clinics in Shoulder and Elbow*, **27**, 196-202. <https://doi.org/10.5397/cise.2023.00332>
- [79] Schäffeler, D.C. (2022) Posttreatment Imaging of the Shoulder. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, **26**, 258-270. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1743403>
- [80] Yin, Z.B., Chen, Z.A., Yin, N., Zhu, Y.F., *et al.* (2023) Progress and Prospect of Biological Treatment for Rotator Cuff Injury Repair. *Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, **37**, 1169-1176.
- [81] Xie, S.S., Guan, C.B., Huang, T.M., *et al.* (2022) Intermittent Fasting Promotes Repair of Rotator Cuff Injury in the Early Postoperative Period by Regulating the Gut Microbiota. *Journal of Orthopaedic Translation*, **36**, 216-224.
- [82] Douglass, B.W., Midgaard, K.S., Nolte, P.C., Elrick, B.P., Tanghe, K.K., Brady, A.W., *et al.* (2022) Neurovascular Anatomic Locations and Surgical Safe Zones When Approaching the Posterior Glenoid and Scapula: A Quantitative and Qualitative Cadaveric Anatomy Study. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, **4**, e943-e947. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2022.01.006>
- [83] Gerber, C., Sigrist, B. and Hochreiter, B. (2023) Correction of Static Posterior Shoulder Subluxation by Restoring Normal Scapular Anatomy Using Acromion and Glenoid Osteotomies: A Case Report. *JBJS Case Connector*, **13**, e23.00060. <https://doi.org/10.2106/jbjs.cc.23.00060>
- [84] Marigi, E.M., Iturregui, J.M., Werthel, J., Sperling, J.W., Sanchez-Sotelo, J. and Schoch, B.S. (2023) Higher Rates of Mortality and Perioperative Complications in Patients Undergoing Primary Shoulder Arthroplasty and a History of Previous Stroke. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, e216-e226. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.10.014>
- [85] Bonaspetti, G., Dib, G. and Azzola, F. (2022) Body Builder's Shoulder: Posterior Labrum Periosteal Sleeve Avulsion (POLPSA) and Glenoid Posterior Rim Stress Fracture Due to Intense Bench Pressing. *Case Reports in Orthopedics*, **2022**, 1-4. <https://doi.org/10.1155/2022/4533576>
- [86] Sontou, R. and Nchimi, A. (2023) Abduction Arthro-Fluoroscopy in Adhesive Capsulitis of the Shoulder. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, **107**, Article 25. <https://doi.org/10.5334/jbsr.3036>
- [87] Wang, H., Lin, J., Wei, G., Wu, G., Qiu, Y. and Xie, Y. (2024) A Clinical Study on the Effect of Axillary Approach in the Treatment of Ideberg Type II Scapular Glenoid Fractures. *BMC Surgery*, **24**, Article No. 319. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02623-9>
- [88] Helleberg, F., Sobocki, P., Józwiak, R. and Szaro, P. (2022) Anatomical Variants of the Acromioclavicular Joint Influence Its Visibility in the Standard MRI Protocol in Patients Aged 18-31 Years. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **44**, 951-961. <https://doi.org/10.1007/s00276-022-02973-0>
- [89] Subramanian, K.N., Shanmugasundaram, S., Jeash Narayan, K.S., Krishna Kumar, M.J., Easwar, B., Kumar, D., *et al.* (2025) The Coraco-Gleno-Scapular Line: A Simple Tool for Assessing Glenoid Bone Defects. *Journal of ISAKOS*, **10**, Article 100374. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2024.100374>
- [90] Siso, D., Wee, H., Ponnuru, P., Lewis, G.S., Du, J., Updegrove, G.F., *et al.* (2024) The Association of Rotator Cuff Muscle Morphology and Glenoid Morphology in Primary Glenohumeral Osteoarthritis. *Shoulder & Elbow*, **2024**, Article 17585732241269193. <https://doi.org/10.1177/17585732241269193>