

肩峰撞击症合并肩袖损伤影像学诊断研究进展

孙旭超¹, 刘时璋^{2*}

¹西安医学院研究生处, 陕西 西安

²陕西省人民医院骨科, 陕西 西安

收稿日期: 2023年12月25日; 录用日期: 2024年1月19日; 发布日期: 2024年1月26日

摘要

肩袖, 是肩胛下肌、冈上肌、冈下肌和小圆肌组合而成的肌肉和肌腱复合物, 具有调节肩关节稳定性和灵敏性的功能。目前, 已知的肩关节疼痛病因主要是肩峰撞击以及肩袖损伤, 而两者合并发生往往导致肩峰下滑囊和肩袖肌腱严重破损, 对上肢活动带来重大影响, 因此, 精确诊断肩关节疼痛病因具有重要意义。医学影像学诊断在肩峰撞击合并肩袖损伤的评估中扮演着极其重要的角色, 近年来如X线、超声和MRI等成像方法, 可以用于精准的诊断和鉴别, 以明确病因并针对治疗。本文综述了肩峰撞击症合并肩袖损伤影像学诊断方法最新研究进展, 着重探讨各种影像学检查方法的优缺点以及它们在诊断肩峰撞击合并肩袖损伤中的作用。

关键词

肩关节, 肩峰撞击症, 肩袖损伤, 影像学诊断

Advances in Imaging Diagnosis of Shoulder Impingement Syndrome Combined with Rotator Cuff Injury

Xuchao Sun¹, Shizhang Liu^{2*}

¹Graduate School of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Department of Orthopedic Surgery, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: Dec. 25th, 2023; accepted: Jan. 19th, 2024; published: Jan. 26th, 2024

Abstract

The rotator cuff is a complex of muscles and tendons formed by the subscapularis, supraspinatus,

*通讯作者。

infraspinatus, and teres minor muscles, playing a crucial role in regulating shoulder joint stability and agility. Currently, known causes of shoulder joint pain primarily include shoulder impingement and rotator cuff injury. The concurrent occurrence of these two conditions often leads to severe damage to the subacromial bursa and rotator cuff tendons, significantly impacting upper limb mobility. Therefore, precise diagnosis of the causes of shoulder joint pain holds paramount significance. Medical imaging plays an extremely important role in the evaluation of shoulder impingement combined with rotator cuff injury. In recent years, imaging modalities such as X-rays, ultrasound, and MRI have been utilized for accurate diagnosis and differentiation, aiming to identify the etiology and tailor appropriate treatments. This article reviews the latest research progress in imaging diagnosis methods for shoulder impingement syndrome combined with rotator cuff injury, with a focus on discussing the strengths and limitations of various imaging techniques and their roles in diagnosing this combined shoulder pathology.

Keywords

Shoulder Joint, Shoulder Impingement Syndrome, Rotator Cuff Injury, Imaging Diagnosis

Copyright © 2024 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

肩袖是指由肩胛下肌、冈上肌、冈下肌和小圆肌组成的一组肌肉和肌腱的合称。肩袖对肩关节的稳定起到至关重要的作用,并且可以调节肩关节的活动,让上肢可以随意地伸展和旋转[1]。冈下肌是肩部主要的外旋肌,而肩胛下肌是重要的内旋肌,这些肌肉的协调工作使肩袖肌群和肩胛肌能够保持相对平衡,从而维持肩关节的正常功能[2]。肩峰撞击是引起肩关节疼痛的常见原因。初始撞击时,肩袖肌腱受到肩峰下滑囊保护损伤情况不严重,当肩峰形态为弧形或钩形肩峰时,肩峰犹如悬在高处的利刃,每当上肢伸过头顶,都可能对肩峰下滑囊和肩袖肌腱造成损伤。此前有研究表明,大多数肩袖损伤是部分厚度的关节侧撕裂,而全层撕裂往往发生在老年人身上[3]。经常从事抬手高过头行业和运动的人群,例如从事羽毛球、棒球、篮球、游泳、体操等职业运动员或从事家具装修、粉刷墙体、保洁作业等工人,他们比常人有更多的肩峰撞击的机会,合并肩袖撕裂损伤的可能性也更大。研究表明,在棒球比赛中,击打棒球导致肱骨头角速度高达 7000 至 8000/s,关节压缩载荷达到 860 N [4]。当肩峰下滑囊吸收磨损和承受的压力引发滑囊炎症、坏死、肥大和水肿,致使部分肩袖损伤患者每次肩峰撞击都会引发肩部剧烈疼痛,严重影响整个上肢的活动[5]。

医学影像学诊断对肩峰撞击合并肩袖损伤的评估不可或缺。这是由于肩关节解剖结构复杂、发病隐蔽,仅凭体格检查和病史收集很难作出正确且精准的临床诊断,容易造成误诊或漏诊。而随着近些年医学影像学的不断进步和发展,根据 X 线,超声, MRI 等医学影像检查可以有多种评估肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断方法。本研究就国内外有关肩峰撞击症合并肩袖损伤的各种影像学诊断方法作一综述,为肩峰撞击症合并肩袖损伤早期临床诊断提供参考。

2. 肩袖的解剖结构和功能

肩袖是由冈上肌、冈下肌、小圆肌和肩胛下肌共四组肌肉和各自的肌腱组成,在肱骨头解剖颈部位形成袖套样结构。冈上肌起源于肩胛骨的棘上窝,其肌腱穿过肩胛下间隙,插入肱骨大结节的上、中小

面。冈下肌和小圆肌都起源于冈下窝和纤维隔, 它们的肌腱分别插入肱骨大结节的中、下小面。肩胛下肌起源于肩胛下窝, 其肌腱插入肱骨小结节。肩袖的独特之处在于其肌腱在其插入处附近融合形成连续结构, 这种连续结构紧紧包裹肩胛关节并与肩胛关节囊交织融合[6]。通常来说, 肩袖被视为肩关节的主要动态稳定装置, 肩袖肌肉的收缩在肩关节窝和肱骨头之间产生压缩力并建立了一个支点, 这种肩部周围肌肉的相互作用维持肩关节的稳定性[7]。肩袖间隙(rotator interval, RI)又称“肩袖薄弱区”是由冈上肌腱前缘、肩胛下肌腱上缘与喙突根部三边围成的一形似三角形的解剖结构, 其内部结构由肱二头肌肌腱长头、肩前方关节囊、喙肱韧带和孟肱上韧带组成, 对稳定肩关节有十分重要的作用。肱二头肌肌腱长头(long head of biceps brachii-tendon, LHBT)起源于肩胛骨孟上结节, 自上至下走行于肱骨头上方的肩胛下肌腱与冈上肌腱之间的间隙, 止于桡骨粗隆和肱二头肌腱膜。肱二头肌肌腱长头虽然不是肩袖的组成结构, 但是其主要作用是协同肩袖稳定肩关节, 并且同时对肩袖也有稳定作用。肩袖撕裂损伤时, 肩峰撞击可能导致肱二头肌肌腱长头发生病变[8]。

3. 肩峰撞击的分类和发生机制

肩峰撞击是导致肩部疼痛的常见原因, 主要是肩袖肌腱、滑囊和肩胛骨之间的相互碰撞[9]。早在 20 世纪 70 年代美国医生 Charles S. Neer 首次将肩峰撞击分为四个阶段, 从轻到重依次是, 第一阶段(轻度): 肩峰下的软组织(如冈上肌及其肌腱)在旋转袖内肌的挤压下出现轻度损伤, 可能会有轻微肩关节活动受限的症状; 第二阶段(中度): 软组织损伤加重, 肩袖肌腱或肱骨头上的软骨可能会出现磨损或撕裂, 引起肩疼、上肢力量下降和肩关节活动受限等症状; 第三阶段(重度): 软组织和骨骼的结构损伤进一步加重, 肩袖肌腱可能会完全撕裂, 引起肩关节严重疼痛和明显活动受限; 第四阶段(极重度): 肩袖肌腱完全撕裂, 肱骨头上的骨质可能也受到损伤, 肩关节的功能严重受限, 且伴随着慢性肩痛和肩关节的退行性改变[10]。这一分类方法至今仍被广泛应用, 是肩峰撞击的重要分类方法之一。

Bigliani 等人在 1991 年通过对肩部 X 线影像的分析, 提出了基于肩峰骨棘形态和与肱骨头之间的距离对肩峰撞击进行分类的方法, 该方法逐渐得到了广泛应用, 又称 Bigliani 分型法[11], 见图 1。I 型是指肩峰骨棘尖端形态较平坦, 肱骨头与肩峰骨棘之间的距离较大; II 型是指肩峰骨棘呈弧形, 肱骨头与肩峰骨棘之间的距离较小; III 型是指肩峰骨棘呈下降趋势呈钩状, 肱骨头与肩峰骨棘之间的距离更小, 并且常伴有肩袖肌肌腱的磨损和撕裂。

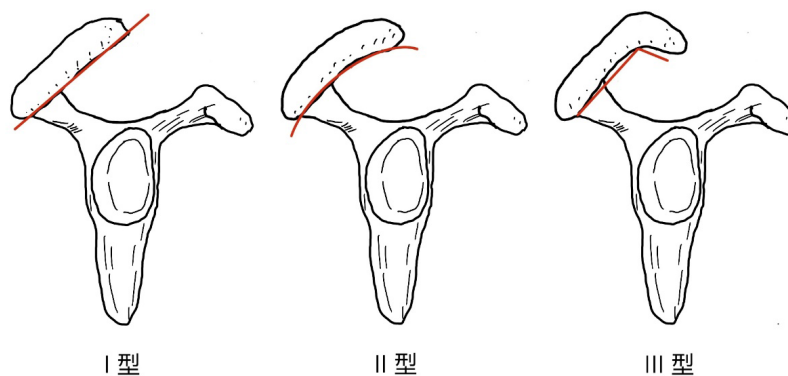


Figure 1. Bigliani classification method

图 1. Bigliani 分型法

肩峰撞击的发生机制十分复杂, 受多个因素的影响。其中, 肱骨头上提是主要原因之一, 在抬高上臂和伸展运动时, 肩关节进行外展和外旋运动会使肱骨头上提, 这会导致肩袖肌肉和冠状突之间的

间隙变窄, 特别是在肩胛骨上方的肌肉、肌腱、肩袖肌腱损伤或退化时, 这种肱骨头上提现象更为严重, 进一步增加了肩峰撞击的发生风险[12]。此外, 肩袖肌肉力量失衡也是导致肩峰撞击发生的重要原因, 职业运动员长期反复的投掷动作会使肩袖肌肉力量失衡, 他们反复的训练导致其肩胛下肌、小圆肌、冈下肌、后三角肌和肱二头肌过度发达, 而肩部其他肌肉则相对较弱, 肩袖肌肉力量失衡会增加肩峰撞击的风险[13]。

4. 肩峰撞击症合并肩袖损伤的影像学诊断

4.1. X 射线诊断

1895 年物理学家伦琴偶然发现了 X 射线, 但当时由于对 X 射线辐射的本质和特性尚未有充分的理解, X 射线并未应用于临床疾病的检查和诊断[14]。但是后来人类发现 X 射线在穿透人体时, 不同组织器官由于密度的差异, 吸收 X 射线的的能力不同, 在胶片上会显示出明显的差异, 此后 X 射线检查作为一种简便易行、经济实惠的影像学诊断方法得到了广泛应用。科学家对肩峰撞击合并肩袖损伤 X 线诊断的方法也进行了深入的探索, 并取得了一些进展。传统的 X 射线检查需要患者在立位或坐位时进行, 这种姿势往往无法真实显示肩峰撞击的情况, 影响诊断准确性, 所以开发了新的姿势检查技术, 例如正侧位 X 射线、Y 视图和肩胛孔位视图等, 这些技术的视角能够更好地显示肩峰和肩袖的结构和位置, 从而提高了诊断的准确性[15][16]。传统的 X 射线评估指标主要包括肩峰与肩胛骨颈角度、肱骨头距肩胛骨颈下缘距离和肱骨头前后位等, 但是这些指标的准确性和可靠性有限。近期研究发现从关节孟到肩峰(GA)的距离和从关节孟至肱骨头外侧(GT)的距离的关系, 能够用于诊断肩峰撞击合并肩袖损伤, 这个指标被称为“肩峰指数”(acromial index, AI), 该指数可以通过 X 射线测量得出。Tang 等[17]通过测量 174 名患者肩关节 X 射线图像中的临界肩角(critical shoulder angle, CSA)和肩峰指数(AI)来预测肩袖撕裂, 最后研究发现, CSA 和 AI 的测量值与肩袖损伤的程度呈正相关, 它们可以作为肩袖损伤的评估指标。同时也有研究表明 X 射线测量可作为预测肩袖修复术后复发的诊断方法, Garcia 等[18]对 76 名肩袖损伤的患者通过 X 射线测量 CSA、关节孟倾斜度、肩峰侧角和 AI, 然后对患者进行了肩袖重建手术, 并在手术后进行了随访观察, 结果表明 CSA 越高, 肩袖再次撕裂的风险越大。通过 X 射线检查可以评估肩峰与肩胛骨之间的距离以及肩峰的形态, 从而诊断肩峰撞击征象, 还可以通过肩关节外展、外旋、内收和内旋位 X 射线检查, 间接评估肩袖的张力状态, 进而判断肩袖的损伤程度[19]。随着科技和人工智能(Artificial Intelligence, AI)的不断进步和提升, 计算机辅助诊断技术(Computer-aided diagnosis, CAD)逐渐可以在 X 线图像中帮助医生自动检测和测量一些关键的指标(例如 AI、CSA 等), 快速、准确地识别和评估肩峰撞击和肩袖损伤。它可以提高诊断的准确性和效率, 并且有望成为未来肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断工具之一[20]。

综上, X 射线检查可以显示肩关节的骨性结构和关节间隙的大小, 对于 AI、外侧肩峰角(lateral acromion angle, LAA)和肩峰翼角指数(acromion-greater tuberosity impingement index, ATI)等数据的测量可以初步判断是否存在肩峰撞击。但是, 由于 X 线在显示软组织方面的能力有限, 其对于肩袖损伤的检测能力也有一定的局限性。Saragaglia 等[21]研究表明, X 线诊断肩袖撕裂和脱落的能力较差, 因此在诊断肩峰撞击合并肩袖损伤时, 需要结合其他影像学检查方法以提高诊断准确性。

4.2. CT 诊断

在肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断中, 计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)可以提供比 X 射线更为详细的解剖结构[22]。CT 通过不同角度的扫描获取多个二维图像, 再通过计算机算法将这些二维图像重建为三维图像, 从而可以获得肩部立体的结构信息。通过 CT 关节造影(CT arthrography, CTA)检查,

可以更好的评估肩峰的形态、大小、方向和位置等信息, 测量和观察肩峰和肱骨头之间的距离, 即肩肱距(acromiohumeral distance, AHD), 评估肩峰是否受到撞击、骨赘形成、骨质疏松等影响。曾维鹏等[23]通过 CT 观察肩关节撞击综合征患者肩胛骨骼、关节软组织、肌腱、滑囊等结构, 测量肩峰倾斜角(acromial slope angle, ASA)、肩峰弧高度(acromial curvature height, ACH)、肩峰前缘骨赘长度(acromial spur distance, ASD)、AHD 等数据, 对肩胛骨和肩袖进行全面而精准的评估进行虚拟影像规划肩峰成型, 结果较常规肩峰成型术, 虚拟影像规划组 ASA、ACH 显著减小, AHD 显著增加。

CT 具有高分辨率的特点, 虽然其肩部软组织评估的影像清晰度不及超声或磁共振成像(MRI), 但相比 X 线平片, CT 具有更大的优势[24]。CT 影像学诊断具有较好的软组织成像技术, 能够更好地显示肩袖的软组织结构和损伤情况。随着医学影像技术的不断发展, 一些新的成像技术应用于肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断, 例如: 光子计数检测器 CT (PCD-CT), 相比于传统的 CT 技术, 它提高了肩部软组织的可视化, 辐射剂量更小, 患者不再排斥进行该检查[25]; 多排螺旋 CT 技术具有扫描速度快、多层次扫描、空间分辨率和时间分辨率高、辐射剂量低和三维重建能力强等特点, 多平面任意角度三维重建技术能够提供立体视角下的解剖结构信息, 结合 CT 影像生成 3D 模型[26], 更直观地显示肩袖组织的损伤程度和类型。Baillargeon 等[27]对 20 名肩袖损伤患者进行双能量 CT (DECT)扫描, 并利用图像分析软件对肩袖肌肉脂肪含量进行评估, 结果表明, 双能量 CT 技术可以作为一种新的肩袖肌肉定量评估方法, 有望为肩袖疾病的诊断和治疗提供更加准确的信息。随着人工智能在影像学中的应用, 计算机可以直接从患者的术前肩部 CT 扫描中快速可靠地自动量化肩袖肌肉萎缩、脂肪浸润和整体肌肉退化, 其准确性可与医生诊断相媲美[28]。总的来说, 相较于 X 射线诊断, CT 成像在显示肩袖损伤和病变程度方面表现更优, 但 CT 的辐射量大, 消耗时间和资源成本高, 其观察的主要目的仍是以解剖结构信息为主, 对于肩部周围软组织的损伤情况无法完全显示[29]。

4.3. MRI 诊断

核磁共振(NMR)成像作为一种无创性检查技术, 其基本原理是利用核磁共振对人体内的水分子进行成像, 具有分辨率高、无辐射、重复性好等特点。核磁共振技术可以提供更为精细的图像, 其可见度和特异性优于传统的 X 射线检查和超声检查。研究发现, 在肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断中, 核磁共振诊断具有很高的准确性和敏感性[30]。Matcuk 等[31]对 120 例肩峰撞击合并肩袖损伤患者和 80 例肩部正常的患者进行了肩部核磁共振检查, 结果显示, 核磁共振诊断的准确性达到了 97.5%, 敏感性达到了 91%。MRI 成像在肩袖撕裂诊断中提供了许多重要的诊断信息, 例如撕裂的大小、深度或厚度, 肌腱的回缩情况和撕裂的形状, 这些信息对于治疗方式的选择和预后的确定非常重要, 撕裂扩展到邻近结构、肌肉萎缩、肌肉横截面积大小和脂肪变性等因素也会影响肩袖的生理和机械状态[32]。根据 MRI 三维成像特征, Davidson 和 Burkhart 将肩袖损伤的几何分类分为 4 种类型[33]。Type I (新月形撕裂), 在 MRI 上表现为短而宽的撕裂; Type II (纵向(L 和 U 型)撕裂), 在 MRI 上表现为长而窄的撕裂; Type III (巨大回缩性撕裂), 在 MRI 上表现为长而宽的撕裂, 撕裂面积 $> 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$; Type IV (肩袖撕裂关节病)与显著的肩关节病和肩肱间隙完全丧失有关。YU 等[34]通过 MRI 成像技术对 50 例患者的后上肩袖肌腱进行了检查, 将撕裂分为 3 种类型: I 型(L 形撕裂)即涉及冈上肌腱前部的撕裂; II 型(新月形/U 形撕裂)即不影响冈上肌腱前部或冈下肌腱后部的撕裂; III 型(完全撕裂)即整个后上肩袖完全撕裂的患者, 并计算出每个患者肌肉内脂肪浸润(FI)的程度, 结果表明, 后上部肩袖损伤的类型与 FI 的程度密切相关, 不同的肩袖损伤类型对于治疗和康复计划的确定至关重要。此外, MRI 成像还可以提供与肩袖撕裂相关的肩峰撞击的信息, 例如肩肱距(AHI)、肩峰指数(AI)、临界肩角(CSA)等, 从而更全面地评估肩部病变[35]。例如, 延伸至肩胛下肌腱上缘的前冈上肌腱的肌腱变性的 MRI 结果, 结合上覆囊液和肩峰下刺, 可诊断为前上

肩袖撞击。随着影像学技术的发展, 例如磁共振弹性成像(MRE)和磁共振波谱成像(MRSI)可能成为量化肩袖肌肉硬度变化的可行方法, 评估肩袖肌腱的刚度和弹性, 进而判断肩袖肌腱的恢复情况[36] [37] [38]。

随着人工智能技术的迅速发展, 肩关节 MR 成像的自动化定量诊断已成为医学影像学领域的研究热点[39]。深度学习算法被广泛应用于肩袖损伤的自动检测和分类, 这一技术利用了大量核磁共振图像数据的训练, 实现了高效、准确的诊断。相比传统的诊断方法, 基于人工智能技术的自动化诊断具有更高的准确性和效率, 不仅可以大幅缩短诊断时间, 还能提高临床工作效率, 为患者的治疗提供更可靠的保障[40] [41]。

4.4. 超声诊断

超声成像的原理是利用超声波在不同组织结构之间的声阻抗不同, 经过组织反射、散射和吸收, 从而形成不同的回波信号, 再通过电子转换、图像处理等技术得到影像[42]。相比于 X 射线、MRI 等影像技术, B 超成像有无辐射、无创伤、花费成本低廉、便捷、可以重复检查、不影响妊娠、无金属伪影等多种优点, 非常适合于大规模临床应用。在肩峰撞击合并肩袖损伤中应用超声诊断技术可以帮助医生对患者的肩部状况进行全面评估[43]。传统的肩袖撕裂分为部分撕裂和完全撕裂[44]。研究证实, 高频超声诊断症状性全层肩袖撕裂的敏感性为 100%, 特异性为 98.8% [45]。B 超检查可以直观的评估肩袖损伤的程度, 包括肩袖损伤的范围、大小和形态、肌腱的撕裂程度、周围液体积聚、肩袖软骨的磨损程度等。正常情况下超声成像中的肩袖肌腱是平直且完整的, 而撕裂后可能会出现部分或全部肌腱的断裂, 出现膨胀、扭曲或者位置异常的情况, 超声成像可能会缺失。Hinsley 等[46]通过 B 超成像研究将肩袖撕裂分为四种类型, I 型(正常肌腱); II 型(异常肌腱和部分厚度撕裂); III 型(单肌腱全厚度撕裂(0~2.5 cm)); IV 型(多肌腱全厚度撕裂(>2.5 cm))。

日常重复性运动中, 撞击会导致反复的微创和肩袖缺血, 最终导致撕裂。在肩部屈曲、外展和外旋过程中, 撞击最常发生在肩袖的前上方区域, 即肱骨大结节和肩峰之间, 较不常见的撞击发生在喙突和肱骨小结节之间的远侧肩胛下肌腱(软骨下撞击), 在图像判读过程中构想这些撞击模式有助于准确描述肩袖损伤[47]。超声动态检查可以发现静态超声检查时无法察觉的病变, 更好地补充了超声诊断肩峰撞击合并肩袖损伤的准确性和完整性[48]。由于肱骨头凹陷对于为肩袖在肩峰下方留出足够的滑动空间至关重要, 因此在肩部外展过程中, 肱骨头的中心通常在下半周期向下移动。当肱骨头不向下移动或异常向上移动时, 肩袖和肩峰下三角肌下囊的空间减小, 可能发生肩峰下撞击[49]。Bureau 等[50]根据超声动态评估结果对肩峰撞击合并肩袖损伤进行分级。0 级: 肩部活动时无疼痛, B 超成像无异常; 1 级: 肩部活动时疼痛, B 超成像无异常; 2 级: 侵犯肩峰和大结节之间的软组织(囊或肌腱), 可伴有肱骨头凹陷失败; 3 级: 肱骨头向上移位。

B 超技术对肩峰撞击合并肩袖损伤的早期诊断和治疗非常重要, 可以提供更全面的肩部损伤信息, 确定更优的治疗方案, 提高患者治疗效果[51]。但是相较于 X 射线、MRI 等影像学诊断方法, B 超也有一些局限性。首先, B 超技术在检查较深部位的肩峰部位时, 存在盲区。其次, 对于一些复杂的肩袖损伤类型, B 超技术的诊断准确性不高。此外, B 超技术需要高度专业的医护人员进行操作, 对设备的质量要求也比较高, 这限制了其在一些基层医疗机构的应用。

4.5. 核医学诊断

核医学检查是一种通过应用放射性同位素进行疾病诊断的医学检查方法, 具有非侵入性、高敏感性、定量性好、多样性和可重复性好等优点。常用的技术包括单光子发射计算机断层摄影术(SPECT)和正电子发射计算机断层摄影术(PET)等。这些方法可以利用放射性示踪剂的特异性靶向性质, 通过成像技术检测

肩关节的代谢活动、血流情况和炎症程度等方面[52]。Shinagawa 等[53]通过使用 PET 对 13 名患有不可逆性肩袖撕裂的患者肩部肌肉活动的变化情况进行了检测, 结果表明肩袖撕裂修复手术后, 肩部肌肉活动的指标发生了显著的变化, 这些指标的变化能够影响患者肩功能恢复和肩关节稳定性。

目前三时相骨显像是临床应用最广泛的核素骨成像技术[54]。最近的研究表明, 核素骨扫描在肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断中具有较高的敏感性和特异性。Koike 等研究发现, 在肩峰撞击患者中, 核素骨扫描的阳性率高达 77%, 其中 90% 的患者同时合并有肩袖损伤, 核素骨扫描能够对肩峰撞击和肩袖损伤的程度进行评估[55] [56]。虽然核医学诊断具有很多优点, 但是核医学检查可能对患者造成放射性损伤, 并且花费较高, 同时也无法提供高分辨率的肩关节软组织图像。

5. 结语

随着医学科学技术和人工智能的不断发展, 肩峰撞击症合并肩袖损伤的影像学诊断技术变得越发精确化、个体化和智能化, 不同的技术呈现出各自独特的优势与局限性。虽然 X 射线检查结果可以作为肩峰撞击的初步判断, 但其对于肩袖损伤的诊断能力却受到限制。相比之下, CT 提供更为详尽的解剖结构信息以便医生做出更加精准的诊断, 但其影像清晰度不如超声以及 MRI。因此, MRI 和超声成为了肩峰撞击合并肩袖损伤诊断最为常用的影像学检查方法, MRI 具有高度的诊断准确性和敏感性, 而且并且基于人工智能技术的发展, 自动化诊断得到广泛的应用, 提高了诊断准确性和效率。此外, 尽管 B 超成像在肩峰部位深度检查方面存在一定的盲区, 对于操作人员的要求也较高, 但是 B 超成像技术无辐射、无创伤、低廉的成本和便利性也使其成为了备受关注的诊断方法。核素骨扫描可以评估肩峰撞击和肩袖损伤的程度和严重程度, 但也可能会对患者造成放射性损伤并且无法提供高分辨率的图像。多种肩峰撞击合并肩袖损伤的诊断技术都存在各自的优缺点, 在未来诊断肩峰撞击合并肩袖损伤时, 可以综合运用多种不同的影像学检查方法, 结合临床病史、体格检查和病变特点, 以提高诊断的准确性和诊断效率, 为患者提供更好的治疗方案。

参考文献

- [1] Thompson, W.O., Debski, R.E., Boardman, N.D., *et al.* (1996) A Biomechanical Analysis of Rotator Cuff Deficiency in a Cadaveric Model. *The American Journal of Sports Medicine*, **24**, 286-292. <https://doi.org/10.1177/036354659602400307>
- [2] Kurokawa, D., Sano, H., Nagamoto, H., *et al.* (2014) Muscle Activity Pattern of the Shoulder External Rotators Differs in Adduction and Abduction: An Analysis Using Positron Emission Tomography. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **23**, 658-664. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.12.021>
- [3] Alrabaa, R.G., Lobao, M.H. and Levine, W.N. (2020) Rotator Cuff Injuries in Tennis Players. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, **13**, 734-747. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09675-3>
- [4] Dillman, C.J., Fleisig, G.S. and Andrews, J.R. (1993) Biomechanics of Pitching with Emphasis upon Shoulder Kinematics. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **18**, 402-408. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.18.2.402>
- [5] Paavola, M., Kanto, K., Ranstam, J., *et al.* (2021) Subacromial Decompression versus Diagnostic Arthroscopy for Shoulder Impingement: A 5-Year Follow-Up of a Randomised, Placebo Surgery Controlled Clinical Trial. *British Journal of Sports Medicine*, **55**, 99-107. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102216>
- [6] Huegel, J., Williams, A.A. and Soslowsky, L.J. (2015) Rotator Cuff Biology and Biomechanics: A Review of Normal and Pathological Conditions. *Current Rheumatology Reports*, **17**, Article No. 476. <https://doi.org/10.1007/s11926-014-0476-x>
- [7] Hawkes, D.H., Alizadehkhayat, O., Fisher, A.C., *et al.* (2012) Normal Shoulder Muscular Activation and Co-Ordination during a Shoulder Elevation Task Based on Activities of Daily Living: An Electromyographic Study: Shoulder Muscular Co-Ordination during Elevation. *Journal of Orthopaedic Research*, **30**, 53-60. <https://doi.org/10.1002/jor.21482>
- [8] Desai, S.S. and Mata, H.K. (2017) Long Head of Biceps Tendon Pathology and Results of Tenotomy in Full-Thickness Repairable Rotator Cuff Tear. *Arthroscopy*, **33**, 1971-1976. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.06.018>

- [9] Zaki, Z., Ravanbod, R., Schmitz, M., *et al.* (2022) Comparison of Low Level and High Power Laser Combined with Kinesiology Taping on Shoulder Function and Musculoskeletal Sonography Parameters in Subacromial Impingement Syndrome: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Physiotherapy Theory and Practice*, **38**, 2514-2525. <https://doi.org/10.1080/09593985.2021.1934926>
- [10] Neer, C.S. (1972) Anterior Acromioplasty for the Chronic Impingement Syndrome in the Shoulder: A Preliminary Report. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **54**, 41-50. <https://doi.org/10.2106/00004623-197254010-00003>
- [11] Bigliani, L.U., Ticker, J.B., Flatow, E.L., *et al.* (1991) The Relationship of Acromial Architecture to Rotator Cuff Disease. *Clinics in Sports Medicine*, **10**, 823-838. [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(20\)30586-X](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(20)30586-X)
- [12] Braman, J.P., Zhao, K.D., Lawrence, R.L., *et al.* (2014) Shoulder Impingement Revisited: Evolution of Diagnostic Understanding in Orthopedic Surgery and Physical Therapy. *Medical & Biological Engineering & Computing*, **52**, 211-219. <https://doi.org/10.1007/s11517-013-1074-1>
- [13] Lin, D.J., Wong, T.T. and Kazam, J.K. (2018) Shoulder Injuries in the Overhead-Throwing Athlete: Epidemiology, Mechanisms of Injury, and Imaging Findings. *Radiology*, **286**, 370-387. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170481>
- [14] Almond, P.R. (1993) The X-Ray Centennial—Thompsons and Thomsons. *Medical Physics*, **20**, 275-281. <https://doi.org/10.1118/1.597068>
- [15] Hunter, D.J., Rivett, D.A., McKeirnan, S., *et al.* (2020) Relationship between Shoulder Impingement Syndrome and Thoracic Posture. *Physical Therapy*, **100**, 677-686. <https://doi.org/10.1093/ptj/pz1182>
- [16] Liotard, J.P., Cochard, P. and Walch, G. (1998) Critical Analysis of the Supraspinatus Outlet View: Rationale for a Standard Scapular Y-View. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **7**, 134-139. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(98\)90223-3](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(98)90223-3)
- [17] Tang, Y., Hou, J., Li, Q., *et al.* (2019) The Effectiveness of Using the Critical Shoulder Angle and Acromion Index for Predicting Rotator Cuff Tears: Accurate Diagnosis Based on Standard and Nonstandard Anteroposterior Radiographs. *Arthroscopy*, **35**, 2553-2561. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2019.03.050>
- [18] Garcia, G.H., Liu, J.N., Degen, R.M., *et al.* (2017) Higher Critical Shoulder Angle Increases the Risk of Retear after Rotator Cuff Repair. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **26**, 241-245. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.07.009>
- [19] 朱迎春, 贾学文, 宓云峰, 等. 肩峰形态影像学分型在肩袖损伤诊治中的应用价值研究[J]. 中国骨伤, 2022, 35(8): 757-762.
- [20] 郑光远, 刘峡壁, 韩光辉. 医学影像计算机辅助检测与诊断系统综述[J]. 软件学报, 2018, 29(5): 1471-1514.
- [21] Saragaglia, D., Barthomeuf, C. and Banihachemi, J.J. (2021) Deciphering Acute Shoulder Trauma with Normal Initial X-Ray: Contributions of Ultrasonography and MRI. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **107**, Article ID: 102965. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.102965>
- [22] Nithiyaraj, E. and Selvaraj, A. (2022) CTSC-Net: An Effectual CT Slice Classification Network to Categorize Organ and Non-Organ Slices from a 3-D CT Image. *Neural Computing & Applications*, **34**, 22141-22156. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07701-8>
- [23] 曾维鹏, 林坚平, 周钢, 等. 虚拟现实模拟辅助肩峰成形术的初步结果[J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30(15): 1434-1437.
- [24] Burke, C.J., Walter, W.R., Adler, R.S., *et al.* (2017) Ultrasound and PET-CT Correlation in Shoulder Pathology: A 5-Year Retrospective Analysis. *Clinical Nuclear Medicine*, **42**, e424-e430. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000001778>
- [25] Baffour, F.I., Rajendran, K., Glazebrook, K.N., *et al.* (2022) Ultra-High-Resolution Imaging of the Shoulder and Pelvis Using Photon-Counting-Detector CT: A Feasibility Study in Patients. *European Radiology*, **32**, 7079-7086. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08925-x>
- [26] Billaud, A., Lacroix, P.M., Carlier, Y. and Pesquer, L. (2022) How Much Acromial Bone Should Be Removed to Decrease the Critical Shoulder Angle? A 3D CT Acromioplasty Planning Study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **142**, 3909-3915. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04292-2>
- [27] Baillargeon, A.M., Baffour, F.I., Yu, L., *et al.* (2020) Fat Quantification of the Rotator Cuff Musculature Using Dual-Energy CT—A Pilot Study. *European Journal of Radiology*, **130**, Article ID: 109145. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109145>
- [28] Taghizadeh, E., Truffer, O., Becce, F., *et al.* (2021) Deep Learning for the Rapid Automatic Quantification and Characterization of Rotator Cuff Muscle Degeneration from Shoulder CT Datasets. *European Radiology*, **31**, 181-190. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07070-7>
- [29] Wang, X., Agyekum, E.A., Ren, Y., *et al.* (2021) A Radiomic Nomogram for the Ultrasound-Based Evaluation of Extrathyroidal Extension in Papillary Thyroid Carcinoma. *Frontiers in Oncology*, **11**, Article 625646. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.625646>

- [30] 潘杨阳, 董春雪. MRI 双斜冠状位扫描与 CT 对游泳运动致肩关节撞击综合征的诊断分析[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(5): 1294-1298.
- [31] Matcuk, G.R., Moin, P. and Cen, S. (2020) Shoulder Measurements on MRI: Statistical Analysis of Patients without and with Rotator Cuff Tears and Predictive Modeling. *Clinical Anatomy*, **33**, 173-186. <https://doi.org/10.1002/ca.23422>
- [32] Morag, Y., Jacobson, J.A., Miller, B., et al. (2006) MR Imaging of Rotator Cuff Injury: What the Clinician Needs to Know. *RadioGraphics*, **26**, 1045-1065. <https://doi.org/10.1148/rg.264055087>
- [33] Davidson, J. and Burkhart, S.S. (2010) The Geometric Classification of Rotator Cuff Tears: A System Linking Tear Pattern to Treatment and Prognosis. *Arthroscopy*, **26**, 417-424. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.07.009>
- [34] Yu, X.K., Cao, J.X., Li, L., et al. (2022) The Correlation between Types of Posterior Upper Rotator Cuff Tears and Intramuscular Fat Infiltration Based on Magnetic Resonance Imaging: A Retrospective Observational Study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **10**, Article 859174. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.859174>
- [35] Siow, M.Y., Mitchell, B.C., Hachadorian, M., et al. (2021) Association between Rotator Cuff Tears and Superior Migration of the Humeral Head: An MRI-Based Anatomic Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **9**. <https://doi.org/10.1177/23259671211009846>
- [36] Koga, A., Itoigawa, Y., Suga, M., et al. (2021) Stiffness Change of the Supraspinatus Muscle Can Be Detected by Magnetic Resonance Elastography. *Magnetic Resonance Imaging*, **80**, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2021.03.018>
- [37] Gursan, A., Froeling, M., Hendriks, A.D., et al. (2022) Residual Quadrupolar Couplings Observed in 7 Tesla Deuterium MR Spectra of Skeletal Muscle. *Magnetic Resonance in Medicine*, **87**, 1165-1173. <https://doi.org/10.1002/mrm.29053>
- [38] van Zijl, P.C.M., Brindle, K., Lu, H., et al. (2021) Hyperpolarized MRI, Functional MRI, MR Spectroscopy and CEST to Provide Metabolic Information in Vivo. *Current Opinion in Chemical Biology*, **63**, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.06.003>
- [39] Kaniewska, M., Deininger-Czermak, E., Getzmann, J.M., et al. (2022) Application of Deep Learning-Based Image Reconstruction in MR Imaging of the Shoulder Joint to Improve Image Quality and Reduce Scan Time. *European Radiology*, **33**, 1513-1525. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-09151-1>
- [40] Lee, W., Rahimi, M., Lee, Y., et al. (2021) POKY: A Software Suite for Multidimensional NMR and 3D Structure Calculation of Biomolecules. *Bioinformatics*, **37**, 3041-3042. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btab180>
- [41] Zhao, Y. (2022) Deep Learning Solution for Medical Image Localization and Orientation Detection. *Medical Image Analysis*, **81**, Article ID: 102529. <https://doi.org/10.1016/j.media.2022.102529>
- [42] 张善翔, 唐晓渝, 覃欢. 微波热声成像技术的研究进展及展望[J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59(6): 67-89.
- [43] Strakowski, J.A. and Visco, C.J. (2019) Diagnostic and Therapeutic Musculoskeletal Ultrasound Applications of the Shoulder. *Muscle & Nerve*, **60**, 1-6. <https://doi.org/10.1002/mus.26505>
- [44] Millstein, E.S. and Snyder, S.J. (2003) Arthroscopic Management of Partial, Full-Thickness, and Complex Rotator Cuff Tears: Indications, Techniques, and Complications. *Arthroscopy*, **19**, 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2003.10.033>
- [45] Huang, J., Jiang, L., Wang, J., et al. (2022) Ultrasound Shear Wave Elastography-Derived Tissue Stiffness Is Positively Correlated with Rotator Cuff Tear Size and Muscular Degeneration. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **30**, 2492-2499. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-06892-w>
- [46] Hinsley, H., Ganderton, C., Arden, N.K. and Carr, A.J. (2022) Prevalence of Rotator Cuff Tendon Tears and Symptoms in a Chingford General Population Cohort, and the Resultant Impact on UK Health Services: A Cross-Sectional Observational Study. *BMJ Open*, **12**, e059175. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-059175>
- [47] Zoga, A.C., Kamel, S.I., Hynes, J.P., et al. (2021) The Evolving Roles of MRI and Ultrasound in First-Line Imaging of Rotator Cuff Injuries. *American Journal of Roentgenology*, **217**, 1390-1400. <https://doi.org/10.2214/AJR.21.25606>
- [48] Lin, C.Y., Chou, C.C., Chen, L.R., et al. (2022) Quantitative Analysis of Dynamic Subacromial Ultrasonography: Reliability and Influencing Factors. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **10**, Article 830508. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.830508>
- [49] Park, J., Chai, J.W., Kim, D.H., et al. (2018) Dynamic Ultrasonography of the Shoulder. *Ultrasonography*, **37**, 190-199. <https://doi.org/10.14366/usg.17055>
- [50] Bureau, N.J., Beauchamp, M., Cardinal, E., et al. (2006) Dynamic Sonography Evaluation of Shoulder Impingement Syndrome. *American Journal of Roentgenology*, **187**, 216-220. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.0528>
- [51] Xu, P. (2023) Effects of Ultrasound-Guided Platelet-Rich Plasma Combined with Sodium Hyaluronate on Shoulder Function Recovery, Pain Degree and Mental Health of Patients with Rotator Cuff Injury. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*. <https://doi.org/10.1080/02648725.2023.2183312>
- [52] Zhang, X., Chen, D., Babich, J.W., et al. (2021) In Vivo Imaging of Fibroblast Activity Using a 68Ga-Labeled Fibrob-

- last Activation Protein Alpha (FAP- α) Inhibitor: Study in a Mouse Rotator Cuff Repair Model. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **103**, e40. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.00831>
- [53] Shinagawa, K., Hatta, T., Watanuki, S., *et al.* (2023) The Quantification of Muscle Activities during Arm Elevation following Reverse Shoulder Arthroplasty or Superior Capsular Reconstruction for Irreparable Rotator Cuff Tears Using Positron Emission Tomography. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **32**, 392-400. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.08.020>
- [54] Hara, K., Hellem, E., Yamada, S., *et al.* (2022) Efficacy of Treating Segmental Bone Defects through Endochondral Ossification: 3D Printed Designs and Bone Metabolic Activities. *Materials Today Bio*, **14**, Article ID: 100237. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2022.100237>
- [55] Koike, Y., Sano, H., Kita, A., *et al.* (2013) Symptomatic Rotator Cuff Tears Show Higher Radioisotope Uptake on Bone Scintigraphy Compared with Asymptomatic Tears. *The American Journal of Sports Medicine*, **41**, 2028-2033. <https://doi.org/10.1177/0363546513494741>
- [56] Koike, Y., Sano, H., Kinjyo, T., *et al.* (2011) Shoulder Surface Temperature and Bone Scintigraphy Findings in Patients with Rotator Cuff Tears. *Upsala Journal of Medical Sciences*, **116**, 142-147. <https://doi.org/10.3109/03009734.2010.545150>