

RSNA2023 骨骼肌肉影像学

文冬琳, 张静, 黄钟轶琛, 王怡, 李小明

【摘要】 2023 年 RSNA 年会关于肌骨关节影像研究方面的科学报告共 160 余篇, 涉及内容主要包括肌肉骨骼关节疾病的定性及定量分析、新技术的应用、双能 CT 在骨关节的应用, 深度学习及影像组学的发展, 本文将主要按照部位及特殊成像、深度学习等进行描述。

【关键词】 关节; 肌肉; 肿瘤; 深度学习; 磁共振成像

【中图分类号】 R814.42; R445.2; R816.8; R-05 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)03-0313-11

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.03.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2023 年第 109 届北美放射学会(RSNA)年会/科学会议于 2023 年 11 月 26-30 日在美国芝加哥举行, 会议纳入多个影像学主题, 其中骨骼肌肉放射学主要聚焦于运用 MRI、CT 等成像技术对肌肉骨骼关节疾病的定性、定量分析, 深度学习及影像组学在各肌肉骨骼关节解剖或疾病中的识别、分类与测量, 以及一些新技术对骨关节成像的进展。

关节

1. 肩关节、肘关节

Georg 纳入 136 例肩袖(RC)撕裂患者, 分为三组: 修复失败组 41 例, 完整修复组 50 例, 保守治疗组 45 例。使用 Two-point Dixon MRI 计算和比较 RC 修复失败和完整修复患者以及保守治疗对照组的肌肉脂肪分数(FF)和肌肉体积, 以确定可靠的 FF 临界值以预测 RC 修复的结果, 该临界值为 6%~8.3%。Rosa 纳入了 639 名患者, 研究转移病灶作为乳腺癌患者肩部疼痛原因的概率, 57 例患者(9%)有骨转移, 并且 40 例(70%)已经从既往影像学检查中获知骨转移; 软组织转移患者 23 例, 但既往影像学检查仅发现 6 例(0.9%)转移, 表明在大多数乳腺癌患者中, 肩痛与骨或软组织转移无关。Seung 纳入 23 例肩痛患者, 确定从 MARTINI 和 GRAPPA 的组合加速(GRAPPATIN)获得的 T₂ map 和合成 T₂ WI 与常规 T₂ WI 具有诊断等效性, 可用于肩关节病理学的临床评估。Sebastian 前瞻性纳入了 8 名肘关节疼痛患者和 9 名健康志愿者, 使用广义自动校准部分并行采集重建的 TSE 序列(TSES)以及深度学习(DL)重建的前瞻性欠

采样 TSE(TSEDL)序列进行扫描, 研究发现与 TSES 相比, TSEDL 提高了图像质量并减少了噪点, 同时在边缘清晰度、伪影、解剖结构的描绘和诊断信心方面与 TSES 相当。

Vandan 回顾性收集了 136 名儿童棒球运动员的肘部 MRI, 对区域骨骼成熟度和肘关节内侧、外侧和后部的发现进行分类, 比较成熟组之间的研究结果, 并使用逻辑回归模型来确定手术的预测因素, 分类结果有 89 名骨骼不成熟和 47 名骨骼成熟儿童, 发现年轻棒球运动员肘部 MRI 结果的差异与区域性骨骼成熟度相关, 并观察到关节内异物和骨软骨缺损(OCD)的存在是手术的独立预测因子。Roy 纳入了 116 名同时对手术肩部使用标准和加速方案的非增强 MRI 扫描的患者, 对 207 根手术肌腱进行评分发现通过深度学习重建和边缘锐化加速 MRI 采集可显著缩短采集时间, 同时允许在肩袖修复后对肩部进行可靠评估。Jooyeon 等使用基于深度神经网络(DNN)去噪声和分辨率增强算法重建了 10 例肩痛患者肩关节三维容积内插式屏气检查伴并行成像中控制混叠可获得更高的加速度的水脂分离技术(3D VIBE CAIPI-DIXON)的 MRI 图像, 通过对比原始图像和 DNN 处理后的图像, 发现 3D VIBE CAIPI-DIXON MRI 结合 DNN 算法可实现皮质和骨小梁的高分辨率成像, 达到类 CT 的效果。

2. 前臂、手腕和手部

Anika 使用人体手腕仿真模型在外周定量 CT(pQCT)仪器和光子计数探测器 CT(PCD-CT)系统的超高分辨率(UHR)模式下进行扫描, 证明了 UHR-PCD-CT 可以在活体中定量评估骨骼微结构, 因此有望作为骨折症的机会性筛查工具, PCD-CT 的 UHR 功能, 结合其固有的谱特性, 可能使其能够在不增加额外辐射剂量的情况下, 对骨健康进行全面评估。

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介: 文冬琳(1997-), 女, 云南昭通人, 硕士研究生, 主要从事骨肌系统影像诊断工作和研究。

通讯作者: 李小明, E-mail: lilyboston2002@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金(81930045)

Chhavi 纳入了 105 例银屑病性和 82 例真菌性营养不良甲,使用高频线性换能器(3~16 MHz)对指甲单元进行超声成像(USG)检查,对甲板、腹侧和背侧甲板轮廓、甲床、指甲基质、伸肌腱、附着点和远端指间关节(DIP)进行定性检查,记录甲板、甲床、指甲基质和伸肌腱的增厚为定量参数进行分析,显示指甲 USG 可作为区分银屑病性和真菌性甲营养不良的无创技术。Mahyar 招募了 326 名主诉手部关节非创伤性疼痛且不符合美国风湿病学会/欧洲抗风湿病联盟合作倡议(ACR-EULAR)2010 类风湿关节炎(RA)诊断标准的患者并随访 24 个月,使用灰度和功率多普勒超声技术评估手的关节和肌腱,最终 123 例进展为临床 RA,结果表明超声检查是一种在早期检测和预测临床 RA 的灵敏方法,可以促进疾病早期病程的治疗决策,基线时桡腕滑膜增厚、近端指间关节和掌指关节滑膜炎是临床和实验室评估中最有价值的 RA 发展预测因子。Gianluca 回顾性纳入了 105 名接受至少一次手部 X 线检查的舟骨骨折患者,其中 26 例(25%)患者出现舟骨骨折延迟愈合或不愈合,收集患者的临床变量和放射学数据,构建多变量模型来预测所述骨折的延迟愈合或不愈合,结果显示高龄、男性、骨折脱位或骨折部位与舟骨中间三分之一不同是舟骨骨折延迟愈合或不愈合发生率较高的预测因素。

Salvatore 等对比了 29 名确诊为活动性腕、手部滑膜炎患者和 29 名健康志愿者的 B 超和剪切波弹性成像(SWE)检查,发现病例组与对照组的滑膜最大弹性模量和关节平均弹性模量(kPa 值)的差异均有统计学意义,且病例组中 8 名经过临床评估的患者,其疾病活动程度与同期 SWE 弹性模量值相关,证明 SWE 可应用于关节滑膜炎的诊断、滑膜炎活动性的监测和临床疗效的评估。Jun 等前瞻性纳入 9 名接受双侧手、腕部 X 线平片、常规 MRI、零回波时间成像(ZTE)检查的 RA 患者,以 CT 检查为骨侵蚀的金标准,研究表明 ZTE 的总体诊断性能和观察者间一致性优于 X 线和常规 MRI,在检测骨侵蚀方面几乎可与 CT 相媲美。Nayoung 等收集了 49 例接受术前手部及腕管 MRI 检查的患者,按照是否行腕管松解术分为单纯扳机指组和扳机指合并重度腕管综合征(CTS)组,研究表明扳机指合并重度 CTS 发生率为 40%,两组间的 MRI 测量值(正中神经形状、信号强度、横截面积以及屈肌支持带弯曲度)有显著差异。Bomi 等回顾性纳入了 349 例桡骨远端骨折患者,将其分为拇长伸肌(EPL)断裂组和正常组,评估了两组第二、三伸肌间隔的“浮脂征”的存在情况,研究表明桡骨远端骨折患者的伸肌间隔的“浮脂征”可能是 EPL 断裂的独立预测指标。

Andrew 等回顾性审查了 450 例接受了手和手指部、腕部 X 线检查的患者,统计分析了拇指远节指骨假性病变(DPPL)的好发年龄、好发部位、影像表现及并发症,研究表明 DPPL 好发于 65 岁以上人群,多发生在拇指远节指骨的近端,以掌侧、尺侧多见,X 线片表现为拇指远节指骨的骨质减少,DPPL 的发生与骨质减少和骨关节炎(OA)显著相关。Youngjun 等回顾性纳入 39 例经关节镜检查确诊为 1b 型腕关节三角纤维软骨复合体撕裂(撕裂组)和 39 例同期因腕部疼痛接受 MRI 检查的患者(对照组),通过比较两组 MRI 特征发现,撕裂组更容易出现 7 种 MRI 主要特征,如纤维不连续、信号改变等,该研究表明上述 MRI 主要特征是 1b 型 TFCC 撕裂的预测标志。Badr 等在关节镜下构建了 5 例舟月韧带(SL)-背侧腕骨间韧带汇合处(DSCC)病变的新鲜大体模型,并动态采集造模前后腕关节进行屈曲-伸展、桡偏-尺偏时的 4D CT 图像,评估不同结构损伤时的舟月骨的异常运动模式,研究表明 4D CT 能预测潜在 SL-DSCC 损伤,DSCC 在维持腕关节稳定过程中起着重要作用。Michel 等回顾性分析了 5 个大体标本的 7 例腱鞘异常和尺侧腕横韧带(TFC)撕裂的磁共振和超声影像,研究表明,尺侧腕伸肌(ECU)支持带、鞘膜结构复杂,在超声检查 24 MHz、ECU 动态旋前时评估效果最好。ECU 在肘部仅被浅表纤薄的的支持带覆盖,无骨或韧带的紧密附着连接,但在远端与腕骨外生韧带紧密连接。鞘膜起始于茎突水平,与 TFC 的茎突插入点(TFC 与茎突的连接点)相连,实际上是一系列连续的韧带(Barfred 韧带、放射冠月骨间韧带、腕骨间韧带)共同形成,动态研究显示,TFC 严重撕裂标本相比于正常的 TFC 标本,其在突然的旋前运动中会出现弹跳脱位,所有的鞘膜异常标本都伴有 TFC 撕裂。总的来说,临床上,如果鞘膜出现 MRI 信号异常或在超声检查中 ECU 出现弹跳脱位,通常与尺侧 TFC 撕裂有关。Tammy 等的研究表明成年女性孤立性尺骨骨折可以作为亲密伴侣暴力(IPV)的标志。

3. 腕关节、骨盆

Till 回顾性纳入 419 例接受髌臼周围截骨术的有症状的髌关节发育不良患者。研究发现,1/3 的髌关节发育不良患者股骨扭转角(FT)正常,髌臼型(AV)正常,近三分之一的患者 $FT < 10^\circ$,23% 的患者 $FT > 25^\circ$ 。髌关节发育不良患者可表现为合并畸形,该研究对于髌关节保留手术(髌臼周围截骨术或股骨去旋截骨术)的术前计划有重要的意义。Katelyn 纳入了 58,099 例髌部骨折患者,比较接受或未接受髌骨骨折前后双能 X 线吸收法(DEXA)扫描的患者的人口统计学因素,采用单变量和多变量分析发现 DEXA 的扫描利

用存在种族/民族差异,这种差异凸显了改善高危髌部骨折人群的就医机会和护理的必要性。David 对 105 名 12~24 岁健康青少年男性足球运动员的盆腔前后位 X 光片进行分类,描述了青少年足球运动员盆腔 X 光片上耻骨联合的放射学成熟度,并介绍了成熟的青少年耻骨联合分类(MAPS 分类)。Klerk 纳入了 14 例全髌关节置换术(THR)后接受 PCD-CT 扫描的患者,其中 7 例使用 140 kVp 进行扫描,另外 7 例使用 140 kVp 和额外的锡过滤(Sn140)进行扫描,经评估后证明高分辨率 PCD-CT 可以对骨-植入物界面进行充分的体内评估,使用锡过滤可提高主观图像质量,这可能是由于减少了金属伪影。Pouria 对来自 14,357 名患者的 356,305 张髌关节 X 光片进行了训练,开发了一种基于深度学习的下一代全髌关节置换术模板工具,用于生成具有高度有效和接近实际外科手术执行的合成术后 X 光片。Roy 使用超低剂量的光子计数计算机断层扫描(PCCT)评估骨盆图像的质量,证明骨盆结构的 CT 图像可以在 PCCT 上结合去噪软件获得,辐射暴露明显降低,同时保持图像质量。Jiyoung 等评估了 ARCO 2-3A 期股骨头坏死(ONFH)患者的股骨头塌陷相关变化的 CT 表现(骨吸收、囊变)和 MRI 表现(骨髓水肿、关节积液),通过多因素 logistic 回归分析发现骨吸收面积和囊性变是 3A 期的最佳预测因子,可协助 ONFH 围塌陷期的诊断。Tian 等使用 MR 集合(MAGiC)序列定量评估中轴型脊柱关节炎(SpA)髌髌关节变化,指出 T1 和 T2 值在鉴别活动性髌髌关节炎方面具有很高的价值。Cao 等前瞻性比较了髌髌关节采用混合模型迭代重建(HIR)和/或基于深度神经网络的深度学习重建(DLR)的标准剂量(SD)、低剂量(LD)CT 图像质量,研究表明使用 DLR 可降低髌髌关节 CT 的辐射剂量,提高影像质量,提示 DLR 算法有助于提高髌髌关节 CT 扫描的安全性。Brandon 等通过手术和 MRI 图像观察髌臼盂唇非病理性解剖变异的患病率和发生部位(包括盂唇下沟和横沟),指出正确认识髌臼盂唇解剖变异有助于提高髌臼盂唇撕裂诊断的特异性。

4. 膝关节

Katelyn 调查了 MKnee PearlDiver 数据库中接受全膝关节置换(TKA)治疗骨关节炎的患者,在 731,066 例 TKA 中,56,180 例(7.68%)在 1 年内进行了 MRI 检查,TKA 通常用于晚期退行性改变,因此很少需要进行术前 MRI 检查,这导致潜在的不必要的医疗保健支出超过近 4500 万美元。Rianne 纳入了 29 名髌腱病(PT)患者随机分为三个治疗组,研究富血小板血浆(PRP)注射是否比干针(DN)或假针(SH)更能减轻疼痛,评估 MRI 和超声定量参数——单成分和双成

分超短回波(UTE)T2* 和剪切波弹性成像(SWS)与临床预后的关系,研究显示 PRP 组的疼痛明显缓解,SWS 和 UTE-T2* 定量参数随时间变化,特别是双组分参数快速弛豫大分子结合水组分,可能是评估治疗后髌腱愈合变化的辅助定量措施。Till 回顾性纳入了 207 例髌骨不稳定患者,发现其扭转畸形非常普遍。8%~16%的患者为扭转不良综合征同时存在股骨扭转(FT)和胫骨扭转(TT),在高达 30%的髌骨不稳患者中,股骨去旋转截骨术可作为一种潜在的治疗方法,2%~5%合并 FT、膝关节扭转(FTR)和 TT 的增大,可能适合行股骨远端和胫骨高位去旋转截骨术。Aurea 对肥胖和负荷诱导的创伤后骨关节炎(PTOA)的临床前小鼠模型使用定量 MRI 体积测定法和 T2 mapping 测量髌下脂肪垫(IFP)的体积和组成,并比较 IFP 与皮下脂肪组织(SAT)的 T2 值,结果显示肥胖成年小鼠的 PTOA 与 IFP 体积和 T2 值变化显著相关,并发现患有 PTOA 的肥胖小鼠中 IFP 和 SAT 之间存在差异。Falkowski 纳入 99 例患者,其中单间室膝关节置换术(UKA)后转换为 TKA 的转化组 42 例,无症状对照组 57 例,评估其放射学特征,发现需要从 UKA 转换为 TKA 的患者中常见的特征是胫骨溶解边缘和骨质溶解,此外,与对照组相比,转换组股胫骨外侧室和髌股骨室的 OA 更严重。

Upasana 纳入了 134 名来自骨关节炎倡议(OAI)的患者,其中 67 名接受了全膝关节置换术(TKR),67 名为对照组,分割和计算大腿各肌肉的体积以及其他标志物,发现 TKR 在伸肌-腘绳肌比值中较低,表明相对于腘绳肌,更强的伸肌组可能会降低 TKR 的风险,一般来说,强壮的腘绳肌也可以降低 TKR 的风险。Zhang 等前瞻性招募了 44 名接受了前交叉韧带重建(ACLR)的患者和 15 名志愿者,患者在术后 6 个月和 12 个月内接受 3.0T 常规 MRI 和 DWI 扫描,发现前交叉韧带移植物及其三个节段的 ADC 值从术后 6 个月到 12 个月显著下降,且 ADC 值与临床评分之间没有显著相关性,表明 ACLR 术后 6~12 个月,移植物逐渐成熟,且 DWI 和 ADC 值相比于临床评分更能够反应移植物成熟情况。Maximilian 等前瞻性招募了 234 名身体质量指数(BMI)≥25 kg/m² 参与者分为两组,一组在 48 个月内体重减轻>10%,另一组同期稳定超重,在基线和 48 个月后常规 MRI 研究中,发现渗出性滑膜炎的进展因体重减轻和关节周围皮下脂肪(SCF)减少而减慢,相反 Hoffa 滑膜炎进展随着体重减轻和 SCF 降低而增加。

Timothy 等回顾了 81 例接受半月板同种异体移植的患者,通过患者报告和需要手术翻修半月板的并发症来评估影响手术结果的因素,研究表明,半月板同

种异体移植改善了患者症状,但可能受到手术中伴随的非半月板损伤以及过长半月板的切除移植时间影响,年龄低于 25 岁、再损伤可导致移植后翻修手术可能性增加。Fengzi 等招募 32 例 2 型糖尿病骨关节炎(OA)患者和 20 例健康对照组并将病例组按照病程和临床症状划分亚组(早期、晚期;轻度、重度),研究表明 2 型糖尿病 OA 患者关节软骨 T_2 值更高,重度糖尿病组软骨 T_2 值高于轻度,晚期糖尿病患者 T_2 值大于早期,股骨内侧和胫骨内侧关节软骨 T_2 值存在差异,这反映了 MRI T_2 mapping 序列能够通过检测膝关节软骨的 T_2 值来评估膝关节 OA,2 型糖尿病的病程和血糖控制影响膝关节软骨退化。Ana 等纳入了 200 例接受胸部 CT 检查的患者,将其分为高龄组(50~70 岁)和超高龄组(70~100 岁),根据 Arlet-Mazière 标准诊断患弥漫性特发性骨质增生症(DISH)的患者,并回顾 DISH 患者所有既往的下肢影像学检查,评估其下肢关节受累的频率、分布和特征,研究表明 DISH 患者的下肢膝关节受累很常见,且具有典型特征:受累膝关节伸肌结构出现“鸥翼征”。Fan 等回顾性分析 732 例膝关节半月板 MRI 图像,构建了基于 MRI 影像组学特征的不同机器学习方法的半月板损伤 0~Ⅲ级分类模型,研究指出机器学习分类模型可以准确评估半月板损伤类型,提高诊断的可靠性和可重复性。Yun 等就 MRI 检测前交叉韧带撕裂患者半月板斜坡病变的诊断准确性进行了 Meta 分析,研究表明 3T MRI 对斜坡病变的诊断具有中等敏感性和极好的特异性,使膝关节保持中立位 30°屈曲可提高诊断敏感度,并建议即使 MRI 未提示斜坡病变,也应常规行关节镜检查以明确病变是否存在。

5. 踝关节、足

Patrick 纳入 130 名因疑似骨髓炎(OM)而接受足部 3T MRI 检查的患者,进行 3D- T_1 (CAIPIRINHA SPACE TSE) 和三平面 2D- T_1 (TSE) 序列扫描,证明在评估疑似足部 OM 时,加速的 3D CAIPIRINHA SPACE T_1 序列提供了一种快速成像技术,其诊断性能与 2D- T_1 MRI 相当。Shamrez 前瞻性地纳入 47 例疑似足踝 OM 患者接受了术前多参数 MRI 检查和感兴趣区域的手术活检,证明与常规 MRI 相比,DWI 联合 MRI 在诊断 OM 方面提高了其诊断准确性。Brian 纳入了 102 例患者分为糖尿病($n=63$)和非糖尿病组($n=39$),收集了人口统计学和临床数据,记录了拇趾展肌(AH)ADC 的平均值和最小值,胫骨后神经(PTN)ADC 的平均值和最小值,根据 AH 是否水肿、水肿分布(点状、弥漫)、肌肉脂肪浸润的程度等数据进行分析,发现与糖尿病相关的神经肌肉改变与更差的临床患者结局指标显著相关。Giovanni 前瞻性纳入

120 名 7 天内同时接受了双能 CT(DECT)和 MRI 患者,MRI 显示 87/120 患者(72.5%)存在骨髓水肿,分析 DECT 的诊断结果表明,与 MRI 相比 DECT 可以准确识别踝部和足部的短暂骨髓水肿。Karsten 等使用 UHR-PCD CT 在全、低辐射剂量下采集了 4 例大体标本双侧踝关节造影图像,通过不同空间频率的卷积核进行图像重建,并评估重建后的图像质量,研究表明 Br98 卷积核实现了骨组织的最佳描绘,改善了软骨的可视化,且不存在辐射剂量依赖性。在美国县三级护理医院内,Muhammad 等开展了一项基于 MRI 的踝关节疼痛或损伤患者的腓骨筋膜室病变发生率的流行病学研究,该研究纳入了 373 名疑似踝关节内结构紊乱的患者行 404 次 3T 踝关节 MRI 检查,其中 98 例(24.3%)腓骨筋膜室正常,306 例(75.7%)见腓骨筋膜室病灶,表明腓骨筋膜室病变在踝关节结构紊乱的患者中很常见。

脊柱

Seyoung 纳入 224 例椎管中至重度狭窄的患者,评估其马尾冗余神经根(RNRCE)相关的 MRI 结果,以及 RNRCE 的存在或类型是否会影响症状程度或根据治疗方法的预后,结果表明脊柱 MRI 对 RNRCE 的评估具有临床意义,因为 RNRCE 的存在、水平、类型和长度可能与症状程度有关。Katelyn 统计了急诊科接受脊柱 MRI 检查的 275,999 例患者,发现十年来,急诊科就诊的患者的脊柱 MRI 总使用量有所增加,反映了影像检查流程的演变,这可能不一定符合最佳临床实践,确定了接受全脊柱 MRI 与局部脊柱 MRI 的患者的几个预测因素,表明某些患者可能被认为在临床上更适合全脊柱成像。Lee 使用了 14,919 张脊柱术后 X 线图像来训练 Yolov5 预测假体异常,并在训练集以外 600 张图像上进行了测试,训练集中进行了 7 类边界框标记:ASD(相邻节段病变)、松动、突出、迁移、杆断裂、螺钉断裂和融合器沉降,结果显示该模型预测假体异常的敏感度为 88.2%,表现最好和最差的标签是螺钉断裂和突出,敏感度分别为 98.6% 和 60%,表明人工智能可以帮助检测术后脊柱 X 线的假体异常。Martin 使用自动分割算法生成时间减影(TS)图像,这些图像在 40 例椎体转移患者 CT 检查和 34 例配对对照中进行了评估,证明时间减影法可以促进椎体转移的早期诊断,从而改善患者预后。Xiang 等前瞻性纳入了 56 例慢性非特异性腰痛(CNLBP)患者和 51 名健康志愿者,均接受了腰椎多能谱 CT 成像,比较两组在不同椎间隙层面的多裂肌和竖脊肌的肌肉密度(CT 值),研究发现 CNLBP 组多裂肌 L4/5 和 L5/S1 水平的肌肉密度低于健康对照组。

Jemyoung 等研究了基于深度学习(DL)的椎体压缩性骨折(VCF)检测算法检测急性慢性 VCF 患者的稳健性,研究回顾性纳入了 178 例 VCFs 患者的 CT 图像,评估了 1200 个包含正常和急、慢性压缩性骨折的标记椎体,结果表明检测算法对慢性 VCFs 检测比急性 VCFs 更灵敏,但特异度相当。Joey 回顾了 92 例疑似椎骨髓炎而接受 CT 引导骨活检的患者,其中 35% 的患者活检取样培养呈阳性,活检结果对 82% 的病例的后续抗生素治疗方案无显著影响,因此,作者强调了诊断和治疗脊椎骨髓炎的挑战,以及影像引导活检在指导该病临床治疗的局限性,临床上对骨髓炎患者进行活检前应仔细评估患者的风险和获益。Zhang 研究了骨小梁评分(TBS)与骨密度(BMD)评估相比对滑膜炎-痤疮-脓疱病-骨肥厚-骨髓炎(SAPHO)综合征患者椎体骨折风险评估的临床效用,指出 TBS 可能是识别 SAPHO 综合征患者椎体骨折风险的有效临床工具。Hao 回顾分析了 67 例 Kummell 病椎体压缩性骨折和经皮骨水泥填充椎体成形术患者的临床、影像学、治疗及随访资料,发现渗漏组与非渗漏组的 X 线椎体受压程度、CT 椎内真空裂、椎体皮质不连续性的差异具有统计学意义,logistic 回归表明 CT 椎内真空裂与经皮椎体成形术后骨水泥渗漏有关。

Dillon 提出了一种使用迭代最近点配准和成对分配曲线计算的对称平面的 CT 扫描方法用于椎体旋转的测量。经研究比较,该方法与 Aaro-Dahlborn 手动方法具有相似的准确性,但更为快速简便,有助于加深对椎体运动的理解。Dinesh 回顾了 1450 例 MRI 腰椎检查,观察到检查过程中临床症状相关的偶然发现,其中子宫肌瘤是女性中最常见(3.2%)的发现,而前列腺实质中的异质性信号是男性患者中最常见(3.8%)的发现。Adrian 等使用体素内不相干运动(IVIM)成像研究运动激活后肌肉的生理反应,检测到激活后肌肉灌注的变化,证明了微血管流量、血容量和运动强度之间的关系,提示 IVIM 可能在识别易受肌肉灌注受损影响的个体方面发挥作用。

Zhu 使用定量计算机断层扫描(QCT)分析椎弓根螺钉轨迹的松质骨密度与椎体骨密度的差异,提出使用 QCT 测量螺钉轨迹的骨密度有望实现椎弓根螺钉固定术螺钉松动的预测。Arman 等使用半自动软件回顾性融合单光子发射计算机断层成像术(SPECT) CT 和 MRI,用于评估难治性慢性背痛患者的疼痛部位。研究发现,与单独的 MRI 或 SPECT CT 相比,138 名患者中有 105 名(76%)在 SPECT MRI 融合图像中检测到新的疼痛发生部位,表明融合图像可能有助于背痛的评估。Masamichi 等回顾分析 29 名接受了腰椎 MRI 检查(包括 MR 骨成像序列)的患

者的影像资料,认为基于 k 空间特性的超分辨率深度学习重建(SR-DLR)能够提高腰椎 3D 多回波同相序列磁共振成像的图像质量。Zhao 等建立的临床、影像组学和临床影像组学联合模型可以有效预测接受脊柱转移手术的患者隐性失血风险。

肌肉、肌腱与神经

1. 肌肉与肌腱

Sollmann 纳入了 50 名参与者[其中 16 名紧张型头痛(TTH)、12 名 TTH 加偏头痛发作和 22 名健康对照]前瞻性地接受了脂肪抑制的 3D-T₂-TSE MRI,提取斜方肌 T₂ 值,发现斜方肌 T₂ 值升高可能代表原发性头痛疾病中肌筋膜受累的客观成像生物标志物。Rebekah 回顾性纳入了 121 例孤立性冈上肌肌腱撕裂的患者,并根据是否存在冈下肌变性分为两组,评估冈下肌变性与患者和临床资料的单因素关系和多变量关系,发现冈下肌变性与心血管疾病、冈上肌变性和肩胛下肌变性独立相关,当评估多变量关系时,冈上肌变性成为检测冈下肌变性的唯一重要变量。Babak 等前瞻性纳入了 152 例心源性休克患者(CS),并量化其 L3/L4 椎间盘水平的单层 CT 图像中脂肪和肌肉组织的量和密度,以 30 天死亡率作为因变量,进行多变量 Cox 回归和 Kaplan-Meier 生存分析,研究表明 CT 衍生的内脏脂肪组织面积和骨骼肌面积是 CS 患者不良结果的独立预测因子。Jonas 使用弥散张量成像(DTI)检查了青少年赛艇运动员腰椎,评估竖脊肌(ES)和多裂肌(MF)的轴向扩散系数(AD)、径向扩散系数(RD)、表观扩散系数(ADC)和各向异性分数(FA)等 DTI 参数,发现 DTI 可以发现传统 MRI 技术无法检测到的损伤,可能在运动员过劳性损伤早期的无创检测中发挥作用。Kamyar 等前瞻性纳入骨关节炎队列中 4,796 名参与者,将其分为未分化关节炎(UA)组、临床前类风湿性关节炎(Pre-RA)组和倾向性评分匹配后的对照组,使用经过验证的深度学习模型来分割和量化大腿肌肉 MRI,比较各组 4 年内大腿肌肉横截面积(CSA)、肌内脂肪组织、收缩百分比(非脂肪肌 CSA/总体肌肉 CSA)的纵向变化,结果表明 Pre-RA 的存在与时间维度上的肌肉 CSA 的降低有关,与肌内、肌间脂肪组织增加无关。

Taeran 等回顾性收集了 372 名接受术前骨盆 CT 和股骨近端骨折手术的老年患者的临床和影像资料进行体成分分析,表明术前 CT 所示臀肌及大腿肌的低肌肉指数和高皮下脂肪指数是预测术后高死亡率和高重症监护病房入住率的重要指标。Saeed 对 31 名健康年轻人和 20 名老年人的小腿进行 3D 超短回波时间 cones 采样磁化传递(3D-UTE-Cones-MT)扫描,计

算小腿肌肉的平均大分子质子分数(MMF)和 $T_2(T_2\text{-MM})$,以及水 $T_2(T_2\text{-W})$ 和磁化转移比(MTR),发现 MMF 作为胶原蛋白含量的替代指标,显示老年人小腿肌肉显著减少,而 $T_2\text{-W}$ 增加,说明该技术是评估衰老对人体肌肉影响的适当定量方法。Zhang 等前瞻性招募了 43 名健康志愿者,按照静息、运动、恢复三期依次进行跖屈扩散加权成像(DWI)检查,收集小腿三头肌(TRIC)在静息期、运动期和恢复期的肌肉动力学参数,其中运动期的相对表观扩散系数(rADC)在健康 TRIC 中对年龄相关的肌肉质量评估表现最佳,研究证明跖屈期间扩散加权成像的肌肉动力学参数对于评估健康小腿肌肉中与年龄相关的肌肉质量是可行的。Jiyeon 等纳入了 569 例接受了急诊就诊当天和 180 天前的两次 CT 检查的感染性休克患者,根据患者就诊 28 天后是否存活分为两组,分析比较两组前、后两次 CT 图像肌肉质量的变化,研究发现非存活组相较于存活组,其肌肉脂肪变性及肌肉间脂肪成分增加更多,脂肪面积(SFA)降低和肌肉脂肪浸润面积(LAMA)增加是感染性休克 28 天死亡率的独立危险因素。

Natalia 等前瞻性纳入了 36 名经超声诊断为 2 级肌肉撕裂的患者,4 周后进行 MRI、超声和临床随访,根据临床症状的有无将评估肌肉再生的成熟度,研究表明外周线性水肿是再生成熟的无症状肌肉撕裂患者的常见表现,而肌肉撕裂 4 周后超声多普勒信号阴性是肌肉再生成熟的最佳指标。

Saeed 使用 3T MRI 对来自 11 名供体的 28 个跟腱-韧带切片进行超短回波(UTE)、UTE- T_1 和绝热 $T_1\rho$ 弛豫时间(UTE-Adiab- $T_1\rho$)扫描,结果显示 UTE-Adiab- $T_1\rho$ 与跟腱和韧带的弹性模量具有显著的相关性,该研究突显了 UTE-Adiab- $T_1\rho$ 技术在评估跟腱和韧带方面的潜力。

2. 神经

Dong-Ho 对 8 只雌性 Lewis 大鼠造模获得实验性自身免疫性神经炎(EAN)动物模型,该模型是人类格林-巴利综合征(GBS)最常用的动物模型,在腰骶神经丛和坐骨神经上评估磁共振神经成像(MRN)上周围神经的变化,结果所有病例均显示神经系统改变,脂肪预饱和(FS) T_2 WI 和增强 FS T_1 WI 的 MRN 结果异常并随时间变化,证明其均有助于诊断 EAN。Aurea 等纳入了 55 例无症状参与者,通过高分辨率 B 超和多普勒检查识别归纳桡侧返动脉(LoH)和桡神经深支(DBRN)的神经血管交叉模式,发现了一种主要的神经血管交叉模式:RRAab 主要从内侧穿过 DBRN 下方,LoH 的肌肉内横向血管在靠近佛罗氏弓处穿过 DBRN 上方。Shabber 使用 18 Hz 和 24 Hz 超声换能器在肘管近端测量尺神经束的数量,测量并比较近、远

端尺神经的横截面积,发现使用 24 MHz 换能器可以在肘管处看到更多的尺神经束,且近、远端尺神经横截面积没有较大差异。该研究指出使用新型高频换能器有助于改善尺神经形态的超声可视化,提高脱髓鞘性神经病和神经卡压的鉴别诊断能力。Ilkwon 前瞻性纳入了 14 名健康志愿者,通过常规序列和基于深度学习重建的加速序列能有效减少臂丛神经 MRI 扫描时间和伪影,可为临床臂丛神经 MRI 提供标准序列的替代方案。Hanna 对 125 例腰骶丛 MRI 检查进行回顾分析后发现腰骶丛 MRI 检查可准确检测和定位非椎间盘源性坐骨神经痛患者的其他疼痛源。在该研究中,仅有 48% 的患者检测出腰骶神经异常,但 91% 的检查显示存在额外的疼痛灶。

影像引导介入治疗

Dyan 回顾性审查了 19 位接受了透视引导下急性脱位全髋关节置换术(THA)抽吸术的患者数据,分析透视引导下抽吸急性脱位 THA 是一种安全且有效的手术方法,并且与股骨颈相比,靶向髋臼杯可提供更高的自发抽吸率、更大的抽吸体积和更短的透视时间。Madalena 采用医疗保健系统视角的决策分析模型,评估无影像学、CT 引导和透视引导三种骨髓活检技术对多发性骨髓瘤临床高度关注患者的成本效益,分析结果表明 CT 引导下活检似乎是疑似多发性骨髓瘤患者骨髓活检最具成本效益的策略。Demenico 纳入 41 名患者和 41 名对照组,将接受超声引导下经皮冲洗钙化性肌腱炎(US-PICT)治疗肩外钙化性肌腱炎的患者(病例组)与接受肩袖 US-PICT 的患者(对照组)进行比较,两组从基线到 3 个月的 VAS 疼痛评分的差异无统计学意义,证明 US-PICT 是一种安全有效的手术,可以在肩部外使用。Jyri 等回顾性研究了 27 例症状明显、保守治疗无效且接受了 MRI 引导下经皮逆行性钻孔术治疗的儿童距骨剥脱性骨软骨炎(OCDT)患者(共 30 只足),对患者进行平均 6 年的随访,证明 MRI 引导下经皮逆行性钻孔术是治疗稳定型 OCDT 的一种可行、有效、安全的儿科治疗方法。David 等比较了肩关节 US-PICT 治疗的两种随访方式,一是术后一个半月内由放射科进行随访评估,二是患者出院后自行评估返诊,通过肩痛和残疾指数(SPADI)问卷、临床调查、体格检查和超声检查比较两种随访方式,研究表明在 US-PICT 术后对患者进行密切和长时间的随访可以获得更好的治疗效果。Miguel 等回顾性纳入了 124 例接受了超声引导灌洗治疗的肩袖钙化性肌腱炎的患者,按照术前或术后接受皮质类固醇注射分为两组,研究表明在肩袖钙化性肌腱炎灌洗术前或后的皮质类固醇的注射时间不会影响治疗结果和不良反应

的发生率。

Justin 等回顾性审查了接受影像引导足部关节内注射的患者,按照足内注射剂的不同分为氟羟氢化泼尼松(kenalog)组和酮咯酸(ketorolac)组,比较组间的药物疗效、delta 疼痛评分和注射后接受手术情况,研究表明酮咯酸是一种低成本的足部关节内注射药物,其安全性、疗效与类固醇相当,临床上的使用量和使用范围也不断增加。Chloe 研究发现,射频消融术(RFA)联合脊柱后凸成形术对脊柱转移性肿瘤患者的疼痛有改善作用,可显著改善视觉模拟量表(VAS)、美国东部肿瘤协作组(ECOG)评分、Karnofsky 体能状态量表(KPS)和 Oswestry 残疾指数(ODI)评分,并减少患者对麻醉药物的需求,但脊柱后凸成形术/射频消融术联合放疗可能对疼痛无明显缓解作用。

肿瘤

Liu 回顾性纳入了 294 例尤因肉瘤(ES)和骨肉瘤(OS)患者,基于 CT 和临床特征开发和验证用于诊断 ES 和 OS 的影像组学模型,结果表明基于 CT 增强图像(CTE)的影像组学模型可用于 ES 和 OS 的鉴别诊断,并且与 CTE 模型相比,CTE+3 mm 模型覆盖肿瘤内和瘤周特征的诊断效率没有提高。Yuhan 回顾性研究收集了 80 名在常规扫描方案中接受双层探测器光谱 CT(DLCT)胸部和腹部多期扫描的患者,证明与传统的 CT 和单光谱参数相比,从普通相位图像导出的光谱多参数模型在区分骨岛(BIs)和骨转移(OBM)方面表现出更高的鉴别诊断性能,且无需额外的辐射暴露。Sarah 回顾性地纳入了 83 神经纤维瘤病 I 型(NF1)患者,发现在 NF1 患者中,恶性周围神经鞘瘤(MPNST)的发生率约为 11%,其中 11%的 MPNST 出现在丛状神经纤维瘤(pNF)的背景下,而弥漫性神经纤维瘤(dNF)中则没有。Ehsan 回顾性纳入了 199 例具有治疗前 MRI 和切除后病理学边缘信息的软组织肉瘤(STS)患者队列,对 4 个 MRI 序列进行病灶分割提取影像组学特征并与临床和人口统计数据汇集在一起构建多模态影像组学的风险模型,结果显示该模型在预测 STS 术后组织边缘受累方面表现优异。Sam 纳入了 285 例经组织学证实的原发性 STS 患者,收集了影像学危险因素包括原发性 STS 的形态、浸润、异质性和大小,以及非影像学危险因素包括组织学亚型、肿瘤分级、切除状态、既往复发等,发现原发性 STS 的形态和浸润行为,以及肿瘤分级、切除状态和既往复发的发生,都是转移的潜在危险因素。

Ping 回顾性使用 549 例盆腔和骶骨肿瘤(PSTs)患者进行模型构建和内部测试以及另外 105 名 PST

患者用于前瞻性测试集,开发了基于注意力的两阶段深度学习(DL)模型,用于 PSTs 的分割和分类,结果显示 DL 模型允许在非增强 MRI 的情况下准确分割和分类良性和恶性 PST。Salvatore 纳入 118 例组织学证实的软骨肿瘤患者,将其分为训练组 95 名[65 名非典型软骨肿瘤(ACT),30 名长骨高级别骨肉瘤(CS)]和测试组 23 名(17 名 ACT,6 名 CS)患者构建机器学习模型,结果显示机器学习模型在基于术前 X 线放射组学特征的长骨 ACT 和 CS 分类方面具有很高的准确性。Shi 等纳入了从数据库中检索关于“治疗前脂肪分布模式与肝细胞癌(HCC)预后关联”的 30 项研究,并提取 6738 名 HCC 患者生存数据进行了 Meta 分析。结果表明,治疗前内脏皮下脂肪组织面积比(VSR)是 HCC 患者脂肪分布模式中最有价值的预后指标,这项研究为 HCC 患者个体化管理提供了重要的支持。

Katsuyuki 等回顾了 9 例曾进行两次全身 MRI 检查的前列腺癌患者的资料,每位患者在进行 MRI 检查的同时进行了血清前列腺特异性抗原(PSA)检测,研究表明每位患者治疗前后的肿瘤总弥散量(tDV)变化量和血清 PSA 变化量呈强正相关,提示 tDV 是评估前列腺癌骨转移分级的可靠标志。Lim 对 38 个骨转移(BM)和 37 个良性红骨髓沉积(BRM)病灶的 T₁WI 和脂肪抑制 T₂ 加权成像(T₂FS)进行定性和定量分析,确定了 T₂FS 的定量分析可用于鉴别 BM 和 BRM。Miguel 发现全身 MRI 扩散加权成像(DWI)的总扩散体积(tDV)和整体表观扩散系数(gADC)可能是评估多发性骨髓瘤患者治疗反应的可行参数。在该研究中,对治疗无反应的 13 例患者(38.2%)在治疗前后的 DWI 定量分析中,tDV 或平均 gADC 差异没有统计学意义,在其余 21 例治疗有反应的患者(61.8%)中,治疗后 tDV 显著降低,gADC 显著升高。Florian 回顾性研究分析了骨样骨瘤延误诊断的影响因素,发现骨样骨瘤的诊断延误与人口统计学、临床参数和大多数影像学参数无关。

Ilyan 评估了超声剪切波弹性成像(SWE)对鉴别脂肪瘤和脂肪肉瘤的作用,发现 SWE 对区分良性软组织脂肪瘤具有良好的特异性和敏感性,但无法区分良性亚型;恶性病变比良性病变更坚硬,其弹性值的异质性更强。研究表明 SWE 检查有望减少良、恶性脂肪瘤诊断所需的时间,最大限度地减少不必要的活检需求。Sonjia 回顾性验证了美国三级医疗中心的伯明翰非典型软骨肿瘤成像方案(BACTIP),指出没有应用 BACTIP 会导致相关病理的诊断延误,BACTIP 应作为肩关节和膝关节周围中央软骨肿瘤患者的保守和适当的影像学随访指南。梅克尔细胞癌(MCC)是一

种罕见且极具侵袭性的皮肤癌类型。Julian 回顾了 10 年中 8 例 MCC 患者的超声图像,总结了其主要超声特征,指出皮肤肿瘤的存在、边缘通过小叶隔膜浸润、高度血管化、相对独立的结构,特别是“三明治”模式的出现,提示 MCC 可能,应当场检查有无局部腺体侵犯和远处转移。Misato 等研究证明了亨氏单位(HU)增强能够提高 DL 算法在 CT 上检测肿瘤肋骨转移的准确性。Liu 等基于 T_1 WI 和 FS- T_2 WI 图像建立了一个影像组学模型,能够从低度恶性的经典型隆突性皮肤纤维肉瘤(DFSP)中鉴别出高度恶性的组织亚型 FS-DFSP,为 DFSP 治疗策略的改进和预后预测提供了潜在的工具。Xu 等开发的影像组学模型对软组织肉瘤的病理分级取得了良好的预测效果,表明基于 MRI 图像的影像组学特征可以帮助识别软组织肉瘤的分级,从而有助于指导临床治疗策略。

人工智能

Holden 开发了一种深度学习算法可对髌膝角(HKA)、解剖-胫股角(aTFA)、股骨长度、胫骨长度、全腿长度等 13 个膝关节对齐角度和腿长变量进行自动测量。Huib 在 450,000 张 X 线上训练并在 150,000 张 X 线上进行测试的多任务深度神经网络(MDNN)用于检测 X 光片是否存在骨折,证明 MDNN 在检测不同身体部位的骨折方面表现出色,证明了计算机辅助检测(CAD)在真实世界临床环境中的普遍性。Sanja 回顾性研究纳入了 50 例连续临床患者的腰椎 MRI,运用深度卷积神经网络(DCNN)在横轴面 T_2 WI 上对椎间盘水平的鞘囊进行分割,以全自动方式测量前后(AP)和内侧(ML)距离以及鞘囊面积,证明全自动 DCNN 与经验丰富的放射科医生在腰椎管的分割和量化方面高度一致。Alex 开发了一个卷积神经网络,使用来自 44,638 名英国生物样本库参与者的脊柱双能 X 线吸收测定法(DXA)生成“脊柱年龄”,以在 2.68 年的中位随访期内发生的心肌梗死、中风和全因死亡为结果建立模型,证明基于深度学习的脊柱 DXA 生物年龄估计与全因死亡和心血管事件相关,超越了常见的危险因素和脊柱 BMD。Jiho 收集了来自 1238 名患者的 2476 张双侧踝关节前拉试验(ADT)和内翻应力 X 光片(VAR),训练人工智能(AI)模型来筛选阴性的踝关节应力 X 线检查,结果证明使用 AI 筛查可以减轻 75%的工作负担,且可以改善读者之间的一致性。

John 利用 HRNet 分类架构,在 447 幅图像上训练了一个机器学习(ML)算法以识别肱骨和肩胛的位置,计算肩胛胸角和肩胛肱角,从而在完整的外展范围内确定肩胛节律(SHR),结果显示该原型 ML 算法可

以作为确定 SHR 的一种实用而高效的手段,并具有通过对肩胛和肱骨运动进行自动分析来诊断肩部病症的潜力。Yoichi 等开发了一种基于肺癌筛查的胸部 X 光片的深度学习模型,用于筛查骨质疏松症,此法可有效筛查骨质疏松症,扩大筛查人群范围和节约医疗护理成本。股骨粗隆骨折内固定术后,最常见并发症为内固定切出,Tan 等回顾性收集了 32152 张(训练:验证=3:1)含有内固定的骨盆 X 线片(PXR),构建了深度卷积神经网络(DCNN)模型,并与可视化神经网络(Grad-CAM)算法模型进行比较,结构表明 DCNN 可以高精度地检测 PXR 上的内固定切出,并能帮助临床医生准确评估内固定术后植入物并发症的存在。Jiwoo 等开发了一种基于 AI 的大型生成式语言模型,通过输入原始影像报告,即可生成四种结构化型、摘要型、建议型和患者友好型的优质影像报告,这表明在影像报告中使⽤大型语言模型不仅能提高影像医师诊断工作的质量和效率,也能充分满足患者需求。Wolfram 等也提出可以利用自然语言处理工具 ChatGPT 撰写影像报告。在该研究中,将参照 RSNA 和骨内固定研究协会(AO)的模板来撰写桡骨远端骨折病例的影像报告的命令文件递交给 ChatGPT。虽然 ChatGPT 在技术术语和影像结果解释和方面存在不足,但此类自然语言处理工具作为影像报告起草工具未来可期。

Wolfram 等测试了 4 类执行骨肌标记任务的开源工具对肩部植入物的智能识别效果,结果表明,经过微调后的 Google-EfficientNet 可以被成功训练来执行标记任务。该研究展示了使用远程开源工具进行人工智能工作的潜力,有望解决人工智能向临床工具转化的难题,但仍存在数据安全问题待解决。Yoko 等使用贝叶斯神经网络模型对 110 例疑似肺癌患者的 CT 图像上的肋间肌(IMs)进行基于深度学习的自动分割,研究表明基于贝叶斯神经网络模型的 IMs 的自动分割是可行的,并量化了与肺功能相关的肋间肌总体积(IMV),该模型有望用于评估 IMs 损伤和呼吸功能障碍之间的关联。Johannes 等使用三维 DL 模型对 26,144 名参与肺部 CT 筛查的高危重度吸烟人群的两次(研究初始、一年随访后)常规胸部 CT 进行骨骼肌体积(SMVol)和衰减值(SMHU)的测量,多变量 Cox 回归显示,SMVol 和 SMHU 与全因死亡率之间存在独立相关性,一年内 SMVol 或 SMHU 下降 $>20\%$ 的个体的生存率显著低于 SM 测量稳定的个体,表明基于深度学习的骨骼肌质量筛查能为肺癌高危患者提供风险评估和管理指导。Yoonjung 等纳入了 79 例接受了减肥手术且在手术前后 1 年内进行了腹、盆部 CT 扫描的患者,手动勾画术前 CT 图像的 L3 椎体水平的骨

骨骼肌,提取并筛选肌肉放射组学特征,开发并评估基于 CT 影像组学机器学习的预测模型。研究表明模型能有效地利用术前骨骼肌特征来预测减肥手术后代谢综合征的缓解程度。

Hyunseung 等对 52 例接受根治性胃切除术治疗的胃癌患者进行术前、术后 1 年内腹部 CT 扫描的深度学习 AI 自动勾画的 L3 椎体水平的骨骼肌面积(SMA)和骨密度(BMD)分析,根据实验室结果计算营养风险指数(NRI),术后比术前的 SMA、BMD 和 NRI 均降低,研究发现,AI 辅助 SMA 和 BMD 的测量技术对于临床通过机会性 CT 扫描评估骨质疏松症和肌肉减少症有很大帮助。Zeynep 发现与 T₂ 标准 Dixon 序列相比,基于深度学习的新型脊柱 T₂ Dixon 序列具有更短的扫描时间、更低的噪音水平和更高的清晰度,有望取代目前脊柱标准成像方法。Jonghun 开发了一种深度学习模型检测腹部或胸部 CT 扫描中的胸、腰椎压缩性骨折,该模型显示出很高的准确性,有助于早期发现椎体压缩性骨折。Woonyoung 开发了一种基于深度学习的脂肪分数图全自动肌肉分割算法,能够准确、快速地定量测定冈上肌的脂肪。

新技术

Hung 在 3T MRI 扫描仪上对健康志愿者进行图像采集,论证了使用共轭梯度 SENSE(CG-SENSE)加速 2~3 min 的多回波超短回波时间(mecho UTE)的可行性。与当前标准(方格化的 5 分钟 UTE)相比,加速的 mecho UTE 可提供更清晰的图像,具有相似的定量 T₂*。Theresa 对 16 具尸体四肢(其中 8 具骨折)进行扫描,评估 PCD-CT 相对于能量积分探测器(EID)CT 在描绘骨骼微结构方面的优势,特别关注卷积核选择对超高分辨率(UHR)模式下附肢骨评估的影响,结果显示使用中等 UHR 卷积核的 PCD-CT 重建提供了优越的图像质量,可用于可视化附肢骨,骨折的可评估性受益于非 UHR 和中等 UHR 卷积核的锐利度,而超锐重建导致图像噪声增加。Jiwoo 等回顾性纳入了 61 例罹患股骨肿瘤并接受了骨切除、假体植入术的患者,从解剖结构显示、图像质量两方面,对患者术后随访接受的三种金属伪影抑制序列(MARS)的 MRI 图像进行效果评分,结果显示在 3T MARS 序列中,骨科金属伪影减少(O-MAR)和 mDIXON O-MAR 序列的 MRI 图像效果优于用于骨科植入物的金属伪影减少(O-MAR-XD),该研究还对 O-MAR-XD 图像进行了小波分解,结果表明小波分解成像减少了原先 O-MAR-XD 图像的金属伪影面积并提高了图像质量。Johanna 等评估了 12 例含金属内固定的猪膝关节标本在 0.55T 和 3T 的金属伪影校正

(SEMACE)序列中金属伪影大小以及邻近膝关节解剖结构的可视化和整体图像质量。研究表明,与 3T MRI 相比,0.55T 低场 MRI 结合金属伪影校正(SEMACE)序列可以减少骨肌成像中的金属伪影,对潜在植入物并发症可视化效果更好。Carla 等纳入 35 名成骨不全病(OI)患者和 35 名健康志愿者,并使用双能 X 线(DXA)和射频回波多光谱(REMS)技术测量了同部位的腰椎、股骨颈和全髋关节的 BMD,通过 TBS iNsight 软件计算骨小梁评分(TBS),研究表明,REMS 和腰椎 BMD、TBS 值间的相关性比 DXA 更好。

双能 CT

Reisuke 发现双能 CT(DECT)的水(羟基磷灰石)密度图像结合 DL 骨分割能够提高椎体压缩性骨折中骨髓水肿的诊断性能。亨氏单位(HU)增强,即在 HU 归一化中使用多个 HU 窗口,适用于 DL 算法。Wang 等使用单源 DECT 的虚拟单色图像(VMI)构建用于骨质疏松预测的影像组学评分,发现从 40~90 keV VMI 中获得的评分模型性能较优,可作为预测骨质疏松的有效工具。Xu 等研究发现 DECT 的电子密度图像能够有效区分急、慢性骨质疏松性椎体骨折。Wang 等提出基于 DECT 测量材料分解图像的水密度值可提高急性胸腰椎骨折和陈旧性压缩性骨折的鉴别诊断能力,采用基于 DECT 的单能重建技术能有效识别急性胸腰椎骨折的骨髓水肿。Wang 等通过基于 DECT 的 HAP-fat MD 图像建立了一个能够识别骨质疏松症的影像组学模型,其敏感度达 0.983,特异度达 1.000。Zhu 等回顾性比较了快速 kVp 切换 DECT 和 MRI 检查对创伤后 3 天内的椎体骨折的诊断效能,指出基于 DECT 的水-羟基磷灰石分解技术可以帮助放射科医生提高急性椎体压缩性骨折的检出率,减少需进一步行 MRI 检查的患者数量,基于 DECT 的快速 kVp 切换 DECT 技术可实现人体腰椎的骨密度定量。

Hitoshi 评估了对比增强 DECT(ceDECT)的材料密度成像对骨转移的诊断效能,发现在 70 keV 的虚拟单色成像(VMI)无明显转移的图像中,水/羟基磷灰石(W/H-DI)图像中显示出明显的高密度,碘/水密度成像(I/W)显示出显著的低密度转移区,表明材料密度成像,特别是(W/H-DI)图像,可以提高骨转移的检测效率。Siya 等使用双能光谱 CT(DESCT)脂肪(羟基磷灰石)和水(钙)建立了多发性骨髓瘤患者高危细胞遗传学状态的预测模型,其敏感度可达 0.722,特异度达 0.857。Tomohito 发现 DECT 有效原子序数(Z_{eff})可能有助于鉴别良性和中度恶性骨肿瘤与恶性

肿瘤,而 DECT 电子密度(ED)图像对鉴别良性和恶性粘液样软组织肿瘤有一定价值。Zhu 等研究了 DECT 成像在识别急性骨折引起的骨髓水肿中的作用,提出 DECT 可以测量骨髓内的水、钙浓度和定量评估骨髓水肿程度,并且通过叠加单色 CT 图像和 DECT 的彩色编码水-钙图像,起到代替 MRI 检测骨髓水肿的作用。

Christina 纳入 49 名接受第三代双源 DECT 检查并在 14 天内接受 3T MRI 或踝关节手术的患者,评估了第三代双源 DECT 彩色编码胶原重建在评估胫腓韧带联合(DTFS)完整性方面的诊断准确性,结果表明与急性创伤患者的灰度 CT 相比,胶原映射在评估 DTFS 完整性方面具有更高的诊断准确性。Hao 等纳入了 51 名接受了腹部 DECT 检查的患者,分别测量重建材料分解(MD)图像和模拟常规 CT 图像的 L1 椎体骨松质的羟基磷灰石(HAP)密度值和 CT 值,比较两者在非增强期、增强动脉期、增强门脉期的变化,结果表明在静脉注射对比剂后,DECT 的 MD 图像上 HAP 密度值比 CT 值的一致性更好,准确率更高,能有效消除碘对比剂对 HAP 密度测量值的干扰,可以用于椎体骨质密度的定量测量。Leon 纳入 263 例接受 DECT 扫描桡骨远端的患者,从所有检查中获得皮质 HU、小梁 HU、皮质厚度和基于 DECT 的骨矿物质密度(BMD),发现从桡骨远端常规 CT 扫描中获得的各种指标,可作为识别有骨不连风险的患者的有用工具,但是 DECT 扫描所得的 BMD 是骨不愈合的更好预测指标。Jennifer 纳入了 103 例双源 DECT 观察到关节周围矿化病灶的病例,并根据放射学表现和临床表现将其分为 3 类:碳酸盐磷灰石/羟基磷灰石沉积病(HADD)、尿酸钠(MSU)沉积和焦磷酸钙二水合物沉积病(CPPD),使用 Rho/Z 应用程序在高、低和混合 kV 能级下记录了病灶的 ROI 大小以及原子序数(Z)和衰减水平(HU),发现在 DECT 上应用 Rho/Z 获得的 Z 能够区分 MSU、CPPD 和 HADD。高 kV 值和低 kV 值的平均 HU 值可以区分 HADD 和 CPPD,以及 HADD 和 MSU。

其他

Yoichi 对来自 20 个机构的 24,666 名患者的 50,064 张 X 光片进行训练和验证,通过构建深度学习模型来预测胸部 X 光片的 BMD 和骨小梁评分来筛查骨质疏松症患者。Stefano 招募了 105 位同时接受 DXA 扫描和非增强胸部/腹部 CT 扫描的受试者,将源自 QCT 的体积 BMD(vBMD)与基于 DXA 的参数[如面积 BMD(aBMD)和骨小梁评分(TBS)]进行了比较,发现与 DXA 相比,机会性 QCT 评估诊断出骨质疏松

症的患病率更高。vBMD 和 TBS 在区分有和没有脆性骨折的受试者中表现优于 DXA-aBMD。Simon 和 Scherwin 回顾性分析接受双源 DECT 的 160 例患者的 L1 椎体,并收集患者档案和患者随访图像中骨质疏松症相关骨折的发生情况,发现来自常规检查的双能 CT 扫描测得的骨密度可用于分层评估急性创伤后 2 年随访期间发生骨质疏松症相关骨折的风险。Wang 比较了 300 名中国绝经后女性基于 DXA 的 TBS 和不同部位的 BMD 之间的关系,发现骨质疏松组 TBS 和 BMD 显著低于骨质减少组和正常 BMD 组,TBS 的结果显示,部分骨质减少但骨密度正常的绝经后妇女存在骨微观结构的退化。Yao 等纳入了接受 DXA 筛查和腹部 CT 增强检查的 432 例患者,该研究评估了四种三维感兴趣区(3D ROI)自动分割方法,并从中选择了整个椎体的分割,并使用扫描参数和人口统计学参数构建线性回归模型中来校正测量的 CT 值,并能较好地预测 DXA-T 评分和骨质疏松症的发生率。

Omid 纳入了 828 名肾移植(KT)候选人的前瞻性队列,使用通过 CT 扫描获取的 L3 水平的临床数据,量化三种基于 CT 的身体组成测量,结果表明脂肪浸润与 KT 候选人等待名单上的死亡风险有关,并发现肌肉贫血性肥胖与年轻的和病弱的 KT 候选人等待名单死亡风险升高有关。Dina 招募了 42 名银屑病关节炎疾病(PSA)患者和 37 名无症状志愿者在 3T MRI 上使用 3D UTE-Adiab- $T_{1\rho}$ 进行跟腱扫描,结果证明 PSA 患者肌腱附着端中 $T_{1\rho}$ 值显著升高,表明 UTE-Adiab- $T_{1\rho}$ 序列能够定量评估附着端和肌腱,且能检测 PSA 患者的异常并最终用于治疗监测。Marta 等纳入 15 例接受了放射性核素滑膜炎(RSO)治疗的慢性或难治性滑膜炎患者,通过治疗前后 3 个月内超声和临床评估,研究表明经过 RSO 治疗后,视觉模拟评分(VAS 评分)显著降低,功能性评分显著升高,在超声对照中显示滑膜充血、积液、增厚改善,这提示 RSO 治疗可以为慢性或难治性关节病变提供有效且安全的治疗方案。Alenxander 等的研究表明,静脉对比剂可以影响腹部 CT 的身体成分自动测量,尤其在增强的静脉期和延迟期,腹部 CT 的骨骼肌及椎体密度自动测量值均略高,并提出需要引入校正因子对增强阶段的自动测量值进行校正。由于 CT 检查台垫的伪影可以影响四肢三维成像的图像质量,Yoshiki 等评估了将手腕模型置于不同材质、不同厚度的缓冲层时,手腕模型轮廓受到检查台垫的伪影的影响程度,提出在四肢三维成像过程中,检查部位和台垫间缓冲层的最佳厚度至少为 1 mm。Mario 等设计了一款适用于检查骨性隆起邻近浅表结构的定制超声支架垫——

FreePad,并借助 3D 打印制作 FreePad,通过评估 12 名患者的骨性隆起邻近浅表部位的三次超声检查(无支架垫、标准支架垫、FreePad)过程和结果,表明相比于标准支架垫,FreePad 能在缩短检查时间的同时,提高图像质量和患者舒适度。

Bayan 等招募了 31 名不同经验水平和培训程度的影像阅片人参加关于神经病变的评分报告和数据库(NS-RADS)的分类和严重程度量表的培训,并考察参与者在培训后采用 NS-RADS 评分量表对 150 例周围神经病例的 MRI 图像诊断的准确性和读者间一致性。结果表明,经过有限的培训后,阅片者使用 NS-RADS 评分量表,可以表现出良好的诊断准确性和读者间的一致性,利于临床规范化 MRI 报告和协助周围神经病变患者的管理。Mengke 等比较了 36 名原发性下肢淋巴水肿患者的 CT 和多模态 MRI 图像,发现 STIR 序列对原发性下肢淋巴水肿的检测比 CT 和其他 MRI 序列更敏感,可作为淋巴水肿诊断和评估的首选影像学检查方法,且结合多模态成像对疾病诊断价

值更高。Ling 等使用基于双能 X 线吸收测定法(DXA)检查的骨小梁评分研究了原发性甲状旁腺功能亢进症(PHPT)患者的骨微观结构改变,发现与正常对照相比,PHPT 患者的骨微观结构明显退变,且骨小梁评分(TBS)与骨密度(BMD)之间存在显著的相关性。表明在骨密度测定的基础上,TBS 可以更好地评估中国 PHPT 患者的微观结构,从而评估其骨折风险。Gao 发现 Revolution CT 能够及早发现慢性肾脏病(CKD)患者骨量变化,其 L3 椎体松质骨的 HAP 浓度与患者年龄呈负相关。Chu 利用离体猪模型研究了过滤 CT(CTTF)用于骨成像时的图像质量与辐射剂量的关系,为优化用于骨成像的锡过滤 CT 提供了初步方案。Tatsuhito 等使用 PCD-CT 扫描浸入不同浓度的碘对比剂的纤维化硫酸钙石膏模型,发现碘浓度与碘图上的 CT 值、高碘溶液中的碘定量值之间存在相关性,提示 PCD-CT 有可能检测传统 CT 扫描中可能不可见的骨小梁间骨转移,并评估其血管分布。

(收稿日期:2024-01-21)

欢迎订阅 2024 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管,华中科技大学同济医学院主办,与德国合办的全国性影像学学术期刊,创刊至今已 39 周年。遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志再次入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向,关注国内外影像医学的新进展、新动态,全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果,受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊,并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。

主要栏目:论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊,每册 25 元,全年定价 300 元。

国内统一刊号:ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号:38-122

电话:(027)69378385

E-mail:fsxsjzz@163.com 网址:http://www.fsxsj.net

编辑部地址:430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋