

· 影像组学与人工智能专题 ·

影像组学在胰腺炎中的应用研究进展

王莎, 张艳利, 陈圆圆, 马芹芹, 雷军强

【摘要】 影像组学领域在过去几年中发展迅速,影像组学代表了以高通量方式提取定量特征的过程,该过程是将影像图像转换为高维数据并对数据进行分析以用于决策支持。影像组学能够以一种非侵入性的方式深入捕捉肉眼无法观察到的大量关于病变异质性的信息,有望弥补传统影像学局限于形态学和解剖学评估的不足。本文基于 CT 和 MRI 的影像组学在胰腺炎诊治中的应用进展进行综述。

【关键词】 胰腺炎;影像组学;体层摄影术,X 线计算机;磁共振成像

【中图分类号】 R576; R445.2; R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)01-0042-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.01.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



胰腺炎是最常见的胰腺外分泌疾病^[1],其中急性胰腺炎(acute pancreatitis, AP)最为常见,全球发病率为 34/100,000 人^[1,2]。2017 年全球约有 160 万新发 AP 患者,其中约 10 万人死亡^[3]。慢性胰腺炎(chronic pancreatitis, CP)是由于各种原因导致的胰腺局部或弥漫性的慢性进展性炎症,对于胰腺内外分泌功能具有不可逆的损伤。AP 有转变为 CP 的可能,而 CP 会增加胰腺癌(pancreatic carcinoma, PC)的发生风险。因此,对胰腺炎的早期发现对临床干预有重要的指导意义。鉴于此类良性疾病更推荐无创检查,CT 及 MRI 等在胰腺炎的诊断、严重程度、并发症及鉴别诊断等方面发挥了重要作用。然而,传统影像学主要反映病变的大小、形态及强化方式,对于疾病的异质性反映不佳。影像组学在过去几年中发展迅速,能够以一种非侵入性的方式深入捕捉肉眼无法观察到的大量关于病变异质性的信息,然后将许多患者的成像数据与复杂的生物信息学工具相结合,开发出一种能够显著提高诊断和预后预测准确性的模型。即使疾病早期的传统影像学表现不明显,不同严重程度胰腺炎患者的实质改变也存在差异,这种差异也可能通过影像组学特征反映出来,所以影像组学有望弥补传统影像学的不足。

影像组学概述

影像组学是由 Lambin 等^[4]提出用于医学图像分析的方法,能够从图像中提取大量的、肉眼无法识别的

多种图像特征。现已广泛应用于超声、CT、MRI 及正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET)等医学图像的分析。其一般流程包括:①图像获取;②图像分割:通常通过手动或半自动地在图像上绘制感兴趣区来执行;③特征提取及筛选:影像组学特征包括形态(语义)、一阶(直方图)、纹理和高阶特征^[5-7]。由于影像组学特征的高维性,使用这些特征建立的模型可能会受到过拟合的影响。此外,影像组学特征之间存在高度相关性,可能会产生多重共线性问题。因此,要建立稳健的决策或预测模型,特征选择是必不可少的。常用的特征选择方法包括基于统计方法的逐步特征选择或最小绝对收缩和选择算子等自动算法^[7-9];④数据分析:即使在特征选择过程之后,仍会有大量的影像组学特征被选择,而不同于典型临床研究所评估的有限数量的变量。传统的统计方法可能不适合处理大量的影像组学特征,通常使用机器学习方法或正则化函数回归分析来构建影像组学分类器或模型^[8,9]。在模型构建之后,使用内部或外部测试数据验证模型进而用于疾病的诊断及预测等。

影像组学在 AP 中的应用

1. 预测 AP 复发

随着 AP 诊治指南的完善及临床救治水平的日趋成熟,AP 在治疗后基本可以痊愈,但 AP 转归后容易复发,研究报道 10%~30% 的 AP 患者首次发作后会复发进而转变为复发性急性胰腺炎(recurrent acute pancreatitis, RAP)^[10],而且 AP 反复发作会增加进展为 CP 及 PC 的风险^[11,12]。这不仅会导致临床治疗难度增加,还会给患者带来身心及经济负担,成为临床治疗的困扰,因此对 AP 复发的预测至关重要。近年来临床上主要探讨了 RAP 的危险因素^[13-15]以期通过危

作者单位: 730000 兰州,兰州大学第一临床医学院(王莎、马芹芹、陈圆圆);730000 兰州,兰州大学第一医院放射科(张艳利、雷军强)

作者简介: 王莎(1998—),女,甘肃武威人,硕士研究生,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 雷军强, E-mail: leijq2011@126.com

基金项目: 甘肃省放射影像医学临床医学研究中心基金资助项目(20JR10FA668)

险因素的去预防 RAP 的发生,虽然此类措施达到了一定效果,但缺乏特异性,加之高达 30% 的 RAP 病例的病因仍然未知^[16],难以进行精准预测及预防。传统影像学对于 RAP 则主要是复发后的诊断,AP 两次发作间期在传统影像学上表现通常是正常的。因此,仅从传统影像学及临床角度预测 RAP 存在一定困难。有研究显示,从 AP 到 RAP 的发展存在一个连续变化的过程,从而产生不可逆转的胰腺结构或功能变化^[17]。如果可以在 AP 发生后检测到此病理变化的过程,则可以在 AP 发生后便进行干预以预防 RAP 的发生,可以提取图像定量信息及揭示病变异质性的影像组学应用而生。

Chen 等^[10]从 389 例首次出现 AP 患者的 CT 动脉和静脉期图像中提取了 412 个影像组学特征,最终选择了 10 个特征来建立影像组学预测模型,平均临床随访时间为 (62.8 ± 6.7) 个月,以确定 AP 是否复发,并建立临床模型、影像组学结合临床特征模型(radiomics combined with clinical feature model, COMB)以探讨最佳模型。结果显示临床特征中高脂血症是其最主要的危险因素,这与之前的研究结果一致^[18-20],然而当作者建立包含临床特征的临床模型预测 AP 复发时,发现高脂血症在两个队列中的预测能力均有限。相比之下影像组学模型的预测效能远高于临床模型,COMB 模型可以进一步提高影像组学模型的预测能力。此结果表明影像组学是预测 RAP 的潜在定量工具,相比临床模型,影像组学更加简单、精准,特异性更强。

考虑到 CT 具有辐射性且提供的信息有限,而 MRI 具有无辐射及软组织分辨率高等优点,Hu 等^[21]建立了基于 T₂WI 的影像组学模型预测 RAP,并比较了影像组学模型、临床模型和 COMB 模型对 RAP 的预测能力,最后建立评估 AP 患者复发风险的诺模图。结果显示影像组学模型和 COMB 模型的曲线下面积(areas under curve, AUC)均大于临床模型($P = 0.008, 0.007$),但影像组学模型与 COMB 模型之间的 AUC 差异无统计学意义($P = 0.067$)。此研究同样发现高脂血症是 RAP 的危险因素,但影响 AP 复发的临床因素有很多,仅凭临床特征很难预测 RAP;而且作者在建立诺模图时发现影像组学特征对 AP 复发风险的预测比例大于临床特征,提示影像组学特征在预测 AP 复发方面优于独立的临床特征。因此,基于 CT 及 MRI 的影像组学均可以很好地预测 AP 的复发情况^[22]。此外,基于 T₂WI 的影像组学还可以清楚显示胰腺结构的解剖范围及其炎症范围,并且可以结合其他参数判断胰腺的出血水肿情况,为临床精准治疗提供很大的帮助^[23]。值得注意的是,与 CT 相比,MRI

的检查时间更长、费用更高,基于 MRI 的影像组学模型带来的附加价值应该与其相对较大的资源消耗相平衡,才是有利于临床有益于患者的理想模型。然而,目前基于 MRI 所建立的模型似乎并未显示出明显的优势,这可能与其序列选择之间存在一定关系,所有基于 MRI 的模型均只纳入 T₂WI 图像,未将其他序列纳入进行对比分析,如可以提供定量参数的扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)序列,未来的研究可以纳入更多序列进行对比探讨,以期建立最佳影像组学预测模型。

2. 预测评估 AP 严重程度

根据国际共识 2012 年修订的亚特兰大分类和定义(2012-RACD),AP 可分为三类,按其临床严重程度分为轻度急性胰腺炎(mild acute pancreatitis, MAP)、中度重度急性胰腺炎(moderate severe acute pancreatitis, MSAP)和重度急性胰腺炎(severe acute pancreatitis, SAP)^[24]。文献报道 SAP 的死亡率高达 36%~50%,持续性器官衰竭并发感染性坏死患者的死亡率非常高^[24]。因此,对 AP 严重程度的早期预测至关重要,这不仅有利于 MSAP 和 SAP 患者的早期诊断和治疗,也有利于 MSAP 和 SAP 患者的早期转诊。目前,早期预测 AP 严重程度的方法主要基于临床特征、实验室检查以及传统影像学检查结果^[25-28]。但由于 AP 的复杂性和多样性,其病程仍难以预测^[29]。

虽然几种传统的评分系统可以预测 SAP^[30,31],但它们都是复杂且耗时的^[32],如临床最常用的预测评分系统是急性生理学和慢性健康检查(APACHE II)^[33,34],此评分系统需要收集大量临床数据,在临床中较难实现。针对这一复杂的评分系统,有学者提出了 BISAP 评分^[35],此评分相对简单,但存在主观评价的指标即对精神状态的评估,容易导致一定的误差。基于 CT 的评分系统 CTSI、MCTSI 均存在类似的缺陷^[36],对于炎症和坏死的评估依赖影像科医师的肉眼评估。此外,有研究表明 MAP 在发病的最初几小时内伴有高血流灌注,而 SAP 则伴有进行性组织缺血和血流灌注减少^[37],即 AP 早期即存在微循环障碍及其导致的组织损伤,然而传统影像学胰腺形态改变往往并不明显,尤其是胰腺的坏死,这可能会低估疾病的严重程度^[38,39]。影像组学可以挖掘隐藏在常规图像中的信息,从而揭示潜在的生物学基础^[40],并非依赖其图像形态改变进行评估,可以弥补传统影像学滞后性的缺陷。

Lin 等^[41]在一项 259 例 AP 患者的回顾性研究中报道,基于增强 MRI 的影像组学特征可以预测 AP 的严重程度。基于 MRI 门静脉期图像,Lin 等从整个胰腺感兴趣区提取了 353 个影像组学特征,最后选择了

11 个特征来建立支持向量机模型。在训练组中,影像组学模型诊断的敏感度、特异度、阳性预测值(positive prediction value, PPV)、阴性预测值(negative prediction value, NPV)、准确度和 AUC 分别为 77.8%、91.9%、88.7%、83.5%、85.6% 和 0.917;在验证组中,相应指标分别为 75.0%、86.0%、81.8%、80.4%、81.0% 和 0.848。影像组学的 AUC 均明显高于现有的一些临床和影像学评分系统(所有 P 值均 <0.05)。该研究表明与现有的一些临床和影像学评分系统相比,影像组学模型在预测 AP 的严重程度方面可能更准确。影像组学可以挖掘出不同于传统影像的定量信息,在 AP 严重程度的分类中具有广阔的应用前景。值得注意的是,目前基于影像组学在预测 AP 严重程度的研究中^[42],均未探讨 AP 患者的持续性器官衰竭,而持续性器官衰竭是 AP 患者死亡的重要因素。因此,在以后的研究中预测 AP 患者是否会发生持续性器官衰竭是一个值得研究的方向,存在重要的临床指导意义。此外,此类研究只探讨了影像组学模型的预测能力,均未结合临床因素进行预测,未来的研究中将临床因素及影像组学特征相结合,或许可以提供一种更加精准的预测模型。

3. 预测 AP 并发症

根据国际共识的 2012-RACD^[24],AP 局部并发症包括 4 种,分别为急性胰周液体积聚(acute peripancreatic fluid collection, APFC)、胰腺假性囊肿、急性坏死性积聚及包裹性坏死。2012-RACD 推荐判断 AP 局部并发症的影像学表现是基于增强 CT 图像。有学者认为 MRI 对 AP 并发症的显示更佳^[43],DWI 作为 MRI 检查的一部分,对组织成分各个方面的变化都很敏感,而且可以提供定量指标即表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值。先前的研究表明 ADC 值与 AP 所致的肝损害之间存在关联,而且并发肝损害组中不同严重程度 AP 患者的肝脏 ADC 值差异有统计学意义,随着 AP 严重程度的增加 ADC 值降低^[44]。Iranmahboob 等^[45]对 41 例 AP 患者整个胰腺的 ADC 值进行了直方图分析,结果显示虽然 ADC 值差异无统计学意义,但 ADC 直方图的一些一阶特征与新并发症的发生之间存在关联,包括新的小室积液、胰腺坏死、静脉血栓或动脉假性动脉瘤,因此,ADC 直方图特征可以提供传统 ADC 值无法提供的组织异质性信息。其中峰度预测新并发症的敏感度为 75.0%,特异度为 91.9%,AUC 为 0.784,但出现并发症的患者峰度升高的确切依据尚不清楚。有推测认为峰度的增加是由于信号强度异质性的增加,这反映了潜在的炎症和黏液实质改变,这些改变可能使患者容易发生并发症。

在 AP 早期阶段,通常是指在发病后第一周结束,但可能会延续到第二周^[24],此阶段形态学变化与并发症严重程度不成正比,尤其是前 3 天内,AP 早期的胰腺外坏死(extrapaneatronic necrosis, EXPN)和 APFC 在影像上均表现为液体信号或密度,仅通过传统影像学很难鉴别。Zhou 等^[46]建立基于 T_2 WI 图像胰腺外周聚集和胰腺实质 MRI 增强动脉晚期图像的影像组学模型,以预测 AP 早期 EXPN,并比较影像组学模型、临床模型及传统影像学评分系统的预测效能。结果显示影像组学模型的预测效能均高于临床模型及传统影像学评分系统,基于胰腺外周聚集 T_2 WI 的影像组学模型对 AP 早期 EXPN 的预测效能最高,训练组和验证组的 AUC 均大于 0.950,其次是基于胰腺实质的影像组学模型,AUC 也超过 0.900。究其原因,影像组学可以提供疾病早期常规图像中不可见的潜在信息,从复杂的内容物中提取信息进行鉴别,从而在临床及传统影像学均未做出诊断时预测 AP 并发症的发生。

AP 全身性并发症包括器官功能衰竭、胰性脑病及脓毒症等^[47],其中以器官功能衰竭最为严重,如肾衰竭及呼吸衰竭等。文献报道 AP 合并急性肾损伤会导致死亡率的增高^[48]。因此,AP 患者在肾小管功能受损之前的精准诊断极为重要。然而,AP 合并急性肾损伤的传统影像学表现并无特异性,仅表现为肾脏皮髓质分界不清。临床常用的预测指标血清肌酐在肾小球滤过率减少 50% 才会出现异常,很容易错过治疗的最佳时间窗。因此,基于临床及传统影像学均很难预测 AP 合并急性肾损伤。纹理分析作为影像组学的技术手段之一,通过分析图像中像素或体素灰度级的分布和关系,提供对病灶异质性的客观、定量评估^[49]。贾颖等^[50]探讨了基于增强 CT 的纹理分析技术对 AP 合并急性肾损伤的诊断价值,从动脉期及静脉期分割出的双侧肾脏三维容积感兴趣区进行纹理分析,共提取出 396 个纹理特征,最终纳入 6 个纹理特征,其中以平均像素值的诊断效能最佳,其诊断准确度、特异度及 AUC 分别为 93.3%、100% 及 0.983。此研究中筛选出的纹理特征与其传统影像表现相对应,如不合并急性肾损伤的患者局部灰度相关性较大,相关性是反映病灶局部像素灰度差异性大小的纹理特征,相关性越大差异越小,相关性较大在传统影像学上则表现为图像清晰,边界清楚。而并发急性肾损伤时皮髓质强化减低,边界模糊,纹理分析特征可见其成分不均,局部差异大。因此,纹理分析有望成为诊断 AP 合并急性肾损伤的影像标记物,可在血清肌酐达到现有临床诊断标准之前诊断急性肾损伤,以期在治疗时间窗内及时治疗以防病情恶化。然而,由于目前此类研究数量较

少,纳入研究的纹理特征只是众多纹理特征中的一部分,未来的研究有望探讨更加多样的纹理特征进而提供更多信息。

影像组学在 CP 中的应用

1. CP 与 PC 的鉴别诊断

肿块形成性胰腺炎(mass-forming pancreatitis, MFP)是一种特殊类型的 CP,包括自身免疫性胰腺炎(autoimmune pancreatitis, AIP)及肿块形成性慢性胰腺炎(mass-forming chronic pancreatitis, MFCP)等^[51,52]。MFP 是一种良性疾病,但其临床表现及传统影像学表现与胰腺导管腺癌(pancreatic ductal adenocarcinoma, PDAC)很难鉴别。有研究发现 PDAC 与 MFCP 的胰腺扩张程度及肿块大小并无明显差异,基于肿块大小及和胰管扩张鉴别两者的 AUC 仅为 0.697 和 0.589~0.622^[53,54],鉴别效能不佳。然而两者的治疗方式存在很大的差异,术前误诊常导致患者病情延误或治疗不当。相关研究表明有 1%~6% 的 PDAC 患者被误诊为 MFP 而延误治疗,5%~10% 的 MFP 患者误诊为 PDAC 而进行了胰十二指肠切除术,这会导致胰腺功能不全^[54-57]。虽然穿刺活检发挥了一定作用,但由于穿刺标本大小有限,即使是超声引导的活检也显示出 12%~14% 的假阴性^[51],而且穿刺活检为有创检查。

Ma 等^[58]探讨了增强 CT 影像组学模型在鉴别 MFP 与 PC 中的作用,研究纳入了 151 例 PC 患者和 24 例 MFP 患者(18 例 AIP 患者和 6 例 MFCP),分别建立动脉期影像组学模型、静脉期影像组学模型、动脉期结合静脉期影像组学模型、临床特征模型、COMB 模型进行鉴别,结果显示上述 5 种模型的 AUC 值分别为 0.905、0.941、0.941、0.822 和 0.980。COMB 模型的 AUC 明显高于动脉期影像组学模型($P=0.004$)和临床特征模型($P<0.001$),鉴别诊断效果最佳。动脉期结合静脉期影像组学模型与静脉期影像组学模型的 AUC 值一致。COMB 模型的敏感度和特异度分别达 0.947 和 0.917。因此,COMB 模型可以成为鉴别 PC 与 CP 的潜在工具,从而有助于临床决策。影像组学特征反映的是病变的病理变化及图像的异质性,PC 的病理特征主要是癌细胞、间质星形细胞和间质纤维化,病变间质纤维化阻碍了对比剂的穿透,导致 PC 增强扫描均表现为低密度。胰腺炎的病理特征主要是炎症细胞浸润和纤维组织增生,增强程度与纤维组织相似,动脉期轻度强化,静脉期和延迟期强化^[59]。虽然 PC 和 MFP 在动脉期中都呈低密度,但静脉期和延迟期的表现有助于鉴别这些肿瘤。因此,静脉期的影像组学特征比动脉期更有诊断价值。在此研究中,静脉期

影像组学模型的 AUC 高于动脉期组,虽然两组的 AUC 差异无统计学意义,但该模型的敏感性和准确性都高于动脉期模型,说明静脉期图像提取特征的诊断性能优于动脉期模型。Deng 等^[60]基于增强 MRI 建立影像组学模型同样显示静脉期模型的 AUC 高于动脉期模型,分别为 0.997 和 0.958。然而张晶晶等^[61]的研究显示动脉期模型的 AUC(0.801)高于静脉期(0.769),导致此差异的原因可能是由于该研究探讨的是胰头部的 PC 与 MFCP 的鉴别,而且肿瘤之间本身存在异质性及扫描仪器之间也会存在差异所致。未来的研究或许可以分部位进行对比探讨,以进一步验证存在差异的原因,也有助于更加精准地进行鉴别。

2. 区分功能性腹痛、RAP 及 CP

RAP 是指两次或两次以上的 AP 发作,但疾病发作间期病变完全恢复正常。AP 转归后患者再次出现腹痛和胰酶升高时,即使影像学表现正常,临床也可以诊断为 RAP。然而,腹痛及胰酶升高并不是 RAP 的特异性表现,当 AP 转变为 CP 时也可出现腹痛及胰酶升高,加之 AP 在发作缓解后传统影像学表现通常是正常的,导致 AP 转归后患者出现腹痛时的诊断存在一定挑战。虽然 RAP 与 CP 可以通过病理变化鉴别,RAP 主要是胰腺的出血水肿及坏死,而 CP 主要病理变化是其纤维化,但考虑到病理活检的有创性,并不推荐用于良性疾病的诊断。影像组学可以很好地从图像中挖掘出病理信息,或许是此类患者的福音。Mashayekhi 等^[62]探讨了基于 CT 影像组学特征鉴别功能性腹痛、RAP 与 CP,研究纳入 56 例患者(RAP 20 例,功能性腹痛 19 例,CP 17 例),建立支持向量机模型进行分类预测。结果显示模型的预测准确率为 82.1%,虽然存在 CP 误诊为 RAP 的病例,但不存在 CP 及 RAP 误诊为功能性腹痛的病例。因此,对于仅根据腹痛症状和实验室检查无法确诊为 RAP 的患者,影像组学可能是有用的辅助诊断手段。

不足与展望

影像组学在胰腺炎的诊治中显现出极大的潜力。然而,目前研究相对较少,且大多数研究为单中心回顾性研究,这会导致预测诊断模型的泛化及不稳定性增加,未来的研究有望采用前瞻性多中心研究来提高模型的稳定性,同时对其适用性及普遍性进行评估。此外,基于 MRI 建立的模型都未进行多序列比较,只纳入部分序列进行建模,尤其对于 AP 的 MRI 模型中只有一项研究纳入了 DWI 进行建模。对于胰腺炎入院常规更推荐成本低、时间短的 CT 检查。使用高成本的 MRI 进行建模,是否得到了与之相匹配的效益,是模型应用于临床需要考虑的问题。因此,未来基于

MRI 的研究可以纳入更多参数以挖掘其更高的价值,而非局限于常规序列。

目前,随着影像技术及人工智能的不断发展,各种新技术应用于临床,如能量 CT、深度学习等都在疾病诊疗中显示出了极大的潜力。人工智能与影像技术的结合也被逐步应用于临床^[63,64],并显示出良好的效果。在未来的研究中,有效地将各种新技术相结合可能是潜在的方向^[5,6,65-69]。

参考文献:

- [1] Xiao AY, Tan ML, Wu LM, et al. Global incidence and mortality of pancreatic diseases: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression of population-based cohort studies[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2016, 1(1): 45-55.
- [2] Boxhoorn L, Voermans RP, Bouwense SA, et al. Acute pancreatitis [J]. *Lancet*, 2020, 396(10252): 726-734.
- [3] GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. *Lancet*, 2018, 392(10159): 1736-1788.
- [4] Lambin P, Leijenaar RTH, Deist TM, et al. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2017, 14(12): 749-762.
- [5] Parakh A, Tirkes T. Advanced imaging techniques for chronic pancreatitis[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2020, 45(5): 1420-1438.
- [6] Zwanenburg A, Vallières M, Abdalah MA, et al. The image biomarker standardization initiative: standardized quantitative radiomics for high-throughput image-based phenotyping[J]. *Radiology*, 2020, 295(2): 328-338.
- [7] Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: images are more than pictures, they are data[J]. *Radiology*, 2016, 278(2): 563-577.
- [8] Park HJ, Park B, Lee SS. Radiomics and deep learning: hepatic applications[J]. *Korean J Radiol*, 2020, 21(4): 387-401.
- [9] Park JE, Park SY, Kim HJ, et al. Reproducibility and generalizability in radiomics modeling: possible strategies in radiologic and statistical perspectives[J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(7): 1124-1137.
- [10] Chen Y, Chen TW, Wu CQ, et al. Radiomics model of contrast-enhanced computed tomography for predicting the recurrence of acute pancreatitis[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(8): 4408-4417.
- [11] Sankaran SJ, Xiao AY, Wu LM, et al. Frequency of progression from acute to chronic pancreatitis and risk factors: a meta-analysis[J]. *Gastroenterology*, 2015, 149(6): 1490-1500. e1491.
- [12] Gandhi S, de la Fuente J, Murad MH, et al. Chronic pancreatitis is a risk factor for pancreatic cancer, and incidence increases with duration of disease: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Transl Gastroenterol*, 2022, 13(3): e00463.
- [13] Magnúsdóttir BA, Baldursdóttir MB, Kalaitzakis E, et al. Risk factors for chronic and recurrent pancreatitis after first attack of acute pancreatitis[J]. *Scand J Gastroenterol*, 2019, 54(1): 87-94.
- [14] Yu B, Li J, Li N, et al. Progression to recurrent acute pancreatitis after a first attack of acute pancreatitis in adults[J]. *Pancreatol*, 2020, 20(7): 1340-1346.
- [15] Sun Y, Jin J, Zhu A, et al. Risk factors for recurrent pancreatitis after first episode of acute pancreatitis[J]. *Int J Gen Med*, 2022, 15(9): 1319-1328.
- [16] Testoni PA. Acute recurrent pancreatitis: etiopathogenesis, diagnosis and treatment[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(45): 16891-16901.
- [17] Whitcomb DC. Genetic risk factors for pancreatic disorders[J]. *Gastroenterology*, 2013, 144(6): 1292-1302.
- [18] Vippera K, Somerville C, Furlan A, et al. Clinical profile and natural course in a large cohort of patients with hypertriglyceridemia and pancreatitis[J]. *J Clin Gastroenterol*, 2017, 51(1): 77-85.
- [19] Qiu L, Sun RQ, Jia RR, et al. Comparison of existing clinical scoring systems in predicting severity and prognoses of hyperlipidemic acute pancreatitis in Chinese patients: a retrospective study [J]. *Medicine*, 2015, 94(23): e957.
- [20] Huang YX, Jia L, Jiang SM, et al. Incidence and clinical features of hyperlipidemic acute pancreatitis from Guangdong, China: a retrospective multicenter study[J]. *Pancreas*, 2014, 43(4): 548-552.
- [21] Hu Y, Liu N, Tang L, et al. Three-dimensional radiomics features of magnetic resonance T₂-weighted imaging combined with clinical characteristics to predict the recurrence of acute pancreatitis [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9(10): 777368.
- [22] 胡云涛, 黄小华, 刘念, 等. 基于磁共振 T₂WI 序列影像组学预测急性胰腺炎复发的价值[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(10): 12-15, 21.
- [23] 彭铮堃, 吴娜珊, 陈馨, 等. 基于磁共振 T₂WI 序列影像组学预测急性胰腺炎复发的价值研究[J]. *影像研究与医学应用*, 2022, 6(8): 101-103.
- [24] Banks PA, Bollen TL, Dervenis C, et al. Classification of acute pancreatitis—2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus[J]. *Gut*, 2013, 62(1): 102-111.
- [25] Kuo DC, Rider AC, Estrada P, et al. Acute pancreatitis: what's the score? [J]. *J Emerg Med*, 2015, 48(6): 762-770.
- [26] van den Berg FF, de Bruijn AC, van Santvoort HC, et al. Early laboratory biomarkers for severity in acute pancreatitis: A systematic review and meta-analysis[J]. *Pancreatol*, 2020, 20(7): 1302-1311.
- [27] Yan G, Li H, Bhetuwal A, et al. Pleural effusion volume in patients with acute pancreatitis: a retrospective study from three acute pancreatitis centers[J]. *Ann Med*, 2021, 53(1): 2003-2018.
- [28] Zhou T, Chen Y, Wu JL, et al. Extra pancreatic inflammation on magnetic resonance imaging for the early prediction of acute pancreatitis severity[J]. *Pancreas*, 2020, 49(1): 46-52.
- [29] Zerem E. Treatment of severe acute pancreatitis and its complications[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(38): 13879-13892.
- [30] Kim BG, Noh MH, Ryu CH, et al. A comparison of the BISAP score and serum procalcitonin for predicting the severity of acute pancreatitis[J]. *Korean J Intern Med*, 2013, 28(3): 322-329.
- [31] Wan J, Shu W, He W, et al. Serum creatinine level and APACHE-II score within 24th of Admission are effective for predicting persistent organ failure in acute pancreatitis[J]. *Gastroenterol Res Pract*, 2019, 2019(10): 8201096.

- [32] Cho SK, Kim JW, Huh JH, et al. Atherogenic index of plasma is a potential biomarker for severe acute pancreatitis: a prospective observational study[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(9):2982.
- [33] Yeung YP, Lam BY, Yip AW. APACHE system is better than Ranson system in the prediction of severity of acute pancreatitis[J]. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*, 2006, 5(2):294-299.
- [34] Iezzoni LI, Hotchkin EK, Ash AS, et al. MedisGroups databases. The impact of data collection guidelines on predicting in-hospital mortality[J]. *Med Care*, 1993, 31(3):277-283.
- [35] Wu BU, Johannes RS, Sun X, et al. The early prediction of mortality in acute pancreatitis: a large population-based study[J]. *Gut*, 2008, 57(12):1698-1703.
- [36] Banday IA, Gattoo I, Khan AM, et al. Modified computed tomography severity index for evaluation of acute pancreatitis and its correlation with clinical outcome: a tertiary care hospital based observational study[J]. *J Clin Diagn Res*, 2015, 9(8):TC01-TC05.
- [37] Knoefel WT, Kollias N, Warshaw AL, et al. Pancreatic microcirculatory changes in experimental pancreatitis of graded severity in the rat[J]. *Surgery*, 1994, 116(5):904-913.
- [38] Shinagare AB, Ip IK, Raja AS, et al. Use of CT and MRI in emergency department patients with acute pancreatitis[J]. *Abdom Imaging*, 2015, 40(2):272-277.
- [39] Spanier BW, Nio Y, van der Hulst RW, et al. Practice and yield of early CT scan in acute pancreatitis: a dutch observational multicenter study[J]. *Pancreatol*, 2010, 10(2-3):222-228.
- [40] Grossmann P, Stringfield O, El-Hachem N, et al. Defining the biological basis of radiomic phenotypes in lung cancer[J]. *Elife*, 2017, 6(21):e23421.
- [41] Lin Q, Ji YF, Chen Y, et al. Radiomics model of contrast-enhanced MRI for early prediction of acute pancreatitis severity[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2020, 51(2):397-406.
- [42] 范海云, 陈基明, 陈亮亮, 等. 基于胰腺周围脂肪间隙 CT 影像组学预测早期急性胰腺炎进展的价值[J]. *放射学实践*, 2022, 37(6):683-689.
- [43] Xiao B, Zhang XM, Tang W, et al. Magnetic resonance imaging for local complications of acute pancreatitis: a pictorial review[J]. *World J Gastroenterol*, 2010, 16(22):2735-2742.
- [44] 杨茹, 胡富碧, 唐伟, 等. 急性胰腺炎肝损害的 DWI 研究[J]. *放射学实践*, 2015, 30(3):255-259.
- [45] Iranmahboob AK, Kierans AS, Huang C, et al. Preliminary investigation of whole-pancreas 3D histogram ADC metrics for predicting progression of acute pancreatitis[J]. *Clin Imaging*, 2017, 42(3-4):172-177.
- [46] Zhou T, Xie CL, Chen Y, et al. Magnetic resonance imaging-based radiomics models to predict early extrapancreatic necrosis in acute pancreatitis[J]. *Pancreas*, 2021, 50(10):1368-1375.
- [47] 杜奕奇, 陈其奎, 李宏宇, 等. 中国急性胰腺炎诊治指南(2019 年, 沈阳)[J]. *临床肝胆病杂志*, 2019, 35(12):2706-2711.
- [48] Kes P, Vucicević Z, Ratković-Gusić I, et al. Acute renal failure complicating severe acute pancreatitis[J]. *Nephron*, 1996, 73(3):488-489.
- [49] Ganeshan B, Miles KA. Quantifying tumour heterogeneity with CT[J]. *Cancer Imaging*, 2013, 13(1):140-149.
- [50] 贾颖, 黄子星, 汪翊, 等. 基于 CT 增强图像纹理分析对急性胰腺炎合并急性肾损伤的诊断价值[J]. *中国普外基础与临床杂志*, 2019, 26(7):865-869.
- [51] Matsubayashi H, Matsui T, Yabuuchi Y, et al. Endoscopic ultrasonography guided-fine needle aspiration for the diagnosis of solid pancreaticobiliary lesions: clinical aspects to improve the diagnosis[J]. *World J Gastroenterol*, 2016, 22(2):628-640.
- [52] Lee H, Lee JK, Kang SS, et al. Is there any clinical or radiologic feature as a preoperative marker for differentiating mass-forming pancreatitis from early-stage pancreatic adenocarcinoma? [J]. *Hepatogastroenterology*, 2007, 54(79):2134-2140.
- [53] Ren S, Zhang J, Chen J, et al. Evaluation of texture analysis for the differential diagnosis of mass-forming pancreatitis from pancreatic ductal adenocarcinoma on contrast-enhanced CT images[J]. *Front Oncol*, 2019, 9(5):1171.
- [54] Sandrasegaran K, Nutakki K, Tahir B, et al. Use of diffusion-weighted MRI to differentiate chronic pancreatitis from pancreatic cancer[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(5):1002-1008.
- [55] Balthazar EJ. Pancreatitis associated with pancreatic carcinoma. Preoperative diagnosis: role of CT imaging in detection and evaluation[J]. *Pancreatol*, 2005, 5(4-5):330-344.
- [56] Birgin E, Hablawetz P, Téoule P, et al. Chronic pancreatitis and resectable synchronous pancreatic carcinoma: A survival analysis[J]. *Pancreatol*, 2018, 18(4):394-398.
- [57] Kirkegård J, Mortensen FV, Cronin-Fenton D. Chronic pancreatitis and pancreatic cancer risk: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Gastroenterol*, 2017, 112(9):1366-1372.
- [58] Ma X, Wang YR, Zhuo LY, et al. Retrospective analysis of the value of enhanced CT radiomics analysis in the differential diagnosis between pancreatic cancer and chronic pancreatitis[J]. *Int J Gen Med*, 2022, 15(6):233-241.
- [59] Liu Y, Wang M, Ji R, et al. Differentiation of pancreatic ductal adenocarcinoma from inflammatory mass: added value of magnetic resonance elastography[J]. *Clin Radiol*, 2018, 73(10):865-872.
- [60] Deng Y, Ming B, Zhou T, et al. Radiomics model based on MR images to discriminate pancreatic ductal adenocarcinoma and mass-forming chronic pancreatitis lesions[J]. *Front Oncol*, 2021, 11(3):620981.
- [61] 张晶晶, 李庆祝, 王建华, 等. 增强 CT 联合纹理分析鉴别胰头肿块型胰腺炎与胰头癌价值分析[J]. *中华医学杂志*, 2019, 105(33):2575-2580.
- [62] Mashayekhi R, Parekh VS, Faghih M, et al. Radiomic features of the pancreas on CT imaging accurately differentiate functional abdominal pain, recurrent acute pancreatitis, and chronic pancreatitis[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 123(2):108778.
- [63] Ohira S, Koike Y, Akino Y, et al. Improvement of image quality for pancreatic cancer using deep learning-generated virtual monochromatic images: Comparison with single-energy computed tomography[J]. *Phys Med*, 2021, 85(5):8-14.
- [64] Noda Y, Goshima S, Miyoshi T, et al. Assessing chemotherapeutic response in pancreatic ductal adenocarcinoma: histogram analysis of iodine concentration and CT number in single-source dual-energy CT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(6):1221-1226.
- [65] Ghandili S, Shayesteh S, Fouladi DF, et al. Emerging imaging techniques for acute pancreatitis[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2020, 45(5):1299-1307.

[66]

Gorris M, Hoogenboom SA, Wallace MB, et al. Artificial intelligence for the management of pancreatic diseases[J]. Dig Endosc, 2021, 33(2):231-241.

[67]

Goyal H, Mann R, Gandhi Z, et al. Application of artificial intelligence in pancreaticobiliary diseases[J]. Ther Adv Gastrointest Endosc, 2021, 14(2):2631774521993059.

[68]

Tong T, Gu J, Xu D, et al. Deep learning radiomics based on contrast-enhanced ultrasound images for assisted diagnosis of pancreatic ductal adenocarcinoma and chronic pancreatitis[J]. BMC Med, 2022, 20(1):74.

[69]

Ziegelmayr S, Kaissis G, Harder F, et al. Deep convolutional neural Network-assisted feature extraction for diagnostic discrimination and feature visualization in pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) versus autoimmune pancreatitis (AIP)[J]. J Clin Med, 2020, 9(12):4013.

(收稿日期:2022-09-07 修回日期:2022-11-16)

本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字,节省篇幅,使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下(按照英文首字母顺序排列),以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

- ADC (apparent diffusion coefficient):表观扩散系数
- ALT:丙氨酸转氨酶;AST:天冬氨酸转氨酶
- BF (blood flow):血流量
- BOLD (blood oxygenation level dependent):血氧水平依赖
- BV (blood volume):血容量
- b:扩散梯度因子
- CAG (coronary angiography):冠状动脉造影
- CPR (curve planar reformation):曲面重组
- CR(computed radiography):计算机 X 线摄影术
- CT (computed tomography):计算机体层成像
- CTA (computed tomography angiography):CT 血管成像
- CTPI(CT perfusion imaging):CT 灌注成像
- DICOM (digital imaging and communication in medicine):医学数字成像和传输
- DR(digital radiography):数字化 X 线摄影术
- DSA (digital subtraction angiography):数字减影血管造影
- DWI (diffusion weighted imaging):扩散加权成像
- DTI (diffusion tensor imaging):扩散张量成像
- ECG (electrocardiography):心电图
- EPI (echo planar imaging):回波平面成像
- ERCP(endoscopic retrograde cholangiopancreatography):经内镜逆行胰胆管造影术
- ETL (echo train length):回波链长度
- FLAIR (fluid attenuation inversion recovery):液体衰减反转恢复
- FLASH (fast low angel shot):快速小角度激发
- FOV (field of view):视野
- FSE (fast spin echo):快速自旋回波
- fMRI (functional magnetic resonance imaging):功能磁共振成像
- IR (inversion recovery):反转恢复
- Gd-DTPA:钆喷替酸葡甲胺
- GRE (gradient echo):梯度回波

- HE 染色:苏木素-伊红染色
- HRCT(high resolution CT):高分辨率 CT
- MPR (multi-planar reformation):多平面重组
- MIP (maximum intensity projection):最大密(强)度投影
- MinIP (minimum intensity projection):最小密(强)度投影
- MRA (magnetic resonance angiography):磁共振血管成像
- MRI (magnetic resonance imaging):磁共振成像
- MRS (magnetic resonance spectroscopy):磁共振波谱学
- MRCP(magnetic resonance cholangiopancreatography):磁共振胰胆管成像
- MSCT (multi-slice spiral CT):多层螺旋 CT
- MTT (mean transit time):平均通过时间
- NEX (number of excitation):激励次数
- PACS (picture archiving and communication system):图像存储与传输系统
- PC (phase contrast):相位对比法
- PET (positron emission tomography):正电子发射计算机体层成像
- PS (surface permeability):表面通透性
- ROC 曲线(receiver operating characteristic curve):受试者操作特征曲线
- SPECT (single photon emission computed tomography):单光子发射计算机体层摄影术
- PWI (perfusion weighted imaging):灌注加权成像
- ROI (region of interest):兴趣区
- SE (spin echo):自旋回波
- STIR(short time inversion recovery):短时反转恢复
- TACE(transcatheter arterial chemoembolization):经导管动脉化疗栓塞术
- T₁ WI (T₁ weighted image):T₁ 加权像
- T₂ WI (T₂ weighted image):T₂ 加权像
- TE (time of echo):回波时间
- TI (time of inversion):反转时间
- TR (time of repetition):重复时间
- TOF (time of flight):时间飞跃法
- TSE (turbo spin echo):快速自旋回波
- VR (volume rendering):容积再现
- WHO (World Health Organization):世界卫生组织
- NAA(N-acetylaspartate):N-乙酰天门冬氨酸
- Cho(choline):胆碱
- Cr(creatine):肌酸

(本刊编辑部)