



RSNA2019 肺部影像学

陈冲,马晓玲,刘艺文,向敏,王玉锦,周舒畅,胡琼洁,杨凤,夏黎明

【摘要】 RSNA 2019 年会的主题是“携手预见未来”,强调对临床和影像信息的整合,对患者全方位的关爱。深度学习依旧扮演着重要角色,在病灶检测、图像重建等领域应用越来越广泛。能谱 CT 技术、低剂量扫描技术愈加成熟。影像组学等技术在临床应用中的探索越来越多。急诊 CT 对扫描时间和对比剂等的要求更高。肺部 MRI 在功能评估中的应用越来越多。技术的落脚点始终是临床问题,即解决医生和患者的需求。

【关键词】 人工智能;深度学习;影像组学;低剂量;能谱 CT;肺癌筛查;肺栓塞

【中图分类号】 R563;R814.42;R445.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2020)02-0131-08

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.02.002

2019 年 RSNA 的展会规模增大,传统的 2 个展馆扩展为 3 个,同时,人工智能展区扩展为展馆,中国企业的参展规模明显提高。与之相反,参展的人工智能厂商减少,表明行业趋于成熟,泡沫逐渐褪去。随着双能 CT、窄波谱等技术的发展,降低剂量、提升图像质量的研究随之增多。肺部 MRI、低剂量技术、肺癌筛查、介入治疗等稳步发展。本文将对 2019 年 RSNA 肺部影像学内容进行综述。

人工智能/深度学习

CT 图像中的肺肿瘤体积分割对于通过跟踪肿瘤体积变化、监测肿瘤对治疗的反应以及通过 CT 影像组学进行预后和诊断预测至关重要。肺肿瘤分割的主要挑战是肿瘤的大小差异在 1~18cm 之间,肿瘤的位置也不同。Sohyun Byun 等提出了在不同肿瘤形状和位置的肺肿瘤强有力的分割耦合网络,将检测数据集按照肿瘤位置分为 4 类:孤立的肿瘤(1 类)、胸壁和纵隔肿瘤(2 类和 3 类)、肺尖部和基底部的肿瘤(第 4 类)。该耦合器网络的性能表现最好,能够较好地分割肿瘤,总体 Dice 系数性能为 79.49%,1 类、2 类、3 类和 4 类的 Dice 系数分别为 86.94%、80.35%、73.57% 和 84.08%。在纵隔相关肿瘤(第 3 类)中,由于肿瘤形

态的多样性,相对于其他类其表现较差。

Stephen Humphries 等试图确定使用深度学习(DL)方法分类的受试者水平肺气肿模式是否可以预测损害和死亡率。将慢性阻塞性肺疾病(COPD)Gene 研究中的 9652 名受试者(具有可用的基线 CT 和视觉肺气肿评分)分为两组(训练集 2507 例,测试集 7143 例),训练 DL 算法以根据 Fleischner 标准对实质性肺气肿的模式进行分类。与视觉评分相比,DL 肺气肿分类改善了线性混合模型的拟合度;使用 DL 对放射影像进行标准化,可帮助临床试验的受试者选择,以及在临床实践或肺癌筛查中的风险分层。

最近推出的基于 DL 的图像重建(DLIR)算法(TrueFidelity™,GE Healthcare)旨在通过采用基于深度卷积神经网络(CNN)的模型(包括数百万个经过训练的参数)来模拟具有低噪声和高分辨率的超高剂量滤过反投影(FBP)图像纹理。Melany 等回顾性重建常规扫描的 52 例 CT 肺血管成像(CTPA)患者(Revolution Apex,GE Healthcare,层厚为 1.25mm),采用 FBP,50%自适应统计迭代重建(ASIR 50%)和 3 种水平的 DLIR(低、中、高),将 DLIR 算法的图像质量与 CTPA 中的标准重建图像进行比较发现,与 FBP 和 ASIRv 相比,DLIR 算法的图像噪声降低,CNR 和 SNR 升高;与 ASIRv50 相比,DLIR 中等强度降低图像噪声,并改善图像纹理质量;图像质量的主观评估无显著差异。

Weifang Liu 等使用 DL 方法在 CTPA 上计算急性肺栓塞(APE)的血凝块体积,并探讨其与其他影像

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:陈冲(1994—),男,河南信阳人,博士后,主要从事胸部影像学研究工作。

通讯作者:夏黎明,E-mail:cjr.xialiming@vip.163.com

学参数的关系。该方法基于 U-Net 模型的全卷积神经网络,用于分割 APE。使用 2 个数据集来训练 DL 模型,数据集 1 包含 230 个放射医师标记的 CTPA 上的急性 PE 样本,数据集 2 包含 65 个 CTPA 上不含 PE 的样本。结果显示,DL 模型具有高度的敏感性和可重复性,用 DL 模型检测急性 PE 可以大大提高诊断效率,减少放射科医师的工作量。血凝块体积与阻塞分数高度相关,而与右心功能相关的参数具有中等相关性。

Jungheum Cho 等回顾性分析了在阴性筛查后发生肺癌的美国国家肺癌筛查试验(NLST)参与者的 CT 筛查图像($n=122$),并评估基于 DL 的计算机辅助检测(CAD)系统在检测漏诊肺癌中的价值。根据 NLST 标准和 Lung-RADS 分类分别分析了 CAD 系统的敏感性和假阳性数,结果显示,大多数的 CT 筛查均符合阳性筛查的标准,并且漏诊了肺癌;基于 DL 的 CAD 系统对于阳性筛查的敏感度为 89%~95%,对于漏诊肺癌的敏感度为 74%,而假阳性数有限,具有改善早期诊断的潜力。

Ramandeep Singh 等使用基于 DL 原型和 Lung AnalysisTM 在双能 CT 上进行自动肺分割和定量灌注,评估有无 PE 的患者在双能 CT(DECT)肺血管成像上的大叶和区域肺灌注的准确性和变化。88 位成年患者在 384 层第三代双源 CT(Siemens Somatom Force)上接受 DECT 肺血管成像扫描,使用基于 DL 的分割工具,可以获得准确的肺叶分割和定量的肺叶肺灌注。定量参数可以提高诊断准确性,并有助于 DECT 肺血管成像上预测 PE 患者的预后。

Jong Hyuk Lee 等开发了一种胸部 X 线上基于 DL 的活动性肺结核自动检测算法(DLAD),他们观察了 19686 例无症状个体,使用 DLAD 对这些病例进行诊断,并计算敏感性、特异性、阳性预测值(PPVs)和阴性预测值(NPVs)发现,在低患病率环境下对活动性结核进行系统筛查时,DLAD 算法显示出良好的诊断性能,在活动性肺结核的检测方面与放射科医生相当。

影像组学

磨玻璃结节(GGNs)肺腺癌的侵袭程度的判断是治疗的关键。Hwan-ho Cho 等使用影像组学方法从 CT 评估附加的边缘特征来预测病理侵犯的程度。从 2 个队列(训练 $n=189$,验证 $n=47$)中确定 236 例患者接受了 GGNs 手术。所有 GGNs 经病理证实为原位腺癌(AIS)、微浸润腺癌(MIA)和侵袭性腺癌(IA)。对感兴趣区(ROI)进行半自动勾画,计算出 40 个影像组学特征,使用 L1 正则化的特征来建立基线影像组学模型。利用肿瘤内部强度的累积分布函数(CDF)来

分析其他的边缘特征。将基线模型与 CDF 特征相结合,建立改进模型。对 2 个模型都进行 3 种分类测试。从 2 个模型的 2 个队列中测量分类器性能。新边缘特征反映了病理侵袭性,可用于区分 IA 与 AIS 和 MIA。这些反映病理侵犯程度的肿瘤边缘特征可能有助于制定更准确的治疗计划。

Sohee Park 等回顾性评估了 CT 层厚对肺癌影像组学特征(RF)可再现性的影响,并研究基于 CNN 的超分辨率(SR)算法是否可以提高从不同来源获得的 RF 的可再现性;开发了使用残差学习的基于 CNN 的 SR 算法,以将图像厚层转换为 1mm。对 100 例经病理证实的肺癌的 CT 图像进行半自动分割,包括 1、3 和 5mm 的层厚。在所有 RF 类和所有层厚配准中,GGNs 的重现性均优于实体结节。应用基于 CNN 的 SR 算法后,3 个配准的重现性均显著提高。对不同层厚的 CT 图像得出的影像组学结果进行比较可能是不可靠的,而基于 CNN 的图像转换算法可以增强可靠性。

肺腺癌的一种新的侵袭性方式是空气间隙传播(STAS),这是接受有限切除的早期腺癌患者复发和预后较差的危险因素。为了开发和验证基于 CT 的影像组学模型,用于肺腺癌 STAS 的术前预测,Jingshan Gong 等回顾性纳入了 437 例经病理证实的肺腺癌患者,2 名放射科医生使用 3D Slicer 以及 PyRadiomics 扩展包,对术前薄层 CT 图像上的影像学特征进行分割和提取。多元逻辑回归分析显示年龄和一种放射学特征(偏斜度)是 STAS 的独立预测因子,具有较高的诊断性能(AUC 为 0.81,敏感度为 0.737,特异度为 0.838)。

Mengdi Cong 等回顾性纳入了 649 名 IA 期非小细胞肺癌(NSCLC)患者,所有患者术前均进行薄层 CT 增强扫描。由放射科医生确定临床和 CT 影像特征(年龄、性别、吸烟状况、结节大小、空泡征和胸膜凹陷),软件提取了 396 个影像组学特征。使用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)算法选择特征后,开发了 3 种模型(临床模型、影像组学模型和组合模型)来预测 NSCLC 早期的淋巴结转移(LNM)。ROC 分析显示,组合模型的预测能力优于临床模型和影像组学模型,具有预测 LNM 的潜力,并可能有助于治疗计划的改善。

为了调查基于首次 CT 扫描的基于机械学习的全自动预测多发伤患者急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的可能性,Sebastian Roehrich 等在 4 年内研究纳入了 123 名 ≥ 18 岁,创伤严重程度评分(ISS) >15 的多发伤患者。在事故发生后 1 小时内进行 CT 扫描,进行了基于 DL 的肺分割,包括胸腔积液;在整个肺部密集

采样了 83 个影像学特征,并学习了影像学特征表达的时空视觉词汇;随后,使用每个肺的时空视觉词的直方图来训练支持向量机(SVM)分类器,以预测 ARDS,并将该算法与用于预测预后的常用评分(简明损伤评分 AIS)进行比较。执行了 40 倍分层交叉验证,以拆分训练集和测试集。基于机器学习的 ARDS 风险评分得出的 AUC 为 0.78(ISS:0.66; AIS:0.68)。

Cong Shen 等调查了基于 CTPA 图像的影像学特征的机器学习预测模型在 APE 患者风险分层中的价值。根据 2014 年欧洲心脏病学会指南,将 CTPA 确诊的 30 例 APE 患者分为高危组($n=15$)和非高危组($n=15$)。从手动分割的 ROI 中提取影像学特征,并使用独立的 t 检验和 LASSO 算法进行特征选择。采用逐步多元线性回归建立具有所选特征的风险分层模型。在 1746 个影像学特征中,最终选择了 7 个特征作为最显著的特征。线性回归方程的 R^2 为 0.899,表明基于影像学的机器学习是 APE 患者 CTPA 图像风险分层的有用策略。

能谱 CT

Jenny 等招募 102 例接受前瞻性右心导管(RHC)检查和标准 DE-CTPA 方案(延迟 7s 后进行第 2 次扫描)的患者,根据 DE-CTPA 碘图像计算主肺动脉增强(PAenh)和降主动脉增强(DAenh),并使用灌注肺血容量定量(PBV)分析每个全肺的体积增强(WLenh)。双期 DE-CTPA 和实质增强评估是传统 CT 指标的补充,并提高了预测平均肺动脉压(mPAP)和肺血管阻力(PVR)的能力。

Partha Hota 等将 DECT 直方图参数作为生物标志物来表征急性和慢性 PE 患者的肺功能障碍程度。他们回顾性分析了 2015~2019 年间 95 例疑似急性或慢性 PE 患者的 DE-CTPA 资料,使用材料分解重建 0.8mm 厚的全肺 PBV 图,并在主肺动脉内用大小为 1cm^2 的圆形 ROI 进行归一化;使用 0.8mm 厚的轴向 CT 图像生成肺罩以限制 PBV 图分析区域;直方图由落入标签图中的体素生成,并与参数模型拟合以生成用于分析的参数。初步分析表明,DECT 直方图参数可以表征急、慢性 PE 患者的肺功能障碍;平均体素值是用于量化 RHC 衍生的 mPAP 和 PVR 的潜在成像生物标志物。

为了确定 PE 患者在 DE-CTPA 上是否存在灌注缺陷,以及灌注缺陷程度是否影响其发病率和死亡率,Riddhi 等从机构性肺栓塞反应小组(PERT)登记处确定了在 384 层双源 CT(西门子 SOMATOM)上进行 DE-CTPA 检查的 164 名 PE 疑似成年患者。使用肺叶分割原型处理已识别的 DICOM 图像。该原型执行

自动的肺叶分割,并提供肺体积,以及每个肺和每个肺叶的几个灌注参数。定性和定量灌注异常以及肺活量是 PE 患者不良临床结局的独立预后指标。

Waleed Abdellatif 等比较了两种双源 CT 扫描仪在以双能模式操作的 APE 评估中的辐射剂量、平均采集时间、客观图像质量和主观图像质量。与第二代 SOMATOM Definition Flash CT 扫描仪相比,第三代 SOMATOM Force 的平均获取时间明显缩短,捕获时间加快,图像质量提高。这对于紧急检查和高体重患者检查大有裨益。

Dominik 等评估 DECT 衍生的碘浓度(IC)以及常规 CT 衰减的临床效用,以区分原发性肺癌和肺转移癌。他们分析了 79 例原发性肺癌和 89 例原发性乳腺癌肺转移患者,提取定量 IC 和常规 HU 值并将其归一化至胸主动脉。两组之间的差异通过 Kruskal-Wallis 检验和 Dunn 事后校正进行评估。使用多元逻辑回归生成诊断模型。相应的多元模型(AUC=0.73)在诊断准确性上明显优于两个参数(IC: AUC=0.57, $P<0.01$; HU: AUC=0.55, $P<0.001$),敏感度为 65.82%,特异度为 76.40%。结合 DECT 衍生的 IC 和常规 CT 衰减值的组合诊断模型可显著改善原发性肺癌和肺转移的鉴别能力。

Julie Dewaguet 等获取 49 例肿瘤(鳞癌 12 例,腺癌 37 例)的术前评估的两阶段 DECT 图像,包括整个胸腔的早期阶段(即肿瘤的血管内阶段)和 50s 后(即肿瘤灌注的间质期)。计算整个肿瘤以及最外围 2mm 厚的肿瘤层中的首过和延迟碘浓度和动脉增强分数,并评估肿瘤标本的膜碳酸酐酶 IX(mCAIX)的表达。延迟的碘浓度明显高于初次通过的碘浓度,提示间质空间有血管外渗漏。缺氧诱导的新生血管形成可能有助于肿瘤进展和转移。DECT 衍生的灌注参数提供肿瘤缺氧的信息。

Pei P.Dou 等探讨了能谱 CT 参数对肺癌 Ki67 表达的预测价值。他们前瞻性纳入 2018 年 12 月至 2019 年 2 月间经病理证实的 27 名原发性肺癌患者,从西门子后处理工作站中的双能虚拟成像得出能谱 CT 参数。基于单能谱曲线和碘图像的静脉相碘比率(iodine ratio, IR)和波谱曲线(spectrum curve, SP)可将原发性肺癌 Ki67 表达有效地分为低组和高组,这在一定程度上可用于肺癌的分层和个体化治疗。其他能谱参数的功效需要进一步研究。

肺栓塞

Yitzhac Hadad 等回顾性纳入 2014 年 1 月 1 日至 12 月 31 日因临床怀疑 PE 而行非门控 CTPA 的患者,通过测量右心室和左心室直径的比值(RV/LV)来

研究每个CTPA图像,同时比较有无PE患者间RV/LV ≥ 1 的发生率。862例患者中,男性344例(39.9%),中位年龄70岁(四分位间58~82)。142例存在PE(16.5%)。由于RV/LV ≥ 1 在CTPA患者中非常普遍(64.1%),且无显著性差异,因此RV/LV ≥ 1 可能不是APE事件的心脏反应,而是患者的基线状态。因此,对于这一比例的CTPA,进一步的研究是必要的,以完善最有意义的分界点。临床医生应该意识到,在任何CTPA上,RV/LV ≥ 1 的高发生率,因为这一发现(尤其是当RV/LV接近1时)可能并不反映增加的PE风险。

在小儿急诊科,为疑似PE的儿童进行CTA检查已经增多,但是检测到的PE数目保持不变。CTA上阴性的PE的临床相关辅助发现的数目可能影响关于CTA的风险/收益比的临床决策。Christian等的研究表明,在小儿急诊科为评估PE进行的CTA中,当PE阴性时,13%病例发现新的临床相关表现。拟对患有PE症状的儿童进行胸部CTA检查时,临床医生不仅应考虑儿童发生PE的可能性较低,还应考虑发现先前X线片未发现的相关异常的可能性较低。

David Rotzinger等回顾性纳入了17年来因临床怀疑PE而行CTPA的所有孕妇。依次使用了4、16、64和256排探测器CT。结果表明,在过去的17年中,CTPA在孕妇中的使用稳步增长,并且由于最近的技术进步,CTPA的辐射剂量已大大降低,而图像质量却保持不变。在孕妇的CTPA检查中,很少检出PE,检出其他病变更多。

预测概率临床评分系统用于将PE疑似患者分为PE的低风险和高风险。PE风险低的患者通常接受D-二聚体测试。低风险组中的D-二聚体由于具有较高的敏感性,因此可以高度肯定地排除PE。然而,D-二聚体的特异性测试较差,阳性结果通常会导致不必要的放射成像。Ahmed等回顾了350例PE疑似患者,并进行CTPA和D-二聚体水平的血样检测。回顾性计算所有患者的肺栓塞排除标准(PERC),并在检测PE时将PERC规则的诊断性能与标准D-二聚体水平进行比较,PERC规则对于排除急诊科可疑PE患者具有很高的阴性预测价值。

Christopher等利用Ferumoxytol增强MR进行胸腔中央静脉成像以评价肾功能衰竭患者中心静脉的狭窄闭塞情况。35例患者接受Ferumoxytol增强的中心静脉MRV并同时常规静脉造影。将中央静脉分为7段进行评价。两名放射科医生对狭窄和闭塞的MRVs的解释一致。按1~4分进行评分,4分为完全可信。定量分析包括测量和计算所有静脉段的SNR、CNR和腔内信号异质性。结果发现Ferumoxy-

tol增强MR静脉造影对中心静脉狭窄和闭塞的诊断具有良好的敏感性和特异性。鉴于Ferumoxytol是FDA批准的用于血液透析患者的非肠道铁补充剂,不存在肾源性系统性纤维化的风险,这种对比剂特别适合于这种人群的无创血管成像。

肺癌筛查

Lung-RADS管理指南基于专家意见,缺乏独立的验证。Mark等使用NLST中的结节,评价Lung-RADS评估亚实性结节恶性率的能力;同时将Lung-RADS与NELSON试验体积分类进行比较发现,亚实性Lung-RADS 2类和3类结节的恶性风险高于预期,可能需要修订管理指南。

肺癌筛查的当前挑战是高假阳性率和过度诊断。Peng Huang等评估了由组合纵向CT图像特征、患者人口统计学和临床病史发展而来的机器学习预测器(ML)是否可以改善筛查阳性预测值(PPV)并确定侵袭性癌症,并在2294个来自加拿大肺癌早期检测研究(PanCan)的图像中进行了验证。在肺癌筛查中,ML预测因子比Lung-RADS具有更高的敏感性和PPV。

2017年Kaggle比赛中,参加团队获得了大约1500例低剂量CT扫描的训练集,并在包含151个肺癌病例的500个扫描测试集中对最终性能进行了测量。超过2000个团队提交了结果。最好的10种算法全部使用了DL,并且开放源代码。Colin Jacobs等将这些算法的性能与放射科医师进行相比(邀请11位放射科医生诊断150例CT病例),同时该患者扫描后1年内是否会罹患肺癌评分在0(低)至100(高)之间。排名前10位的算法表现出令人鼓舞的性能(AUC为0.86),但仍然不如医师(AUC为0.90),未来的分析将着重于理解计算机算法和人类读者的优缺点,以及如何将它们最佳地结合起来。

越来越多的共识是,阳性肺癌筛查CT扫描应由多学科小组审查。Michael等评估了多学科审查对肺癌筛查CT(初始编码为Lung-RADS(LR)-3,LR-4a或LR-4b)的影响,发现对LR-3,LR-4a和LR-4b病例进行多学科审查会导致LR重分类,并且在极少数情况下会更改随访建议。

冠状动脉钙化(CAC)是低剂量CT肺癌筛查(LD-LCS)中常见且重要的偶然发现。为了确定LD-LCS上报告的严重CAC的发生率,并确定报告对随后诊断和治疗干预的影响,Dexter Mendoza等回顾性研究了2016年1月至2018年9月之间的LD-LCS报告。他们从报告中提取了CAC的等级,并将其分为4组:中度、严重、其他非标准描述符(例如,广泛,密集等)或未指定。从电子病历中回顾并记录了纳入患者

的基线临床特征以及随后因重要 CAC 报告而导致的管理变化。对于没有确诊冠心病的患者, CAC 的报告和半定量评估导致管理上的改变。

间质性肺疾病/气道病变

肺气肿评分(ES)是一种有效的评估肺气肿严重程度的 CT 定量测量方法。然而, ES 高度依赖于辐射剂量和重建算法。为了获得精确的 ES, 图像噪声必须很低。深度学习重建(deep learning-based reconstruction, DLR)可以在不模糊结构轮廓的情况下大幅度降低图像噪声。Wataru Fukumoto 等探讨了 DLR 重建的低剂量 CT (LDCT) 和超低剂量 CT (ULDCT) 图像计算的 ES 是否相等。在 4 种重建算法中, 只有应用 DLR 时, LDCT 和 ULDCT 图像才获得等效 ES。DLR 从 LDCT 和 ULDCT 图像中获得较精确的 ES, 从而能够比较在不同环境下接受扫描的患者之间和患者自身的肺气肿严重程度。

特发性肺纤维化(IPF)导致外周纤维化改变, 从而导致肺表面不规则(PSI)。PSI 评分是一种应用广泛的定量 CT 生物标记物, 具有较高的观察者之间一致性, 并可预测肺纤维化患者的生存情况。Asser 等评估了高分辨率胸部 CT 上定量 PSI 评分的准确性, 以预测 IPF 患者的无移植生存期。高分辨率胸部 CT 图像上 PSI 的定量测量具有良好的观察者之间一致性, 并且是 IPF 患者无移植生存的强大独立预测因子。

Minsuok Kim 等对 9 名 COPD 患者进行了 Xe-DECT 扫描, 在不影响肺活量的情况下, 对虚拟非对比(VNC)图像和通气图进行了配准, 并使用内部软件进行了评估。从 VNC 图像中分割出叶片和大气道的几何形状, 以进行基于 CT 的全尺寸气道网络(FAN)流动模型建模。从 FAN 模型计算得出的肺通气与 Xe-DECT 图像明显相似, 并且模型与图像之间的投影平面上的通气剖面的 Pearson 相关性具有统计学意义。利用结构 CT 数据的 FAN 模型可用于得出肺通气图和定量通气数据。

Peter Hoeksema 等比较了不同放射科亚专业医生在小儿胸部 X 线检查上, 诊断正常胸片, 小气道病变和细菌性肺炎的准确性和准确性。不同专科的放射科医师在解释小儿胸部 X 线片的准确性无显著性差异。

肺部 MRI

Jordi Broncano 等评价了单指数 DWI 定量分析胸壁肿瘤的可行性和诊断价值。良性和恶性胸壁肿瘤的平均信号强度(SI)和信号强度比(SIR)存在显著差

异($P < 0.05$)。病变的 ADC 最小值也具有显著差异($P < 0.05$), 脂肪瘤和背部弹力纤维瘤较低。ROC 曲线显示, 在基于 SI 的测量中, AUC 显著增大, 而不是基于 ADC 的($P < 0.05$)。DWI 评价胸壁肿瘤是可行的。相对于基于 ADC 的参数, 基于强度的参数在良恶性鉴别中表现出更好的诊断性能。

Stefania Ghinassi 等以 1.5 T 的呼吸门控逐点编码时间减少与径向采集(respiratory-gated pointwise encoding time reduction with radial acquisition, PETRA)序列获取肺部 MR 图像, 并与 T₂ 加权(BLADE)序列进行比较, 重点关注支气管的可见性和肺实质的信号强度。研究表明 PETRA 能够以高 CNR 和 SNR 对支气管和肺实质进行无声、自由呼吸、各向同性和亚毫米波成像, 并且可以是囊性纤维化患者的 CT 替代方案。

Yubing Tong 等通过定量动态胸部 MRI(QdMRI)动态容积参数对胸廓功能不全综合征(thoracic insufficiency syndrome, TIS)患者(术前和术后)和正常儿童的垂直可膨胀人工钛肋骨(VEPTR)治疗进行定量评估。患者与年龄相匹配的正常儿童之间的计算所得全肺潮气量(LTV)、右肺潮气量(RLtv)和右半横膈潮气量(RDtv)上的马氏距离(Mahalanobis distances, MDs)在治疗后显著减小, 表明 VEPTR 的积极治疗效果。这是首次为 VEPTR 手术治疗 TIS 提供动态功能评价方法的研究。它开辟了新的途径, 以更好地了解 TIS 及其治疗和许多其他条件, 如脊柱侧凸, 影响胸部功能。

Tyler 等进行了动态¹⁹F 肺磁共振气动成像鉴别囊性纤维化(CF)患者病情严重程度的研究。他们采用多核 3.0T 磁共振扫描仪(PRISMA, Siemens)对 14 例健康对照组和 18 例 CF 患者进行冠状面扫描, 使用定制的 8 通道¹⁹F 调谐胸部线圈, 在扫描的 wash-in 阶段, 受试者吸入¹⁹F 标记的全氟丙烷(PFP), ¹⁹F-PFP 与 21% 氧气混合。15s 的¹⁹F GRE-vibe 屏气图像是在 3 次 PFP 呼吸 5 个周期后获得的, 然后切换到室内空气, 每隔 3 次呼吸同样采集图像, 直到 wash-out 完成。对吸入体素进行半自动分割, 通过一个双指数模型, 得到 wash-in 和 wash-out 时间常数、峰值信号, 从原点延迟时间, 延迟到稳定状态时间。然后定义洗入和洗出时间常数的上限和下限, 以得出肺体积分数(FLV)。研究发现动态¹⁹F 通气 MRI 能根据双指数拟合模型的参数来区分 CF 的严重程度; 洗脱时间常数是 CF 患者中进行性空气滞留改变的最具有鉴别能力的指标。

Ipshita Bhattacharya 等证实了采用高性能低场强 MRI 对肺部成像的 2 个优点: ①磁场均匀性的改善

导致 T_2^* 延长并改善肺实质的成像;②更高的氧弛豫率有利于评估通气功能。增加氧弛豫度用于通气功能评估。肺部 MRI 是在一个 0.55T 的原型系统上进行的。该系统的独特之处在于采用了现代磁铁设计、快速梯度设计、现代射频系统、定制相控阵线圈以及先进的成像方法。对健康志愿者和患者(如淋巴管平滑肌瘤病(LAM)和支气管扩张症)进行解剖肺成像(T_2 WI/TSE)和三维氧增强超短 TE 成像(100% 氧气, 15L/min, 非再呼吸面罩),记录室内空气和氧气图像并进行相减以估计区域通气状况。与 1.5T 相比, 0.55T 的图像能更好地显示肺实质,有助于了解肺病理学,包括囊肿和支气管壁增厚的评估。这可以归因于 B0 均匀性的改善,最小化空气/组织界面的敏感性梯度,肺组织的 T_2^* 延长。在健康志愿者中,氧增强成像中,肺信号增加(18.2 ± 6.3)%($n=5$),而同一受试者在 1.5 T 时只有(8.6 ± 2.9)%。LAM 患者吸氧后仅增强(6.5 ± 5.1)%。该研究提示低场强磁共振成像结合现代磁铁设计,可以为肺功能评估提供一个独特的机会,提高了磁场均匀性和氧对比度性能。

Yifan Wang 等采用动态 MRI 定量评价 COPD 患者膈肌的功能障碍。这项研究包括 80 名不同程度的稳定型 COPD 患者(GOLD 分期 1~4)和 21 名健康志愿者, MRI 在 3.0 T 扫描仪上进行,采用吸气/呼气末 3D-SPGR 序列和二维动态膈肌序列。图像被自动分割。测量吸气开始和结束时膈下面积(ds)、膈高(dh)、颅尾长(cc)、前后长(ap)和肺面积(ls)。前后分析了膈角和自发性膈肌运动的比值。这些参数在肺功能检查与肺气肿指数的相关性。在 GOLD 3~4 的重度 COPD 患者中, ds 和 dh 的 insp-exp 比值明显降低, ls、cc 和 ap 的 insp-exp 比值降低,反映了膈位的变化。GOLD 3~4 患者前、后膈吸气开始和结束时的角度降低,反映了膈肌的变化形状。该研究提示胸部动态 MRI 可提供新的影像学生物标记物来评估无特殊设备的 COPD 患者的膈肌功能障碍。

Ferdinand 等在 1.5T MR 的 True-FISP 成像中采用伪连续动脉自旋标记(PCASL)技术定量评估肺血流量。他们研究了 10 名志愿者,均行自由呼吸(FB)和定时屏气(TBH)下心电图触发的 PCASL True-FISP 成像,在心脏收缩期标记肺动脉干。发现这种成像技术可通过标记肺动脉干,同时采用非刚性图像配准,即使是在自由呼吸条件下也可以得到良好的图像质量,评估出可靠的定量灌注图。

Yoshiharu Ohno 等对比了超短 TE 磁共振成像(UTE-MRI)、薄层低剂量 CT(LDCT)和标准剂量 CT 成像(SDCT)在肺结节检测和 Lung-RADS 分级中的应用价值。110 例疑似肺结节患者分别进行 UTE-

MRI、LDCT 和 SDCT 检查,根据 SDCT 结果,所有结节分为实性结节、部分实性结节和磨玻璃结节。每例患者的每一个肺结节出现的概率在 3 种方法中均采用 5 分视觉评分法评估。研究发现 UTE-MRI 对肺结节的检测和分级基本与 LDCT 和 SDCT 等效。

辐射剂量

近年来,医学界开始关注窄光谱(即通过附加的滤波器对 X 射线束的预过滤)来进一步减少辐射剂量。Sophie Vivier 等的研究探讨,与标准的 70kVp 扫描相比,小儿胸部 CT 在 100kVp 时锡过滤可以实现的降噪水平。经频谱滤波后,图像噪声降低 21.6%,图像质量优良。这为儿科非对比扫描的进一步减少剂量提供了客观基础。

Sandra Diaz 等介绍了锡过滤器低剂量 CT 方案。量身定制的低剂量 CT 方案可以在紧急情况下作为气道疑似异物吸入的第一个也是唯一的诊断工具。针对气道内可疑 FBA 的儿童量身定制的低剂量 CT 方案可降低放射剂量并降低支气管镜检查率,从而避免不必要的风险,例如喉痉挛和麻醉并发症。

Juan Carlos 等在双源 CT 扫描仪上比较小儿胸部单能和双能 CT 检查的辐射剂量和图像质量。与单能 CT 相比,第二代双能 CT 进行常规儿科胸部的对比增强检查,可不增加辐射暴露或降低图像质量。

有效剂量(ED)常用于了解 CT 扫描与放射相关的恶性肿瘤风险。当前,妊娠期 CTPA 的 ED 主要由 CT 的剂量长度乘积(DLP)乘以普通胸部 CT 的 k 因子(DLP-ED 转换因子)来估算。Stuart 等回顾性评估了从 2012 年 1 月至 2017 年 4 月整个大型卫生系统中 534 名孕妇的 CTPA 资料。每名患者的 ED(mSv)通过使用 Cristy 体模的患者特定的蒙特卡罗模拟确定,并除以研究 DLP 以确定 k 因子。根据患者和 CT 因子对 k 因子进行双变量和多变量分析。妊娠患者的 CTPA 的 k 因子高于先前使用的胸部 CT 的 k 因子,并随着间距、患者规模和扫描长度的减小而静态增加,而对于较大的 kVp 值则更高。

Narinder 等对比了 100 个免疫低下患者分别在 ULDCCT(10mA, 0.25mSv)与 LDCT(40mA, 1mSv)条件下检测真菌主要征象(晕征、空洞、实变)和次要征象(结节:直径 4~10mm 的簇状或孤立结节,GGNs/肺不张)的准确率。Wilcoxon 配对检验提示 LDCT 和 ULDCCT 图像质量评分无统计学差异,但 BMI > 25.0kg/m²时,ULDCCT 的图像质量和诊断置信度低于 LDCT。ULDCCT 检测主要影像学征象—晕征、空洞、实变的准确率分别为 99%、100%和 98%,检测次要征象—小结节和 GGNs 的准确率分别为 88%和 86%。

由于 ULDCT 的图像噪声增加,小结节(4~6mm)和小体积 GGNs 的检测精度较低。研究结果提示胸部 ULDCT 对真菌病的主要影像学征象的检出具有较高的准确性,应考虑将其应用于 BMI \leq 30.0kg/m² 的免疫功能低下患者。

图像质量

Julien 等使用第一代和第二代运动校正算法(motion correction algorithm, MCA)评估心脏结构可视化的改善,并将其与常规单相和多相重建进行比较,Snapshot Freeze 2 通过减少运动伪影提高了可解释性,并且可以在一次重构中提供至少与多相采集等效的图像质量。

Jun Yao 等研究了 16cm 宽探头快速扫描 CT 对减少严重 COPD 患者检查图像中运动伪影的价值。将 60 例未行增强胸部 CT 的重度 COPD 患者分为研究组(A 组, n=30)和对照组(B 组, n=30)。两组均采用 120kV 管电压和管电流自动调制实现噪声指数(NI)预置。2 位经验丰富的放射科医生使用 5 分制(5 分最佳, 1 分最差)评估主观图像质量,包括肺部小结节的清晰度,以及心脏和呼吸引起的运动伪影。记录扫描时间,计算 ED。两组的 z 轴覆盖率相似,约为 30cm。A 组采集时间明显缩短,辐射剂量明显降低,图像质量明显改善,运动伪影发生率明显降低(P 均 $<$ 0.05)。

介入治疗

Jacob 等报告了 Gianturco Z-支架置入治疗慢性中心静脉闭塞性疾病(CVOD)的技术成功、不良事件和长期支架开放情况。137 例慢性 CVOD 患者接受了 Gianturco Z-支架置入术,年龄 16~89 岁,平均(49 \pm 16)岁。133 例(97%)患者获得了技术上的成功。平均随访 44 个月。估计 1、3 和 5 年主支架开通率分别为 84%、84%和 82%。估计 1、3 和 5 年的初级辅助通畅率分别为 92%、89%和 89%。30 天和 60 天死亡率分别为 2.9%(n=4)和 5.1%(n=7),无一例直接归因于 Z-支架置入。这项研究是迄今为止规模最大、随访时间最长的研究,证明了 Gianturco Z-Stent 置入治疗慢性 CVOD 的安全性,以及短期和长期通畅性。

为探讨血液透析患者 CVOD 行人工血管内固定术的疗效及影响一期通畅率的因素, Bin Chen 等记录并分析 110 例 CVOD 患者的数据,包括所有的临床评估:人口学、临床和多层螺旋 CT 静脉成像(MSCTV)特征。调查支架置入术患者的原发通畅率及相关因素。根据初次通畅率判断,经皮支架置入术是治疗中国 CVOD 患者的理想方法。闭塞病变的特点,包括血

管直径、支架类型和钙化是影响原发性通畅的关键因素。覆膜支架是改善 CVOD 治疗效果的一个因素。这些结果可以帮助我们选择最佳的干预措施作为治疗血液透析患者 CVOD 的首选方法。

Jorge 等回顾了一家三级医疗中心使用上腔静脉(SVC)过滤器的患者的图像和电子医疗记录,结果表明在上肢深静脉血栓患者中使用可回收的 SVC 过滤器,虽然有很大争议,但仍然是安全的,并发症最少。大多数过滤器都可以安全地取回,且取回率适中。

导管引导和辅助治疗通过化学溶解或机械破碎凝块,彻底改变了高危 PE 的治疗。Nariman Nezami 等对 14 名急性大面积或亚大规模 PE 患者的回顾性分析表明,排除 1 名未进行影像评估的患者后,该手术在技术上和临床上均在 13 名患者中获得成功。所有患者的心动过速、呼吸困难和头晕均得到缓解,血压以及对氧气的需求均得以纠正,肌钙蛋白下降。主肺动脉压在取栓后下降 30%(移植前与移植后相比)。30 天存活率 100%,无手术相关并发症发生。Inari Flow Triever 系统可安全地用于急性大面积或亚大面积 PE 患者的肺动脉机械性取栓。

Thomas 等评估了在姑息性适应症中使用经肺化学栓塞术(TPCE)和经动脉化学灌注术(TACP)治疗继发肺恶性肿瘤之后的肿瘤响应、局部肿瘤控制和患者存活。161 例患者中,92 例采用 TPCE 治疗,69 例采用 TACP 治疗。分析表明,TPCE 和 TACP 均为继发性肺癌患者的可行治疗选择,具有可接受的局部控制和存活率。对局部给药化疗更有利的初始反应可能是生存的积极预测因素。

Meaghan 等评估了局部和全身治疗对肺类癌的潜在益处。与仅接受全身治疗的患者相比,接受放疗,手术切除或热消融的肺类癌患者表现出延长的生存期。接受热消融的患者数量有限,限制了在进行多变量分析后确定生存意义的能力,因此需要更多的研究来确定其在延长这些患者生存中的效用。当用于类癌肺肿瘤患者时,局部治疗显示出增加的生存获益。热消融和放疗在延长类癌肺癌患者的总生存率方面显示出相似的有效性。

Takaaki 等针对可切除结直肠癌患者肺转移的射频消融治疗(RFA)效果进行了一项多中心研究,该实验纳入了 70 例可切除结直肠癌伴肺转移(\leq 5 个肺转移灶,病灶均 \leq 3cm)且行肺部 RFA 的患者,共 100 个肺转移灶,选择 RFA 是因为 62 例(89%)患者拒绝手术,或是因为年龄而具有较高的全麻风险(5 例,7%)及合并症(3 例,4%),结果发现这些患者 3 年总生存率为 84%(95%CI, 76%~93%),单因素分析显示直肠癌(P=0.001)、癌胚抗原阳性(P=0.002)、既往无

化疗($P=0.02$)为显著的负性预后因素。3 年肿瘤特异性生存率为 90%(95%CI, 82%~97%)。局部肿瘤进展 6 例(9%, 6/70), 发生于首次射频消融后 6~19 个月, 该研究显示肺部 RFA 可为结直肠肺转移瘤(≤ 3 cm)患者提供良好的治疗效果。

CT 引导穿刺

Mirek 等回顾性分析了 228 例影像学指导的肺活检。其中 117 例是外周或基于胸膜的病变。38 例为超声引导, 70 例为 CT 引导。总体而言, 超声引导活检的平均最大轴向直径、胸膜接触长度大于 CT, 局限性病变手术时间短于 CT。两种引导方式的等待时间和重大并发症的发生率无显著性差异。超声引导的成

本相对较低, 没有电离辐射, 并且可以实时进行针头可视化, 使其成为 CT 引导下对周围肺部病变进行活检的可行性替代方法。

Mohamed Soliman 等发现在 CT 引导下经皮肺穿刺活检过程中, 使用肺管封闭剂, 可导致肺部 CT 上的影像学改变; 该研究最终纳入 65 名接受过 CT 引导下经皮肺穿刺活检术且观察 3 个月以上的患者, 83%(54/65)的患者在 3~6 个月的随访中(CT 或 PET/CT), 沿着肺管封闭剂的路径发现结节状的线性疤痕, 这种 CT 改变持续了平均 13.8 个月, 60%(15/25)的患者发现了位于与填塞剂相关的疤痕区域的微弱 FDG 摄取。放射科医生在临床诊断时应注意这种活检后的影像学表现。

• RSNA2019 聚焦 •

RSNA2019 乳腺影像学

詹晨奥, 胡益祺, 杨真露, 霍敏, 艾涛, 夏黎明

【摘要】 2019 年 RSNA 关于乳腺影像学方面的研究热点和重点主要包括以下几个方面: ①人工智能与影像组学在乳腺病变中的应用; ②乳腺 PET-CT/MRI 方面的研究; ③新技术的开发与讨论; ④腋窝淋巴结、癌症预后及新辅助化疗反应的研究。

【关键词】 乳腺肿瘤; 乳腺; 人工智能; 影像组学; 深度学习; 体层摄影术, X 线计算机; 磁共振成像

【中图分类号】 R737.9; R814.42; R445.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2020)02-0138-05

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.02.003

2019 年 RSNA 年会上, 乳腺影像学研究依旧是其重点内容。本文将按照不同检查手段进行相关介绍。

乳腺 X 线检查

1. 钼靶

钼靶作为乳腺筛查工具, 广泛应用于临床。人工智能(AI)是钼靶相关研究的热点内容。Ha 等针对深度学习(DL)图像重建进行研究, 证实了使用新 DL 算法进行图像重建能明显降低钼靶的辐射剂量。Burnside 等开发了基于乳腺钼靶预测微钙化的 AI 算法。Marasinou 等利用机器学习量化微钙化的分布和形态以提高乳腺癌的预测。Mutasa 等利用卷积神经网络

(CNN)算法成功鉴别乳腺钼靶中的单纯乳腺导管内不典型增生(ADH)和乳腺导管原位癌(DCIS)。Gastouniotti 等证实 DL 获得的乳腺钼靶表型可显示乳腺实质结构的种族差异。Lee 等、Watanabe 等及 Mark 等再次证实了 AI 对临床实践的指导作用及巨大潜力。Kim 等证实使用 AI 筛查钼靶时, 可提高检出率并减少假阳性率。Nam 等证实了 DIB-MMG 作为从钼靶影像中得到的标志物, 可在术前评估肿瘤浸润性, 且 Kim 等通过实验表示 DIB-MMG 可作为早期诊断乳腺癌的有效诊断工具。Dembrower 等使用开发的 AI 算法, 进行乳腺钼靶癌症的检测和风险评估。

钼靶还可进行乳腺密度的评估。Rhodes 等对美国女性关于乳腺密度的认知进行调查, 证实了乳腺密度的重要性。而 Kim 等建立了可量化乳腺密度的 DL 模型, 对 131468 张乳腺钼靶影像进行分析, 证实该模型可指导临床医生的工作。Melissa 等研究证实, 隆胸女性的推移植入物的平均腺体量通常高于全植入物的

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: 詹晨奥(1992-), 女, 湖北随州人, 博士, 主要从事乳腺 MRI 研究和诊断工作。

通讯作者: 夏黎明, E-mail: xialiming2017@outlook.com