doi:10.11659/jjssx.01E024035

·临床研究·

查体信息备注联合人工智能在肋骨骨折CT诊断中的应用

敖 平[1],张玉霖[2],朱 丽[1],修志刚[1] (1.四川大学华西医院龙泉医院放射科,四川 成都 610100;2.四川大学华西医院龙泉医院超声科,四川 成都 610100)

[摘 要] **目的** 探讨查体信息备注联合人工智能(AI)辅助诊断在肋骨骨折CT诊断中的应用价值。**方法** 收集100例备注有查体信息的胸部外伤行肋骨CT检查患者的临床资料,由放射科2名不同年资医师分别用4种方法[医师独立诊断(A组)、医师结合查体信息备注诊断(B组)、医师在AI辅助下诊断(C组)、医师在AI辅助下结合查体信息备注诊断(D组)]对图像进行分析,比较2名医师使用不同方法对肋骨骨折的诊断效能及诊断用时。**结果** 2名不同年资放射科医师对肋骨骨折诊断敏感度A组低于B、C、D组($P<0.05$),但B、C、D组肋骨骨折诊断敏感度组间两两比较差异均无统计学意义($P>0.05$);住院医师A组诊断敏感度低于主治医师($P<0.05$),2名医师其余组间肋骨骨折诊断敏感度两两比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。2名医师对肋骨骨折假阳性率组间两两比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。2名医师各组间诊断用时比较差异具有统计学意义($P<0.05$),其中A组诊断用时最长,C组用时最短。**结论** 医师在AI辅助下结合查体信息备注能明显提高肋骨骨折的诊断敏感度,缩短诊断时间,从而提高工作效率。

[关键词] 肋骨骨折;多层螺旋CT;人工智能;查体信息备注;诊断
[中图分类号] R445.3;R683.1 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-01-08

Application of physical examination information annotation combined with artificial intelligence in CT diagnosis of rib fracture

AO Ping[1],ZHANG Yu-lin[2],ZHU Li[1],XIU Zhi-gang[1] (1.Department of Radiology,Longquan Hospital,West China Hospital,Sichuan University,Chengdu Sichuan 610100, China; 2.Department of Ultrasound,Longquan Hospital,West China Hospital,Sichuan University,Chengdu Sichuan 610100, China)

Abstract: Objective To explore the application value of physical examination information annotation combined with artificial intelligence (AI) in CT diagnosis of rib fractures. **Methods** The clinical data of 100 patients with chest trauma who underwent rib CT examination with physical examination information annotation were collected. The images were analyzed by two physicians in the department of

[基金项目] 2022年成都市医学科研课题(2022670)
[通信作者] 张玉霖,E-mail:380022640@qq.com

[9] Kang T, Park SY, Lee SH, et al. Spinal epidural abscess successfully treated with biportal endoscopic spinal surgery[J]. Medicine (Baltimore),2019,98(50):e18231. doi:10.1097/MD.0000000000018231.
[10] Kayierhan A, Haibier A, Aisaiti A, et al. Retrospective analysis of the efficacy and safety of endoscopic spinal tuberculosis and brucellosis lesion removal and posterior pedicle lesion removal, bone grafting, internal fixation and surgery combined with medical chemotherapy in the treatment of spinal tuberculosis and brucellosis[J]. Infect Drug Resist,2024,17:3643-3656. doi:10.2147/IDR.S472558.
[11] 任伟剑,刘 军,王洪伟,等.经皮椎间孔镜治疗腰椎硬膜外脓肿的疗效分析[J].局解手术学杂志,2020,29(6):465-469. doi:10.11659/jjssx.02E020061.
[12] Wu T, Liu D, Meng FH, et al. Full-endoscopic transforaminal debridement and decompression for brucellar thoracic spinal epidural abscess: a minimally invasive alternative to open surgery[J]. Orthop Surg, 2024,16(6):1480-1486. doi: 10.1111/os.14051.
[13] 王 杰,张 强.布鲁氏菌性脊柱炎诊断和治疗研究进展[J].中国矫形外科杂志,2021,29(14):1304-1307. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.13.
[14] Chen Y, Yao S, He WQ, et al. The application of surgical treatment in spinal brucellosis[J]. Asian J Surg, 2021, 44(5): 790-791. doi: 10.1016/j.asjsur.2021.03.007.
[15] Na P, Mingzhi Y, Yin X, et al. Surgical management for lumbar brucella spondylitis: posterior versus anterior approaches[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(21): e26076. doi: 10.1097/MD.0000000000026076.
[16] 杨新明,孟宪勇,张 瑛,等.手术治疗胸腰椎布鲁杆菌性脊柱炎[J].中国脊柱脊髓杂志,2012,22(7):600-606. doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2012.07.05.
[17] 杨新明,贾永利.布氏杆菌性脊柱炎术后复发危险因素的回归分析[J].中华骨与关节外科杂志,2018,11(9):677-682. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2018.09.008.
[18] 张良民,刘明永,范伟力,等.侧后路椎间孔镜手术相关并发症及预防措施[J].局解手术学杂志,2017,26(10):746-749. doi:10.11659/jjssx.09E017025.

(编辑:刘 艺)

radiology with different seniorities using four methods [diagnosed by physicians independently (group A), diagnosed by physicians combined with physical examination information annotation (group B), diagnosed by physicians under the assistance of AI (group C), and diagnosed by physicians combined with physical examination information annotation under the assistance of AI (group D)]. The diagnostic efficacy and diagnostic time of two radiologists using different methods for rib fractures were compared. **Results** The sensitivities of two radiologists with different seniorities in the diagnosis of rib fracture in the group A were lower than those in the groups B, C and D (P<0.05), but there was no significant difference in the sensitivity of rib fracture among groups B, C and D (P>0.05). The diagnostic sensitivity of resident physician in the group A was lower than that of the attending physicians (P<0.05), and there was no significant difference in the diagnostic sensitivity of rib fracture in the other groups between the two physicians (P>0.05). There was no statistically significant difference in the false-positive rate of rib fractures among groups between two physicians (P>0.05). There was statistically significant difference in the diagnostic time among groups between two physicians (P<0.05), among which group A took the longest diagnosis time and group C took the shortest. **Conclusion** The assistance of AI and conbinatin of physical examination information annotation can increase the sensitivity of the physician in the diagnosis of rib fractures, shorten the diagnostic time and improve the work efficiency.

Keywords: rib fractures; multi-slice spiral CT; artificial intelligence; physical examination information annotation; diagnosis

临床中肋骨骨折十分常见,是胸部外伤患者最常见的骨性损伤,约占胸部外伤的50%[1-3]。随着多层螺旋CT的广泛应用,肋骨骨折诊断准确率显著提高[3-6]。然而,肋骨CT检查所产生的图像数量较多,薄层图像多达数百幅,此外因双侧肋骨呈斜行走向,不在同一平面,判断肋骨骨折需要逐肋、逐侧连续观察,诊断过程繁琐且耗时,不利于放射医师的诊断工作,一些断端无明显错位的肋骨骨折仍有着较高的漏诊率[4-5]。有研究显示,通过查体信息备注或体表压痛点标记可减少肋骨骨折漏诊及缩短诊断时间,但相关研究较少[7-8]。近年来,人工智能(artificial intelligence,AI)辅助诊断技术逐步应用于临床,在肋骨骨折诊断方面展现出良好的应用效果[9]。本研究旨在探讨查体信息备注联合AI辅助诊断技术在CT诊断肋骨骨折中的应用价值,评估其临床应用的可行性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集我院2021年6月至2023年6月备注有查体信息的胸部外伤行肋骨CT检查的100例患者的临床资料。其中男62例,女38例;年龄17~78岁,平均(45.63±14.19)岁。纳入标准:①有明确胸部外伤史,首次肋骨CT检查在伤后2 d内完成;②神志清楚,无交流障碍,配合查体;③AI软件(上海联影医疗科技有限公司,uAI-BoneCare)能成功计算结果;④伤后2个月内复查肋骨CT。排除标准:①肋骨肿瘤或病理性骨折;②胸廓先天畸形;③图像质量差,无法进行诊断。

1.2 检查方法

采用64层螺旋CT机扫描,患者取仰卧位,双臂上举或置于身旁,吸气后屏气状态下对所有肋骨进行扫描。扫描参数:管电压120 kV,管电流100~300 mA,层厚及层距5 mm,原始图像采用1.25 mm薄层重建。

1.3 诊断方法

1.3.1 诊断分组 由放射科2名不同年资医师(1名具有2年诊断经验的低年资住院医师及1名具有8年诊断经验的高年资主治医师)分别采用以下4种方法对纳入病例的首次CT图像进行阅片分析,对肋骨情况进行评估,包括有无骨折、骨折部位、骨折数量等,同时记录诊断用时。为消除记忆影响,每种诊断方法时间间隔1个月以上。根据诊断方法的不同分为A组(隐藏患者查体信息备注,医师独立分析进行诊断)、B组(医师结合患者查体信息备注进行诊断)、C组(隐藏患者查体信息备注,医师在AI辅助下综合分析进行诊断)、D组(医师在AI辅助下结合患者查体信息备注综合分析进行诊断)。

1.3.2 肋骨骨折诊断标准 所有CT图像由2名具有15年以上诊断经验的放射科副主任医师根据患者查体信息备注并结合AI辅助共同阅片分析,以伤后2个月内复查CT出现拟诊骨折处出现断端移位、骨痂生长或密度增高视为肋骨骨折。

1.4 观察指标

记录各种方法诊断肋骨骨折的敏感度、假阳性率、诊断用时。敏感度=真阳性骨折数/(真阳性骨折数+假阴性骨折数)×100%。假阳性率=假阳性骨折数/(真阳性骨折数+假阳性骨折数)×100%。因本研究无法计数真阴性,故假阳性率以此方法计算。

1.5 统计学分析

所有数据经SPSS 24.0统计学软件进行分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用t检验;计数资料以频数或率(%)表示,采用χ^2检验。以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

根据骨折参考标准，本组100例患者确认肋骨骨折461处。基于A、B、C、D 4种诊断方法，住院医师分别准确诊断出骨折391、447、451、454处，误诊2、1、7、7处；主治医师分别准确诊断出骨折414、450、453、455处，误诊1、1、6、6处。

2名不同年资放射科医师对肋骨骨折诊断敏感度A组低于B、C、D组（$P<0.05$），但B、C、D组肋骨骨折诊断敏感度组间两两比较差异均无统计学意义（$P>0.05$）；住院医师A组诊断敏感度低于主治医师（$P<0.05$），2名医师其余组间肋骨骨折诊断敏感度两两比较差异均无统计学意义（$P>0.05$）。

2名医师对肋骨骨折假阳性率各组间两两比较差异均无统计学意义（$P>0.05$）。

2名医师各组间诊断用时比较差异具有统计学意义（$P<0.05$），其中A组诊断用时最长，C组用时最短，见表1。

表1 不同年资医师4种方法诊断结果

组别	住院医师			主治医师		
	敏感度(%)	假阳性率(%)	诊断用时(s)	敏感度(%)	假阳性率(%)	诊断用时(s)
A组	84.82	0.51	263.03±35.58	89.80▲	0.24	241.43±26.84
B组	96.96*	0.22	228.61±27.31*#	97.61*	0.22	203.56±22.29*#
C组	97.83*	1.53	168.85±26.92*#	98.26*	1.31	152.85±20.52*#
D组	98.48*	1.52	191.14±26.86*#△	98.70*	1.30	177.50±21.00*#△

*：与A组比较，$P<0.05$；#：与B组比较，$P<0.05$；△：与C组比较，$P<0.05$；▲：住院医师比较，$P<0.05$

3 讨论

肋骨骨折是胸部创伤中常见的骨损伤，主要通过影像学检查确诊[4-5]。多层螺旋CT扫描速度快、图像分辨率高，且可进行多种后处理重建[5,10-11]，是目前诊断肋骨骨折最常用的方法。但肋骨多层螺旋CT扫描时所产生的图像数量较多，其薄层图像有300~500幅，放射科医师需要大量反复阅片，极易产生视觉疲劳，造成漏诊[7,12]。近年来，AI辅助诊断技术逐步应用于临床，相关研究显示，AI辅助诊断能有效提高肋骨骨折的诊断效率[13-19]。此外，因肋骨骨折多伴有疼痛等临床体征，也有学者提出，结合患者临床查体信息备注及应用体表压痛点标记法可提高肋骨骨折诊断准确率[7-8]。

本研究4种诊断方法中，A组中医师独立诊断肋骨骨折的敏感度最低，与既往研究一致[15,17]；B组得益于查体信息备注，医师在对体征阳性重点区域仔细观察后可发现部分漏诊的骨折，这与顾玉兰等[7]研究结果一致。祝永刚等[8]研究显示，应用体表压痛点标记法可明显提高肋骨隐匿性骨折检出率。但体表压痛点标记法存在一定局限性，若标记物选择密度过高会产生放射状伪影，密度过低或标记物过小则无法显示而失去标记作用。本研究结果显示，与结合查体信息备注相比，医师在AI辅助下新发现的骨折均为多发骨折病例中的细微骨折，分析原因为医师发现体征阳性区域一处或多处骨折后可能疏于观察，从而导致部分细微骨折漏诊，而AI辅助诊断能够对任一区域的异常进行无差别、快速自动检测[13-19]，较人工诊断具有显著优势；而医师结合查体信息备注并在AI辅助下新发现的骨折均为极其细微的骨折，可能是AI未能识别，医师在对体征阳性重点区域反复仔细阅片并结合多种后处理重建技术后得以确诊，这说明AI辅助诊断仍有待进一步优化[13-17]。

实际工作中，因诊断经验或诊断水平不同，往往会出现不同医师对同一患者同一次CT检查结果做出不同诊断的情况，给患者造成困扰，可能增加医疗纠纷的风险[4,20]。本研究中住院医师独立诊断肋骨骨折的敏感度低于主治医师，在结合查体信息备注和/或AI辅助后住院医师及主治医师的诊断敏感度均得以提高，与既往研究结果一致[15,19]。这说明结合查体信息备注和/或AI辅助诊断可提高肋骨骨折诊断的敏感度，减少因骨折诊断结果不一致带来的影响，减少或避免医疗纠纷，具有重要临床意义。本研究中医师结合查体信息备注和/或AI辅助对肋骨骨折诊断的敏感度无统计学差异，说明医师在查体信息备注和/或AI辅助下对肋骨骨折的诊断效果相近。鉴于我国不同地区、不同等级医院软硬件配置水平不一，多数医院并未配备AI辅助诊断系统，对于未能配备AI辅助诊断系统的医疗机构，可采用查体信息备注的方法，从而提高肋骨骨折诊断的敏感度。

本研究在诊断用时方面，结合患者查体信息备注后，两名医师的诊断时间均不同程度缩短，且在AI辅助下诊断时间缩短更明显，与既往研究结果一致[9]。原因在于AI不仅可对肋骨骨折进行识别和标记，还可同时标注肋骨序数，自动生成诊断报告等，从而显著缩短了医师的诊断用时。本研究发现，医师联合查体信息备注在AI辅助下诊断耗时较单独应用AI辅助诊

断长。原因可能是部分极其细微的骨折,AI未能识别,而查体信息备注提示局部疼痛时,医师需耗时对体征阳性重点区域再次反复仔细阅片,因而诊断用时增加;同时,对部分AI提示的位于阳性体征区域以外的骨折,需耗时对其进行人工复核及报告修正等。我们认为,对AI辅助诊断结果进行人工复核是有必要的。既往研究显示,AI辅助参与诊断的假阳性率高于无AI参与[15,17],但本研究中是否有AI辅助诊断的方法间假阳性率无统计学差异,可能与本研究样本量较小有关,是否与AI辅助诊断系统有关后续还需进一步研究。有研究显示,AI通过增加假阳性率以提高病灶检出率,而放射医师对于越来越智能化的AI,有时过于依赖,未对结果进行仔细复核,或将肋骨血管沟、滋养孔等误诊为骨折[18]。这提示在临床诊断过程中医师依然要保持主观能动性,不能完全依赖AI,同时也需加强对AI的针对性训练和学习,从而降低假阳性率。

值得注意的是,本研究中,即使医师联合查体信息备注及AI辅助诊断,仍有极少数肋骨骨折漏诊,漏诊的均为极其细微的骨折,即使通过两名副主任医师反复阅片依然未能被发现,只能通过后续复查发现骨折断端错位或骨痂生长从而明确诊断,与既往报道一致[12]。因此,对可能涉及到医疗纠纷、司法鉴定等需要明确肋骨骨折及其准确数量的情形,复查是很有必要的[12,20]。

本研究存在一定局限性:首先,本研究为回顾性研究,漏诊的病例无法进一步分析;其次,样本量较小,结果可能存在一定的选择性偏倚;此外,查体信息备注仅适用于能清晰感觉并表达疼痛的患者,对于神志不清或对疼痛不敏感的患者,该方法并不可行。

综上所述,医师结合查体信息备注及AI辅助诊断可提高肋骨骨折诊断敏感度,缩短诊断时间,提高工作效率,达到最佳诊断效果。对于没有配备AI辅助诊断系统的医疗机构,查体信息备注作为一种简便易行、经济有效的方法,值得在临床工作中推广应用。

[参考文献]

[1] 沈 旭,朱云柯,张含露,等. 多发肋骨骨折及连枷胸的临床治疗研究进展[J]. 中国胸心血管外科临床杂志,2021,28(7):858-862. doi:10.7507/1007-4848.202012060.

[2] 王伯珉,杨永良,贾宏磊,等. 多发肋骨骨折的治疗进展[J]. 创伤外科杂志,2021,23(12):948-951. doi:10.7507/1007-4848.202012060.

[3] 靳 贺,危朝辉,张 琦,等. 肋骨骨折评分和肋骨评分对创伤性肋骨骨折患者伤情的评估价值及对不良预后事件的预测效能研究[J]. 创伤外科杂志,2023,25(6):437-442. doi:10.3969/j.issn.1009-4237.2023.06.008.

[4] 张光霞,何 英,杨绍光,等. 司法鉴定中肋骨骨折影像诊断符合率影响因素的研究[J]. 中国医药科学,2022,12(20):24-29. doi:10.3969/j.issn.2095-0616.2022.20.007.

[5] 付哲祥,李昌松. 多层螺旋CT的MPR、SSD及VRT重建技术在肋骨骨折中的临床应用[J]. 中国CT和MRI杂志,2021,19(7):164-166. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.07.053.

[6] Liu C, Chen Z, Xu J, et al. Diagnostic value and limitations of CT in detecting rib fractures and analysis of missed rib fractures: a study based on early CT and follow-up CT as the reference standard[J]. Clin Radiol,2022,77(4):283-290. doi:10.1016/j.crad.2022.01.035.

[7] 顾玉兰,李凯明,施蒋巍. 查体信息对CT肋骨骨折报告的初写时间和漏诊率的影响[J]. 影像研究与医学应用,2021,5(22):221-222. doi:10.3969/j.issn.2096-3807.2021.22.105.

[8] 祝永刚,高 升. 体表定位联合螺旋CT后处理技术在隐匿性肋骨骨折中的应用[J]. 齐齐哈尔医学院学报,2020,41(22):2800-2802. doi:10.3969/j.issn.1002-1256.2020.22.009.

[9] 熊 山,陈 博,毛 杰,等. 基于深度学习的计算机辅助诊断系统在肋骨骨折诊断中的应用[J]. CT理论与应用研究,2022,31(5):617-622. doi:10.15953/j.1004-4140.2022.31.05.08.

[10] 张学军,陈亚明,李 猛,等. 高场强MRI联合128层CT三维重建技术在诊断膝关节外伤中的应用效果[J]. 局解手术学杂志,2023,32(2):165-169. doi:10.11659/jjssx.06E022079.

[11] 张 毅,李 繁. CT三维容积重建和X线对诊断肋骨骨折的效能分析[J]. 影像技术,2024,36(5):20-25. doi:10.3969/j.issn.1001-0270.2024.05.004.

[12] 姚 越,杜北珏. 急诊与复查多层螺旋CT对肋骨骨折诊断价值的对比分析[J]. 安徽医药,2019,23(6):1128-1130. doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2019.06.020.

[13] 叶 宇,王 珍,曹长健,等. 人工智能辅助分析CTA影像诊断颅内动脉瘤的临床研究[J]. 局解手术学杂志,2022,31(2):128-131. doi:10.11659/jjssx.10E021022.

[14] Niiya A, Murakami K, Kobayashi R, et al. Development of an artificial intelligence-assisted computed tomography diagnosis technology for rib fracture and evaluation of its clinical usefulness[J]. Sci Rep,2022,12(1):8363. doi:10.1038/s41598-022-12453-5.

[15] 贾春雪,张 彬,吴润泽,等. 基于深度学习的人工智能在肋骨骨折检测中的应用价值[J]. 实用放射学杂志,2020,36(11):1861-1864. doi:10.3969/j.issn.1002-1671.2020.11.039.

[16] Shuhao W, Dijia W, Lifang Y, et al. Assessment of automatic rib fracture detection on chest CT using a deep learning algorithm[J]. Eur Radiol,2022,33(3):1824-1834. doi:10.1007/s00330-022-09156-w.

[17] 刘 想,谢辉辉,许玉峰,等. 人工智能在胸部创伤肋骨骨折CT诊断中应用的初步研究[J]. 上海交通大学学报(医学版),2021,41(7):920-925. doi:10.3969/j.issn.1674-8115.2021.07.012.

[18] 李星宇,雷 禹,黄晓旗,等. 基于AI与人工阅片对肋骨骨折性质诊断价值的比较[J]. 中国医疗设备,2022,37(8):32-36. doi:10.3969/j.issn.1674-1633.2022.08.007.

[19] 梁 洁,孙金磊,李梦远,等. 基于深度学习人工智能辅助系统用于CT检出肋骨新鲜骨折[J]. 中国介入影像与治疗学,2023,20(9):555-560. doi:10.13929/j.issn.1672-8475.2023.09.010.

[20] 洪宗启,裴仁明,汪伟伟. CT三维重建复查在诊断肋骨骨折中的价值及短期最佳复查时间窗的研究[J]. 湖南师范大学学报(医学版),2020,17(1):110-113. doi:10.3969/j.issn.1673-016X.2020.01.033.

(编辑:龙小芬)