doi:10.11659/jjssx.06E022079

·临床研究·

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

张学军[1],陈亚明[1],李 猛[1],王海洋[2] (1.皖北煤电集团总医院影像科,安徽 宿州 234000;2.皖北煤电集团总医院骨关节外科,安徽 宿州 234000)

[摘 要] **目的** 探究高场强 MRI 联合 128 层 CT 三维重建技术诊断膝关节外伤的效果。**方法** 选取我院 77 例膝关节外伤患者,均行高场强 MRI 和 128 层 CT 三维重建检查,以关节镜检查或手术结果作为“金标准”,比较高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独及联合诊断膝关节外伤类型的准确度,并比较两种检查方法单独及联合诊断膝关节骨折类型、骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级的准确度。**结果** 高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断膝关节外伤类型的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$);高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断膝关节骨折类型、半月板损伤分级、骨折部位、韧带损伤分级的准确度均高于二者单独诊断($P<0.05$)。**结论** 高场强 MRI 和 128 层 CT 三维重建技术均为诊断膝关节外伤的可靠方法,二者联合能有效提高对膝关节外伤类型的诊断准确度,且在膝关节骨折类型、骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级的判断方面具有较高的准确性。

[关键词] 膝关节外伤;高场强 MRI;128 层 CT;三维重建;诊断

[中图分类号] R445 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-06-27

Application effect of high-field intensity MRI combined with 128-slice CT three-dimensional reconstruction technique in the diagnosis of knee joint trauma

ZHANG Xue-jun[1], CHEN Ya-ming[1], LI Meng[1], WANG Hai-yang[2] (1. Imaging Department, Wanbei Coal-Electricity Group General Hospital, Suzhou Anhui 234000, China; 2. Department of Bone and Joint Surgery, Wanbei Coal-Electricity Group General Hospital, Suzhou Anhui 234000, China)

Abstract: Objective To investigate the application effect of high-field intensity MRI combined with 128-slice CT three-dimensional reconstruction technique in the diagnosis of knee joint trauma. **Methods** A total of 77 patients with knee joint trauma in our hospital were selected, and all of these patients underwent high-field intensity MRI and 128-slice CT three-dimensional reconstruction examination. Using the arthroscopy or surgical results as the “gold standard” to compare the accuracy of high-field intensity MRI and 128-slice CT three-dimensional reconstruction alone and in combination in diagnosing the type of knee joint injury. And the accuracy of the two methods alone and in combination in diagnosing the knee joint fracture type, fracture site, ligament injury classification and meniscus injury classification were compared. **Results** The accuracy of high-field intensity MRI combined with 128-slice CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis of knee joint injury type was higher than that of the two methods alone ($P<0.05$). The accuracy of high-field intensity MRI combined with 128-layer CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis of knee fracture type, meniscus injury classification, fracture site and ligament injury classification was higher than that of the two methods alone ($P<0.05$). **Conclusion** Both high-field intensity MRI and 128-slice CT three-dimensional reconstruction technique are reliable methods for the diagnosis of knee joint injuries. The combination of the two methods can effectively improve the accuracy of the diagnosis of the knee joint fracture type, fracture site, ligament injury classification and meniscus injury classification.

Keywords: knee joint trauma; high-field intensity MRI; 128-slice CT; three-dimensional reconstruction; diagnosis

膝关节是人体最大、最复杂的关节,在承重、运动方面发挥着重要作用,但其周围软组织较少,在外力作用下易发生损伤,其常见损伤原因包括交通事故伤、扭伤、坠落伤、击打伤等[1-2]。影像学检查是诊断膝关节外伤的重要方法,常用的有 X 射线、CT、MRI 等。由于膝关节结构复杂,其外伤存在多种类型,X 射线检查难以准确显示膝关节外伤情况,尤其对隐匿性骨折的检出率较低,易导致患者错失最佳治疗时机[3]。研究显示,在四肢外伤诊断中,应用 128 层 CT 三维重建技术能获得比 X 射线检查更全面、更准确的结果[4]。此外,高场强 MRI 被证实在膝关节半月板撕裂的诊断中

[通信作者] 陈亚明,E-mail:362923864@qq.com

具有较高的灵敏度、特异度、准确度[5]。但高场强MRI与128层CT三维重建技术联合诊断膝关节外伤的效果目前尚不明确。基于此,本研究重点探究高场强MRI联合128层CT三维重建技术诊断膝关节外伤的应用效果,旨在为临床无创诊断膝关节外伤提供更可靠的方法。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2019年1月至2021年11月就诊于我院的77例膝关节外伤患者,其中男38例,女39例;年龄为25~81岁,平均(49.25±11.83)岁;患肢:左侧38例,右侧39例;BMI为18.7~26.1 kg/m^2,平均(23.15±1.47)kg/m^2;受伤原因:交通事故伤39例,扭伤33例,坠落伤2例,击打伤3例。纳入标准:①因外伤引起膝关节疼痛、肿胀、活动受限;②年龄≥18岁;③单侧、新发损伤;④无CT、MRI检查禁忌;⑤首次发生膝关节损伤;⑥影像资料图像清晰。排除标准:①有膝关节手术史;②患有精神疾病;③处于妊娠期或哺乳期;④患有其他骨关节病。本研究经我院医学伦理委员会审批通过(WBZY-LLWYH-2022-007),患者均知晓本研究,并已签署知情同意书。

1.2 检查方法

CT检查:入院当天检查,仪器为德国西门子Somatom Definition AS$^+$ 64排128层螺旋CT扫描仪。患者取仰卧位,足先进,双膝关节伸直固定,扫描患者整个膝关节。扫描参数:有效管电流120 mA,管电压120 kV,层厚4 mm,螺距0.8,1 mm重建。扫描数据传送至syngo CT Workplace后处理工作站,进行轴位、冠状位、矢状位多平面重建,并进行三维重建。

MRI检查:入院当天检查,仪器为德国西门子Magnetom Verio 3.0T超导磁共振扫描系统,配备膝关节专用线圈。检查时嘱患者将患肢尽量伸直,膝关节外旋10°~15°,对膝关节冠状面、矢状面、横断面进行多序列扫描。T1WI序列扫描参数:TR 306 ms,TE 16 ms,层厚0.35 cm,层距0.035 cm,矩阵320×320;PD序列扫描参数:TR 2 000 ms,TE 31 ms,层厚0.35 cm,层距0.035 cm,矩阵256×256;PDFs序列扫描参数:TR 2 300 ms,TE 32 ms,层厚0.35 cm,层距0.035 cm,矩阵256×192。

1.3 结果判读

由2名资深(5年以上工作经验)影像学医师采用盲法阅片,对膝关节外伤类型、骨折类型、骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级进行判断。当诊断结果有分歧时,通过商讨后给出一致结果。韧带损伤分级[6]:韧带膜微小损伤为1级,韧带部分破裂为2级,韧带完全破裂为3级。半月板损伤分级[7]:半月板损伤未至关节面为Ⅰ级,半月板损伤至关节囊及半月板连接处为Ⅱ级,半月板撕裂、损伤至关节面为Ⅲ级。

1.4 观察指标

以关节镜检查或手术结果作为"金标准",比较高场强MRI、128层CT三维重建单独及联合诊断膝关节外伤类型、膝关节骨折类型、骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级的准确度。

1.5 统计学方法

数据处理采用SPSS 22.0软件,计数资料以率(%)描述,采用χ^2检验。采用组内相关系数(*intra-class correlation coefficient*,*ICC*)评价2名医师诊断膝关节外伤类型结果的一致性,*ICC*<0.4为一致性差,0.4≤*ICC*<0.75为一致性中等,*ICC*≥0.75为一致性好。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 膝关节外伤类型的诊断

本研究共纳入77例膝关节外伤患者,临床综合检查结果为:膝关节骨折66例,韧带损伤56例,半月板损伤44例,关节腔积液77例。高场强MRI与128层CT三维重建联合诊断膝关节外伤类型的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$),见表1。2名医师采用高场强MRI、128层CT三维重建诊断膝关节外伤类型的一致性*ICC*分别为0.812(95% *CI*:0.726~0.903)、0.803(95% *CI*:0.711~0.895),具有较好的一致性。

表1 高场强MRI、128层CT三维重建单独及联合诊断膝关节外伤类型的准确度[例(%)]

诊断方法	膝关节骨折(n=66)	韧带损伤(n=56)	半月板损伤(n=44)	关节腔积液(n=77)	准确诊断(n=77)
128层CT	59(89.39)	51(91.07)	37(84.09)	66(85.71)	64(83.12)
高场强MRI	61(92.42)	54(96.43)	40(90.91)	67(87.01)	67(87.01)
联合诊断	66(100)	56(100)	44(100)	77(100)	77(100)
128层CT与联合诊断准确度对比					χ^2=14.197,P<0.001
高场强MRI与联合诊断准确度对比					χ^2=10.694,P=0.001

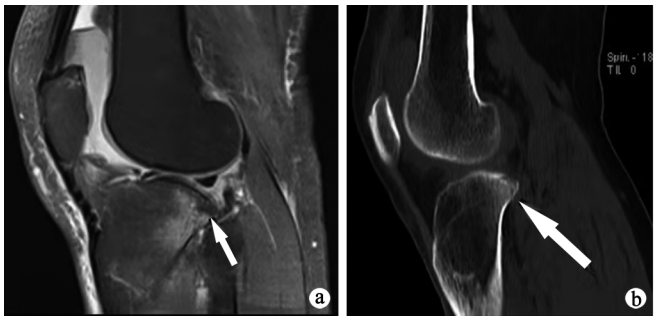
2.2 膝关节骨折类型的诊断

66 例膝关节骨折患者中,2 例为隐匿性骨折,64 例为非隐匿性骨折。高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断膝关节骨折类型的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$),见表 2。不同骨折类型患者影像学资料见图 1~2。

表 2 高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独及联合诊断膝关节骨折类型的准确度[例(%)]

诊断方法	隐匿性骨折($n=2$)	非隐匿性骨折($n=64$)	准确诊断($n=66$)
128 层 CT	1(50.00)	58(90.63)	59(89.39)
高场强 MRI	1(50.00)	59(92.19)	60(90.91)
联合诊断	2(100)	64(100)	66(100)
128 层 CT 与联合诊断对比			$\chi^2=5.431^*$, $P=0.020$
高场强 MRI 与联合诊断对比			$\chi^2=4.365^*$, $P=0.038$

*:2 个格子的理论数 $1\leqslant T<5$,采用校正 χ^2 检验



a:高场强 MRI 可清晰观察到隐匿性骨折;b:128 层 CT 三维重建观察到的隐匿性骨折相对较大 箭头:骨折部位

图 1 隐匿性骨折影像学资料



a:高场强 MRI 能清晰观察到骨折;b:128 层 CT 三维重建能清晰观察到骨折 箭头:骨折部位

图 2 非隐匿性骨折影像学资料

2.3 膝关节骨折部位的诊断

66 例膝关节骨折患者中,胫骨平台骨折 35 例,胫骨髁尖棘骨折和髌骨内外髁骨折各 12 例,胫骨内外髁骨折 7 例。高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断膝关节骨折部位的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$),见表 3。

表 3 高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独及联合诊断膝关节骨折部位的准确度[例(%)]

诊断方法	胫骨平台($n=35$)	胫骨髁尖棘($n=12$)	胫骨内外髁($n=7$)	股骨内外髁($n=12$)	准确诊断($n=66$)
128 层 CT	27(77.14)	8(66.67)	5(71.43)	9(75.00)	49(74.24)
高场强 MRI	28(80.00)	10(83.33)	7(100)	11(91.67)	56(84.85)
联合诊断	35(100)	12(100)	7(100)	11(91.67)	65(98.48)
128 层 CT 与联合诊断对比					$\chi^2=18.468$, $P<0.001$
高场强 MRI 与联合诊断对比					$\chi^2=8.033$, $P=0.005$

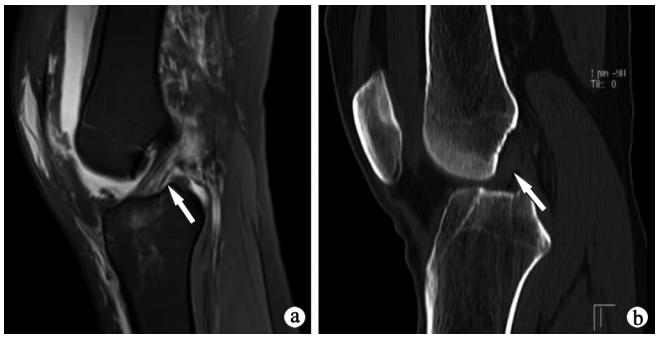
2.4 韧带损伤分级的诊断

56 例韧带损伤患者中 41 例 1 级损伤,10 例 2 级损伤,5 例 3 级损伤。高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断韧带损伤分级的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$),见表 4。不同韧带损伤分级患者影像学资料见图 3~5。

表 4 高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独及联合诊断韧带损伤分级的准确度[例(%)]

诊断方法	1 级($n=41$)	2 级($n=10$)	3 级($n=5$)	准确诊断($n=56$)
128 层 CT	31(75.61)	8(80.00)	4(80.00)	43(76.79)
高场强 MRI	35(85.37)	9(90.00)	5(100)	49(87.50)
联合诊断	41(100)	10(100)	5(100)	56(100)
128 层 CT 与联合诊断对比				$\chi^2=14.707$, $P<0.001$
高场强 MRI 与联合诊断对比				$\chi^2=5.486^*$, $P=0.019$

*:2 个格子的理论数 $1\leqslant T<5$,采用校正 χ^2 检验



a:高场强 MRI 可清晰观察到韧带损伤;b:128 层 CT 三维重建观察韧带损伤相对较困难 箭头:韧带损伤部位

图 3 1 级韧带损伤影像学资料

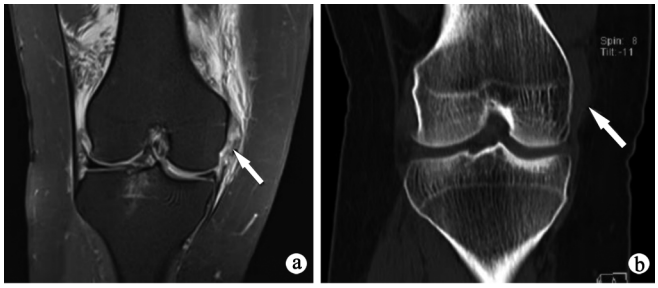
2.5 半月板损伤分级的诊断

44 例半月板损伤患者中 2 例Ⅰ级损伤,35 例Ⅱ级损伤,7 例Ⅲ级损伤。高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断半月板损伤分级的准确度高于二者单独诊断($P<0.05$),见表 5。不同半月板损伤分级患者影像学资料见图 6~8。



a:高场强 MRI 可清晰观察到韧带损伤;b:128 层 CT 三维重建观察韧带损伤相对较困难 箭头:韧带损伤部位

图 4 2 级韧带损伤影像学资料



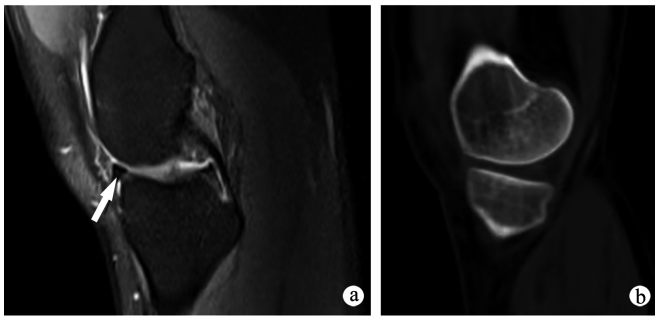
a:高场强 MRI 可清晰观察到韧带损伤;b:128 层 CT 三维重建观察韧带损伤相对较困难 箭头:韧带损伤部位

图 5 3 级韧带损伤影像学资料

表 5 高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独及联合诊断半月板损伤分级的准确度[例(%)]

诊断方法	Ⅰ级 ($n=2$)	Ⅱ级 ($n=35$)	Ⅲ级 ($n=7$)	准确诊断 ($n=44$)
128 层 CT	1(50.00)	25(71.43)	7(100)	33(75.00)
高场强 MRI	2(100)	29(82.86)	7(100)	38(86.36)
联合诊断	2(100)	35(100)	7(100)	44(100)
128 层 CT 与联合诊断对比				$\chi^2=12.571$, $P<0.001$
高场强 MRI 与联合诊断对比				$\chi^2=4.472^*$, $P=0.035$

*:2 个格子的理论数 $1\leqslant T<5$,采用校正 χ^2 检验



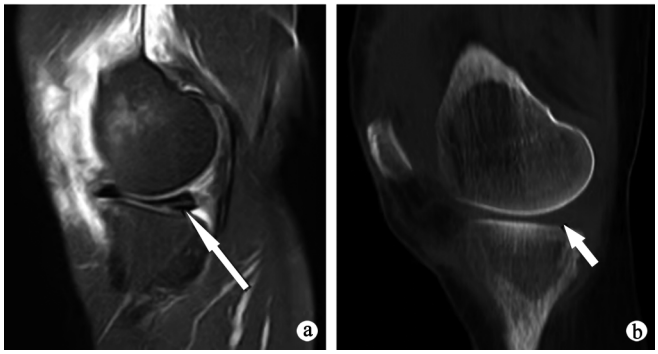
a:高场强 MRI 可清晰观察到半月板损伤;b:128 层 CT 三维重建观察半月板损伤相对较困难 箭头:半月板损伤部位

图 6 Ⅰ级半月板损伤影像学资料



a:高场强 MRI 可清晰观察到半月板损伤;b:128 层 CT 三维重建观察半月板损伤相对较困难 箭头:半月板损伤部位

图 7 Ⅱ级半月板损伤影像学资料



a:高场强 MRI 可清晰观察到半月板损伤;b:128 层 CT 三维重建观察半月板损伤相对较困难 箭头:半月板损伤部位

图 8 Ⅲ级半月板损伤影像学资料

3 讨论

膝关节外伤可引起膝关节疼痛、肿胀、活动受限,尽早诊断并给予有效治疗是恢复患者膝关节功能的关键环节[8]。本研究结果显示,膝关节外伤包括膝关节骨折、韧带损伤、半月板损伤、关节腔积液,说明膝关节外伤类型多样复杂,而不同损伤类型的治疗方法存在明显差异,因此,早期准确判断膝关节外伤类型非常重要。

目前临床诊断膝关节外伤以关节镜检查或手术结果作为“金标准”,但二者属于有创检查,临床应用存在一定局限性[9-10]。CT 和 MRI 是目前较先进的无创检查技术,均可获得清晰的影像学图像,且操作简单、可重复性强,已广泛应用于膝关节外伤的诊断、术前评估、疗效判定等方面。本研究结果显示,高场强 MRI、128 层 CT 三维重建单独诊断膝关节外伤类型的准确度分别为 87.01%、83.12%,与国内相关研究[11]报道结果相近,进一步说明高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建技术均为诊断膝关节外伤的可靠方法,且高场强 MRI 的诊断准确度更高。但 CT 和 MRI 检查也存在各自的不足,如 128 层 CT 三维重建虽然能全面显示损伤情况,但对隐匿性骨折的检出率相对较低,而高场强 MRI 虽然能发现细微关节损伤,但难以全面显示关节

损伤情况,因此两种方法均存在一定漏诊的可能[12-13]。本研究结果还显示,高场强 MRI 与 128 层 CT 三维重建联合诊断膝关节外伤类型的准确度高达 100%,可明显提高诊断准确度,这是因为两种方法联合应用能互相弥补不足之处,为临床诊断膝关节损伤情况提供更准确、更全面的信息,从而提高诊断准确度。

膝关节骨折包括隐匿性骨折和非隐匿性骨折。本研究发现,高场强 MRI 诊断膝关节骨折类型的准确度为 90.91%,高于 128 层 CT 三维重建,这是因为对于透亮度低的骨折平面,采用 CT 检查难以充分显示,且 CT 检查对关节周围的软组织显影欠佳,会造成其检测隐匿性骨折时存在一定漏诊的可能,而 MRI 能多方位、多序列成像,可观察到细微骨损伤,从而有效提高隐匿性骨折检出率[14-15]。但也有研究指出,多层螺旋 CT 三维重建技术诊断膝关节隐匿性骨折的准确度明显高于 MRI,且能更好地显示患者骨折和骨髓水肿情况[16]。本研究结果与这一结论存在一定差异,其原因可能与 MRI 仪器型号、阅片者临床经验不同有关。朱永斌等[17]的研究显示,对于膝关节隐匿性骨折患者,采用 MRI 的诊断效能明显高于多层螺旋 CT 三维重建。张朝阳等[18]也认为,高场强 MRI 诊断膝关节隐匿性骨折的准确度明显高于多层螺旋 CT 三维重建。本研究发现高场强 MRI 联合 128 层 CT 三维重建诊断膝关节骨折类型的准确度为 100%,同时二者联合诊断在膝关节骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级的诊断方面均获得了较高的准确度,其原因在于 MRI 软组织分辨率更高,CT 具有高空间分辨率,两种方法联合能更清晰、更准确地进行韧带损伤分级和半月板损伤分级,可为临床判断骨折类型、骨折部位以及韧带、半月板损伤情况等提供可靠的参考依据,在术前制定治疗方案中具有重要指导意义。

综上,采用高场强 MRI 和 128 层 CT 三维重建技术均能准确诊断膝关节外伤类型,两种方法联合应用能有效提高诊断准确度,且在膝关节骨折类型、骨折部位、韧带损伤分级、半月板损伤分级的判断方面均具有较高的准确度。

[参考文献]

[1] Tayfur B, Charuphongsa C, Morrissey D, et al. Neuromuscular function of the knee joint following knee injuries: does it ever get back to normal? A systematic review with meta-analyses[J]. Sports Med, 2021, 51(2): 321 - 338. doi: 10.1007/s40279 - 020 - 01386 - 6.

[2] 谭 瑞. 高场强 MRI 检查诊断膝关节损伤的临床价值[J]. 医疗装备, 2020, 33(24): 15 - 16. doi: 10.3969/j.issn.1002 - 2376.2020.24.007.

[3] 李 强, 岳军艳, 李 正, 等. 64 排 CT 三维重建技术在膝关节骨折诊疗中的应用价值[J]. 生物医学工程学进展, 2020, 41(1): 33 - 35. doi: 10.3969/j.issn.1674 - 1242.2020.01.008.

[4] 曹春腾. 联影 64 排 128 层螺旋 CT 三维重建技术在四肢外伤诊断中的应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(11): 104 - 105.

[5] 梅毅军. 高场强磁共振诊断膝关节半月板撕裂的临床应用[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(5): 79 - 80.

[6] Logerstedt DS, Scalzitti D, Risberg MA, et al. Knee stability and movement coordination impairments: knee ligament sprain revision 2017 [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2017, 47(11): A1 - A47. doi: 10.2519/jospt.2017.0303.

[7] BASK Meniscal Working Group. National consensus on the definition, investigation, and classification of meniscal lesions of the knee[J]. Knee, 2018, 25(5): 834 - 840. doi: 10.1016/j.knee.2018.06.001.

[8] Levene R, Fein DM, Grossman JP. Knee trauma[J]. Pediatr Rev, 2022, 43(1): 54 - 57. doi: 10.1542/pir.2021 - 004991.

[9] 易俊涛. 探究磁共振成像(MRI)检查在膝关节损伤诊断中的应用效果[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(18): 90 - 92. doi: 10.3969/j.issn.2096 - 3807.2020.18.044.

[10] Li Z, Ren S, Zhang X, et al. Deep learning-based image feature with arthroscopy-aided early diagnosis and treatment of meniscus injury of knee joint[J]. J Healthc Eng, 2021: 2254594. doi: 10.1155/2021/2254594.

[11] 苏鹏飞. MRI 与 16-MSCT 扫描在膝关节外伤诊断中的比较分析[J]. 黑龙江中医药, 2019, 48(6): 139 - 140.

[12] Ciliberti FK, Guerrini L, Gunnarsson AE, et al. CT- and MRI-based 3D reconstruction of knee joint to assess cartilage and bone[J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(2): 279. doi: 10.3390/diagnostics12020279.

[13] Porrino J, Wang A, Kani K, et al. Preoperative MRI for the multiligament knee injury: what the surgeon needs to know[J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2020, 49(3): 188 - 198. doi: 10.1067/j.cpradiol.2019.02.004.

[14] 杨军港, 张钟元, 徐梓耀, 等. DR 与 CT 对急性膝关节损伤的诊断价值对比研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(3): 168 - 170. doi: 10.3969/j.issn.1672 - 5131.2021.03.056.

[15] 曲 冰, 姜 晔, 赵 旭, 等. 磁共振成像、多层螺旋 CT 检查对成人外伤性膝关节损伤的诊断价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(5): 151 - 153. doi: 10.3969/j.issn.1672 - 5131.2021.05.048.

[16] 丘武应, 姚文虹, 钟丽珍, 等. MSCT 三维重建与 MRI 在膝关节隐匿性骨折中的诊断价值[J]. 海南医学, 2020, 31(8): 1021 - 1024. doi: 10.3969/j.issn.1003 - 6350.2020.08.021.

[17] 朱永斌, 朱正阳. MSCT 三维重建及 MRI 诊断膝关节隐匿性骨折临床价值研究[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(12): 111 - 112. doi: 10.3969/j.issn.2096 - 3807.2021.12.055.

[18] 张朝阳, 赵瑞峰, 李华兵, 等. 高场强磁共振应用于膝关节隐匿性骨折诊断的临床意义[J]. 影像技术, 2019, 31(3): 41 - 43. doi: 10.3969/j.issn.1001 - 0270.2019.03.14.

(编辑:魏 源)