

• 临床研究 •

CT 影像及 X 线片 ABC 分型预测股骨头塌陷风险的比较研究

于潼¹ 谢利民^{1△} 张振南¹ 李玉彬¹ 白杨¹

[摘要] **目的:**应用 ABC 分型比较 CT 影像及 X 线片预测股骨头坏死塌陷风险的一致性,探讨是否可用 X 线片代替 CT 影像预测塌陷风险。**方法:**回顾性分析 112 例(183 髋)ARCOⅡ期及以上非创伤性股骨头坏死病例,应用 ABC 分型分别对比分析 X 线片和 CT 影像预测股骨头坏死塌陷风险,比较二者结果的一致性。**结果:**183 髋病例中 142 髋发生塌陷(塌陷率为 77.60%)。应用 CT 影像分型,本组病例中 A 型 1 髋, B 型 16 髋, C 型 3 髋, AB 型 22 髋, BC 型 17 髋, A-C 型 124 髋。应用 X 线片分型,本组病例中 A 型 0 髋, B 型 19 髋, C 型 3 髋, AB 型 19 髋, BC 型 21 髋, A-C 型 121 髋。二者一致性分析结果为二者一致性良好(ICC 系数=0.87, $P<0.05$)。按照塌陷风险合并后,CT 影像分型中无风险 3 髋,低风险 16 髋,中风险 18 髋,高风险 146 髋;X 线片分型中无风险 3 髋,低风险 19 髋,中风险 21 髋,高风险 140 髋;二者一致性分析结果为差异有统计学意义(Kappa 系数=0.76, $P<0.05$)。**结论:**ARCO Ⅱ期及以上股骨头坏死患者 X 线片可清楚显示坏死边界时,可以选择 X 线片应用 ABC 分型方法预测股骨头塌陷风险。

[关键词] 股骨头坏死;ABC 分型;CT 影像;X 线片;预测

[中图分类号] R681.8 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2022)06-0016-05

The Comparison of CT and X-ray in Predicting the Risk of Femoral Head Collapse by ABC Classification

YU Tong¹ XIE Limin^{1△} ZHANG Zhennan¹ LI Yubin¹ BAI Yang¹

¹Guanganmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China.

Abstract Objective: To compare the consistency between CT and X-ray on the prediction of collapse risk on osteonecrosis of the femoral head (ONFH) by ABC classification, and to explore whether X-ray can be used instead of CT to predict the collapse risk. **Methods:** A total of 112 cases (183 hips) with non-traumatic ONFH of ARCO stage Ⅱ and above admitted to hospital were retrospectively analyzed. The risk of femoral head necrosis and collapse was predicted by ABC classification in X-ray and CT images respectively. The consistency between the two methods were compared. **Results:** 142 hips in 183 hips had collapsed, with a collapse rate of 77.60%. ABC classification by CT: type A in 1 case, type B in 16 cases, type C in 3 cases, type AB in 22 cases, type BC in 17 cases and type A-C in 124 cases. ABC classification by X-ray: type A in 0 case, type B in 19 cases, type C in 3 cases, type AB in 19 cases, type BC in 21 cases and type A-C in 121 cases. The results of consistency analysis were ICC coefficient=0.87, $P<0.05$. After combining the cases according to collapse risk, the classification by CT: 3 cases were risk-free group, 16 cases were low-risk group, 18 cases were medium-risk group and 146 cases were high-risk group. The classification by X-ray: 3 cases were risk-free group, 19 cases were low-risk group, 21 cases were medium-risk group and 140 cases were high-risk group. The result of consistency analysis was Kappa coefficient=0.76, $P<0.05$. **Conclusion:** When the necrotic border of patients with ONFH with ARCO stage Ⅱ and above can be clearly visualized in X-ray, X-ray can be selected to predict the risk of femoral head collapse using the ABC typing method.

Keywords: osteonecrosis of the femoral head; ABC typing; CT image; X-ray image; prediction

基金项目:中国中医科学院科技创新工程项目

(C12021A03320)

中国中医科学院广安门医院科研基金课题

(2018S413)

¹ 中国中医科学院广安门医院(北京,100053)

△通信作者 E-mail: drxlm@126.com

股骨头坏死(Osteonecrosis of the Femoral Head, ONFH)是当今骨科领域常见疑难病之一,患病率高,好发于中青年,严重危害人类健康^[1-5]。在股骨头坏死

早期,科学准确地评估塌陷风险,预防股骨头塌陷始终为本病治疗的关键^[6-7]。

笔者前期提出了基于力学承载的 ABC 分型方法预测股骨头坏死塌陷风险^[8],应用该方法建立早期股骨头坏死风险评估预测体系预测塌陷风险准确性高,可靠性强^[9]。该分型方法是基于 CT 或 MRI 影像,而 X 线片快速方便,普适便宜,辐射剂量较低。故本研究选择 ARCO II 期及以上患者,比较应用 CT 影像和 X 线片进行 ABC 分型预测塌陷风险的一致性,探讨是否可用 X 线片代替 CT 影像预测塌陷风险。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

由中国中医科学院广安门医院骨科门诊收集 ARCO 分期 II 期及以上股骨头坏死病例,分别应用 CT 及 X 线片进行 ABC 分型预测股骨头坏死塌陷风险,将二者的预测结果进行一致性分析。

1.2 诊断标准

参照《成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)》中的诊断标准^[10]。参照骨循环研究会 ARCO 分期(2019 修订版)标准将股骨头坏死分为 0~IV 期^[11]。

1.3 纳入标准

符合股骨头坏死的诊断标准;ARCO 分期为 II 期及以上患者;年龄 ≥ 18 岁;拍摄双髋关节 CT 及双髋关节 CR;若病例为未塌陷者,自然病程 ≥ 3 年;患者知情同意。

1.4 排除标准

创伤性股骨头坏死合并其他关节疾病者(如骨肿瘤、类风湿性关节炎、强直性脊柱炎、关节结核、化脓性关节炎等);髋关节严重先天性畸形者;曾行髋关节手术者;合并精神疾病或不合作者。

1.5 方法

1.5.1 CT 扫描方法 扫描仪器为西门子第二代双源 CT 机(SOMATOM Definition Flash, Siemens)。扫描参数为:管电压为 140 kV,自动调节管电流为 90~130 mA,DFOV 为 35.6 cm \times 35.6 cm,扫描层厚为 0.75 mm,重建层厚为 3 mm,常规进行冠状位重建,所获图像以 bmp 格式导出。

1.5.2 X 线片拍摄方法 所有患者均同时拍摄双髋正位+蛙位 X 线片。

1.5.3 ABC 分型方法^[7] 分别选取 CT 冠状位坏死范围最大层面和双髋关节正位片为测量层面,将股骨头最大横径按照 3:4:3 划分为外侧柱、中央柱和内侧柱(见图 1)。根据坏死灶累及股骨头三柱的情况,将股骨头坏死分为 6 型(见图 2):A 型(外侧型)为坏死灶仅累及外侧柱,B 型(中央型)为坏死灶仅累及中央柱,C 型(内侧型)为坏死灶仅累及内侧柱,AB 型(外侧

双柱型)为坏死灶累及外侧柱和中央柱,BC 型(内侧双柱型)为坏死灶累及中央柱和内侧柱,A-C 型(三柱型)为坏死灶累及外侧柱、中央柱和内侧柱(见图 2 和图 3)。

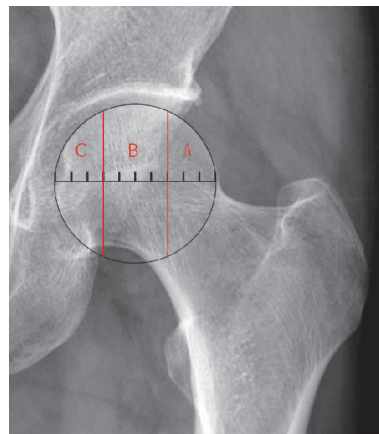


图 1 股骨头 A、B、C 三柱划分示意图

1.6 观察指标

应用 CT 影像及 X 线片进行 ABC 分型,比较二者结果的一致性。CT 影像及 X 线片的测量由两组医生分别进行,彼此不知道对方测量结果。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计软件对数据进行统计处理,采用 Kappa 检验或 ICC 检验分析两种影像学方法应用 ABC 分型结果及塌陷风险分级的一致性,所有统计检验均采用双侧检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

共 112 例(183 髋)股骨头坏死病例纳入研究,其中男 81 例,女 31 例;患者年龄为 22~65 岁,平均为 43 岁;病程为 5~60 个月,平均病程为 48 个月;单髋 41 例,双髋 71 例;激素性股骨头坏死 55 例(占 49.11%),酒精性股骨头坏死 43 例(占 38.39%),特发性股骨头坏死 14 例(占 12.5%);ARCO II 期 64 髋,ARCO III 期 90 髋,ARCO IV 期 29 髋。

2.2 两种影像学方法 ABC 分型结果的一致性分析

应用 CT 影像分型,本组病例中 A 型 1 髋,B 型 16 髋,C 型 3 髋,AB 型 22 髋,BC 型 17 髋,A-C 型 124 髋。应用 X 线片分型,本组病例中 A 型 0 髋,B 型 19 髋,C 型 3 髋,AB 型 19 髋,BC 型 21 髋,A-C 型 121 髋。由于 A 型病例本身较为少见,此次病例中 X 线片分型未包含 A 型病例,故无法应用 Kappa 检验,仅应用 ICC 检验,ICC 系数=0.87, $P < 0.05$ (见表 1)。

2.3 两种影像学方法不同分型股骨头坏死塌陷情况比较

将 ARCO III 期及以上定义为股骨头坏死塌陷,183 髋股骨头坏死中,塌陷组共计 142 髋,未塌陷组 41

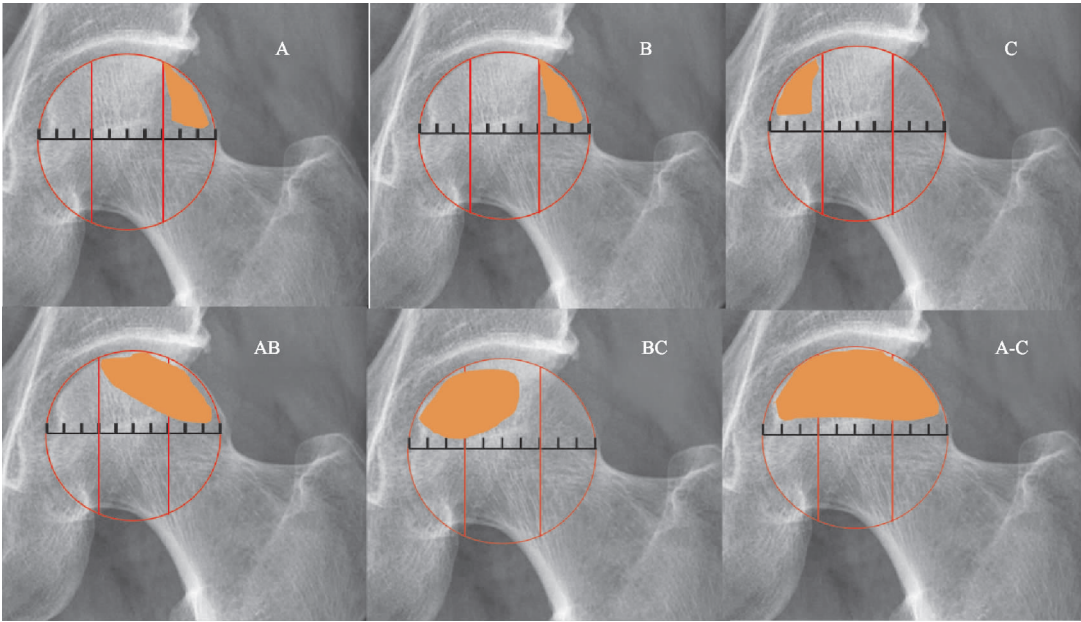


图 2 ABC 分型 CT 影像示意图



图 3 ABC 分型 X 线片示意图

表 1 183 髋股骨头坏死 ABC 分型结果[髋(%)]

CT 影像	X 线片					合计
	B 型	C 型	AB 型	BC 型	A-C 型	
A 型	0	0	1	0	0	1(0.55%)
B 型	12	1	0	0	3	16(8.74%)
C 型	0	2	0	1	0	3(1.64%)
AB 型	3	0	15	1	3	22(12.02%)
BC 型	4	0	0	10	3	17(9.29%)
A-C 型	0	0	3	9	112	124(67.76%)
总计	19(10.38%)	3(1.64%)	19(10.38%)	21(11.48%)	121(66.12%)	183

髋,塌陷率为 77.60%。183 髋股骨头坏死 CT 影像分型中 A 型、B 型、C 型、AB 型、BC 型、A-C 型的股骨头塌陷率分别为 100.00%、12.50%、0.00%、72.73%、52.94%和 91.94%,差异有统计学意义($\chi^2=70.59$, $P<0.001$)。X 线片分型 B 型、C 型、AB 型、BC 型、

A-C 型的股骨头塌陷率分别为 15.79%、0.00%、73.68%、47.62%和 95.04%,差异有统计学意义($\chi^2=84.34$, $P<0.001$)。两种影像学方法分型各型的股骨头坏死塌陷率排序均为 A-C 型>AB 型>BC 型>A 型>B 型>C 型(见表 2)。

表 2 183 髋股骨头坏死 ABC 分型股骨头坏死塌陷情况(髋)

ABC 分型	CT 影像			X 线片		
	塌陷髋	总髋数	百分比/%	塌陷髋	总髋数	百分比/%
A 型	1	1	100.00	0	0	0.00
B 型	2	16	12.50	3	19	15.79
C 型	0	3	0.00	0	3	0.00
AB 型	16	22	72.73	14	19	73.68
BC 型	9	17	52.94	10	21	47.62
A-C 型	114	124	91.94	115	121	95.04
总计	142	183	77.60	142	183	77.60

2.4 两种影像学方法预测股骨头塌陷风险等级的一致性分析

应用 CT 影像分型本组病例中无风险 3 髋,低风险 16 髋,中风险 18 髋,高风险 146 髋;应用 X 线片分型本组病例中无风险 3 髋,低风险 19 髋,中风险 21 髋,高风险 140 髋(见表 3)。对二者预测塌陷风险等级的一致性评价用加权 Kappa 检验,Kappa 系数 = 0.76, $P < 0.05$ 。

表 3 183 髋股骨头坏死风险预测表(髋)

CT 影像	X 线片				合计
	无风险	低风险	中风险	高风险	
无风险	2	0	1	0	3
低风险	1	12	0	3	16
中风险	0	4	10	4	18
高风险	0	3	10	133	146
合计	3	19	21	140	183

3 讨论

ABC 分型方法以生物力学理论为基础,参照股骨头骨小梁的应力分布特点,对股骨头三柱结构分布进行了分析。股骨头内部,以主压力骨小梁及主张力骨小梁为主分布,而对股骨近端的应力试验发现,在生理载荷下,张力骨小梁处应力明显减少,而压力骨小梁为主要应力集中区,提示生理载荷下压力骨小梁为股骨头内的主要承重结构,为主要力学支撑部位,故在三柱划分时是以压力骨小梁的分布界限为依据。对股骨头坏死塌陷部位的特点分析可发现股骨头近端的前外侧为股骨头塌陷的好发部位,此处即主要压力骨小梁分布较为稀疏的部位,亦提示压力骨小梁在股骨头内承重的重要作用。据此,笔者前期以主压力骨小梁为划分依据确定股骨头的外侧柱、中间柱及内侧柱,并在此基础上提出了基于生物力学承载的股骨头坏死分型方法——ABC 分型。股骨头坏死发生塌陷的部位往往在应力集中的位置,坏死组织交界处最易发生应力集中^[12-13],为股骨头坏死后的力学薄弱点,故 ABC 分型选取了 CT 或 MRI 冠状位坏死最大层面为划分层面。

鉴于 MRI 检查价格较为昂贵且检查耗时较长,CT 检查辐射剂量较大,且 ABC 三柱的划分依据是基于 X 线片确定的,故本研究应用 X 线片双髋正位片,以 CT 冠状位最大层面为对比,对二者的 ABC 分型结果一致性进行比较分析,探讨是否可用省时且费用较低的 X 线片代替 MRI 或 CT 影像,对 ARCO II 期及以上患者进行 ABC 分型预测塌陷风险,结果显示:用 CT 影像分型,本组病例中 A 型 1 髋,B 型 16 髋,C 型 3 髋,AB 型 22 髋,BC 型 17 髋,A-C 型 124 髋;用 X 线片分型,本组病例中 A 型 0 髋,B 型 19 髋,C 型 3 髋,AB 型 19 髋,BC 型 21 髋,A-C 型 121 髋。ICC 检验结果为 ICC 系数 = 0.87, $P < 0.05$ 。一般认为 ICC < 0.4

表示信度较差,>0.75 表示信度良好^[14],故 X 线片与 CT 影像 ABC 分型结果的一致性良好。X 线片分型中未见 A 型病例,CT 影像分型为 B 型的 16 髋中 X 线片同样诊断为 B 型的为 12 髋(符合率为 75.00%),C 型的 3 髋中 X 线片同样诊断为 C 型的为 2 髋(符合率为 66.67%),AB 型的 22 髋中 X 线片同样诊断为 AB 型的为 15 髋(符合率为 68.19%),BC 型的 17 髋中 X 线片同样诊断为 BC 型的为 10 髋(符合率为 58.82%),A-C 型的 124 髋中 X 线片同样诊断为 A-C 型的为 112 髋(符合率为 90.32%),总体符合率为 82.51%。而本研究主要目的为观察 X 线片是否可以替代 CT 检查预测股骨头坏死后的塌陷风险,且二者预测风险结果均为 A-C 型 > AB 型 > BC 型 > A 型 > B 型 > C 型,故本研究根据股骨头坏死塌陷风险等级将数据合并分类后再次分析,结果为应用 Kappa 检验对二者预测塌陷风险等级的一致性评价,Kappa 系数 = 0.76, $P < 0.05$ 。Kappa 系数值越大说明两种结果越一致,若其 < 0.4 说明缺乏一致性,当其 ≥ 0.75 时说明结果一致性良好^[15],说明 X 线片与 CT 影像 ABC 分型预测股骨头坏死塌陷风险等级一致性良好。

在对分型不一致的股骨头坏死病例回顾性分析过程中发现,出现不一致的原因如下:一是 X 线片反映的是股骨头坏死后的整体状态,当坏死病灶为斜的长条形时,在 X 线片正位片投影较宽,而在 CT 影像单个层面的病灶范围,即便是最大层面也会小于 X 线片正位片投影,即 CT 影像分型的单柱可能为 X 线片分型的双柱甚至三柱,此时应用 X 线片分型结果预测的塌陷风险等级可能会高于 CT 或 MRI,临床应用时需要有充分的认识。二是 CT 为断层扫描,对某些层面硬化囊变区域显示更清晰,而 X 线片显示的是叠加成像,若囊变或硬化只局限在某些层面,密度变化对比度不够明显时,重叠后坏死边界显示不清,造成分型偏小或无法完成分型(本研究最初共收集的 223 髋股骨头坏死病例中包括了 40 髋病例 X 线片显示病灶边界不清,无法完成分型而未入组)。因此,若 CR 坏死边界显示不清晰时需用 CT 或 MRI 影像分型,而对于 X 线片可清晰显示坏死边界时可用 X 线片完成 ABC 分型预测塌陷风险。综上所述,笔者认为在条件允许时,还是尽可能用 CT 或 MRI 影像分型,以增加预后判断的准确性。

本研究主要是观察分析用 X 线片与 CT 影像进行 ABC 分型结果的差别,单纯考虑影像学检查手段差异对判断股骨头坏死预后的影响,若将股骨头坏死塌陷风险进行多因素综合分析,且结合不同时期股骨头坏死影像学特点综合分析,将进一步提高股骨头坏死塌陷风险预测的准确性。

在日常门诊工作中,选择 X 线片应用于 ABC 分型方法预测 ARCO II 期及以上患者股骨头塌陷风险不失为一种简便快捷的方法,与 CT 和 MRI 影像判断的结果基本一致,但必须要求 X 线片可清晰显示坏死灶边界。

参考文献

- [1] 中国医师协会骨科医师分会骨循环与骨坏死专业委员会,中华医学会骨科分会骨显微修复学组,国际骨循环学会中国区.中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)[J].中华骨科杂志,2020,40(20):1365-1376.
- [2] 郭发启,高彦军,邓敏,等.2008—2018 年中国股骨头缺血性坏死及其保髋治疗研究现状刊文分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2021,36(12):1342-1344.
- [3] 柴乐,丁晓,王斌,等.富血小板血浆联合生物陶瓷系统治疗 ARCO II 期股骨头坏死[J].中国组织工程研究,2022,26(15):2347-2351.
- [4] 鲁齐林,竺义亮,李绪贵,等.3D 导航系统结合髋关节镜引导下髓芯减压植骨术[J].中国中医骨伤科杂志,2019,27(2):77-79.
- [5] 刘子嘉,李莹,崔朋涛,等.miRNA 在股骨头坏死发病机制中的作用研究进展[J].医学综述,2022,28(2):240-245.
- [6] 刘光波,卢强,全琦,等.股骨头骨坏死塌陷预测研究进展[J].解放军医学院学报,2018,39(9):814-818.
- [7] 王爽,范晓飞,张卜天,等.常规 CT 联合虚拟去钙技术诊断早期股骨头坏死的可行性研究[J].临床放射学杂志,2022,41(1):136-140.

- [8] ZHANG Z N, YU T, XIE L M, et al. Biomechanical bearing-based typing method for osteonecrosis of the femoral head: ABC typing[J]. Exp Ther Med, 2018, 16(3): 2682-2688.
- [9] 于潼,谢利民,张振南,等.早期股骨头坏死塌陷风险预测评估体系的临床研究[J].中国骨伤,2021,34(7):617-622.
- [10] 中国医师协会骨科医师分会显微修复工作委员会,中国修复重建外科专业委员会骨缺损及骨坏死学组,中华医学会骨科分会显微修复学组.成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)[J].中华骨科杂志,2016,36(15):945-954.
- [11] YOON B N, MONT M A, KOO K H, et al. The 2019 revised version of association research circulation osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head[J]. J Arthroplasty, 2020, 35(4): 933-940.
- [12] 李伯瑞,赵德伟,覃开蓉,等.带血管蒂髂骨瓣移植治疗股骨头缺血性坏死填充位置的有限元分析[J].中华骨与关节外科杂志,2021,14(4):272-277.
- [13] 刘光波,梅玉倩,马海洋,等.股骨头坏死骨吸收区对股骨头内应力分布及疾病进展的影响[J].中华骨科杂志,2020,40(7):408-409.
- [14] 《药学与临床研究》编辑部.如何正确运用组内相关系数进行一致性检验——药物研究中的统计学(一)[J].药学与临床研究,2018,26(1):7-8.
- [15] 郭轶斌,郭威,秦宇辰,等.基于 Kappa 系数的一致性检验及其软件实现[J].中国卫生统计,2016,33(1):169-170.

(收稿日期:2021-12-08)

(上接第 15 页)

- [4] 王克兢.针灸治疗腰椎间盘突出症临床观察[J].光明中医,2022,37(2):298-300.
- [5] WEI M, LI H, LI Q, et al. Based on network pharmacology to explore the molecular targets and mechanisms of Gegen Qinlian decoction for the treatment of ulcerative colitis[J]. Biomed Res Int, 2020: 5217405.
- [6] 邓德万,王彬,周震,等.针灸治疗腰椎间盘突出症机制研究概况[J].针灸临床杂志,2020,36(1):91-94.
- [7] TANG S, MO Z, ZHANG R. Acupuncture for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis[J]. Acupunct Med, 2018, 36(2): 62-70.
- [8] 肖建斌,项红兵,余守章,等.红外热像图在腰椎间盘突出症中辅助诊断价值的探讨[J].中国现代医学杂志,2007,17(5):586-588.
- [9] 张劭.红外热成像在腰椎间盘突出症诊断中的应用[J].中国卫生标准管理,2019,10(1):123-124.
- [10] RING E F, AMMER K. Infrared thermal imaging in medi-

cine[J]. Physiol Meas, 2012, 33(3): R33-R46.

- [11] 洪定钢,周姬妮,周晓玲,等.基于红外热成像技术探讨腰椎间盘突出症人群的中医体质分布类型及特征[J].红外,2019,40(3):32-36.
- [12] 宋青凤,张斌青,张敏,等.红外热成像在腰椎间盘突出症中医辨证及疗效评价中的价值[J].中国中医骨伤科杂志,2017,25(3):21-24.
- [13] 刘肖瑜,周肃陵,王正.红外热图技术与腰椎间盘突出症中医证型的相关性研究[J].中国中医骨伤科杂志,2008,16(5):10-12.
- [14] 张辉,谷忠悦,杜天龙,等.功能性便秘患者相关经穴红外热温度的比较研究[J].辽宁中医杂志,2018,45(12):2631-2634.
- [15] 应力健,冯鑫鑫,徐永亦,等.偏头痛发作期患者少阳经五输穴、原穴及郄穴红外热像研究[J].上海针灸杂志,2021,40(7):873-876.

(收稿日期:2022-03-10)