

磁共振 SPARCC 评分联合多指标在强直性脊柱炎诊断中的应用研究

银文杰,冯 黎,汤化民,李 娜

成都市中西医结合医院放射科,四川 成都 610041

【摘要】 目的 探讨磁共振成像加拿大脊柱关节炎研究协会 (SPARCC) 评分联合 C 反应蛋白 (CRP)、骨特异性碱性磷酸酶 (BALP)、骨密度 (BMD) 和血沉 (ESR) 在强直性脊柱炎 (AS) 诊断中的价值。**方法** 回顾性分析了 2021 年 5 月至 2024 年 5 月我院收治的 60 例 AS 患者 (达纽约标准) 和 60 例疑似 AS 者 (未达纽约标准) 的临床资料。通过磁共振成像评估 SPARCC 评分,同时检测血清 CRP、BALP 水平,测量腰椎和股骨颈 BMD,以及 ESR 值。比较两组间指标的差异,并分析指标间的相关性。**结果** AS 组的 SPARCC 评分、CRP、BALP 和 ESR 显著高于疑似 AS 组 ($P<0.05$),而腰椎和股骨颈 BMD 显著低于疑似 AS 组 ($P<0.05$)。SPARCC 评分与 CRP、BALP、ESR 呈正相关 ($r=0.236, 0.361, 0.474, P<0.05$),与腰椎和股骨颈 BMD 呈负相关 ($r=-0.309, -0.281, P<0.05$)。SPARCC 评分、CRP、BALP、腰椎 BMD、股骨颈 BMD、ESR 是影响 AS 发生的独立危险因素 ($P<0.05$)。联合检测各指标的 AUC 值最高,为 0.973 (95%CI: 0.948~0.997)。**结论** 磁共振 SPARCC 评分联合 CRP、BALP、BMD 和 ESR 能够显著提高 AS 的诊断准确性,为 AS 的早期诊断和治疗提供了新的参考依据。

【关键词】 强直性脊柱炎;磁共振;SPARCC 评分;C 反应蛋白;骨特异性碱性磷酸酶;骨密度;血沉;联合预测

【中图分类号】 R745.4;R4452

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2026)04-0126-06

Application of magnetic resonance SPARCC scoring combined with multiple indicators in the diagnosis of ankylosing spondylitis YIN Wen-jie, FENG Li, TANG Hua-min, LI Na Department of Radiology, Chengdu Integrated TCM & Western Medicine Hospital, Chengdu 610041, China

【Abstract】 Objective To explore the value of the magnetic resonance SPARCC score combined with C-reactive protein (CRP), bone specific alkaline phosphatase (BALP), bone mineral density (BMD) and erythrocyte sedimentation rate (ESR) in the diagnosis of ankylosing spondylitis (AS). **Methods** Clinical data of 60 AS patients (fulfilled New York criteria) and 60 suspected AS patients (not fulfill New York criteria) between May 2021 and May 2024 were retrospectively analyzed. The SPARCC score was evaluated by magnetic resonance imaging. Serum CRP and BALP levels were detected. Lumbar and femoral neck BMD, and ESR values were measured. The differences in indicators were compared between two groups. The correlation between the indicators was analyzed. **Results** The SPARCC score, CRP, BALP and ESR of the AS group were significantly higher than those of the suspected AS group ($P<0.05$). The BMD of the lumbar spine and femoral neck in the AS group were significantly lower than those in the suspected AS group ($P<0.05$). The SPARCC score was positively correlated with CRP, BALP and ESR ($r=0.236, 0.361$ and $0.474, P<0.05$). It was negatively correlated with lumbar spine and femoral neck BMD ($r=-0.309$ and $-0.281, P<0.05$). SPARCC score, CRP, BALP, lumbar spine BMD, femoral neck BMD and ESR were independent risk factors for the occurrence of AS ($P<0.05$). The AUC value of the joint detection of various indicators was the highest. It was 0.973 (95%CI: 0.948~0.997). **Conclusions** The combination of magnetic resonance SPARCC score with CRP, BALP, BMD and ESR can significantly improve the diagnostic accuracy of AS. This provides new reference for the early diagnosis and treatment of AS.

【Key words】 Ankylosing spondylitis; Magnetic resonance imaging; SPARCC score; C-reactive protein; Bone specific alkaline phosphatase; Bone density; ESR; Joint prediction

强直性脊柱炎 (ankylosing spondylitis, AS) 是一种慢性自身免疫性疾病,主要累及脊柱和骶髂关节,导致疼痛、僵硬和功能障碍^[1]。AS 的发病机制复杂,涉及遗传、免疫和环境等因素^[2]。据最新数据显示,AS 的全球发病率为 0.1%~1.4%,男性多见,发病高峰在 20~40 岁^[3]。尽管 AS 早期症状不典型,但随着病情进展,患者会出现腰背痛、脊柱强直和关节肿胀等症状,严重影响生活质量。目前,AS 的诊断主要依赖于临床表现、影像学检查和实验室检查,但由于早期症状不典型,诊断难度较大,容易导致误诊和漏

诊^[4]。因此,寻找一种准确、可靠且简便易行的早期诊断方法对于 AS 的治疗和预后至关重要。近年来,多指标联合检测在 AS 诊断中的应用逐渐受到关注。加拿大脊柱关节炎研究协会 (spondyloarthritis research consortium of Canada, SPARCC) 评分、C 反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、骨特异性碱性磷酸酶 (bone-specific alkaline phosphatase, BALP)、骨密度 (bone mineral density, BMD) 和血沉 (erythrocyte sedimentation rate, ESR) 等指标在 AS 的诊断和病情评估中显示出一定的价值^[5,6]。目前关于这些指标联合检测在 AS 诊断中的效果和应用的相对较少,且结果存在争议。本研究通过回顾性分析 AS 患者临床资料,探究磁共振 SPARCC 评分联合 CRP、BALP、

BMD、ESR 对 AS 的诊断价值,以期对 AS 的早期诊断和治疗提供新的参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2021 年 5 月至 2024 年 5 月我院收治的 60 例 AS 患者和同期 60 例疑似 AS 患者的临床资料。纳入标准:①AS 患者需满足纽约标准(即骶髂关节 X 射线分级 ≥ 2 级且伴炎性腰背痛、腰椎活动受限等至少 1 项临床标准)^[7];②疑似 AS 患者未达纽约标准但存在炎性腰背痛等临床表现或 MRI 提示骶髂关节骨髓水肿者;③临床资料完整无缺失;④均无 MRI 检查禁忌证;⑤无系统性红斑狼疮、类风湿关节炎、硬皮病、皮炎等结缔组织病;⑥年龄 ≥ 18 周岁。排除标准:①合并感染、恶性肿瘤、重大器官病变者;②入组前半年内有骶髂关节外伤史者;③伴甲状腺、甲状旁腺功能异常等骨代谢相关疾病者;④伴痛风性或类风湿性关节炎等可能引发 AS 者;⑤既往接受过肿瘤坏死因子生物制剂治疗者;⑥入组前半年内服用过影响骨代谢药物者。本研究经医院伦理委员会审批通过。

1.2 方法 本研究采用回顾性方式,无需签署知情同意书。调查医师经统一培训后开展调查,通过电子病例以及纸媒病例等方式收集研究对象临床相关资料,由两名以上研究人员核对信息无误录入。资料包括年龄、性别、体重指数(BMI)、吸烟史、饮酒史、文化程度、收缩压、舒张压、空腹血糖(FPG)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)等。采用 Philips Achieva 3.0 T 超导型 MRI 扫描仪行检查,患者取仰

卧位,依次进行 T1WI、T2WI 及 STIR/FATSAT 序列扫描以全面捕捉骶髂关节炎症信号,扫描范围覆盖双侧关节及邻近结构(上下各延伸 1~2 cm),并通过呼吸训练(如屏气或浅呼吸)减少运动伪影。

1.3 观察指标

1.3.1 磁共振 SPARCC 评分^[8] 在骶髂关节斜冠状位 STIR 序列中,选取显示较好的连续 6 个层面进行评分,示例见图 1。在 SPARCC 评分体系中,每个骶髂关节层面被划分为 4 个象限,针对各象限内的骨髓水肿信号进行独立评分:若存在高信号骨髓水肿,则该象限计 1 分,否则计 0 分。此外,系统进一步评估水肿信号的强度与深度:强度评分通过与同层面髂前静脉信号强度对比确定,当水肿信号强度达到或超过髂前静脉时计 1 分;深度评分则基于水肿病灶向软骨面延伸的垂直距离,若深度超过 1 cm 则计 1 分。SPARCC 总分由三部分构成:范围评分(0~48 分,基于 6 个层面 $\times$ 4 个象限 $\times$ 每个象限最高 2 分)、强度评分(0~12 分,基于 6 个层面 $\times$ 每个层面最高 2 分)及深度评分(0~12 分,基于 6 个层面 $\times$ 每个层面最高 2 分),最终总分范围为 0~72 分。评分环节选拔 3 名具有 5 年以上骶髂关节 MRI 诊断经验的医生,经系统培训(含 SPARCC 标准理论讲解、炎症征象识别实操及健康/病例模拟评分演练)后,对 20 例典型病例进行预评分,采用 Kappa 统计量评估一致性,若 Kappa <0.6 则重新细化评分标准(如明确水肿与血管流空信号的鉴别),最终由两名医生交叉评分,分歧时协商达成一致。

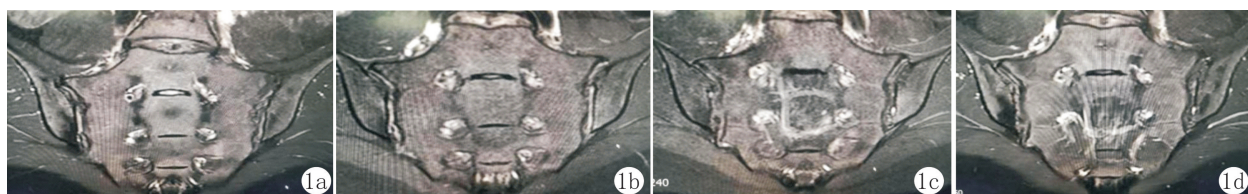


图 1 AS 患者磁共振图 a:双侧骶髂关节面骨质毛糙,局灶骨质水肿,关节间隙假性增宽;b:右侧骶髂关节髂骨面少许骨质水肿,左侧骶髂关节骶骨面骨质模糊;c:双侧骶髂关节面模糊,少许骨质水肿,关节间隙变窄;d:双侧骶髂关节骨质毛糙,右侧骶髂关节髂骨面骨质硬化

1.3.2 CRP、BALP、ESR 检测 抽取患者的空腹静脉血 5 ml,置于抗凝管中。血液样本经过离心静置后,取上层血清。将血清保存于 -20°C 环境下,以备后续测量。其中 CRP、BALP 采用酶联免疫吸附法测量,ESR 采用 Westergren 法测量。

1.3.3 BMD 测量 采用双能 X 射线 BMD 测定仪对患者进行腰椎、股骨颈部位的 BMD 测定。测量前,患者需去除身上可能影响 X 射线穿透的金属物品,如腰带、项链等。患者躺在检查床上,根据设备的指示调整体位。设备会向患者发射两种不同能量的 X 射线,通过测量 X 射线穿透身体后被探测器

接收的强度,计算出 BMD 值。测量过程中,设备会自动校准和调整,以确保测量结果的准确性。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据分析。计数资料以例数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,组间比较采用 t 检验或秩和检验;采用 Pearson 法进行相关性分析;以二元 Logistic 回归分析影响 AS 发生的独立危险因素;建立 ROC 曲线分析各项变量预测 AS 发生的效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组的年龄、性别、BMI、

吸烟史、饮酒史、文化程度、收缩压、舒张压、FPG、TG、HDL 相比,差异无统计学意义($P>0.05$);AS 组的 SPARCC 评分、CRP、BALP、ESR 高于疑似 AS 组,

腰椎 BMD、股骨颈 BMD 低于疑似 AS 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

表 1 两组一般临床资料比较

项目		AS 组($n=60$)	疑似 AS 组($n=60$)	统计量	P
年龄(岁)		31.15±7.28	31.02±7.09	$t=0.025$	0.980
性别[$n(\%)$]	男	46(76.67)	41(68.33)	$\chi^2=1.641$	0.200
	女	14(23.33)	19(31.67)		
BMI(kg/m^2)		22.12±3.34	22.37±3.29	$t=-0.380$	0.704
吸烟史[$n(\%)$]	有	22(36.67)	20(33.33)	$\chi^2=0.178$	0.673
	无	38(63.33)	40(66.67)		
饮酒史[$n(\%)$]	有	16(26.67)	15(25.00)	$\chi^2=0.238$	0.626
	无	44(73.33)	45(75.00)		
文化程度[$n(\%)$]	高中及以下	11(18.33)	13(21.67)	$\chi^2=0.232$	0.630
	高中以上	49(81.67)	47(78.33)		
收缩压(mmHg)		111.75±11.04	112.27±10.20	$t=-0.188$	0.851
舒张压(mmHg)		72.90±6.16	72.58±6.26	$t=0.365$	0.716
FPG(mmol/L)		5.48±1.19	5.60±1.31	$t=-0.797$	0.427
TG(mmol/L)		1.56±0.45	1.63±0.57	$t=-0.244$	0.807
HDL(mmol/L)		1.57±0.38	1.62±0.20	$t=-1.288$	0.200
SPARCC 评分(分)		47.47±13.17	36.25±10.96	$t=6.431$	<0.001
CRP(mg/L)		20.88±4.82	15.98±4.14	$t=6.846$	<0.001
BALP(U/L)		20.83±4.78	15.89±3.13	$t=8.149$	<0.001
腰椎 BMD		1.24±0.35	1.52±0.32	$t=-8.626$	<0.001
股骨颈 BMD		1.02±0.32	1.44±0.42	$t=-6.124$	<0.001
ESR(mm/h)		25.95±7.67	18.90±6.94	$t=23.932$	<0.001

2.2 SPARCC 评分和 CRP、BALP、BMD、ESR 的相关性分析 SPARCC 评分与 CRP、BALP、ESR 呈正相关,与腰椎 BMD、股骨颈 BMD 呈负相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 诊断 AS 的独立影响因素分析 二元 Logistics 回归分析结果显示:SPARCC 评分、CRP、BALP、腰椎 BMD、股骨颈 BMD、ESR 是诊断 AS 的独立影响因素($P<0.05$)。见表 3。

表 2 SPARCC 评分与 CRP、BALP、BMD、ESR 的相关性分析

变量	r	P
CRP	0.236	<0.001
BALP	0.361	<0.001
腰椎 BMD	-0.309	<0.001
股骨颈 BMD	-0.281	<0.001
ESR	0.474	<0.001

表 3 诊断 AS 的 Logistic 回归分析

变量	B	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
SPARCC 评分	0.199	0.044	7.334	0.007	1.126	1.033~1.228
CRP	0.304	0.097	9.847	0.002	1.355	1.121~1.638
BALP	0.434	0.124	12.191	<0.001	1.543	1.210~1.969
腰椎 BMD	-3.376	1.375	6.025	0.014	0.034	0.002~0.506
股骨颈 BMD	-4.101	1.207	11.553	0.001	0.017	0.002~0.176
ESR	0.127	0.058	4.834	0.028	1.136	1.014~1.272
常量	-11.123	4.114	7.308	0.007	-	-

2.4 列线图构建 基于表 3 中独立危险因素构建 AS 的列线图诊断模型,见图 2。本列线图是一种整合多变量临床指标以量化评估 AS 患病风险的预测模型可视化工具。其通过将炎症标志物(ESR、CRP)、骨代谢指标(BALP)、BMD 及影像学评分

(SPARCC)等异构数据,依据回归权重转化为统一尺度的分值(各变量对诊断的贡献度)。各指标分值之和即为总分,对应模型中的线性预测值。最后,通过函数映射将总分转换为直观的 AS 诊断概率(0.1~0.9)。

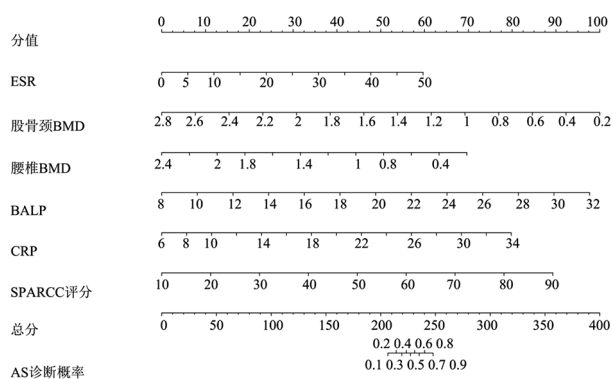


图2 列线图构建

2.5 相关指标及联合诊断 AS 的 ROC 分析 根据二元 Logistic 回归结果, 构建相关诊断模型, 模型公式 = $0.199 \times \text{SPARCC 评分} + 0.304 \times \text{血清 CRP 水平} + 0.43 \times \text{血清 BALP 水平} - 3.376 \times \text{腰椎 BMD} - 4.101 \times \text{股骨颈 BMD} + 0.127 \times \text{血清 ESR} - 11.123$ 。Omnibus 检验 $P < 0.001$, 提示该模型有意义; Hosmer-Lemeshow 检验 $\chi^2 = 6.378$, $P = 0.605 > 0.05$, 提示模型拟合度较好, 同时该模型的预测准确率较高, 为 90.8%。建立 ROC 曲线分析相关指标及联合诊断 AS 价值, 结果显示联合指标检测的 AUC 高于单个指标, 且敏感度和特异性均为最优 ($P < 0.05$)。见图

3、表 4。使用 Bootstrap 法 ($B = 1000$) 对列线图预测模型进行内部验证, 结果表明, 修正偏差后的预测曲线与理想线基本重合, C-index 为 0.945, 表明该模型具有较好的预测能力。该模型的决策曲线显示, 其在阈值概率范围 0.02~0.93, 且表现出净收益率大于 0 的特点, 超过了两条无效线。见图 4、图 5。

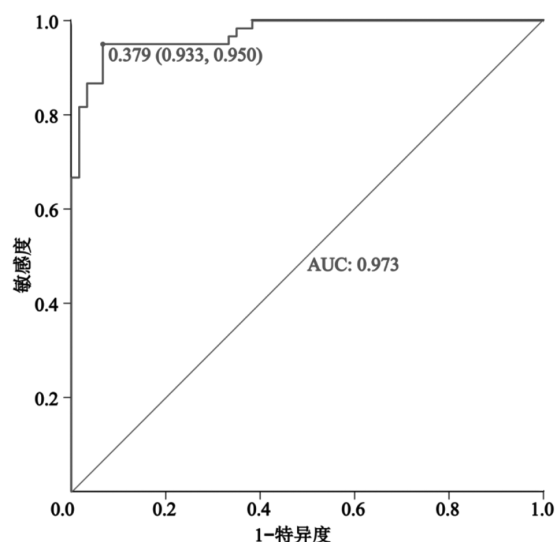


图3 相关指标及联合诊断 AS 的 ROC 曲线图

表4 相关指标及联合诊断 AS 的 ROC 分析

变量	AUC	SE	P	95%CI	cut-off 值	约登指数	敏感度	特异度
SPARCC 评分	0.735	0.045	<0.001	0.647~0.822	42	0.350	0.617	0.733
CRP	0.783	0.041	<0.001	0.703~0.864	18.97	0.450	0.700	0.750
BALP	0.797	0.041	<0.001	0.716~0.877	17.56	0.534	0.717	0.817
腰椎 BMD	0.712	0.046	<0.001	0.621~0.803	1.33	0.333	0.783	0.550
股骨颈 BMD	0.798	0.041	<0.001	0.719~0.878	1.17	0.516	0.783	0.733
ESR	0.751	0.044	<0.001	0.665~0.837	23.03	0.400	0.650	0.750
联合预测	0.973	0.012	<0.001	0.948~0.997	0.3788868	0.883	0.950	0.933

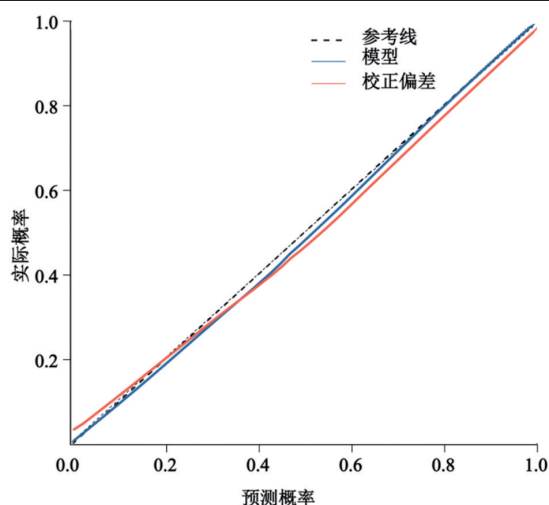


图4 列线图风险预测模型的校准曲线

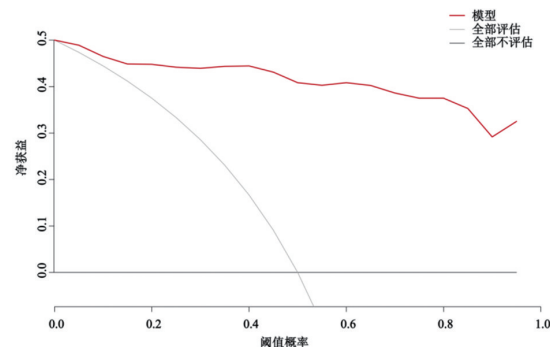


图5 列线图风险预测模型的决策曲线

3 讨论

AS 的主要临床表现为骶髂关节炎和肌腱/韧带与骨连接处附着点炎症, 其起病隐匿, 可能导致较高的致残率, 对患者的生活质量产生严重影响^[9]。

因此,早期识别并开展治疗是遏制 AS 疾病进展、降低致残风险、提高患者生活质量的关键。研究表明,MRI 在 AS 早期诊断中优势显著^[10]。在 AS 骶髂关节炎前期,X 射线和 CT 难以显示的局部组织炎症,如软骨破坏、关节旁水肿、炎症细胞浸润和血管增生等,MRI 均可清晰呈现^[11]。此外,MRI 对骶髂关节和脊柱关节的骨髓水肿、软骨异常改变及骨髓内脂肪沉积的显示效果优于 CT,且能获取人体各方向断面图像,利于病变的三维定位^[12]。磁共振 SPARCC 评分是常用的评估系统,用于量化评估 AS 病情严重程度和进展。它依据 MRI 图像,对骶髂关节的骨髓水肿、关节侵蚀和关节间隙增宽等病变进行评估,以了解病情活动性和进展情况^[13]。赖苑威等研究发现,SPARCC 评分越高,炎症和侵蚀程度越严重,AS 病情活动性越高^[14,15],本研究结果与之相似。

Kim 等指出,炎症在 AS 发病中起核心作用,是病理过程的关键环节。与炎症紧密相关的免疫反应涉及多种物质,包括抗原、细胞因子及受体蛋白,这些物质在炎症介导下相互作用,促进 AS 发生发展^[16]。CRP 是急性期蛋白,机体处于感染等异常状态时水平升高。在 AS 患者中,CRP 水平升高反映炎症活跃,检测 CRP 有助于了解病情活动性和治疗效果^[17]。ESR 是测量红细胞沉降速度的指标,炎症和感染时通常升高,AS 中炎症反应可能导致 ESR 升高。但研究显示,CRP 和 ESR 水平受多种因素影响,如感染、炎症性疾病、自身免疫病等^[18]。而且,早期 AS 患者中二者可能正常或轻度升高,敏感性不高,部分患者还可能因个体差异、疾病严重程度、治疗干预等因素,出现 CRP 和 ESR 水平不升高的情况。鉴于这些局限性,早期 AS 诊断应注重多指标联合检测策略。磁共振 SPARCC 评分作为量化评估工具,可衡量 AS 病情严重程度和进展。本研究通过 Pearson 相关分析验证了 SPARCC 评分与 AS 相关生物标志物的关系。结果显示,SPARCC 评分与 CRP、BALP 和 ESR 呈正相关,与腰椎 BMD 和股骨颈 BMD 呈负相关。这表明,随着 SPARCC 评分增加,AS 患者炎症活动增强,BMD 降低,骨代谢活跃。这一发现不仅支持 SPARCC 评分评估 AS 病情的有效性,还揭示其与炎症和骨代谢的紧密联系。从机制上看,AS 发病与 IL-17/IL-23 - Wnt/DKK-1 轴密切相关。活化的 Th17 细胞分泌 IL-17A/F 及 IL-23,一方面通过 RANKL/RANK 通路促进破骨细胞分化,加速骨吸收,导致 BMD 下降;另一方面刺激成骨细胞前体分泌 Wnt 通路抑制剂,抑制骨形成关键蛋白表达,限制骨形成效率。骨吸收释放的细胞

因子又可进一步激活免疫细胞,形成“炎症-骨破坏-更多炎症”的恶性循环^[19]。本研究中,SPARCC 评分与 CRP 和 ESR 的正相关,反映了炎症在 AS 发病机制中的核心地位,证实了炎症活动与病情进展的密切关联。SPARCC 评分与 BALP 的正相关,可能意味着病情加重时,AS 患者骨形成活动增强,这与炎症介导的骨组织破坏和修复过程有关^[20]。BALP 升高可能反映了机体在炎症刺激下的异常修复/成骨过程,而非健康的骨重建^[21]。但后续还需要结合骨吸收情况来进一步判断。SPARCC 评分与腰椎和股骨颈 BMD 的负相关提示,AS 患者存在骨质疏松风险,这与先前研究结果一致,即 AS 患者 BMD 显著降低,可能与疾病持续活动性相关^[22]。BMD 降低可能与炎症介导的免疫反应导致骨组织破坏有关,增加了患者骨折风险^[23,24]。因此,对于 SPARCC 评分较高的 AS 患者,应特别关注其 BMD 变化,采取必要预防措施降低骨质疏松风险。

本研究还发现,SPARCC 评分、CRP、BALP、腰椎 BMD、股骨颈 BMD 和 ESR 是诊断 AS 的独立危险因素。这意味着在 AS 临床管理中,应综合考虑这些因素,制定个性化治疗方案。对于 SPARCC 评分较高的患者,重点关注其炎症活动和 BMD 变化,采取适当抗炎治疗和骨质疏松预防措施。同时,对其他独立危险因素如 CRP、BALP 和 ESR 等,也应给予足够关注,根据患者具体情况采取相应干预措施。在评估 AS 诊断效能时,本研究采用多指标联合检测策略。结果显示,这些指标联合应用显著提高了诊断准确性和可靠性,AUC 达 0.973,灵敏度和特异性分别为 0.950 和 0.933,优于单一指标测量,表明多指标联合检测在 AS 诊断中价值较高。且使用 Bootstrap 法(B=1000)对列线图预测模型进行内部验证,结果表明,修正偏差后的预测曲线与理想线基本重合,C-index 为 0.945,表明该模型具有较好的预测能力。该模型的决策曲线显示,其在阈值概率范围 0.02~0.93,且表现出净收益率大于 0 的特点,超过了两条无效线。说明该模型更具优势,通过结合 SPARCC 评分、CRP、BALP、BMD 及 ESR 等生物标志物,能为 AS 早期诊断与干预提供依据。

综上,磁共振 SPARCC 评分与 CRP、BALP、ESR 等生物标志物在 AS 的诊断中展现出显著效能。通过多指标联合检测策略,这些指标的联合应用极大地提升了诊断的准确性和可靠性。然而,本研究存在一定局限性。首先,本研究为回顾性设计,缺乏长期随访数据,限制了对疾病发展轨迹与预测模型动态表现的深入了解。其次,样本量有限,且未涵盖不同地域、年龄、性别及疾病阶段的 AS 患者,可

能影响模型的普遍适用性和泛化能力。第三,本研究中定义为“疑似 AS”的对照组,部分入选被试实际上更符合关于非放射学中轴型脊柱关节炎(nr-axSpA)的诊断。因此,本研究的部分结果倾向于对已确诊的放射学阳性 AS(r-axSpA)与 nr-axSpA 患者之间的比较,而非严格意义上的“AS 与非 AS”比较,这可能在解释“诊断 AS”的结论时引入偏差。此外,本研究仅纳入了骨形成标志物 BALP,未能同时检测如 I 型胶原羧基端肽等骨吸收标志物。完整的骨代谢评估需要同时考察骨形成与骨吸收过程,未来研究纳入骨吸收标志物将有助于更全面地揭示 AS 中炎症与骨代谢紊乱的相互作用机制。最后,本研究为单中心研究,诊断模型未进行外部验证。未来研究应扩大样本多样性,采取前瞻性设计,纳入长期随访机制,更全面评估模型诊断效能。

【参考文献】

- [1] 罗凤婷,王毅. 强直性脊柱炎病因及发病机制研究进展[J]. 国际免疫学杂志, 2022, 45(6):6.
- [2] 徐玥珩,桂思语,杨会,等. DNA 甲基化在强直性脊柱炎发病机制中的研究进展[J]. 安徽医科大学学报, 2023, 58(1):170-175.
- [3] 张梦莹,李雪琴,吕坤,等. 强直性脊柱炎患者 HLA-B27 的表达及其临床价值[J]. 皖南医学院学报, 2023, 42(1):50-52.
- [4] 周锐志,李彦磊,钟鑫,等. 强直性脊柱炎患者 MRI 表现与血清 MMP-3、TNF- α 水平的关系[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(3):3.
- [5] 阮汉江,李新武,王鹏,等. 系统免疫炎症指数在强直性脊柱炎中的预测价值研究[J]. 中国免疫学杂志, 2022, 38(4):5.
- [6] 张雷,刘志纯. 骨代谢标志物在强直性脊柱炎疾病活动性和骨折风险评估中的研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2022, 28(12):5.
- [7] 北京中西医结合学会风湿病专业委员会,陶庆文,孔维萍,等. 强直性脊柱炎长期管理专家共识(2021 年)[J]. 中国中西医结合杂志, 2021, 41(12):9.
- [8] 许雅芳,梁建利,马涛涛,等. 磁共振联合血清指标评估强直性脊柱炎活动性[J]. 现代科学仪器, 2023, 40(4):74-78.
- [9] Khan MA, Yong SB, Wei JC. Ankylosing spondylitis: history, epidemiology, and HLA-B27[J]. Int J Rheum Dis, 2023,26(3):413-414.
- [10] Tas NP, Kaya O, Macin G, et al. ASNET: a novel ai framework for accurate ankylosing spondylitis diagnosis from MRI[J]. Bio-medicines, 2023, 11(9):2441.
- [11] 王娟,周守国. DWI、DCE-MRI 及脂肪定量技术在强直性脊柱炎骶髂关节病变活动性评价中的应用价值[J]. 放射学实践, 2023, 38(5):610-614.
- [12] 杨丽勤,朱默,金鹏飞,等. 双能 CT 物质分离技术对强直性脊柱炎骶髂关节骨髓水肿物质变化的定量分析[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(11):2101-2105.
- [13] 马尧,布赫,陈清威,等. 针刺联合督灸治疗早中期强直性脊柱炎及对骶髂关节骨髓水肿的影响[J]. 中国针灸, 2022, 42(9):6.
- [14] 赖苑威,罗宏杰,许军,等. 青壮年活动性骶髂关节强直性脊柱炎 CT 与 MRI 表现及与炎症因子水平相关性研究[J]. 颈腰痛杂志, 2022, 43(6):810-814.
- [15] 林竹强,谢飞跃,王恩行. 定量脊椎骨髓脂肪分数在评估强直性脊柱炎患者疾病活动性的价值研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 21(5):151-153.
- [16] Kim SH, Lee SH. Updates on ankylosing spondylitis: pathogenesis and therapeutic agents[J]. J Rheum Dis, 2023, 30(4):220-233.
- [17] 吴娟,李月,鄢泽然,等. 生活环境因素对强直性脊柱炎发病的影响[J]. 中日友好医院学报, 2022, 36(2):104-106.
- [18] 冀肖健,王一雯,胡立冬,等. C 反应蛋白水平与有薪工作的强直性脊柱炎患者工作能力损失的相关性研究初探:基于脊柱关节炎智能移动管理系统的真实世界数据[J]. 中华内科杂志, 2022, 61(1):5.
- [19] 赵亚男,刘宏潇. 强直性脊柱炎诊断及疾病活动度评价指标的研究进展[J]. 中医学报, 2023, 38(4):733-739.
- [20] Man SL, Dong P, Liu W, et al. Results of flow cytometric detection of gamma-deltaT cells in peripheral blood of patients with ankylosing spondylitis: a pilot study[J]. Physiol Res, 2023, 72(6):819-832.
- [21] Mei J, Hu H, Ding H, et al. Investigating the causal relationship between ankylosing spondylitis and osteoporosis in the European population: a bidirectional Mendelian randomization study [J]. Front Immunol, 2023, 14:1163258.
- [22] 陈斐斐,李哲,李亚楠,等. 强直性脊柱炎继发骨质疏松症的机制研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2022, 28(7):1051-1056.
- [23] Yan F, Wu L, Lang J, et al. Bone density and fracture risk factors in ankylosing spondylitis: a meta-analysis [J]. Osteoporos Int, 2024, 35(1):25-40.
- [24] Sun W, Mu W, Jefferies C, et al. Interaction effects of significant risk factors on low bone mineral density in ankylosing spondylitis [J]. Peer J, 2023, 11:e16448.

(收稿日期:2025-10-14;修回日期:2025-12-10)

(本文编辑:林 赟)