

· 肝脏肿瘤 ·

DOI: 10.12449/JCH250920

磁共振成像胆道评分和肝肌比值对肝占位患者术前肝储备功能的评估价值

叶彦宏, 陆力坚

广西医科大学附属武鸣医院放射科, 南宁 530021

通信作者: 陆力坚, lulijiannet@163.com (ORCID: 0000-0002-5605-9031)

摘要: **目的** 本研究通过构建基于磁共振胆道相关参数和肝肌比的 Nomogram 预测模型,探讨该预测模型在肝占位患者术前肝储备功能评估中的应用价值。**方法** 收集2022年4月—2024年4月在广西医科大学附属武鸣医院住院并拟行手术的112例肝占位患者的临床资料和钆塞酸二钠增强MRI的影像资料。根据肝损伤程度,将患者分为肝功能代偿良好组(Child-Pugh A级65例)、肝功能失代偿组(Child-Pugh B级42例,C级5例)。测量两组患者不同增强扫描时期的肝肌比、胆总管相对强化程度及胆道评分,并运用单因素和多因素 Logistic 回归分析筛选独立的预测因素,进而构建 Nomogram 模型。同时绘制受试者操作特征曲线(ROC曲线)、校正曲线、决策曲线,以评估模型的区分度、准确性和临床应用价值。计量资料符合正态分布的数据两组间比较采用成组 t 检验;符合偏态分布的数据两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料两组间比较采用 χ^2 检验。**结果** 两组间肝胆期5 min 肝肌比($Z=-3.99$)、肝胆期10 min 肝肌比($Z=-4.39$)、肝胆期15 min 肝肌比($Z=-4.23$)、肝胆期20 min 肝肌比($Z=-5.40$)、胆总管相对强化程度($Z=-4.85$)及胆道评分($t=7.99$)比较差异均有统计学意义(P 值均 <0.001)。多因素 Logistic 回归分析显示,肝胆期10 min 肝肌比($OR=0.63, 95\%CI: 0.44 \sim 0.90$)、肝胆期20 min 肝肌比($OR=0.38, 95\%CI: 0.17 \sim 0.82$)及胆道评分($OR=0.17, 95\%CI: 0.07 \sim 0.39$)是术前诊断肝功能失代偿的独立影响因素(P 值均 <0.05)。基于肝胆期10 min 肝肌比、肝胆期20 min 肝肌比及胆道评分建立的 Nomogram 模型术前诊断肝功能失代偿的 ROC 曲线下面积为0.905(95%CI:0.849~0.960),敏感度为78.7%,特异度为89.2%。**结论** 基于肝胆期10 min 肝肌比、肝胆期20 min 肝肌比及胆道评分构建的列线图模型,在术前能有效评估拟接受手术治疗的肝占位患者的肝储备功能状态。

关键词: 肝肿瘤; 磁共振成像; 列线图**基金项目:** 广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(S2020045); 广西医科大学附属武鸣医院院级科研课题项目(YNXM2025003); 北京医学奖励基金会(YXJL-2023-0866-0323)

Application value of preoperative assessment of liver reserve function based on magnetic resonance cholangiopancreatography-related parameters and liver-to-muscle ratio in patients with hepatic space-occupying lesion

YE Yanhong, LU Lijian

Department of Radiology, Wuming Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

Corresponding author: LU Lijian, lulijiannet@163.com (ORCID: 0000-0002-5605-9031)

Abstract: Objective To establish a nomogram predictive model based on magnetic resonance cholangiopancreatography-related parameters and liver-to-muscle ratio, and to investigate the application value of this model in preoperative assessment of liver reserve function in patients with hepatic space-occupying lesion. **Methods** Clinical data and Gd-EOB-DTPA MRI imaging data were collected from 112 patients with hepatic space-occupying lesion who were hospitalized and scheduled for surgery in Wuming Hospital of Guangxi Medical University from April 2022 to April 2024. According to the degree of liver injury, the patients were divided into Child-Pugh class A group (65 patients with compensated liver function) and Child-Pugh class B+C group (47 patients with decompensated liver function, including 42 patients with Child-Pugh class B liver function and 5 patients with Child-Pugh

class C liver function). The two groups of patients were measured in terms of liver-to-muscle ratio, relative signal intensity of the common bile duct, and bile duct score in different phases of contrast-enhanced CT scan, and univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to identify independent predictive factors and establish a nomogram model. In addition, the receiver operating characteristic (ROC) curve, the calibration curve, and the decision curve were plotted to assess the discriminatory ability, accuracy, and clinical application value of the model. The independent-samples *t* test was used for comparison of normally distributed continuous data between two groups, and the Mann-Whitney *U* test was used for comparison of data with skewed distribution between two groups; the chi-square test was used for comparison of categorical data between two groups. **Results** There were significant differences between the two groups in liver-to-muscle ratio at 5 minutes ($Z=-3.99, P<0.001$), 10 minutes ($Z=-4.39, P<0.001$), 15 minutes ($Z=-4.23, P<0.001$), and 20 minutes ($Z=-5.40, P<0.001$) during the hepatobiliary phase, the relative enhancement degree of the common bile duct ($Z=-4.85, P<0.001$), and bile duct score ($t=7.99, P<0.001$). The multivariate Logistic regression analysis showed that liver-to-muscle ratio at 10 minutes during the hepatobiliary phase (odds ratio [OR]=0.63, 95% confidence interval [CI]: 0.44—0.90, $P<0.05$), liver-to-muscle ratio at 20 minutes during the hepatobiliary phase (OR=0.38, 95%CI: 0.17—0.82, $P<0.05$), and bile duct score (OR=0.17, 95%CI: 0.07—0.39, $P<0.05$) were independent influencing factors for the preoperative diagnosis of liver function decompensation. The nomogram model established based on liver-to-muscle ratio at 10 minutes during the hepatobiliary phase, liver-to-muscle ratio at 20 minutes during the hepatobiliary phase, and bile duct score had an area under the ROC curve of 0.905 (95%CI: 0.849—0.960), with a sensitivity of 78.7% with a specificity of 89.2%. **Conclusion** The nomogram model established based on the liver-to-muscle ratio at 10 and 20 minutes during the hepatobiliary phase and bile duct score can effectively assess the status of liver reserve function in patients with hepatic space-occupying lesion before surgery.

Key words: Liver Neoplasms; Magnetic Resonance Imaging; Nomograms

Research funding: Guangxi Medical and Health Appropriate Technology Development and Application Project (S2020045); Hospital-level Scientific Research Project of Wuming Hospital Affiliated to Guangxi Medical University (YNXM2025003); The Beijing Medical Award Foundation (YXJL-2023-0866-0323)

肝占位是临床上常见的肝脏疾病,原发性肝癌在其中占据主导地位。据2022年全球癌症统计数据显示,全球肝癌病例数量庞大,且大部分(70.1%)来自亚洲^[1]。对于肝占位患者而言,手术切除常常是首选的治疗方法。手术前对患者肝储备功能的准确评估,对制订治疗计划及预测预后具有重要意义^[2]。临床研究表明,大多数肝占位患者有肝硬化的病史^[3-4],Child-Pugh分级是术前评估肝硬化背景下肝占位患者肝储备功能的常规方法,关于应用磁共振胆道评分、肝肌比等磁共振指标在术前无创性评估患者肝储备功能的研究报道较少。本研究以Child-Pugh分级为标准,建立基于胆道评分和肝肌比等影像学参数的Nomogram模型,探讨该模型在肝占位患者术前肝储备功能评估中的应用价值。

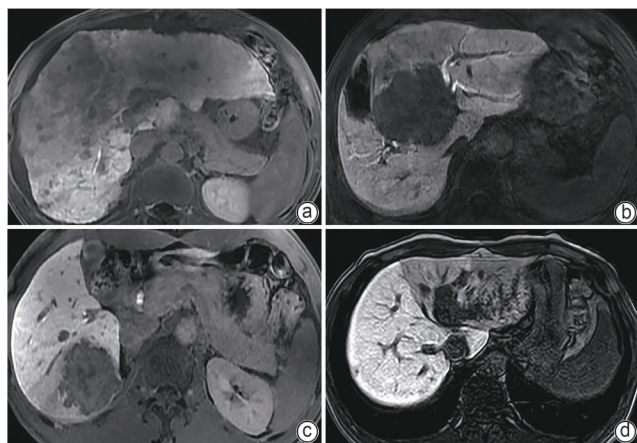
1 资料与方法

1.1 研究对象 本研究收集了2022年4月—2024年4月本院因肝占位性病变住院并计划接受手术患者的影像学 and 临床资料。纳入标准:(1)临床资料完整,能够获取全面的肝功能血清生化指标以及钆塞酸二钠(Gd-

EOB-DTPA)增强MRI扫描的完整资料;(2)在Gd-EOB-DTPA增强MRI扫描前后1周内完成肝功能血清生化指标的检测;(3)所有病例均为经过手术病理证实的肝硬化背景下的肝肿瘤患者。排除标准:(1)图像存在伪影或肝脏弥漫性病变影响定量评估的情况;(2)有肝肿瘤切除或介入栓塞治疗病史的患者;(3)胆道梗阻患者。

1.2 MRI检测方法 采用3.0T MRI扫描仪(GE Archiact)进行扫描,首先检查前对患者进行短时间闭气训练,扫描时使用呼吸门控以减少呼吸伪影。扫描范围由膈水平至顶至肾下缘。扫描参数:冠状位T₂WI:重复时间(repetition time, TR)1 260 ms,回波时间(echo time, TE) 91 ms;压脂序列T₂WI:TR 2 100 ms,TE 91 ms,翻转角131°,T₁WI:TR 120 ms,TE 3.73 ms,层厚2.4 mm;层间隔1.2 mm。多期增强扫描采用肝脏MRI特异性对比剂GD-EOB-DTPA,经静脉推注,注射流率2.0 mL/s,对比剂用量:0.1 mL/kg体质量。推注造影剂后分别于20 s(动脉期)、50 s(门静脉期)、120 s(移行期)、5 min(肝胆期5 min)、10 min(肝胆期10 min)、15 min(肝胆期15 min)和20 min(肝胆期20 min)进行T₁WI的多期增强扫描。

1.3 胆道评分 将胆管系统划分为6个区域:胆总管、胆囊管、左肝管、右肝管,以及肝内胆管的二级和三级分支^[5]。以Likert量表4分制对肝胆期20 min时胆道系统的显影情况进行评估^[5](图1)。胆道显影评分由2位资深影像科医师采用双盲法独立观察肝胆期20 min的胆道显影情况,并共同完成评分。若2位医师的评分意见不一致,将通过讨论协商达成共识。



注:a,胆道评分1分:胆道各区均未显示;b,胆道评分2分:胆道各区模糊可见;c,胆道评分3分:胆道各区均可见,但部分胆管或汇合处未见显示;d,胆道评分4分:各区胆管从近端至远端均清晰可见。

图1 胆道评分

Figure 1 Biliary tract score

1.4 肝肌比的测定 由1位具有10年以上工作经验的放射科医师负责对MRI图像的信号强度进行定量分析。获得完整影像图像后采用GE图像后处理工作站(ADW4.7)选取肝门区所在层面,在该层面上选取类圆形的感兴趣区(region of interest, ROI),ROI面积:90~110 mm²,注意避开大血管,测量增强扫描各时期肝实质的信号强度值,取3次测量的平均值作为该时期肝实质的最终信号强度值,并用同样方法获得同一层面竖脊肌的相应测量值,计算增强扫描各时期的肝肌比(肝实质平均信号强度值/竖脊肌信号强度值)^[6-7]。

1.5 胆总管相对信号强度测定 由1位经验丰富的放射科医师负责执行。在获取完整的影像图像后,使用GE公司的图像后处理工作站(ADW4.7版本)对图像进行处理。具体操作是在胆总管横断面上选择最大的层面,并在此层面上确定一个近似圆形的ROI,ROI面积为4~10 mm²,测量肝胆期20 min时胆总管的信号强度。采用相同的方法,在同一层面上获得竖脊肌的信号强度测量值。最后,计算胆总管相对信号强度(胆总管信号强度值/竖脊肌信号强度值)^[8-10]。

1.6 肝储备功能的评定 在进行Gd-EOB-DTPA增强

MRI扫描的前后1周内,对所有患者进行肝功能血清生化指标检测。临床医生评估患者肝性脑病状况和腹水严重程度。依据Child-Pugh分级标准^[11-12],对肝性脑病、腹水、总胆红素、血清白蛋白和凝血酶原时间等指标进行评分,并计算总分。具体分级如下:Child-Pugh A级为5~6分,B级为7~9分,C级为10~15分。Child-Pugh A级为肝功能代偿良好组,Child-Pugh B+C级为肝功能失代偿组^[11-12]。

1.7 统计学方法 采用SPSS 27.0软件及开源统计软件R4.4.1进行数据分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间比较采用成组 t 检验;符合偏态分布的计量资料以 $M(P_{25}\sim P_{75})$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料两组间比较采用 χ^2 检验。采用单因素及多因素Logistic回归分析筛选肝占位患者肝切除术前区分不同Child-Pugh分级相关的独立影响因素;采用独立影响因素构建Nomogram模型;受试者操作特征曲线(ROC曲线)评价Nomogram模型的区分度,并通过Delong检验比较不同模型之间的ROC曲线下面积(AUC)。校准度曲线评价Nomogram模型预测的准确性,决策曲线(decision curve analysis, DCA)评估模型的临床适用性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 共纳入112例患者,其中男89例,女23例,年龄37~82岁,平均年龄(56.58±11.50)岁。Child-Pugh A级65例,B级42例,C级5例。在肿瘤类型方面,肝细胞癌98例,胆管细胞癌5例,肝局灶性结节性增生3例,肝再生结节6例。肝功能代偿良好组肝胆期5、10、15、20 min肝肌比,胆总管相对强化程度,以及胆道评分均高于肝功能失代偿组(P 值均 <0.001);两组间年龄、性别、动脉期肝肌比、门静脉期肝肌比、移行期肝肌比差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)(表1)。

2.2 单因素及多因素Logistic回归分析 对表1中两组间差异有统计学意义的MRI指标进行单因素Logistic回归分析,结果显示:肝胆期5、10、15及20 min肝肌比,胆总管相对强化程度,以及胆道评分均与术前肝储备功能Child-Pugh分级显著相关(P 值均 <0.05)(表2)。

多变量Logistic回归分析结果显示:肝胆期10 min肝肌比、肝胆期20 min肝肌比及胆道评分是术前肝储备功能Child-Pugh分级的独立预测因素(P 值均 <0.05)(表3)。

2.3 建立预测模型 根据多因素Logistic回归结果,纳入肝胆期10 min肝肌比、肝胆期20 min肝肌比及胆道评分建立Nomogram模型(图2)。所有指标的分数相加之

表1 肝功能代偿良好组与肝功能失代偿组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the well-compensated and decompensated groups

项目	合计(n=112)	肝功能代偿良好组(n=65)	肝功能失代偿组(n=47)	统计值	P值
年龄(岁)	56.58±11.51	55.95±13.02	57.45±9.08	$t=-0.72$	0.476
动脉期肝肌比	1.62(1.45~1.85)	1.63(1.46~1.81)	1.61(1.44~1.87)	$Z=-0.40$	0.693
门静脉期肝肌比	2.10(1.95~2.35)	2.12(1.96~2.34)	2.06(1.86~2.35)	$Z=-0.79$	0.431
移行期肝肌比	2.15(1.93~2.36)	2.19(2.01~2.40)	2.09(1.87~2.28)	$Z=-1.83$	0.068
肝胆期5 min肝肌比	2.33(2.03~2.61)	2.48(2.21~2.62)	2.03(1.88~2.38)	$Z=-3.99$	<0.001
肝胆期10 min肝肌比	3.23(2.56~5.67)	4.40(2.91~7.04)	2.70(2.26~3.71)	$Z=-4.39$	<0.001
肝胆期15 min肝肌比	3.13(2.45~4.93)	3.65(2.90~6.00)	2.60(2.10~3.41)	$Z=-4.23$	<0.001
肝胆期20 min肝肌比	2.69(2.16~3.29)	2.92(2.63~3.63)	2.14(1.83~2.66)	$Z=-5.40$	<0.001
胆总管相对强化程度	3.69(2.62~5.92)	4.60(3.42~8.29)	2.67(2.21~3.65)	$Z=-4.85$	<0.001
性别[例(%)]				$\chi^2=1.58$	0.209
男	89(79.46)	49(75.38)	40(85.11)		
女	23(20.54)	16(24.62)	7(14.89)		
胆道评分(分)	2.76±0.08	3.18±0.66	2.17±0.67	$t=7.99$	<0.001

表2 单因素Logistic回归分析

Table 2 Univariate logistic regression analyses

因素	β 值	SE	Wald值	P值	OR(95%CI)
动脉期肝肌比	0.07	0.53	0.02	0.891	1.08(0.38~3.03)
门静脉期肝肌比	-0.46	0.54	0.74	0.390	0.63(0.22~1.80)
移行期肝肌比	-0.84	0.56	2.23	0.136	0.43(0.14~1.30)
肝胆期5 min肝肌比	-1.24	0.47	6.90	0.009	0.29(0.12~0.73)
肝胆期10 min肝肌比	-0.59	0.15	16.38	<0.001	0.55(0.42~0.74)
肝胆期15 min肝肌比	-0.45	0.13	11.91	<0.001	0.64(0.49~0.82)
肝胆期20 min肝肌比	-1.27	0.36	12.25	<0.001	0.28(0.14~0.57)
胆总管相对强化程度	-0.25	0.08	9.35	0.002	0.78(0.67~0.91)
胆道评分	-2.22	0.41	28.79	<0.001	0.11(0.05~0.25)

表3 多因素Logistic回归分析

Table 3 Multivariate logistic regression analyses

因素	β 值	SE	Z值	P值	OR(95%CI)
肝胆期10 min肝肌比	-0.46	0.18	-2.50	0.012	0.63(0.44~0.90)
肝胆期20 min肝肌比	-0.98	0.40	-2.46	0.014	0.38(0.17~0.82)
胆道评分	-1.78	0.43	-4.19	<0.001	0.17(0.07~0.39)

和可在总分刻度线上找到,从而对应拟行手术肝占位患者术后肝功能失代偿发生概率的预测值。

2.4 预测模型的验证

2.4.1 区分度 Nomogram模型的AUC为0.905(95%CI: 0.849~0.960), cut-off值为0.545, 敏感度为78.7%, 特异度为89.2%(图3, 表4)。胆道评分, 胆总管相对强化程度, 动脉期、门静脉期、移行期肝肌比, 肝胆期5、10、15和20 min肝肌比的AUC依次为: 0.846、0.770、0.522、0.544、0.601、0.722、0.743、0.735、0.730; 以约登指数为截断值,

上述磁共振指标诊断肝功能失代偿的敏感度依次为: 89.2%、66.2%、76.9%、84.6%、75.4%、92.3%、46.2%、76.9%、87.7%; 特异度依次为: 76.6%、80.9%、36.2%、29.8%、44.7%、55.3%、95.7%、68.1%、53.3%(图4, 表4)。Nomogram模型的AUC均大于其他指标的AUC, 说明该模型区分能力较好(Delong检验, P值均<0.05)(表4)。

2.4.2 校准度 校准曲线显示本研究构建的Nomogram模型具有较好的预测价值, 预测曲线与理想曲线的分布较为一致(图5)。

2.4.3 临床效用 利用DCA评估本研究Nomogram模型临床效用。结果显示,阈概率在10%~80%内,该Nomogram模型净收益高于两种极端情况(图6)。预测模型具有较高的临床应用价值。

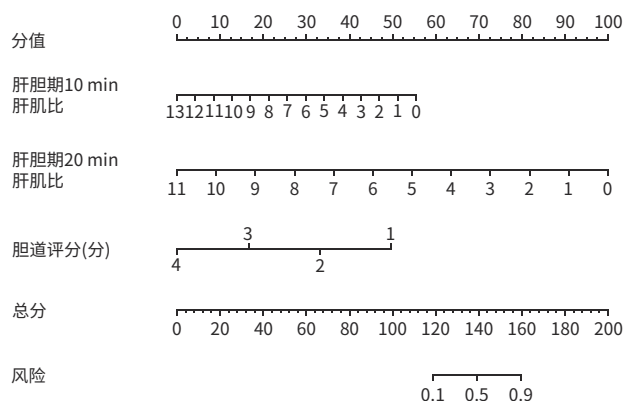


图2 Nomogram模型
Figure 2 The Nomogram model

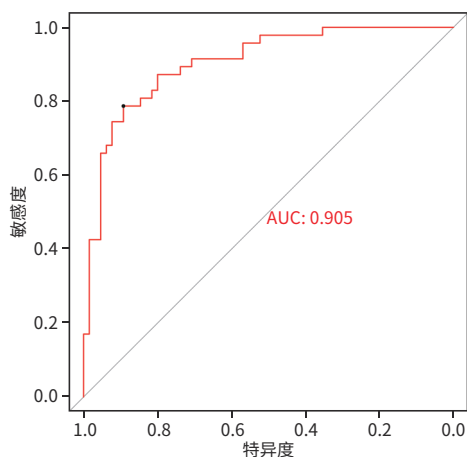


图3 Nomogram模型的ROC曲线
Figure 3 ROC curves of the Nomogram model

表4 MRI指标及Nomogram模型区分肝功能代偿良好与肝功能失代偿的诊断效能

Table 4 MRI indicators and the Nomogram model distinguish the diagnostic performance of well-compensated liver function from decompensated hepatic function

项目	AUC	P值	95%CI	敏感度	特异度	截断值	Z值	P值 ¹⁾
动脉期肝肌比	0.522	0.691	0.411 ~ 0.633	0.769	0.362	1.455	5.979	<0.001
门静脉期肝肌比	0.544	0.430	0.433 ~ 0.655	0.846	0.298	1.905	5.894	<0.001
移行期肝肌比	0.601	0.068	0.494 ~ 0.709	0.754	0.447	2.000	5.185	<0.001
肝胆期5 min 肝肌比	0.722	<0.001	0.617 ~ 0.827	0.923	0.553	2.055	3.521	<0.001
肝胆期10 min 肝肌比	0.743	<0.001	0.654 ~ 0.833	0.462	0.957	4.985	3.903	<0.001
肝胆期15 min 肝肌比	0.735	<0.001	0.641 ~ 0.829	0.769	0.681	2.865	3.570	<0.001
肝胆期20 min 肝肌比	0.730	<0.001	0.631 ~ 0.828	0.877	0.533	2.475	3.864	<0.001
胆总管相对强化程度	0.770	<0.001	0.678 ~ 0.861	0.662	0.809	3.880	3.097	0.002
胆道评分	0.846	<0.001	0.769 ~ 0.923	0.892	0.766	2.500	2.626	0.009
Nomogram模型	0.905	<0.001	0.849 ~ 0.960	0.787	0.892	0.545		

注:1)与Nomogram模型AUC比较。

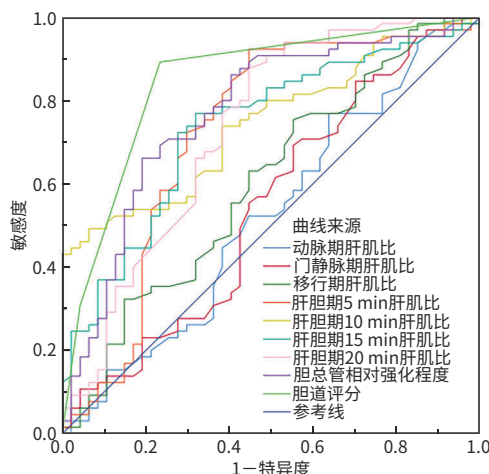


图4 胆道评分、胆总管相对强化程度、增强扫描各期肝肌比区分Child-Pugh A级与Child-Pugh B+C级的ROC曲线
Figure 4 The ROC curves of biliary score, relative signal intensity of Common bile duct and HMR at each stage of contrast scan distinguish Child-Pugh A grade and Child-Pugh B+C grade

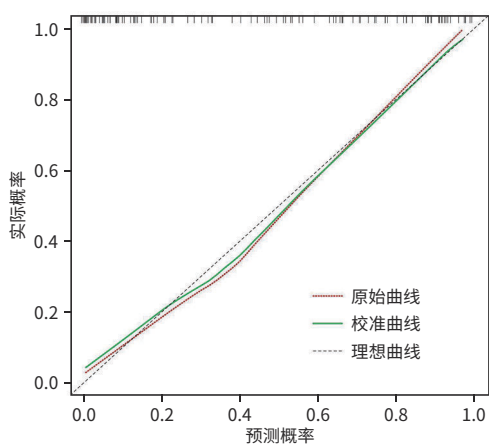


图5 Nomogram模型的校准曲线
Figure 5 The calibration curve of Nomogram model

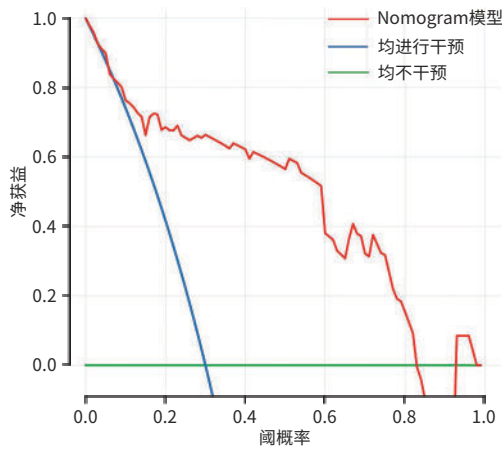


图6 Nomogram模型的DCA

Figure 6 The DCA curve of Nomogram model

3 讨论

肝储备功能是指肝脏的生理功能,包括摄取、代谢、合成和排泄状态,这一功能与肝细胞的数量和功能状态紧密相连,直接影响个体对外来刺激的适应性和恢复能力^[13]。肝占位患者往往伴有不同程度肝储备功能减退,因此,术前对肝储备功能的精确评估对于改善手术计划和提高患者生存期至关重要^[14]。随着磁共振技术的发展及运用,采用Gd-EOB-DTPA增强的MRI已成为常规检查,用于慢性肝病患者的诊断和治疗^[15]。与传统的检查手段相比,Gd-EOB-DTPA增强MRI在早期诊断微小肝癌方面更为精确,并为术前后肝肿瘤患者的肝功能评估、慢性肝病肝纤维化分期诊断等提供了新的研究方向^[16]。目前,应用Gd-EOB-DTPA增强MRI扫描进行患者肝储备功能评价的指标主要包括肝实质信号强度参数、肝实质弛豫时间、肝体积等,相关研究结果也证实Gd-EOB-DTPA增强MR技术能较好地评估慢性肝病患者的肝储备功能^[17-21],但尚缺乏统一的评价方法和标准^[22]。目前,临床上尚缺乏一种简便、重复性好、易于推广的影像学方法来准确定量评估慢性肝病患者的肝储备功能。

本研究发现,肝功能代偿良好组的肝胆期5、10、15、20 min肝肌比,胆总管相对强化程度及胆道评分均高于肝功能失代偿组(P 值均 <0.001)。经单因素和多因素回归分析,肝胆期10 min肝肌比、肝胆期20 min肝肌比及胆道评分是术前肝储备功能Child-Pugh分级的独立预测因素(P 值均 <0.05),据此建立Nomogram模型。文献报道,肝损伤发生时,肝细胞对Gd-EOB-DTPA的摄取减少,导致肝实质信号强度降低^[23],因此可以通过测量肝实质信号强度来获取肝功能信息。本研究结果表明,肝胆期肝

肌信号比随Child-Pugh分级增高而降低,反映了肝实质信号强度与肝功能的关联性。相关文献结果表明^[6-7,24],肝损伤程度不同,患者肝胆期的肝肌比存在显著性差异。本研究证实,随着肝储备功能下降,增强扫描各期肝肌比呈下降趋势,且肝功能代偿良好组与肝功能失代偿组间差异具有统计学意义($P<0.05$);此外,在区分Child-Pugh分级A级与B+C级时,肝胆期10 min肝肌比的诊断效能要高于其他时段的肝肌比($AUC=0.743$),且具有较高的特异度(95.7%),可以更准确地识别出真实的肝功能失代偿期患者,提示临床上可优先选择该指标行肝储备功能评估。在肝胆期10 min时,肝细胞摄取Gd-EOB-DTPA的数量达峰值,此时肝实质信号强度亦达到最高值^[23-25]。另一方面,肝胆期20 min肝肌比在诊断肝功能时显示出较高的敏感度(87.7%),表明肝胆期20 min肝肌比能够更有效地识别出轻度肝损伤患者,有效减少假阴性结果,因此在临床上可考虑使用该指标来早期判断肝功能的异常,减少漏诊。在本研究的多因素Logistic回归分析中,肝胆期10 min肝肌比($OR=0.63, 95\%CI: 0.44 \sim 0.90$)、肝胆期20 min肝肌比($OR=0.38, 95\%CI: 0.17 \sim 0.82$)在Nomogram模型中权重较大,与ROC曲线结果相符,这一发现在既往研究中鲜有报道。

大约50%的Gd-EOB-DTPA在被肝细胞摄取后通过肝脏小管处的多耐药蛋白载体2排入胆管,随后通过胆道系统排出^[26-28]。在各种病因引起的肝功能不全情况下,正常肝细胞数量减少,Gd-EOB-DTPA的摄取量减少,排入胆道的造影剂量也随之减少,导致胆道的显影减少和胆汁的信号强度降低^[23]。因此,通过观察肝胆期20 min时胆道的显影情况,可以直接评估肝细胞的排泄功能,获取患者肝功能信息。本研究结果显示,肝功能代偿组的胆道评分和胆总管相对强化程度显著高于肝功能失代偿组(P 值均 <0.001)。胆道评分的AUC显著高于增强扫描各期肝肌比(P 值均 <0.01),是区分肝功能代偿良好组与肝功能失代偿组的优选指标。多因素回归分析结果也证实了胆道评分是诊断肝硬化患者肝功能失代偿的独立预测因子($OR=0.17, P<0.001$)。

本研究显示,基于肝胆期10 min肝肌比、肝胆期20 min肝肌比和胆道评分构建的Nomogram模型对不同肝储备功能状态的区分度良好($AUC=0.905, 95\%CI: 0.849 \sim 0.960, P<0.001$),敏感度为78.7%,特异度为89.2%,且具有良好的校准度。该模型的AUC均优于单独使用各个时期肝肌比、胆道评分或胆总管相对强化程度(P 值均 <0.05)。DCA表明,在阈概率为10%~80%的情况下,该

模型的临床净收益超过了对所有患者进行全面干预或完全不干预这两种极端策略,从而证明了该模型具有较好的临床应用价值。既往研究提示,肝肿瘤患者术前肝储备功能与肝切除术后并发症(如肝功能衰竭、感染)及术后生存率显著相关^[29-30]。本研究构建的Nomogram模型通过肝胆期肝肌比及胆道评分量化肝储备功能,可为术后并发症风险分层提供依据。胆道评分较低(<2.5分)或肝胆期20 min肝肌比低于临界值(<2.475)的肝肿瘤患者,需更谨慎选择肝切除术,建议患者优先选择介入治疗或者其他姑息治疗的方法。与其他影像学技术相比,Gd-EOB-DTPA增强MRI扫描所得的胆道评分和肝肌比,无须额外配置特殊的硬、软件,操作简便、重复性好。在获得肝脏形态学信息的同时,还能对患者的肝储备功能状况进行较准确的评价,简化了肝储备功能评价流程,为临床制订个体化精准治疗提供了一个新的影像学信息。

本研究局限性:为单中心回顾性研究,入组患者数量偏少。未来可考虑进一步开展多中心、大宗病例的队列研究。

综上所述,Gd-EOB-DTPA增强MRI所得Nomogram模型能对肝储备功能进行评价,具有较高的诊断效能、准确度及临床效用,可为肝肿瘤患者术前肝储备功能评估提供新的影像学信息。

伦理学声明:本研究方案于2023年10月27日经由广西医科大学附属武鸣医院伦理委员会审批,批号:伦理WM-2023(248),患者均签署知情同意书。

利益冲突声明:本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明:叶彦宏负责收集数据,资料分析,起草论文;陆力坚负责论文修改,拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

参考文献:

- [1] WANG YX, PAN KF, LI WQ. Interpretation on the report of global cancer statistics 2022[J/CD]. J Multidiscip Cancer Manag(Electronic Edition), 2024, 10(3): 1-16. DOI: 10.12151/JMCM.2024.03-01. 王裕新, 潘凯枫, 李文庆. 2022全球癌症统计报告解读[J/CD]. 肿瘤综合治疗电子杂志, 2024, 10(3): 1-16. DOI: 10.12151/JMCM.2024.03-01.
- [2] SØREIDE JA, DESHPANDE R. Post hepatectomy liver failure (PHLF)-Recent advances in prevention and clinical management[J]. Eur J Surg Oncol, 2021, 47(2): 216-224. DOI: 10.1016/j.ejso.2020.09.001. DOI: 10.12151/JMCM.2024.03-01.
- [3] WU T, CHEN L. New advances in the precision diagnosis and treatment of liver cancer[J]. J Clin Hepatol, 2022, 38(3): 497-498. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2022.03.001. 吴彤, 陈磊. 肝癌精准诊疗新进展[J]. 临床肝胆病杂志, 2022, 38(3): 497-498. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2022.03.001.
- [4] Liver Failure and Artificial Liver Group, Chinese Society of Infectious Diseases, Chinese Medical Association; Severe Liver Disease and Artificial Liver Group, Chinese Society of Hepatology, Chinese Medical Association. Guideline for diagnosis and treatment of liver failure (2024version) [J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(12): 2371-2387. DOI: 10.12449/JCH241206. 中华医学会感染病学分会肝衰竭与人工肝学组, 中华医学会肝病学会分会重型肝病与人工肝学组. 肝衰竭诊治指南(2024年版)[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(12): 2371-2387. DOI: 10.12449/JCH241206.
- [5] DONG SQ, MA QZ, WU CN, et al. Imaging quality of biliary tract and detecting diseases with hepatobiliary phase Gd-EOB-DTPA contrast-enhanced MR cholangiography based on 3D-VIBE and 3D-FLASH sequences[J]. Chin J Med Imag Technol, 2023, 39(6): 866-871. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2023.06.015. 董思情, 马巧稚, 吴春楠, 等. 3D-VIBE与3D-FLASH序列肝胆特异期Gd-EOB-DTPA增强MR胆道成像显示胆道系统图像质量及检出病变[J]. 中国医学影像学技术, 2023, 39(6): 866-871. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2023.06.015.
- [6] WANG Q, BRISMAR TB, GILG S, et al. Multimodal perioperative assessment of liver function and volume in patients undergoing hepatectomy for colorectal liver metastasis: A comparison of the indocyanine green retention test, ^{99m}Tc mebrofenin hepatobiliary scintigraphy and gadoxetic acid enhanced MRI[J]. Br J Radiol, 2022, 95(1139): 20220370. DOI: 10.1259/bjr.20220370.
- [7] SHAO J. Research of gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine pentaacetic acid enhanced magnetic resonance imaging in evaluating liver function[D]. Taiyuan: Shanxi Med Univ, 2021. DOI: 10.27288/d.cnki.gsxyu.2021.000980. 邵佳. 应用钆塞酸二钠增强磁共振成像评估肝功能的研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2021. DOI: 10.27288/d.cnki.gsxyu.2021.000980.
- [8] HAN D, LIU JY, JIN EH, et al. Liver assessment using Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging in primary biliary cholangitis patients[J]. Jpn J Radiol, 2019, 37(5): 412-419. DOI: 10.1007/s11604-019-00822-6.
- [9] LI LJ, JIA QL, LIU ZF, et al. Study on the relationship between Gd-EOB-DTPA enhanced MRI cholangiography and different grades of liver cirrhosis[J]. J Imag Res Med Appl, 2020, 4(8): 70-71. 李亮杰, 贾啟龙, 刘志飞, 等. Gd-EOB-DTPA增强MRI胆道成像与不同级别肝硬化关系的研究[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(8): 70-71.
- [10] LIU D, HUANG JY, HU CH. Effect of different liver function on contrast-enhanced MR cholangiography with Gd-EOB-DTPA[J]. J Med Imag, 2019, 29(1): 70-73, 94. 刘冬, 黄瑾瑜, 胡春洪. Gd-EOB-DTPA增强MRI胆道成像与不同级别肝硬化关系的研究[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(1): 70-73, 94.
- [11] RIMINI M, ROVESTI G, CASADEI-GARDINI A, et al. Child Pugh and ALBI grade: past, present or future?[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(17): 1044. DOI: 10.21037/atm-20-3709.
- [12] MORANDI A, RISALITI M, MONTORI M, et al. Predicting post-hepatectomy liver failure in HCC patients: A review of liver function assessment based on laboratory tests scores[J]. Medicina (Kaunas), 2023, 59(6): 1099. DOI: 10.3390/medicina59061099.
- [13] LIN WH, LI K. Recent advances in preoperative assessment of hepatic functional reserve for hepatectomy[J]. Chin J Surg, 2021, 59(5): 392-396. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200506-00362. 林伟鸿, 李凯. 肝切除术前肝脏储备功能评估方式的新进展[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(5): 392-396. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200506-00362.
- [14] HE Q, LIU K, WANG CH, et al. Interpretation on the key points of guideline for the diagnose and treatment of primary liver cancer (2022 edition) [J]. Med J West China, 2023, 35(4): 474-479. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2023.04.002. 贺庆, 刘坤, 王超红, 等. 《原发性肝癌诊疗指南(2022年版)》解读[J]. 西部医学, 2023, 35(4): 474-479. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2023.04.002.

- [15] JIANG Y, QIU WJ, ZHOU ZP. The application of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI T1 mapping and its research progresses in hepatic diseases[J]. *Int J Med Radiol*, 2019, 42(02): 208-211. DOI: 10.19300/j.2019.Z6410.
蒋宇, 邱维加, 周智鹏. Gd-EOB-DTPA增强MRI T1 mapping技术在肝脏疾病的应用进展[J]. *国际医学放射学杂志*, 2019, 42(02): 208-211. DOI: 10.19300/j.2019.Z6410.
- [16] WEN X, FENG X, KANG Y, et al. Application progress of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI T1 mapping in hepatic diffuse diseases[J]. *Curr Med Imaging*, 2022, 18(12): 1276-1281. DOI: 10.2174/1573405617666211130153450.
- [17] CAPARROZ C, FORNER A, RIMOLA J, et al. Portal hypertension may influence the registration of hypointensity of small hepatocellular carcinoma in the hepatobiliary phase in gadoxetic acid MR[J]. *Radiol Oncol*, 2022, 56(3): 292-302. DOI: 10.2478/raon-2022-0024.
- [18] TSUJITA Y, SOFUE K, KOMATSU S, et al. Prediction of post-hepatectomy liver failure using gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging for hepatocellular carcinoma with portal vein invasion[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 130: 109189. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109189.
- [19] BEER L, MANDORFER M, BASTATI N, et al. Inter- and intra-reader agreement for gadoxetic acid-enhanced MRI parameter readings in patients with chronic liver diseases[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(12): 6600-6610. DOI: 10.1007/s00330-019-06182-z.
- [20] WANG YJ, ZHANG L, NING J, et al. Preoperative remnant liver function evaluation using a routine clinical dynamic Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI protocol in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg Oncol*, 2021, 28(7): 3672-3682. DOI: 10.1245/s10434-020-09361-1.
- [21] BASTATI N, BEER L, BA-SSALAMAH A, et al. Gadaxetic acid-enhanced MRI-derived functional liver imaging score (FLIS) and spleen diameter predict outcomes in ACLD[J]. *J Hepatol*, 2022, 77(4): 1005-1013. DOI: 10.1016/j.jhep.2022.04.032.
- [22] HU JH, WANG XX, HUANG JC, et al. Clinical value of Gd-EOB-DTPA enhanced MRI for preoperative evaluation of hepatic function preservation in patients with liver tumors[J]. *Chin Imag J Integr Tradit West Med*, 2022, 20(3): 233-238. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0512.2022.03.009.
胡景卉, 王笑笑, 黄京城, 等. Gd-EOB-DTPA增强MRI对肝肿瘤术前肝储备功能评估的临床价值[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2022, 20(3): 233-238. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0512.2022.03.009.
- [23] ZHU Z, CAO YL, SUN G, et al. Summary of classification methods of hepatic insufficiency[J]. *China Pharm*, 2012, 15(3): 418-421. DOI: 10.3969/j.issn.1008-049X.2012.03.053.
朱珠, 曹运莉, 孙钢, 等. 肝功能不全分级方法概述[J]. *中国药师*, 2012, 15(3): 418-421. DOI: 10.3969/j.issn.1008-049X.2012.03.053.
- [24] ARAKI K, HARIMOTO N, KUBO N, et al. Functional remnant liver volumetry using Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) predicts post-hepatectomy liver failure in resection of more than one segment[J]. *HPB (Oxford)*, 2020, 22(2): 318-327. DOI: 10.1016/j.hpb.2019.08.002.
- [25] HAMM B, STAKS T, MÜHLER A, et al. Phase I clinical evaluation of Gd-EOB-DTPA as a hepatobiliary MR contrast agent: Safety, pharmacokinetics, and MR imaging[J]. *Radiology*, 1995, 195(3): 785-792. DOI: 10.1148/radiology.195.3.7754011.
- [26] REIMER P, SCHNEIDER G, SCHIMA W. Hepatobiliary contrast agents for contrast-enhanced MRI of the liver: Properties, clinical development and applications[J]. *Eur Radiol*, 2004, 14(4): 559-578. DOI: 10.1007/s00330-004-2236-1.
- [27] PASTOR CM, VILGRAIN V. Steatosis alters the activity of hepatocyte membrane transporters in obese rats[J]. *Cells*, 2021, 10(10): 2733. DOI: 10.3390/cells10102733.
- [28] ZHOU XJ, LONG LL, MO ZQ, et al. OATP1B3 expression in hepatocellular carcinoma correlates with intralesional Gd-EOB-DTPA uptake and signal intensity on Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI[J]. *Cancer Manag Res*, 2021, 13: 1169-1177. DOI: 10.2147/CMAR.S292197.
- [29] KIRIMKER EO, KIRAC AT, CELIK SU, et al. Comparison of anatomic and non-anatomic liver resection for hepatocellular carcinoma: A retrospective cohort study[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(9): 1305. DOI: 10.3390/medicina58091305.
- [30] YAN LN, CHEN XL, LI ZH, et al. Perioperative management of primary liver cancer[J]. *World J Gastroenterol*, 2007, 13(13): 1970-1974. DOI: 10.3748/wjg.v13.i13.1970.

收稿日期: 2025-02-06; 录用日期: 2025-03-28

本文编辑: 王莹

引证本文: YE YH, LU LJ. Application value of preoperative assessment of liver reserve function based on magnetic resonance cholangiopancreatography-related parameters and liver-to-muscle ratio in patients with hepatic space-occupying lesion[J]. *J Clin Hepatol*, 2025, 41(9): 1845-1852.

叶彦宏, 陆力坚. 磁共振成像胆道评分和肝肌比值对肝占位患者术前肝储备功能的评估价值[J]. *临床肝胆病杂志*, 2025, 41(9): 1845-1852.