

冠状动脉旁路移植术后 Hct、LP(a)、MPV 动态变化及其与血管内皮功能的相关性

龙美静, 孙静静, 张慧慧, 王雪珍

郑州大学第一附属医院检验科, 河南 郑州 450000

【摘要】 目的 探讨冠状动脉旁路移植术(CABG)后红细胞比容(Hct)、脂蛋白(a)[LP(a)]、平均血小板体积(MPV)动态变化及其与血管内皮功能的相关性,并分析其对血管内皮功能障碍的预测价值。**方法** 选取2020年1月至2022年8月于郑州大学第一附属医院行CABG的115例冠心病患者为研究对象,术后3个月采用血流依赖性舒张功能(FMD)评估血管内皮功能,依据其是否发生血管内皮功能障碍分为发生者65例(设为研究组)和未发生者50例(设为对照组)。比较两组患者的临床资料,术前、术后2 d、7 d的Hct、LP(a)、MPV水平。采用ELISA法分别检测两组患者术前血清内皮素-1(ET-1)、血小板内皮细胞黏附分子(PECAM-1)、血管内皮细胞钙粘连蛋白(VE-cadherin)、神经型钙粘连蛋白(N-cadherin)水平。采用Pearson法分析Hct、LP(a)、MPV与ET-1、PECAM-1、VE-cadherin、N-cadherin相关性。采用受试者工作特征曲线(ROC)分析CABG治疗前后Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2$ d、 $\Delta 7$ d)对血管内皮功能障碍的预测价值。**结果** 研究组患者术后2 d、7 d的Hct明显低于对照组,LP(a)、MPV明显高于对照组,而Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2$ d、 $\Delta 7$ d)明显低于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$);Hct与ET-1、PECAM-1水平呈负相关($r = -0.425$ 、 -0.369 , $P < 0.05$),与VE-cadherin、N-cadherin水平呈正相关($r = 0.512$ 、 0.608 , $P < 0.05$);LP(a)与ET-1、PECAM-1水平呈正相关($r = 0.471$ 、 0.519 , $P < 0.05$),与VE-cadherin、N-cadherin水平呈负相关($r = -0.531$ 、 -0.567 , $P < 0.05$);MPV与ET-1、PECAM-1水平呈正相关($r = 0.385$ 、 0.437 , $P < 0.05$),与VE-cadherin、N-cadherin水平呈负相关($r = -0.509$ 、 -0.533 , $P < 0.05$);CABG治疗前后Hct、LP(a)、MPV差值联合预测血管内皮功能障碍的ROC下面积(AUC)大于单项指标预测,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** Hct、LP(a)、MPV表达水平与CABG后血管内皮功能障碍有关,联合检测其水平对血管内皮功能障碍具有一定预测价值。

【关键词】 冠状动脉旁路移植术;红细胞比容;脂蛋白(a);平均血小板体积;血管内皮功能

【中图分类号】 R654.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2023)15-2140-06

Dynamic changes of Hct, LP(a), MPV and their correlation with vascular endothelial function after coronary artery bypass surgery. LONG Mei-jing, SUN Jing-jing, ZHANG Hui-hui, WANG Xue-fen. Department of Clinical Laboratory, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, Henan, CHINA

【Abstract】 Objective To investigate the dynamic changes of hematocrit (Hct), lipoprotein (a) [LP(a)], and mean platelet volume (MPV) after coronary artery bypass surgery (CABG) and their correlation with vascular endothelial function, and to analyze their predictive value for vascular endothelial dysfunction. **Methods** A total of 115 patients with coronary heart disease who underwent CABG in the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from January 2020 to August 2022 were selected as the study subjects. Blood flow dependent diastolic function (FMD) was used to evaluate vascular endothelial function at 3 months after surgery. According to whether vascular endothelial dysfunction occurred, the patients were divided into 65 cases with vascular endothelial dysfunction (study group) and 50 cases without vascular endothelial dysfunction (control group). The clinical data of the two groups were compared, as well as Hct, LP(a), MPV levels before surgery and at 2 and 7 days after surgery. Serum endothelin-1 (ET-1), platelet endothelial cell adhesion molecule (PECAM-1), vascular endothelial cell cadherin (VE-cadherin), and neural cadherin (N-cadherin) levels were measured by ELISA before operation in the two groups. Pearson method was used to analyze the correlation between Hct, LP(a), MPV and ET-1, PECAM-1, VE-cadherin, N-cadherin. The predictive value of Hct, LP(a), and MPV differences ($\Delta 2$ d, $\Delta 7$ d) before and after CABG treatment on vascular endothelial dysfunction was analyzed using the receiver operating characteristic curve (ROC). **Results** The Hct levels of the study group at 2 days and 7 days after surgery were significantly lower than those of the control group, while LP(a) and MPV were significantly higher than those of the control group; the Hct, LP(a), and MPV difference ($\Delta 2$ d, $\Delta 7$ d) were significantly lower than those of the control group; the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Hct was negatively correlated with ET-1 and PECAM-1 levels ($r = -0.425$, -0.369 , $P < 0.05$), and positively correlated with VE-cadherin and N-cadherin levels ($r = 0.512$, 0.608 , $P < 0.05$). LP(a) was positively correlated with the levels of ET-1 and PECAM-1 ($r = 0.471$, 0.519 , $P < 0.05$), and negatively correlated with the levels of VE-cadherin and N-cadherin ($r = -0.531$, -0.567 , $P < 0.05$). MPV was positive-

基金项目: 青年科学基金项目(编号: 81800317)。

第一作者: 龙美静(1986—), 女, 主管技师, 硕士, 主要研究方向: 临床检验。

通讯作者: 孙静静(1986—), 女, 主管技师, 主要研究方向: 临床检验, E-mail: 540960953@qq.com。

ly correlated with the levels of ET-1 and PECAM-1 ($r=0.385, 0.437, P<0.05$), and negatively correlated with the levels of VE cadherin and N-cadherin ($r=-0.509, -0.533, P<0.05$). The prediction value of combined detection of Hct, LP(a), and MPV difference before and after CABG treatment for ROC area (AUC) of vascular endothelial dysfunction was greater than that of a single indicator, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The expression levels of Hct, LP(a), and MPV are related to vascular endothelial dysfunction after CABG. The combined detection of HCT, LP(a), and MPV may have a certain predictive value for vascular endothelial dysfunction.

【Key words】 Coronary artery bypass grafting; Erythrocyte specific volume; Lipoprotein (a); Mean platelet volume; Vascular endothelial function

我国冠心病发病率、病死率逐年上升,临床常采用冠状动脉旁路移植术(CABG)治疗,但手术操作过程会不同程度地损伤冠状动脉^[1]。CABG可激活血管内皮细胞,诱发血管挛缩、凝血紊乱、炎性反应,引起血管内皮细胞功能障碍^[2]。因而寻找CABG后血管内皮功能障碍的预测指标具有重要意义。红细胞比容(Hct)与血液黏度有关,可调控血管壁剪切应力,促进血管内皮损伤,进而参与心血管疾病发生发展过程^[3]。脂蛋白(a)[LP(a)]与血栓形成、纤溶受损有关,其水平升高可增加动脉粥样硬化斑块不稳定性^[4]。平均血小板体积(MPV)属于血小板活化标志物,其水平升高可促进多种生物活性物质释放,引起炎性反应,诱发动脉硬化^[5]。目前Hct、LP(a)、MPV与血管内皮功能障碍相关性研究较少。本研究通过检测行CABG的冠心病患者的Hct、LP(a)、MPV水平,探究其与血管内皮功能指标的相关性,并分析其对血管内皮功能障碍的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年1月至2022年8月于郑州大学第一附属医院行CABG的115例冠心病患者为研究对象。纳入标准:符合冠心病诊断标准^[6],且经心电图、超声心动图检查确诊;符合CABG治疗指征;左室射血分数(LVEF) $>40\%$;未合并严重心脏瓣膜疾病;初次发病者;近1个月内无激素类或免疫抑制剂用药史;所有患者均签署知情同意书。排除标准:血管畸形病变;颅内器质性病变;入院前已接受静脉溶栓治疗;肝肾等脏器功能严重障碍;近1个月内有输血史;合并免疫缺陷、传染性疾病;合并血液系统疾病;合并恶性肿瘤。115例患者中男性75例,女性40例;年龄56~70岁,平均 (63.18 ± 2.15) 岁;体质指数(BMI)17~30 kg/m²,平均 (23.48 ± 2.06) kg/m²;ASA分级:Ⅱ级67例、Ⅲ级48例;美国纽约心脏病协会心功能(NYHA)分级:Ⅱ级74例、Ⅲ级41例;合并症:高血压54例、糖尿病31例;冠脉病变情况:单支病变38例、双支病变42例、左主干或三支病变35例。本研究经我院医学伦理委员会批准。

1.2 CABG手术方法 前胸正中切口获取内乳动脉、大隐静脉,予以肝素1~2 mg/kg,切开心包后探查狭窄、闭塞冠状动脉,完成血管重建,以大隐静脉、乳内动脉、挠动脉为血管移植物,采用双头针(7-0)无创伤Prolene线连续外翻吻合,完成后使用0.9%氯化钠检测吻合口是否通畅。

1.3 分组方法 术后3个月依据其是否发生血管内皮功能障碍分为发生者65例(设为研究组)、未发生者50例(设为对照组),采用Vivid7型超声诊断仪(美国GE公司)检测血流依赖性舒张功能(FMD),以FMD评估血管内皮功能,其中 $FMD\leq 7\%$ 视为血管内皮功能障碍^[7]。

1.4 检测方法 (1)血管内皮功能指标检测:术前采集所有患者5 mL晨起空腹静脉血,3 000 r/min离心5 min(离心半径10 cm),取上清液,采用ELISA法检测血清内皮素-1(ET-1)、血小板内皮细胞黏附分子(PECAM-1)、血管内皮细胞钙粘连蛋白(VE-cadherin)、神经型钙黏连蛋白(N-cadherin)水平,美国R&D公司提供ET-1、PECAM-1检测试剂盒,厦门仑昌硕生物科技有限公司提供VE-cadherin、N-cadherin检测试剂盒。(2)Hct、LP(a)、MPV检测:于术前、术后2 d、术后7 d采集所有患者晨起空腹静脉血5 mL,以10 min半径离心5 min(3 000 r/min),留取上清液待测,采用Mindray BS-220型全自动生化分析仪(南京贝登医疗股份有限公司)检测Hct。采用免疫比浊法检测LP(a)、MPV水平,武汉明德生物科技股份有限公司提供检测试剂盒。

1.5 观察指标 (1)比较两组患者术前、术后2 d、7 d的Hct、LP(a)、MPV水平,并分析其与血管内皮功能指标相关性;(2)计算Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2 d$ 、 $\Delta 7 d$), $\Delta 2 d$ 为术后2 d与术前差值的绝对值, $\Delta 7 d$ 为术后7 d与术前差值的绝对值;(3)分析Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2 d$ 、 $\Delta 7 d$)对血管内皮功能障碍的预测价值。

1.6 统计学方法 应用SPSS24.0软件进行数据统计学分析。计量资料经K-S检验符合正态分布,以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用 t 检验,术前术后组内比较采用配对 t 检验;计数资料组间比较采用 χ^2 检验;采用Pearson法分析不同指标间的相关性;采用多因素Logistic回归分析各指标差值对血管内皮功能障碍的影响;利用受试者工作特征曲线(ROC)及ROC下面积(AUC)评价各指标差值对血管内皮功能障碍的预测价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者的临床资料比较 研究组患者的ET-1、PECAM-1水平明显高于对照组,VE-cadherin、N-cadherin水平明显低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表1。

表1 两组患者的临床资料比较[$\bar{x}\pm s$,例(%)]

Table 1 Comparison of clinical data between the two groups [$\bar{x}\pm s, n (%)$]

项目	研究组($n=65$)	对照组($n=50$)	t/χ^2 值	P 值
性别			0.404	0.525
男	44 (67.69)	31 (62.00)		
女	21 (32.31)	19 (38.00)		
ASA			0.002	0.960
Ⅱ级	38 (58.46)	29 (58.00)		
Ⅲ级	27 (41.54)	21 (42.00)		
NYHA			0.105	0.746
Ⅱ级	41 (63.08)	33 (66.00)		
Ⅲ级	24 (36.92)	17 (34.00)		
合并症				
高血压	26 (40.00)	28 (56.00)	2.905	0.088
糖尿病	19 (29.23)	12 (24.00)	0.393	0.531
体质指数(kg/m^2)	23.63 $\pm$ 1.06	23.28 $\pm$ 1.13	1.706	0.091
三酰甘油(mmol/L)	1.26 $\pm$ 0.31	1.22 $\pm$ 0.28	0.715	0.476
总胆固醇(mmol/L)	5.26 $\pm$ 0.75	5.20 $\pm$ 0.71	0.435	0.664
低密度脂蛋白(mmol/L)	2.77 $\pm$ 0.41	2.69 $\pm$ 0.38	1.071	0.287
年龄(岁)	63.42 $\pm$ 2.68	62.86 $\pm$ 3.62	0.953	0.342
ET-1 (ng/L)	110.36 $\pm$ 26.71	75.12 $\pm$ 15.04	8.36	0.001
PECAM-1 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	175.64 $\pm$ 28.56	106.32 $\pm$ 25.44	13.523	0.001
VE-cadherin ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	9.85 $\pm$ 1.28	10.56 $\pm$ 1.32	2.909	0.004
N-cadherin ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	410.32 $\pm$ 96.77	474.79 $\pm$ 108.26	3.363	0.001

2.2 两组患者手术前后的Hct、LP(a)、MPV比较 术前,两组患者的Hct、LP(a)、MPV比较差异均无统计学意义($P>0.05$);术后2 d、7 d,两组患者的Hct明显高于术前,LP(a)、MPV明显低于术前,且术后2 d、7 d,研究组患者的Hct明显低于对照组,LP(a)、MPV明显高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$);研究组患者的Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2\text{ d}$ 、 $\Delta 7\text{ d}$)明显低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表2。

表2 两组患者手术前后的Hct、LP(a)、MPV比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of Hct, LP(a), and MPV before and after surgery between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

项目	时间	研究组($n=65$)	对照组($n=50$)	t 值	P 值
Hct (%)	术前	33.56 $\pm$ 3.54	33.61 $\pm$ 3.61	0.074	0.941
	术后2 d	36.64 $\pm$ 4.12	38.41 $\pm$ 4.16	2.274	0.025
	术后7 d	36.21 $\pm$ 4.15	43.62 $\pm$ 4.22	9.423	0.001
	$\Delta 2\text{ d}$	3.08 $\pm$ 0.86	4.80 $\pm$ 1.43	8.002	0.001
	$\Delta 7\text{ d}$	2.65 $\pm$ 0.80	10.01 $\pm$ 3.16	10.003	0.001
LP(a) (mg/L)	术前	371.52 $\pm$ 103.84	377.84 $\pm$ 105.72	0.321	0.749
	术后2 d	332.71 $\pm$ 87.57	293.31 $\pm$ 61.41	2.778	0.006
	术后7 d	328.47 $\pm$ 75.16	266.31 $\pm$ 71.77	4.483	0.001
	$\Delta 2\text{ d}$	38.81 $\pm$ 10.94	84.53 $\pm$ 22.17	5.066	0.001
	$\Delta 7\text{ d}$	43.05 $\pm$ 11.35	111.53 $\pm$ 33.18	15.518	0.001
MPV (fL)	术前	9.15 $\pm$ 2.82	9.20 $\pm$ 2.96	0.092	0.927
	术后2 d	8.22 $\pm$ 2.16	7.45 $\pm$ 1.36	2.206	0.029
	术后7 d	8.13 $\pm$ 2.11	6.83 $\pm$ 1.22	3.883	0.001
	$\Delta 2\text{ d}$	0.93 $\pm$ 0.28	1.75 $\pm$ 0.50	11.151	0.001
	$\Delta 7\text{ d}$	1.02 $\pm$ 0.31	2.37 $\pm$ 0.69	14.051	0.001

2.3 各指标与血管内皮功能指标的相关性 经Pearson法分析结果显示,Hct与ET-1、PECAM-1水平呈负相关($P<0.05$),且与VE-cadherin、N-cadherin水平呈正相关($P<0.05$);LP(a)、MPV与ET-1、PECAM-1水平呈正相关($P<0.05$),且与VE-cadherin、N-cadherin水平呈负相关($P<0.05$),见表3。

2.4 各指标差值对血管内皮功能障碍的影响 经Logistic回归分析结果显示,校正ET-1、PECAM-1、VE-cadherin、N-cadherin等其他因素前后,Hct、LP(a)、MPV差值($\Delta 2\text{ d}$ 、 $\Delta 7\text{ d}$)与血管内皮功能障碍独立相关($P<0.05$),见表4。

2.5 各指标差值对血管内皮功能障碍的预测价值 以研究组65例为阳性样本,以对照组50例为阴性样本,绘制ROC曲线,结果显示,Hct $\Delta 2\text{ d}$ 、LP(a) $\Delta 2\text{ d}$ 、MPV $\Delta 2\text{ d}$ 联合预测血管内皮功能障碍的AUC大于单项指标预测,差异有统计学意义($P<0.05$),Hct $\Delta 7\text{ d}$ 、LP(a)

表3 各指标与血管内皮功能指标的相关性
Table 3 Correlation between Hct, LP(a), and MPV and vascular endothelial function indicators

指标	Hct		LP(a)		MPV	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值
ET-1	-0.425	<0.05	0.471	<0.05	0.385	<0.05
PECAM-1	-0.369	<0.05	0.519	<0.05	0.437	<0.05
VE-cadherin	0.512	<0.05	-0.531	<0.05	-0.509	<0.05
N-cadherin	0.608	<0.05	-0.567	<0.05	-0.533	<0.05

表4 各指标差值对血管内皮功能障碍的影响
Table 4 Effect of Hct, LP(a), and MPV differences on vascular endothelial dysfunction

差值	指标	校正前		校正后	
		OR	95%CI	OR	95%CI
Δ2 d	Hct	0.558	0.412~0.757	0.307	0.215~0.438
	LP(a)	15.428	5.624~42.321	7.113	1.685~30.025
	MPV	22.576	8.062~63.217	15.848	6.214~40.417
Δ7 d	Hct	0.673	0.552~0.821	0.421	0.336~0.527
	LP(a)	17.108	6.032~48.524	7.436	1.715~32.241
	MPV	25.167	8.421~75.214	16.292	6.385~41.571

Δ7 d、MPV Δ7 d联合预测血管内皮功能障碍的AUC大于单项指标预测,差异具有统计学意义($P<0.05$),且Hct Δ7 d、LP(a) Δ7 d、MPV Δ7 d预测血管内皮功能障碍的AUC大于Hct Δ2 d、LP(a) Δ2 d、MPV Δ2 d联合预测,差异有统计学意义($P<0.05$),见表5、图1。

表5 ROC分析各指标差值对血管内皮功能障碍的预测价值
Table 5 Predictive value of Hct, LP(a), and MPV difference for vascular endothelial dysfunction by ROC analysis

指标	AUC	95%CI	cut-off值	敏感度(%)	特异度(%)	P值
Δ2 d						
Hct	0.796	0.711~0.866	3.9	89.23	72.00	0.001
LP(a)	0.772	0.684~0.845	257.47	80.00	66.00	0.001
MPV	0.781	0.694~0.852	1.19	73.85	74.00	0.001
联合	0.919	0.854~0.962		87.69	80.00	0.001
Δ7 d						
Hct	0.834	0.753~0.897	3.3	89.23	64.00	0.001
LP(a)	0.782	0.696~0.854	310.71	53.85	92.00	0.001
MPV	0.849	0.771~0.909	1.28	92.31	72.00	0.001
联合	0.935	0.873~0.972		93.85	80.00	0.001

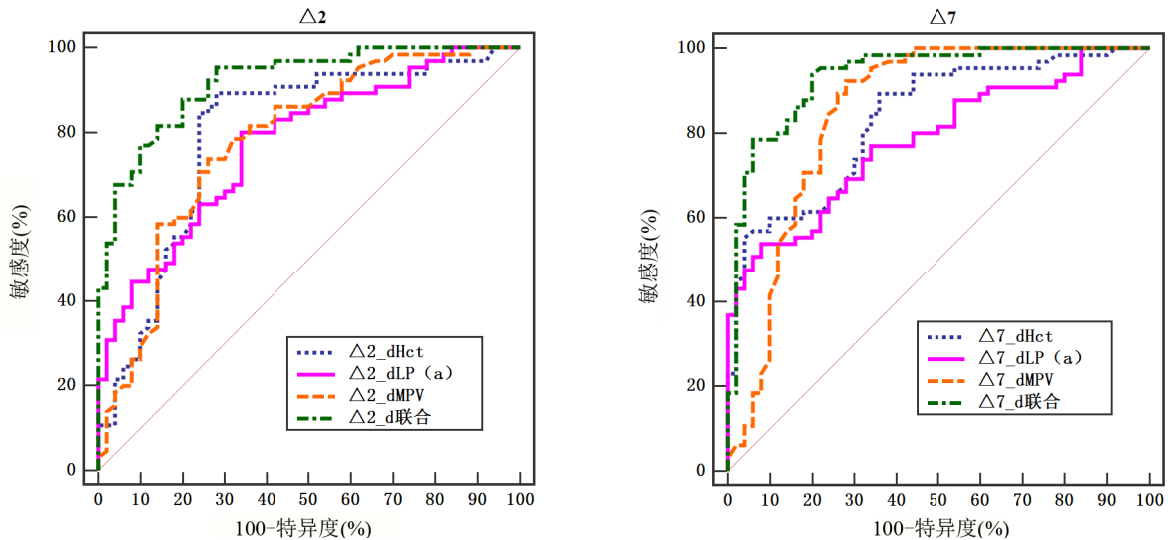


图1 各指标差值预测血管内皮功能障碍的ROC图
Figure 1 ROC Chart of predicting vascular endothelial dysfunction by Hct, LP(a), and MPV

3 讨论

冠心病发生发展与炎症反应、血管内皮功能障碍有关,CABG后短期内补体系统、中性粒细胞、纤溶系统激活,可促进炎症细胞因子生成,引起血管内皮细胞损伤,而血管内皮细胞功能障碍可引起脂质过氧化反应、凝血功能障碍,诱发靶器官损伤^[8]。因而早期及时治疗血管内皮功能障碍有助于改善患者预后。
Hct可反映心功能障碍程度,其水平降低预示左室舒张末期容量增加,心室壁张力升高^[9-10]。本研究结果显示,术后2 d、7 d两组Hct高于术前,且研究组Hct低于对照组,提示Hct水平变化可能反映血管内皮功能受损程度。Hct水平降低可减小血液黏度,引起收缩/扩张调节因子水平紊乱,诱发血管内皮损伤。血管内皮功能障碍与血管收缩、血栓形成、异常血管增生、

心血管不良事件密切相关,ET-1、PECAM-1水平升高可刺激血管收缩,促进血栓形成,致使血管内皮功能失衡,促进冠心病病情发展;VE-cadherin、N-cadherin可维持血管完整性,其水平降低可引起内皮功能障碍^[11-12]。本研究结果显示,研究组ET-1、PECAM-1水平高于对照组,VE-cadherin、N-cadherin水平低于对照组,进一步研究发现Hct与ET-1、PECAM-1水平呈负相关,而与VE-cadherin、N-cadherin水平呈正相关,提示Hct水平与血管内皮功能指标密切相关,并可能反映内皮功能障碍程度。分析其原因可能为血管内皮功能障碍发生后机体内炎症反应加剧,可促进动脉内膜增生、血小板黏附凝聚,并可降低Hct水平,破坏血管内皮完整性,促进冠脉血流再灌注。
LP(a)具有促氧化应激作用,其水平升高可干扰纤

溶系统、脂代谢功能,致使纤溶酶水平降低,减弱血栓溶解能力,影响动脉粥样斑块稳定性^[13]。LP(a)可通过结合巨噬细胞,促进泡沫细胞、脂肪斑块生成,引起平滑肌细胞、内皮细胞氧化损伤,进而参与动脉粥样硬化发生过程^[14]。本研究结果显示,研究组术后 LP(a)水平高于对照组,且与 ET-1、PECAM-1 水平呈正相关,而与 VE-cadherin、N-cadherin 水平呈负相关,提示 LP(a)水平升高与血管内皮功能障碍密切相关。由此可知 LP(a)可能引起血管内皮细胞氧化损伤,增加不稳定斑块数量、冠脉钙化程度,进而参与血管内皮功能障碍发生过程。MPV 水平升高可释放炎性介质,加重血管内皮功能障碍,致使心脏功能恶化^[15]。心血管疾病发生过程中,血小板可激活循环系统中单核细胞,增加炎性细胞因子释放量,促使血小板体积增大^[16]。本研究结果显示,研究组术后 MPV 水平高于对照组,且与血管内皮功能指标密切相关,提示 MPV 水平升高预示血小板活性增强、淋巴细胞数量减少,可加剧炎症反应,引起血管内皮功能障碍。原因可能为 MPV 可通过增加炎性因子释放量,引起血管内皮功能紊乱,增加冠状动脉斑块不稳定性。MPV 水平升高可影响经皮冠状动脉介入术(PCI)后再灌注情况,并可用于预测 PCI 后无复流发生^[17]。但 Hct、LP(a)、MPV 对 CABG 后血管内皮功能障碍的预测价值尚未可知。本研究结果显示,Hct Δ 7 d、LP(a) Δ 7 d、MPV Δ 7 d 预测血管内皮功能障碍的 AUC 大于 Hct Δ 2 d、LP(a) Δ 2 d、MPV Δ 2 d 联合预测,提示联合检测 Hct、LP(a)、MPV 水平对 CABG 后血管内皮功能障碍具有一定预测价值。

综上所述,Hct、LP(a)、MPV 水平变化与 CABG 后血管内皮功能障碍有关,联合检测对 CABG 后血管内皮功能障碍具有一定预测效能,有助于临床医师调整治疗方案,以减少血管内皮功能障碍的发生。

参考文献

- [1] Miró Ò, Martínez-Nadal G, Koechlin L, et al. Influence of previous coronary artery bypass grafting in the difficulty of acute coronary syndrome diagnosis [J]. *Eur J Emerg Med*, 2021, 28(2): 125-135.
- [2] Soetisna TW. CD133⁺ stem cell therapy effects on myocardial regeneration through increased vascular endothelial growth factor correlate with cardiac magnetic resonance imaging results in coronary artery bypass graft surgery patients with low ejection fraction [J]. *Heart Surg Forum*, 2021, 24(4): E670-E674.
- [3] Tang H, Zhai HY, Fang XQ. Clinical effect of Shuxuening in the adjuvant treatment of acute exacerbation of chronic pulmonary heart disease and its influence on respiratory function and vascular endothelial function [J]. *Journal of Hubei University of Chinese Medicine*, 2021, 23(6): 36-39.
唐鸿,翟慧媛,方小谦.舒血宁辅治慢性肺心病急性加重期临床疗效及对患者呼吸功能、血管内皮功能的影响[J].湖北中医药大学学报,2021,23(6): 36-39.
- [4] Qiu WD, Xia S, Xu L, et al. Relationship between plasma Lp(a) and carotid intraplaque neovascularization in elderly carotid stenosis patients [J]. *Chin J Geriatr Heart Brain Vess Dis*, 2021, 23(12): 1304-1308.
丘伟达,夏爽,徐兰,等.老年颈动脉狭窄患者脂蛋白(a)与颈动脉斑块内新生血管的关系[J].中华老年心脑血管病杂志,2021,23(12):

1304-1308.

- [5] Xu WQ, Han HL, Guo LN, et al. Correlations between serum levels of lp-PLA2, MPV and hs-CRP with vascular endothelial function in perimenopausal women with coronary heart disease [J]. *Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2022, 34(3): 32-36.
许文强,韩海莉,郭力那,等.血清 Lp-PLA2、MPV 及 hs-CRP 水平与围绝经期女性冠心病血管内皮功能的关系[J].解放军医药杂志,2022,34(3): 32-36.
- [6] Chinese Medical Association, Journal of the Chinese Medical Association, General Practice Branch of the Chinese Medical Association, et al. Guidelines for the Primary Diagnosis and Treatment of Stable Coronary Heart Disease (2020) [J]. *Chinese Journal of General Practitioners*, 2021, 20(3): 265-273.
中华医学会,中华医学杂志社,中华医学会全科医学分会,等.稳定性冠心病基层诊疗指南(2020年)[J].中华全科医师杂志,2021,20(3): 265-273.
- [7] Patti G, Pasceri V, Melfi R, et al. Impaired flow-mediated dilation and risk of restenosis in patients undergoing coronary stent implantation [J]. *Circulation*, 2005, 111(1): 70-75.
- [8] Girão-Silva T, Fonseca-Alaniz MH, Ribeiro-Silva JC, et al. High stretch induces endothelial dysfunction accompanied by oxidative stress and actin remodeling in human saphenous vein endothelial cells [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 13493.
- [9] Wang Y, Zhang YJ. Predictive value of serum sodium combined with hematocrit for short-term prognosis of acute heart failure [J]. *Chinese Journal of Clinical Medicine*, 2021, 28(5): 874-878.
王钰,张英杰.血清钠离子浓度联合红细胞比容对急性心力衰竭短期预后的预测价值[J].中国临床医学,2021,28(5): 874-878.
- [10] Kang Y, Niu XJ, Shi ZJ, et al. Predictive significance of hematocrit for 3-year adverse outcome events in elderly female patients with heart failure [J]. *Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases*, 2022, 24(9): 908-911.
康元,牛晓菁,史秩菁,等.红细胞比容对老年女性心力衰竭患者3年不良结局事件的预测意义[J].中华老年心脑血管病杂志,2022,24(9): 908-911.
- [11] Zhao FC, Gao YL, Cai HS, et al. Effect of transcutaneous electric acupoints stimulation on vascular endothelial function and inflammatory factors after percutaneous coronary intervention [J]. *Acupuncture Research*, 2021, 46(8): 684-689.
赵方超,高岩林,蔡华山,等.经皮穴位电刺激对经皮冠状动脉介入术后患者血管内皮功能及炎性因子的影响[J].针刺研究,2021,46(8): 684-689.
- [12] Peng YJ, Hu SJ, Zhang WN, et al. Analysis of the correlation of the syndrome of deficiency of both Qi and Yin and intertwined blood stasis and toxin with endothelium dysfunction in patients with type 2 diabetic nephropathy-stage III [J]. *Journal of Hunan University of Chinese Medicine*, 2022, 42(1): 129-133.
彭亚军,胡淑娟,张伟宁,等.2型糖尿病肾病Ⅲ期患者气阴两虚、瘀毒互结证与内皮细胞功能障碍相关性分析[J].湖南中医药大学学报,2022,42(1): 129-133.
- [13] Wang HY, Zhong P, Bai Y. Effect of lipoprotein a on the risk of acute myocardial infarction and stroke during hospitalization in patients with atrial fibrillation [J]. *China Medicine*, 2022, 17(7): 971-974.
王海燕,钟鹏,白英.脂蛋白a对心房颤动患者住院期间发生急性心肌梗死和卒中风险的影响[J].中国医药,2022,17(7): 971-974.
- [14] Zhu XT, Hu ZP, Feng J. Correlation between plasma lipoprotein-associated phospholipase A2, lipoprotein (a) and SYNTAX score in patients with coronary heart disease [J]. *Acta Universitatis Medicinalis*

标准颈动脉内膜切除术后血管几何形态特征对血管内血流动力学状态的影响

安思龙¹, 陈健龙², 蔡仁端², 符策锐², 王振平², 宋智勇³, 刘朝晖²

1. 海南医学院, 海南 海口 570311;

2. 海南省人民医院 海南医学院附属海南医院, 海南 海口 570311;

3. 北京科技大学, 北京 100083

【摘要】 目的 探讨标准颈动脉内膜切除术(CEA)术后血管几何形态特征对血管内血流动力学状态的影响。**方法** 回顾性收集 2016 年 5 月至 2020 年 12 月在海南省人民医院神经外科及血管外科行 CEA 的患者 50 例, 所有患者均在术后一周内进行颈动脉 CTA 检查, 测量并记录血管几何形态特征数据。利用 Mimics、Geomagic 等软件对患者术后 CTA 影像学资料进行颈动脉建模, 采用 Ansys Fluent 进行计算流体力学(CFD)分析, 定量测定颈动脉窦部外侧壁壁面剪切力(WSS)数据, 定性判断血管内有无湍流现象的发生。比较 Bulb/CCA 管径比值 ≤ 1 和 >1 两组患者在血管内是否形成湍流, 对血管几何形态特征数据与颈动脉窦部外侧壁 WSS 数据进行 Spearman 相关性分析, 将存在显著相关性的血管几何形态数据纳入多元线性回归分析; 采用多重二元 Logistic 回归分析管腔内形成湍流的血管几何形态的独立危险因素。**结果** Bulb/CCA 管径比值 ≤ 1 和 >1 两组患者经 χ^2 检验显示 Bulb/CCA 管径比值 >1 组的患者 CEA 术后血管腔内更容易产生湍流, 差异具有统计学意义($P<0.05$); 经 Spearman 相关性分析结果显示: 颈动脉窦部管径($r=-0.463, P<0.05$)、颈动脉窦部与颈总动脉远段管径比值($r=-0.554, P<0.05$)、颈内动脉和颈外动脉分叉角度($r=-0.361, P<0.05$)与观测点 WSS 数值呈负相关; 多元线性回归分析结果显示, 颈动脉窦部管径($B=-0.161, P<0.05$)与观测点 WSS 数值存在线性相关关系; 多重二元 Logistic 回归分析结果显示, 颈动脉窦管径和颈总动脉远段管径是 CEA 术后颈动脉管腔内产生湍流的独立危险因素($P<0.05$)。**结论** CEA 术后颈动脉血管几何形态影响血管内血流动力学状态, 颈动脉窦管径、颈总动脉远段管径以及两者的比值对 CEA 术后管腔内的血流动力学状态有显著影响。

【关键词】 颈动脉内膜切除术; 计算流体力学; 壁面剪切应力; 湍流; 相关性; 危险因素

【中图分类号】 R653 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2023)15-2145-05

Influence of vascular geometry on intravascular hemodynamics after standard carotid endarterectomy. AN Si-long¹, CHEN Jian-long², CAI Ren-duan², FU Ce-rui², WANG Zhen-ping², SONG Zhi-yong³, LIU Zhao-hui². 1. Hainan Medical University, Haikou 570311, Hainan, CHINA; 2. Hainan General Hospital, Hainan Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou 570311, Hainan, CHINA; 3. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, CHINA

【Abstract】 Objective To investigate the influence of vascular geometry on intravascular hemodynamics after standard carotid endarterectomy (CEA). **Methods** In this study, 50 patients who underwent CEA in the Department of Neurosurgery and Department of Vascular Surgery, Hainan General Hospital from May 2016 to December 2020 were retrospectively collected. All patients underwent carotid artery CTA examination within one week after surgery to measure

基金项目: 海南省卫生健康行业科研项目(编号: 20A200219)。

第一作者: 安思龙(1994—), 男, 硕士, 住院医师, 主要研究方向为脑血管疾病的诊断治疗。

通讯作者: 刘朝晖(1979—), 男, 在读博士, 副主任医师, 主要研究方向为脑血管疾病的诊断治疗, E-mail: 15008022800@163.com。

Anhui, 2022, 57(10): 1650-1655.

朱学涛, 胡泽平, 冯静. 冠心病患者血脂蛋白相关磷脂酶 A2、脂蛋白(a)与 SYNTAX 评分的相关性[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57(10): 1650-1655.

- [15] Xun Y, Wu T, Zheng Y, et al. The effect of the mean platelet volume/platelet count ratio on the clinical outcome of coronary heart disease after PCI [J]. Chinese Journal of Arteriosclerosis, 2021, 29(6): 483-488.
- 荀一骊, 吴婷婷, 郑颖颖, 等. 平均血小板体积/血小板计数比值对冠心病 PCI 术后临床结局的影响[J]. 中国动脉硬化杂志, 2021, 29(6): 483-488.

- [16] He JH, Zeng Z. The value of neutrophil/lymphocyte ratio and mean platelet volume to lymphocyte ratio in predicting short-term prognosis in ST-segment elevation myocardial infarction [J]. Chinese Jour-

nal of Cardiovascular Research, 2022, 20(10): 888-892.

何俊华, 曾智. 中性粒细胞/淋巴细胞比值和平均血小板体积与淋巴细胞比值预测 ST 段抬高型心肌梗死短期预后的价值[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(10): 888-892.

- [17] Fan LL, Zhang YL. Predictive value of platelet/lymphocyte ratio combined with mean platelet volume detection in patients with ST-segment elevation myocardial infarction with no-reflow after percutaneous coronary intervention [J]. China Medical Herald, 2022, 19(26): 67-70.

范玲珑, 张义林. 血小板/淋巴细胞比值联合平均血小板体积检测对 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠脉介入术后无复流的预测价值[J]. 中国医药导报, 2022, 19(26): 67-70.

(收稿日期: 2023-03-22)