

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.13.035

血清肌钙蛋白 I、同型半胱氨酸、乳酸联合检测对动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者术后转归的预测价值分析*

庞刚 梁有明 秦国文 蓝胜勇 唐秀文

(广西壮族自治区人民医院神经外科 广西 南宁 530021)

摘要 目的:研究血清肌钙蛋白 I(cTnI)、同型半胱氨酸(Hcy)以及乳酸(Lac)联合检测对动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)患者术后转归的预测价值。**方法:**将本院从 2018 年 1 月~2020 年 1 月期间收治的 115 例 aSAH 患者纳入研究,记作研究组。另取 100 例健康体检志愿者作为对照组。检测并比较所有受试者血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平。此外,按照术后转归情况将研究组患者分作转归不良组以及转归良好组,比较两组各项基线资料以及血清 cTnI、Hcy、Lac 水平,并采用多因素 Logistic 回归分析 aSAH 患者术后转归不良的影响因素。另外,借助受试者工作特征(ROC)曲线分析明确 cTnI、Hcy 及 Lac 联合检测对 aSAH 术后转归不良的预测价值。**结果:**研究组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平均明显高于对照组($P<0.05$)。转归不良组血清 Hcy 以及 Lac 水平均高于转归良好组($P<0.05$)。经单因素分析可得:Hunt-Hess 分级、动脉瘤大小、术前格拉斯哥昏迷指数(GCS)评分、术前脑疝、术后再出血均和 aSAH 患者术后转归密切相关(均 $P<0.05$)。经多因素 Logistic 回归分析发现:Hunt-Hess 分级 IV~V 级、动脉瘤大小 ≥ 5 mm、术前 GCS 评分、术前脑疝、术后再出血及血清 cTnI、Hcy、Lac 均是研究组患者术后转归不良的危险因素(均 $P<0.05$)。经 ROC 曲线分析可得:血清 cTnI、Hcy 及 Lac 联合预测 aSAH 患者术后转归不良的曲线下面积、灵敏度、特异度以及约登指数均高于上述三项指标单独预测。**结论:**血清 cTnI、Hcy 及 Lac 联合检测对 aSAH 患者术后转归不良的预测价值较高。

关键词:动脉瘤性蛛网膜下腔出血;肌钙蛋白 I;同型半胱氨酸;乳酸;预测价值

中图分类号:R743.35 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2021)13-2564-05

Analysis of the Predictive Value of Serum Troponin I, Homocysteine and Lactic Acid Combined Detection in Postoperative Outcomes of Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage*

PANG Gang, LIANG You-ming, QIN Guo-wen, LAN Sheng-yong, TANG Xiu-wen

(Department of Neurosurgery, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi, 530021, China)

ABSTRACT Objective: To study the predictive value of serum troponin I (cTnI), homocysteine (Hcy) and lactic acid (Lac) combined detection in postoperative outcomes of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage (aSAH). **Methods:** A total of 115 patients with aSAH who were admitted to our hospital from January 2018 to January 2020 were included in this study, and recorded as study group. Another 100 healthy volunteers were selected as the control group. Serum cTnI, Hcy and Lac levels were detected and compared in all subjects. In addition, according to the difference of postoperative outcomes, the study group was divided into poor outcomes group and good outcomes group. Baseline data and cTnI, Hcy and Lac levels were compared between the two groups, and multivariate Logistic regression analysis was used to determine the influencing factors of poor postoperative outcomes in patients with aSAH. In addition, the predictive value of cTnI, Hcy and Lac combined detection on postoperative outcomes of aSAH was determined by using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results:** The serum cTnI, Hcy and Lac levels in the study group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). Serum Hcy and Lac levels in the poor outcomes group were higher than those in the good outcomes group ($P<0.05$). According to univariate analysis, Hunt-Hess class, aneurysm size, preoperative GCS score, preoperative cerebral hernia, and preoperative rebleeding were all closely related to postoperative outcomes of patients with aSAH (all $P<0.05$). Multiple Logistic regression analysis showed that: Hunt-Hess grade IV~V, aneurysm size ≥ 5 mm, preoperative GCS score, preoperative cerebral hernia, preoperative rebleeding, serum cTnI, Hcy, and Lac were all risk factors for poor postoperative outcomes in the study group (all $P<0.05$). The ROC curve analysis showed that the area under the curve, sensitivity, specificity and Youden index of the combined prediction of serum cTnI, Hcy and Lac levels for poor postoperative outcomes in patients with aSAH were higher than those predicted by the above three indexes alone. **Conclusion:** The combined detection of serum cTnI, Hcy and Lac has a high predictive value in the adverse postoperative outcomes of patients with aSAH.

Key words: Aneurysmal subarachnoid hemorrhage; Troponin I; Homocysteine; Lactic acid; Predictive value

Chinese Library Classification(CLC): R743.35 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2021)13-2564-05

* 基金项目:广西壮族自治区卫生和计划生育委员会科研项目(2016YFC0901003)

作者简介:庞刚(1971-),男,本科,副主任医师,研究方向:脑脊髓血管病及神经系统肿瘤的诊治,E-mail: pangwenjielun@163.com

(收稿日期:2021-01-27 接受日期:2021-02-22)

前言

动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)是临床上多见的脑血管疾病之一,极易导致继发性脑损伤的发生,具有较高的致残率以及死亡率,且多发生于中老年人群,严重威胁患者生命健康安全^[1-3]。外科手术是目前临床广泛用以治疗该病的重要手段,但部分患者术后可能面临脑积水以及迟发缺血性神经功能障碍等"二次打击",继而导致其转归不理想,特别是病情较重患者,尽管接受了积极治疗,但预后转归仍较差,超过半数以上的患者面临死亡或完全丧失生活活动能力等风险^[4-6]。由此可见,如何有效预测 aSAH 患者术后转归显得尤为重要,亦是目前临床研究的热点。肌钙蛋白 I(cTnI)是评估心肌损伤的首选标志物,而心肌损伤属于 aSAH 常见并发症之一,亦是导致患者死亡的主要原因之一^[7-9],由此推测,cTnI 可能有助于 aSAH 术后转归的预测。同型半胱氨酸(Hcy)的本质是含硫氨基酸之一,其表达的异常升高多见于心脑血管疾病,可能和 aSAH 患者的预后有关^[10-12]。乳酸(Lac)主要是通过糖无氧酵解而来,其水平高低反映了机体糖代谢水平,亦可间接反映组织器官供血、供氧情况,和重症患者的预后转归密切相关^[13-15]。鉴于此,本文通过研究血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 联合检测对 aSAH 患者术后转归的预测价值,旨在为临床诊治提供思路,现作以下报道。

1 对象与方法

1.1 一般资料

将本院从 2018 年 1 月~2020 年 1 月收治的 115 例 aSAH 患者纳入研究,记作研究组。纳入标准:(1)参照《中国动脉瘤性蛛网膜下腔出血诊疗指导规范》的相关标准^[6],所有患者均经颅脑 CT 以及数字减影血管造影(DSA)等检查确诊为 aSAH;(2)均接受早期外科手术治疗;(3)年龄 ≥ 18 周岁;(4)病历资料缺失者。排除标准:(1)合并凝血功能障碍或(和)其它严重疾病者;(2)神志异常或无法完成相关研究者;(3)颅内感染、脑出血患者;(4)妊娠期或哺乳期女性;(5)非动脉瘤引起的蛛网膜下腔出血患者。其中男性 65 例,女性 50 例;年龄 18~78 岁,平均(54.58 $\pm$ 10.73)岁;Hunt-Hess 分级:I~III级 76 例,IV~V

级 39 例;高血压 67 例;术前脑疝 13 例,术后再出血 9 例,术前格拉斯哥昏迷指数(GCS)评分 5~16 分,平均(11.45 $\pm$ 2.66)分。另取 100 例健康体检志愿者作为对照组。其中男性 57 例,女性 43 例;年龄 20~77 岁,平均(54.12 $\pm$ 10.66)岁。各组上述资料比较无差异($P>0.05$),具有可比性。患者或其家属均于同意书上签字,我院医学伦理委员会已批准本研究。

1.2 研究方法

(1)基线资料收集:通过医院自制的基线资料调查表来完成。(2)血清指标检测:分别于术前采集患者清晨空腹静脉血 5 mL,以 8 cm 为离心半径,实施 10 min 的离心处理,获取血清保存至 -80℃冰箱中备用。其中 cTnI 水平的检测通过直接化学发光免疫分析法进行检测,一应操作以试剂盒说明书完成;Hcy 水平的检测通过酶联免疫吸附法完成,操作应遵循试剂盒说明书完成,相关试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司。血清 Lac 水平的检测主要是通过日立 7060 型全自动生化分析仪(购自苏州日立仪器有限公司)完成。(3)在术后 6 个月评价患者的临床转归,通过改良 Rankin 量表(mRS)^[17]评分进行判断,此量表总分 0~5 分,其中 0 分代表无功能受限及遗留的症状;1 分代表有症状,但无明显功能性障碍;2 分代表轻度残疾,生活可自理;3 分代表中度残疾;4 分代表重度残疾;5 分代表重度残疾。将 mRS 评分 ≤ 2 分记为转归良好, >2 分则记为转归不良。

1.3 统计学处理

研究数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计处理,计数资料用%表示,行卡方检验,计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,行 t 检验。aSAH 患者术后转归的影响因素采用多因素 Logistic 回归分析。借助受试者工作特征(ROC)曲线分析明确血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 联合检测 aSAH 术后转归的预测价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平比较

研究组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平均明显高于对照组(均 $P<0.05$),见表 1。

表 1 两组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of serum cTnI, Hcy and Lac levels between the two groups($\bar{x} \pm s$)

Groups	n	cTnI($\mu\text{g/L}$)	Hcy($\mu\text{mol/L}$)	Lac(mmole/L)
Study group	115	0.62 $\pm$ 0.15	18.91 $\pm$ 5.14	8.83 $\pm$ 1.56
Control group	100	0.17 $\pm$ 0.05	10.33 $\pm$ 3.11	1.45 $\pm$ 0.62
t	-	28.641	14.536	44.349
P	-	0.000	0.000	0.000

2.2 研究组不同术后转归患者血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平比较

根据患者术后转归情况将研究组患者分为转归良好组 92 例和转归不良组 23 例。其中转归不良组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平均高于转归良好组(均 $P<0.05$),见表 2。

2.3 研究组患者术后转归影响因素的单因素分析

经单因素分析可得:Hunt-Hess 分级、动脉瘤大小、术前 GCS 评分、术前脑疝、术后再出血均和 aSAH 患者术后转归密切相关(均 $P<0.05$),而年龄、性别、高血压与 aSAH 患者术后转归无关(均 $P>0.05$),见表 3。

2.4 研究组患者术后转归不良影响因素的多因素 Logistic 回归分析

以研究组患者术后转归是否良好为因变量,赋值如下:转归不良=1,转归良好=0。以 Hunt-Hess 分级、动脉瘤大小、术前 GCS 评分、术前脑疝、术后再出血为自变量,赋值如下: Hunt-Hess 分级 I~III 级=0, IV~V 级=1; 动脉瘤大小<5 mm=0, ≥ 5 mm=1; 术前脑疝=1, 无脑疝=0; 术后再出血=1, 无再出血=0; 术前 GCS 评分为原值输入。经多因素 Logistic 回归分析发现: Hunt-Hess 分级 IV~V 级、动脉瘤大小 ≥ 5 mm、术前

GCS 评分、术前脑疝、术后再出血及血清 cTnI、Hcy、Lac 均是研究组患者术后转归不良的危险因素(均 $P<0.05$),见表 4。

2.5 血清 cTnI、Hcy 及 Lac 预测 aSAH 患者术后转归效能的 ROC 曲线分析

经 ROC 曲线分析可得: 血清 cTnI、Hcy 及 Lac 联合预测 aSAH 患者术后转归不良的曲线下面积、灵敏度、特异度以及约登指数均高于上述三项指标单独预测,见表 5,图 1。

表 2 研究组不同术后转归患者血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of serum cTnI, Hcy and Lac levels in patients with different postoperative outcomes in study group($\bar{x} \pm s$)

Groups	n	cTnI($\mu\text{g/L}$)	Hcy($\mu\text{mol/L}$)	Lac(mmol/L)
Poor outcomes group	23	0.82 $\pm$ 0.16	26.81 $\pm$ 6.28	10.77 $\pm$ 1.78
Good outcomes group	92	0.57 $\pm$ 0.14	16.93 $\pm$ 5.01	8.35 $\pm$ 1.44
t	-	7.441	8.025	6.865
P	-	0.000	0.000	0.000

表 3 研究组患者术后转归影响因素的单因素分析

Table 3 Univariate analysis of influencing factors of postoperative outcome in study group

Influencing factors	Poor outcomes group (n=23)	Good outcomes group (n=92)	χ^2/t	P
Age(years)	<60	11(47.83)	0.314	0.575
	≥ 60	12(52.17)		
Gender	Male	13(56.52)	0.000	1.000
	Female	10(43.48)		
Hunt-Hess class	I ~ III grade	9(39.13)	9.321	0.002
	IV ~ V grade	14(60.87)		
Aneurysm size(mm)	<5	8(34.78)	4.642	0.031
	≥ 5	15(65.22)		
Hypertension	14(60.87)	53(57.61)	0.080	0.777
Preoperative GCS score(scores)	7.52 $\pm$ 2.41	12.43 $\pm$ 2.98	7.318	0.000
Preoperative cerebral hernia	9(39.13)	4(4.35)	22.202	0.000
Preoperative rebleeding	6(26.09)	3(3.26)	13.290	0.000

表 4 研究组患者术后转归不良影响因素的多因素 Logistic 回归分析

Table 4 Multivariate logistic regression analysis on influencing factors of poor postoperative outcome in study group

Influencing factors	Regression coefficient	Standard error	P	OR	95%CI
Hunt-Hess class IV~V grade	3.195	3.109	0.002	1.730	1.231~5.119
Aneurysm size ≥ 5 mm	4.017	3.276	0.008	1.812	1.362~4.302
Preoperative cerebral hernia	4.866	5.107	0.000	2.152	1.779~5.224
Preoperative rebleeding	3.066	3.408	0.000	1.582	1.169~6.247
Preoperative GCS score	4.055	2.622	0.015	1.864	1.422~4.945
Serum cTnI	3.085	2.874	0.000	1.575	1.174~4.287
Serum Hcy	2.790	3.190	0.000	1.287	1.055~2.387
Serum Lac	3.917	2.974	0.000	1.395	1.133~2.716
Constant term	-5.330	2.215	0.003	0.002	-

表 5 血清 cTnI、Hcy 及 Lac 预测 aSAH 患者术后转归效能的 ROC 曲线分析

Table 5 ROC curve analysis of serum cTnI, Hcy and Lac in predicting postoperative outcome of patients with aSAH

Test indexes	Area under curve	Sensitivity	Specificity	Youden index	Threshold
cTnI	0.456	0.52	0.55	0.07	0.82 $\mu\text{g/L}$
Hcy	0.735	0.77	0.69	0.46	26.81 $\mu\text{mol/L}$
Lac	0.712	0.72	0.70	0.42	6.27 mmol/L
Three combined	0.898	0.91	0.87	0.78	-

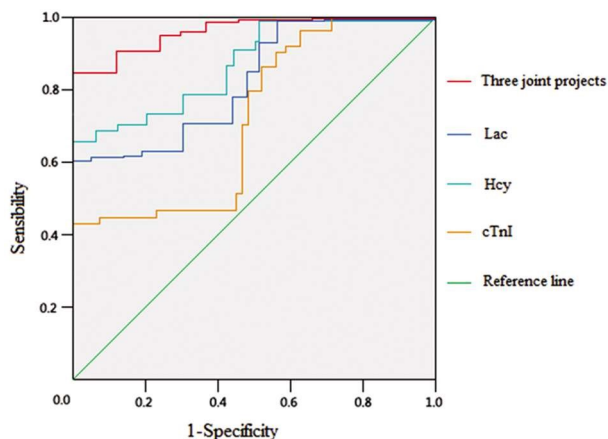


图 1 血清 cTnI、Hcy 及 Lac 预测 aSAH 患者术后转归效能的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curve of serum cTnI, Hcy and Lac predicting postoperative outcomes in patients with aSAH

3 讨论

aSAH 患者具有发病急、进展快以及病情凶险等特点,高致残率以及致死率给患者家庭以及社会带来了沉重负担,而早期准确预测患者预后对临床治疗方案的制定具有极其重要的指导意义^[18,19]。然而,迄今为止关于 aSAH 患者术后转归的评估仍停留于临床分级法,效果并不十分理想。随着近年来医疗水平的不断提升以及生物学标志物在多种疾病预后评估方面展现出来的快速、无创以及敏感性高等优势,故寻找积极有效预测 aSAH 患者术后转归的有效生物学标志物成为研究的热点^[20]。然而,目前针对 aSAH 术后转归预测的有效生物学标志物(包括基质金属蛋白酶-9 以及和肽素等)仍存在明显的不足,如敏感度或(和)特异度较低,在一定程度上受主观因素的影响等,有待更为深入的挖掘。cTnI 是目前临床上所公认的反映机体心脏功能的可靠指标之一,可在一定程度上反映心脑血管疾病的严重程度^[21]。而心肌损伤属于 aSAH 患者较为常见的一种并发症,可能会对患者预后造成极大的影响,故此推测 cTnI 可能和 aSAH 患者术后转归有关。Hcy 以及 Lac 均在病理状态下存在异常表达,尤其是在危急重症引起的组织低灌注以及组织缺氧等状态下表达异常升高^[22]。本研究通过检测血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平并分析三者联合评估 aSAH 术后转归的价值,目的在于为临床相关研究提供新的思路以及靶点。

本研究结果发现,研究组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平均明显高于对照组。分析原因可能是 aSAH 患者往往存在不同程度的组织低灌注以及组织供氧不足等状态,从而导致 Hcy 以及 Lac 水平异常升高。同时,aSAH 患者极易并发心肌损伤,从而

导致血清 cTnI 水平的异常升高。此外,转归不良组血清 cTnI、Hcy 以及 Lac 水平均高于转归良好组。究其原因,可能是随着上述指标水平的升高,反映了机体组织供氧不足程度较重,病情普遍较严重,增加了临床治疗的难度,势必导致预后不良。多因素 Logistic 回归分析发现:Hunt-Hess 分级 IV~V 级、动脉瘤大小 $\geq 5 \text{ mm}$ 、术前脑疝、术前 GCS 评分、术后再出血及血清 cTnI、Hcy、Lac 均是研究组患者术后转归不良的独立危险因素。考虑原因,可能在于 Hunt-Hess 评分是以评估患者神经功能状况以及意识水平的可靠指标,随着评分的增加可能会增加再次出血和脑血管痉挛等并发症,增加患者预后不良的风险^[23-25]。而随着病灶的扩大以及术前脑疝、再出血的发生,患者病情普遍较重,临床治疗难度较大,预后势必更差。术前 GCS 评分是目前临床上广泛用以评估患者意识情况的客观指标之一,该评分越低预示患者意识状态越差,间接反映了患者的病情相对较重,因此预后较差^[26]。cTnI 是心肌损伤坏死的标志物,其水平升高提示心肌损伤,陈艳等^[27]的研究证实血清 cTnI 水平的升高可预测 aSAH 血管内弹簧圈栓塞治疗后转归不良。Hcy 在生理状态下呈低表达,而在病理状态下其代谢异常会导致浓度升高,其自身氧化产物可能具有激活机体内免疫细胞的作用,进一步增加了 β 细胞的合成以及分泌,从而加剧由单核巨噬细胞介导的免疫炎症反应,导致蛛网膜下腔出血的发生^[28,29]。转归不良患者的动脉瘤破裂,出血量较大,血液可进入蛛网膜下腔,进一步引起颅内压的异常升高,相应地减少了蛛网膜下腔的血液灌注量,从而促使脑组织处于缺血、缺氧状态,促进了谷氨酸的无氧酵解,刺激丙酮酸转变成 Lac,最终导致 Lac 水平异常升高^[30-32]。此外,另外,经 ROC 曲线分析发现:血清 cTnI、Hcy 及 Lac 联合预测 aSAH 患者术后转归不良的价值较高。

综上所述,血清 cTnI、Hcy 及 Lac 联合检测应用于 aSAH 患者术后转归不良的预测中效果较佳,可作为 aSAH 患者预后的一种有效预测手段。

参考文献(References)

- [1] Towner JE, Rahmani R, Zammit CG, et al. Mechanical ventilation in, aneurysmal, subarachnoid, hemorrhage: systematic review and recommendations[J]. Crit Care, 2020, 24(1): 575-576
- [2] Coulibaly AP, Provencio JJ. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: an Overview of Inflammation-Induced Cellular Changes [J]. Neurotherapeutics, 2020, 17(2): 436-445
- [3] Di Russo P, Di Carlo DT, Lutenberg A, et al. Shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. J Neurosurg Sci, 2020, 64(2): 181-189
- [4] Carlson AP, Hänggi D, Wong GK, et al. Single-Dose Intraventricular Nimodipine Microparticles Versus Oral Nimodipine for Aneurysmal

- Subarachnoid Hemorrhage[J]. *Stroke*, 2020, 51(4): 1142-1149
- [5] Liotta EM, Karmarkar A, Batra A, et al. Magnesium and Hemorrhage Volume in Patients with Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(1): 104-110
- [6] Smetana KS, Buschur PL, Owusu-Guha J, et al. Pharmacologic Management of Cerebral Vasospasm in Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage [J]. *Crit Care Nurs Q*, 2020, 43(2): 138-156
- [7] Parekh N, Venkatesh B, Cross D, et al. Cardiac troponin I predicts myocardial dysfunction in aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 36(4): 1328-1335
- [8] Horowitz MB, Willet D, Keffer J. The use of cardiac troponin-I (cTnI) to determine the incidence of myocardial ischemia and injury in patients with aneurysmal and presumed aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1998, 140(1): 87-93
- [9] Hravnak M, Frangiskakis JM, Crago EA, et al. Elevated cardiac troponin I and relationship to persistence of electrocardiographic and echocardiographic abnormalities after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Stroke*, 2009, 40(11): 3478-3484
- [10] 巩涛, 高云, 胡月圆, 等. 同型半胱氨酸与急性脑梗死早期神经功能缺损严重程度及预后的关系 [J]. *临床荟萃*, 2021, 36(1): 35-38
- [11] 孙立婷, 王晓丽. 血浆致动脉硬化指数、同型半胱氨酸水平与冠心病的关系 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2021, 19(5): 818-820
- [12] 王金行, 刘青鹏, 刘柏新, 等. 急性心肌梗死患者血清胱抑素 C 和同型半胱氨酸的水平变化 [J]. *中国老年学杂志*, 2013, 33(7): 1626-1628
- [13] 马春霞, 李学莉, 曹相原. 危重病患者血乳酸水平和凝血功能变化的相关性研究 [J]. *宁夏医学杂志*, 2011, 33(8): 710-712
- [14] 邹天雷, 姜艳群, 何艳春. 血清白细胞介素-10 及乳酸水平与重症肺炎患者免疫功能及临床转归的关系 [J]. *川北医学院学报*, 2020, 35(5): 849-852
- [15] Montmany Vioque S, Navarro Soto S, Rebasa Cladera P, et al. Measurement of lactic acid in multiple injury patients and its usefulness as a predictor of multiorgan failure and mortality [J]. *Cir Esp*, 2012, 90(2): 107-113
- [16] 国家卫生计生委脑卒中防治工程编写委员. 中国动脉瘤性蛛网膜下腔出血诊疗指南 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2016, 13(7): 384-392
- [17] Quinn TJ, Dawson J, Walters MR, et al. Reliability of the modified Rankin Scale: a systematic review [J]. *Stroke*, 2009, 40(10): 3393-3395
- [18] 沈杰, 车雄宇, 高亚宏, 等. 前列地尔联合尼莫地平对动脉瘤性蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛患者血管内皮功能及炎症因子水平的影响 [J]. *现代生物医学进展*, 2019, 19(5): 859-863
- [19] van Os HJA, Ruigrok YM, Verbaan D, et al. Delayed Cerebral Ischemia After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage in Patients With a History of Migraine [J]. *Stroke*, 2020, 51(10): 3039-3044
- [20] Fang Y, Lu J, Zheng J, et al. Comparison of aneurysmal subarachnoid hemorrhage grading scores in patients with aneurysm clipping and coiling [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 9199-9200
- [21] Zhu K, Knuiman M, Divitini M, et al. High-sensitivity cardiac troponin I and risk of cardiovascular disease in an Australian population-based cohort [J]. *Heart*, 2018, 104(11): 895-903
- [22] 谢玲, 刘燕婕, 雷厉. 血乳酸、B 型钠尿肽和同型半胱氨酸在老年急性脑梗死中的临床意义 [J]. *国际检验医学杂志*, 2014, 35(16): 2154-2155, 2158
- [23] 齐猛, 曲鑫, 徐跃峰, 等. 老年重症动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者预后的影响因素分析 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2020, 17(1): 11-16
- [24] 杨华, 张爱华, 何强华, 等. NLR 值对动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者近期预后的评估价值 [J]. *中国临床研究*, 2020, 33(1): 55-58
- [25] McAteer A, Hravnak M, Chang Y, et al. The Relationships Between BNP and Neurocardiac Injury Severity, Noninvasive Cardiac Output, and Outcomes After, Aneurysmal, Subarachnoid, Hemorrhage [J]. *Biol Res Nurs*, 2017, 19(5): 531-537
- [26] 张万宏, 吴恒浩, 田卫平, 等. 颅内动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者不同时间点 GCS 评分与预后相关性研究 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2012, 15(22): 36-39
- [27] 陈艳, 吴迪, 程琼, 等. 血清肌钙蛋白 I 预测血管内弹簧圈栓塞治疗动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者转归 [J]. *国际脑血管病杂志*, 2020, 28(9): 680-686
- [28] Dhandapani S, Goudihalli S, Mukherjee KK, et al. Prospective study of the correlation between admission plasma homocysteine levels and neurological outcome following subarachnoid hemorrhage: a case for the reverse epidemiology paradox [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157(3): 399-407
- [29] 孙锴, 王焱, 王大同, 等. Lp-PLA2、Hcy 表达水平与动脉瘤性蛛网膜下腔出血预后的关系 [J]. *热带医学杂志*, 2019, 19(12): 1519-1523
- [30] Poblete RA, Cen SY, Zheng L, et al. Serum Lactic Acid Following Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage Is a Marker of Disease Severity but Is Not Associated With Hospital Outcomes [J]. *Front Neurol*, 2018, 23(9): 593-594
- [31] 宋红涛, 廖勇仕, 段永红, 等. 血乳酸动态监测对评估动脉瘤性蛛网膜下腔出血预后的价值 [J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2018, 45(1): 14-17
- [32] 王燕艳, 陈涛, 胡德荣. 血清葡萄糖、乳酸水平与动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者预后的相关性分析 [J]. *医学临床研究*, 2019, 36(7): 1323-1325