·经验交流·

超声联合脉搏氧灌注指数对全身麻醉诱导后低血压发生的预测价值

郑得全 陈坛寿 陈文斌 卓庆亮

摘 要 **目的** 探讨超声联合脉搏氧灌注指数(PI)对全身麻醉(以下简称全麻)诱导后低血压发生的预测价值。**方法** 选取在我院行全麻诱导外科手术的患者158例,根据全麻诱导后是否发生低血压分为低血压组69例和非低血压组89例,比较两组一般资料[PI、PI增加率、平均动脉压(MAP)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)]、诱导前后下腔静脉(IVC)内径最大值和最小值(IVCmax、IVCmin)、锁骨下静脉(SCV)内径最大值和最小值(SCVmax、SCVmin)及IVC内径变异度(IVC_{CI})、SCV内径变异度(SCV_{CI})的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各参数单独及联合应用预测全麻诱导后低血压发生的预测价值。**结果** 低血压组诱导前后PI、PI增加率均高于非低血压组,诱导后MAP、SBP、DBP均低于非低血压组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。低血压组诱导前SCV_{CI}和IVC_{CI}均高于非低血压组,SCVmax、SCVmin、IVCmax、IVCmin均低于非低血压组,差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。ROC曲线分析显示,诱导前PI、诱导后PI、PI增加率、SCVmin、SCVmax、SCV_{CI}、IVCmin、IVCmax、IVC_{CI}预测全麻诱导后低血压发生的曲线下面积分别为0.710、0.805、0.877、0.795、0.821、0.633、0.835、0.768、0.846,各参数联合应用的曲线下面积为0.938。**结论** 超声联合PI对全麻诱导后低血压的发生具有一定预测价值,可为临床预防低血压的发生提供参考。

关键词 超声检查;脉搏氧灌注指数;全身麻醉;低血压;预测价值

[中图法分类号]R445.1 [文献标识码]A

Predictive value of ultrasound combined with pulse oxygen perfusion index in general anesthesia-induced hypotension

ZHENG Dequan, CHEN Tanshou, CHEN Wenbin, ZHUO Qingliang

Department of Anesthesiology, Ningde Municipal Hospital of Ningde Normal University, Fujian 352100, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the predictive value of ultrasound combined with pulse oxygen perfusion index (PI) in general anesthesia-induced hypotension. **Methods** A total of 158 patients who underwent surgery induced by general anesthesia in our hospital were selected, and they were divided into hypotension group (69 cases) and non-hypotension group (89 cases) according to whether patients suffered hypotension after general anesthesia. The general data[PI, PI increasing rate, mean arterial pressure(MAP), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP)] of the two groups were compared, as well as the maximum and minimum values of inferior vena cava diameter(IVCmax, IVCmin), the inferior vena cava diameter collapsibility index (IVC_{CI}), the maximum and minimum values of subclavian vein diameter(SCVmax, SCVmin), the subclavian vein diameter collapsibility index (SCV_{CI}). Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive value of parameters application alone and combined for hypotension after general anesthesia. **Results** Basal PI, post-induction PI and PI increasing rate in hypotension group were higher than those in non-hypotension group, and MAP, SBP and DBP after induction were lower than those in non-hypotension group, the differences were statistically significant (all $P<0.05$). Basal SCV_{CI} and IVC_{CI} in hypotension group were higher than those in non-hypotension group, SCVmax, SCVmin, IVCmax and IVCmin were lower than those in non-hypotension group, the differences were statistically significant(all $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of basal PI, post-induction PI, PI increasing rate, SCVmin, SCVmax, SCV_{CI}, IVCmin, IVCmax and IVC_{CI} in predicting hypotension after general anesthesia were 0.710, 0.805, 0.877, 0.795, 0.821, 0.633, 0.835, 0.768 and 0.846, respectively, and the area under the curve predicted by the combination of the parameters was 0.938. **Conclusion** Ultrasound

作者单位:352100 福建省宁德市,宁德师范学院附属宁德市医院麻醉科

通讯作者:卓庆亮,Email:gong838060@163.com

combined with PI has a certain value in predicting hypotension induced by general anesthesia and can guide clinical prevention of hypotension.

KEY WORDS Ultrasonography; Pulse oxygen perfusion index; General anesthesia; Hypotension; Predictive value

全身麻醉(以下简称全麻)是目前外科手术常用的麻醉方法,然而麻醉诱导药物可引起患者交感神经阻滞、血管扩张、心脏抑制、血管阻力降低,导致其出现血容量、灌注不足及血压下降。低血压是全麻诱导后的常见不良反应,会导致患者住院时间延长,增加心肌损伤、急性肾衰竭甚至术后死亡的风险,从而影响患者预后[1]。因此全麻诱导前准确预测患者低血压的发生风险,预见性采取干预措施,对改善患者预后具有重要临床意义。脉搏氧灌注指数(PI)可用于监测麻醉深度,以及低体温、危重患者、术中患者对液体治疗的反应及新生儿循环[2],有学者[3]发现PI对丙泊酚诱导后低血压的预测具有一定价值。血容量偏低是低血压发生的危险因素,常规监测血压、心率等指标不能及时反映血容量状态,超声测量下腔静脉(IVC)、锁骨下静脉(SCV)内径被认为能更可靠地评估患者血容量状态[4-5]。基于此,本研究旨在探讨超声联合PI对全麻诱导后低血压发生的预测价值。

资料与方法

一、临床资料

选取2019年9月至2021年9月在我院行全麻诱导外科手术的患者158例,其中男82例,女76例,年龄42~73岁,平均(64.52±12.65)岁;有高血压史40例。纳入标准:①均符合全麻手术适应证;②美国麻醉师协会(ASA)分级Ⅰ~Ⅱ级;③术前均未行神经药物、心血管药物治疗;④病历资料完整。排除标准:①术前低血压患者;②危重症患者;③急诊、高危手术患者;④合并心血管系统疾病、精神疾病及麻醉药物过敏者。根据低血压诊断标准[6],以患者全麻诱导后是否发生低血压将其分为低血压组69例和非低血压组89例。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1.超声检查:使用SonoSite M-Turbo便携式彩色多普勒超声诊断仪,凸阵探头,频率3.5 MHz;线阵探头,频率9.0 MHz。患者取仰卧位,将凸阵探头置于右侧肋下测量IVC内径最大值和最小值(IVCmax、IVCmin),线阵探头置于锁骨上测量SCV内径最大值和最小值(SCVmax、SCVmin),分别计算其内径变异度(IVC_{CI}、SCV_{CI}),公式为:SCV_{CI}=(SCVmax-SCVmin)/SCVmax×100%,IVC_{CI}=(IVCmax-IVCmin)/IVCmax×100%,所有参数均重复测量3次取平均值,10 min内结束测量,3次测量差值>2 cm者予以排除。以上操作均由同一经过正规培训的超声医师完成,保证超声图像清晰稳定,血管边缘明显。

2.全麻诱导方法:给予患者面罩吸氧,静脉推注1.8 mg/kg丙泊酚(扬子江药业集团有限公司,国药准字:H20213013)、3 μg/kg芬太尼(宜昌人福药业有限责任公司,国药准字:H42022076)、0.1 mg/kg维库溴铵(哈尔滨三联药业股份有限公司,国药准字:H20084039)。

3.一般资料获取:查阅病历获得两组性别、年龄、体质量指数(BMI)、ASA分级、麻醉药物剂量、高血压史。患者术前禁饮、禁食8 h,入室后建立静脉通道,常规监测平均动脉压(MAP)、心率、收缩压(SBP)、舒张压(DBP),给予0.9%氯化钠溶液维持液体通畅,确保从输液开始至手术开始总液体输入量不超过200 ml。使用美国Masimo Radical 7脉搏血氧仪连接患者食指,监测诱导前后PI,计算PI增加率,公式为:PI增加率=(诱导后PI-诱导前PI)/诱导前PI×100%。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以$\bar{x}\pm s$表示,采用独立样本t检验;计数资料以例或率表示,采用χ^2检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各参数单独及联合应用预测全麻诱导后低血压发生的价值,计算曲线下面积(AUC)。P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料比较

低血压组诱导前后PI、PI增加率均高于非低血压组,诱导后MAP、SBP、DBP均低于非低血压组,差异均有统计学意义(均P<0.05)。两组其余一般资料比较差异均无统计学意义。见表1。

表1 低血压组与非低血压组一般资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	BMI(kg/m²)	ASA分级(例)		麻醉药物剂量			高血压史(例)	
				Ⅰ级	Ⅱ级	异丙酚(mg)	芬太尼(μg)	维库溴铵(mg)	有	无
低血压组(69)	36/33	65.01±8.37	23.95±3.25	30	39	106.27±13.55	119.22±15.69	5.94±1.29	22	47
非低血压组(89)	46/43	63.26±8.47	24.22±3.46	42	47	103.89±12.24	115.31±11.35	5.67±1.44	18	71
t/χ^2值	0.004	1.295	0.499	0.216		1.157	1.817	1.223	2.794	
P值	0.951	0.197	0.618	0.642		0.249	0.071	0.223	0.095	

组别	MAP(mm Hg)		心率(次/min)		SBP(mm Hg)		DBP(mm Hg)		PI(%)		PI增加率(%)
	诱导前	诱导后	诱导前	诱导后	诱导前	诱导后	诱导前	诱导后	诱导前	诱导后	
低血压组(69)	100.04±11.07	68.68±5.78	73.63±12.15	68.75±7.39	135.45±14.9	103.41±14.95	74.11±8.31	55.37±6.63	3.53±0.91	5.95±1.34	59.54±14.74
非低血压组(89)	97.55±10.12	85.18±5.83	77.18±10.98	66.58±8.25	136.89±15.27	118.89±15.28	74.85±9.55	67.28±7.54	2.69±0.73	3.59±1.19	35.70±10.60
t/χ^2值	1.472	17.710	1.924	1.715	0.594	6.376	0.511	10.374	6.438	11.699	11.821
P值	0.143	<0.001	0.056	0.088	0.553	<0.001	0.610	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

BMI:体质量指数;ASA:美国麻醉师协会;MAP:平均动脉压;SBP:收缩压;DBP:舒张压;PI:脉搏氧灌注指数。1 mm Hg=0.133 kPa

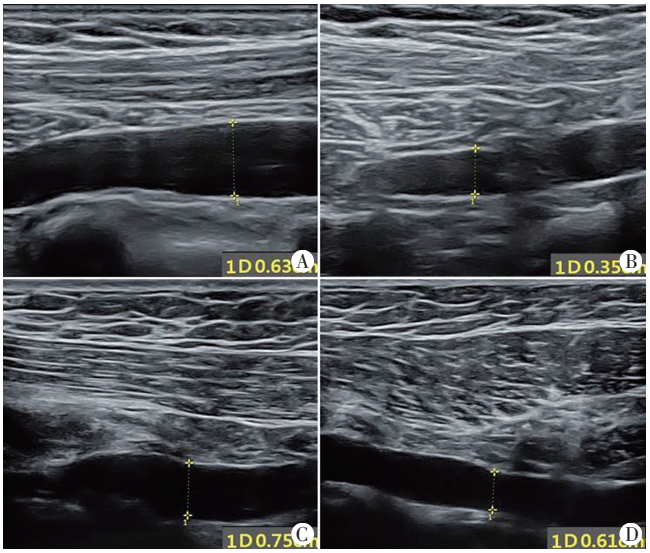
二、两组超声检查结果比较

低血压组诱导前SCV_{CI}和IVC_{CI}均高于非低血压组，SCVmax、SCVmin、IVCmax、IVCmin均低于非低血压组，差异均有统计学意义（均$P<0.05$）。见表2和图1。

表2 诱导前低血压与非低血压组超声检查结果比较（$\bar{x}\pm s$）

组别	SCVmax（mm）	SCVmin（mm）	SCV_{CI}（%）	IVCmax（cm）	IVCmin（cm）	IVC_{CI}（%）
低血压组	7.27±0.81	4.12±0.75	40.13±6.38	1.54±0.29	0.78±0.35	42.52±4.74
非低血压组	8.21±0.97	7.11±0.92	31.81±5.26	1.87±0.47	1.63±0.44	36.22±4.95
t值	6.484	21.928	8.982	5.123	13.141	8.082
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

SCVmax、SCVmin：锁骨下静脉内径最大值和最小值；SCV_{CI}：锁骨下静脉内径变异度；IVCmax、IVCmin：下腔静脉内径最大值和最小值；IVC_{CI}：下腔静脉内径变异度



A、B：低血压组SVCmax为0.63 cm，SVCmin为0.35 cm；C、D：非低血压组SVCmax为0.75 cm，SVC min为0.61 cm

图1 两组SVC内径检测图

三、ROC曲线分析

ROC曲线分析显示，诱导前后PI、PI增加率、SCVmin、SCVmax、SCV_{CI}、IVCmin、IVCmax、IVC_{CI}单独应用预测全麻诱导后低血压发生的AUC分别为0.710、0.805、0.877、0.795、0.821、0.633、0.835、0.768、0.846，将上述参数作为自变量纳入Logistic回归分析，联合应用的AUC为0.938。见图2和表3。

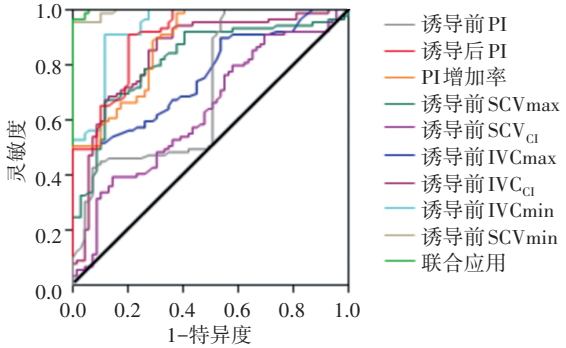


图2 各参数单独及联合应用预测全麻诱导后低血压发生的ROC曲线图

表3 各参数单独及联合应用预测全麻诱导后低血压发生的ROC曲线分析

参数	AUC（95%可信区间）	截断值	约登指数	灵敏度（%）	特异度（%）
诱导前PI	0.710（0.626~0.794）	3.860%	0.449	44.9	100
诱导后PI	0.805（0.859~0.950）	4.935%	0.707	79.7	91.0
PI增加率	0.877（0.825~0.929）	49.810%	0.612	62.3	98.9
SCVmin	0.795（0.767~0.898）	5.740 mm	0.755	70.0	95.5
SCVmax	0.821（0.754~0.888）	8.550 mm	0.547	88.4	66.3
SCV_{CI}	0.633（0.545~0.720）	32.995%	0.248	85.5	39.3
IVCmin	0.835（0.773~0.897）	1.155 cm	0.794	88.4	81.0
IVCmax	0.768（0.696~0.840）	2.000 cm	0.506	100	50.6
IVC_{CI}	0.846（0.782~0.911）	40.925%	0.595	69.6	89.9
联合应用	0.938（0.996~1.000）	92.0453	0.966	95.7	96.6

AUC：曲线下面积

讨 论

全麻是外科手术中常用于减少患者疼痛的方法，但全麻药物会对患者交感神经和副交感神经系统产生抑制，影响患者心血管功能，导致血管扩张、血管阻力降低、容量不足，出现血压下降及诱导期低血压发生[7]。麻醉诱导期低血压发生不仅影响手术进程、术后康复，还可能损伤患者心、脑等重要脏器。常规心电图、血压、心率等静态指标监测仅能间接反映心脏前负荷，无法准确反映机体血容量、血流灌注及血管扩张等情况[8]，因此临床亟需寻找一种更精准、简便的评估手段以早期预测低血压的发生，尽早采取预防措施。

超声具有操作简单、无创、快速、实时动态、无辐射、费用低等优点，已在临床广泛应用，其不仅可以监测血流灌注情况，亦可反映血容量状态。IVC作为最大的静脉，汇集了下肢、腹部、盆腔等回流的静脉血，具有血管壁薄、顺应性好、稳定性强等特点，不受动脉收缩代偿机制的影响，能够准确反映血容量状态[9]。程珊珊等[10]应用超声测量IVC_{CI}，发现其对全麻诱导及低血压的发生具有较高的预测价值，本研究结论与其相似。本研究发现IVCmax、IVCmin和IVC_{CI}预测全麻诱导后低血压发生的AUC分别为0.768、0.835、0.846，其中IVC_{CI}的预测价值优于IVCmax，原因可能为部分患者的IVCmax小于截断值，从而造成假阳性结果；而IVC_{CI}是通过IVCmax、IVCmin综合分析获得，能消除个体差异，准确性更佳[11]。然而临床中有部分患者因肥胖、水肿、胀气等影响无法准确测量IVC，因此需寻找一条替代血管进行测量。SCV是位于锁骨下的静脉，位置固定，不易受患者个体差异的影响，其血管壁特征也与IVC相似，可随着患者呼吸运动发生变化[12]。本研究结果发现低血压组SCVmax和SCVmin均较非低血压组降低，SCV_{CI}升高，差异均有统计学意义（均$P<0.001$），提示低血压者血容量低，血管明显扩张。ROC曲线分析显示，SCVmax、SCVmin和SCV_{CI}预测全麻诱导后低血压发生的AUC为0.821、0.795、0.633，表明SVCmax具有一定预测价值，与朱梦雪等[13]研究结论一致。

PI是外周循环的间接指标，可用于血流动力学评估，相对

低血容量引起的代偿性血管收缩可能导致PI降低[14]。麻醉诱导后PI越高，血容量越大，血管扩张程度越高，更易发生低血压。本研究两组诱导后血流动力学指标（MAP、SBP、DBP）均较诱导前降低（均$P<0.001$），且两组诱导后PI均升高，低血压组诱导后PI和PI增加率均高于非低血压组（均$P<0.001$），表明诱导后PI和PI增加率均与低血压发生密切相关，分析原因为麻醉起效后，外周血管张力增加，神经阻滞后血管明显扩张。进一步行ROC曲线分析显示，诱导前PI、诱导后PI、PI增加率预测全麻诱导后低血压发生的AUC分别为0.710、0.805、0.877，提示PI对全麻外科手术患者全麻诱导后低血压发生具有一定预测价值，其中PI增加率的预测价值更佳，提示可通过动态监测PI变化评估低血压发生的风险。与Duggappa等[15]和李旭泽等[16]研究结论一致。但PI多依赖于指血管的血管张力，当其受到影响时，预测低血压的准确性可能欠佳。

本研究将诱导前PI、诱导后PI、PI增加率与超声参数联合应用以预测全麻诱导后低血压发生，AUC为0.938，诊断效能较各参数单独应用更佳，分析原因为连续监测动脉脉搏变化幅度及血管参数可更好地观察全麻手术患者血管血容量、血流灌注及血管扩张情况。

综上所述，超声联合PI对全麻诱导后低血压发生的预测具有一定价值，能更好地指导临床预防低血压的发生。但本研究样本量较少，且为单中心研究，今后尚需多中心、大样本研究进一步探讨。

参考文献

[1] Shitemaw T, Jemal B, Mamo T, et al. Incidence and associated factors for hypotension after spinal anesthesia during cesarean section at Gandhi Memorial Hospital Addis Ababa, Ethiopia[J]. PLoS One, 2020, 15(8): e0236755.

[2] 李雅利，薛庆生，张富军. 脉搏灌注指数和灌注变异指数的临床应用进展[J]. 上海医学，2018，41(10)：57-60.

[3] Mehandale SG, Rajasekhar P. Perfusion index as a predictor of hypotension following propofol induction—a prospective observational study[J]. Indian J Anaesth, 2017, 61(12): 990-995.

[4] 张聪，宋佳，龚仕金. 下腔静脉超声评估在重症患者中应用的研究进展[J]. 心脑血管病防治，2020，20(2)：65-67，76.

[5] 樊世文，徐锋，殷姜文，等. 锁骨下静脉塌陷指数对剖宫产产妇腰麻后低血压的预测价值[J]. 临床麻醉学杂志，2020，36(6)：530-534.

[6] 中华医学会麻醉学分会，熊利泽，邓小明. 中国麻醉学指南与专家共识[M]. 北京：人民卫生出版社，2017：181-197.

[7] 张云云，汪小海，艾尼·买买提明，等. 丙泊酚与依托咪酯对全麻诱导后低血压发生率的影响分析[J]. 药学与临床研究，2021，29(1)：31-34，80.

[8] 王海焕，迟江涛，马宏仲. 老年人全身麻醉诱导的研究进展[J]. 中国医学创新，2019，16(4)：169-172.

[9] 李国锋，蒋文帅，刘新峰. 下腔静脉直径及其变化率对结肠癌手术患者麻醉诱导后低血压的预测价值[J]. 癌症进展，2020，18(17)：76-79，98.

[10] 程珊珊，杨阳，梁小女，等. 超声测量下腔静脉对全麻诱导所致低血压的预测效果[J]. 宁夏医科大学学报，2020，42(1)：39-42.

[11] Szabó M, Bozó A, Darvas K, et al. Role of inferior vena cava collapsibility index in the prediction of hypotension associated with general anesthesia: an observational study[J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 139.

[12] 程志，张小宝，冯继英，等. 超声测量静脉内径和变异率应用于容量评估的研究进展[J]. 国际麻醉学与复苏杂志，2018，39(3)：230-233，238.

[13] 朱梦雪，赵志斌，朱品，等. 锁骨下静脉塌陷指数预测剖宫产产妇蛛网膜下腔麻醉后低血压[J]. 医学研究杂志，2021，50(7)：136-139.

[14] Mostafa H, Shaban M, Hasanin A, et al. Evaluation of peripheral perfusion index and heart rate variability as early predictors for intradialytic hypotension in critically ill patients[J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 242.

[15] Duggappa DR, Lokesh M, Dixit A, et al. Perfusion index as a predictor of hypotension following spinal anaesthesia in lower segment caesarean section[J]. Indian J Anaesth, 2017, 61(8): 649-654.

[16] 李旭泽，赵志芳，马淑贤，等. 脉搏氧灌注指数预测老年全麻诱导期低血压的临床价值[J]. 现代中西医结合杂志，2019，28(36)：3999-4003，4016.

（收稿日期：2022-04-15）