·短篇论著·

颈动脉校正血流时间指导补液对预防老年患者靶控输注麻醉诱导后低血压的影响

谢峥峰，黄春晟，朱方方，潘志浩

【摘要】目的　评估应用颈动脉校正血流时间（FTc）指导补液对预防老年患者靶控输注（TCI）麻醉诱导后低血压的有效性。**方法**　纳入 2025 年 3—8 月在宁波市医疗中心李惠利医院择期行腹腔镜胆囊切除术患者 130 例，采用随机分配法分为观察组（基于颈动脉 FTc 指导补液）与对照组。观察组术前在超声引导下测量计算右侧颈动脉 FTc，若 FTc≥340.7 ms，记录数值；若 FTc ＜ 340.7 ms，输注 7 mL/kg 羟乙基淀粉扩容；对照组仅测量计算 FTc，不补液。比较两组麻醉诱导期 TCI 麻醉用药量、生命指标、低血压发生率。采用受试者工作特征（ROC）曲线分析颈动脉 FTc 对老年患者诱导后低血压的预测价值。**结果**　观察组在麻醉诱导后 10 min 的低血压发生率（21.67%）低于对照组（48.39%）（$P < 0.05$）。颈动脉 FTc 预测诱导后低血压的 ROC 曲线下面积为 0.847（95%*CI*：0.775 ～ 0.918，$P < 0.05$），最佳截断值为 349.14 ms，约登指数为 0.573。**结论**　颈动脉 FTc 指导补液能降低老年患者 TCI 麻醉诱导后低血压的发生率。

【关键词】　颈动脉；校正血流时间；靶控输注；低血压；老年
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.06.009
【中图分类号】　R614　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2026)06-0621-04

Effect of carotid corrected flow time-guided fluid therapy on preventing hypotension after target-controlled infusion induction in elderly patients

Xie Zhengfeng[1], Huang Chunsheng[2], Zhu Fangfang[2], Pan Zhihao[2] (1. Medicine School of Ningbo University, 315211 Ningbo, Zhejiang, China; 2. Ningbo Medical Center Li Huili Hospital)

[Abstract] Objective　To evaluate the effectiveness of carotid corrected flow time (FTc)-guided fluid therapy in preventing hypotension after target-controlled infusion (TCI) induction of anesthesia in elderly patients. **Methods**　This study enrolled 130 patients undergoing elective laparoscopic cholecystectomy at Ningbo Medical Center Li Huili Hospital from March to August 2025. They were randomly assigned into an observation group (receiving FTc-guided fluid therapy based on carotid FTc) and a control group. In the observation group, right carotid FTc was measured and calculated under ultrasound guidance before surgery. If FTc ≥ 340.7 ms, the value was recorded; if FTc ＜ 340.7 ms, 7 mL/kg hydroxyethyl starch was infused for volume expansion. In the control group, only FTc measurement was performed without fluid administration. The TCI anesthetic dosage, vital signs during induction, and incidence of hypotension were compared between the two groups. The predictive value of carotid FTc for post-induction hypotension was analyzed using receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results**　The incidence of hypotension at 10 min after induction in the observation group (21.67%) was significantly lower than that in the control group (48.39%) ($P < 0.05$). The area under the ROC curve of carotid FTc for predicting post-induction hypotension was 0.847 (95% *CI*: 0.775 ～ 0.918, $P < 0.05$), with an optimal cutoff value of 349.14 ms and a Youden index of 0.573. **Conclusions**　Carotid FTc-guided fluid therapy can reduce the incidence of hypotension after TCI induction of anesthesia in elderly patients.

[Keywords]　Carotid artery; Corrected flow time; Target-controlled infusion; Hypotension; Elderly
[Modern Practical Medicine, 2026, 38(6): 621-624]

老年患者心肺代偿能力减弱，常伴有高血压、糖尿病等慢性疾病，麻醉诱导期间使用的麻醉药品易引起心肌抑制和血管扩张，显著增加低血压发生率[1]。研究表明，低血压可诱发心肌缺血、缺血性脑卒中、肾功能损伤等严重并发症，并增加老年患者 1 年内

基金项目：　浙江省医药卫生科技计划项目（2025KY204）；恩泽疼痛管理医学研究项目（ezmr2022-004）

作者单位：　315211 宁波，宁波大学医学部（谢峥峰）；宁波市医疗中心李惠利医院（谢峥峰，黄春晟，朱方方，潘志浩）
通信作者：　潘志浩，Email：13586651740@163.com

的死亡风险[2]。精准的容量管理可减少围术期老年患者血流动力学波动，降低并发症发生率，促进术后康复[3]。颈动脉校正血流时间（corrected flow time，FTc）已被证实是一种适用于老年患者容量评估的指标，具备快速、准确、无创等优势[4-5]。目前国内外关于 FTc 在全身麻醉诱导中的应用均建立在人工推注麻醉药物的基础上[6-7]。由于麻醉医师推注速度、操作习惯存在差异，加之患者个体因素多样，导致诱导期间患者血药浓度波动较大，一定程度上影响了评估准确性。而采用靶控输注（TCI）实施麻醉给药，系统依据患者的年龄、性别、体质量及身高等个体参数计算并输注相应剂量，可使患者血药浓度更为稳定[8]。本研究评估应用 FTc 指导补液对预防老年患者 TCI 麻醉诱导后低血压的有效性，现报道如下。

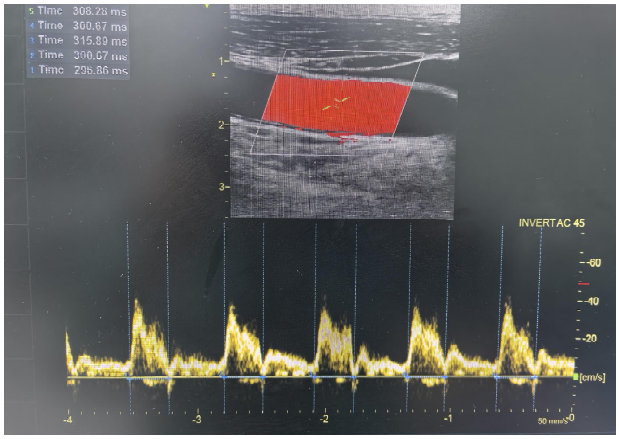
1　资料与方法

1.1　一般资料　纳入 2025 年 3—8 月在宁波市医疗中心李惠利医院行腹腔镜胆囊切除术的患者，性别不限，年龄 60 ～ 80 岁，美国麻醉师协会（ASA）分级Ⅰ～Ⅱ级，体质量指数（BMI）18 ～ 30 kg/m^2。排除标准：（1）收缩压≥180 mmHg（1 mmHg≈0.133 kPa）或舒张压≥110 mmHg；（2）心脏瓣膜疾病、颈动脉狭窄＞ 50%；（3）肝肾功能不全；（4）慢性阻塞性肺疾病；（5）既往颈部手术史；（6）贫血。剔除标准：（1）麻醉期间出现过敏、严重心律失常、休克等并发症；（2）观察组患者输注 7 ml/kg 羟乙基淀粉后颈动脉 FTc ＜ 340.7 ms。使用 PASS 15.0 软件计算样本量，参考文献[7]报告的相关数据，根据预实验结果，观察组低血压发生率为 10%，对照组为 35%。设定双侧检验α=0.05，把握度为 0.9，据此计算样本量，每组至少需要 54 例患者，考虑 20%的剔除率，最终确定每组需纳入 65 例，总计 130 例患者。本研究已获宁波市医疗中心李惠利医院伦理委员会批准（审批号：KY2025SL025-1），并在中国临床试验注册中心完成注册（注册号：ChiCTR2500097226）。所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2　麻醉方法

1.2.1　麻醉前准备　患者进入麻醉准备间，连接心电监护，麻醉医师在超声引导下桡动脉穿刺置管，按 Blehar 等[9]所述方法进行颈部超声测量：患者取仰卧位，头偏向左侧，选用高频线阵探头，自甲状软骨下缘向右扫描，超声清晰显示颈总动脉后，探头逆时针旋转 90°，切换至彩色多普勒模式，调整取样容积并使多普勒角度＜ 60°，获取颈总动脉脉冲多普勒血流频谱图（图 1）。连续测量 3 个颈动脉血流时间（FT）并取平均值，随后依据 Wodey 公式[10]计算 FTc，计算公式为：FTc=FT ＋[1.29×（HR － 60）]。数据分析人员将不透光随机编号信封递交给麻醉医师，根据数字随机分组，参照 Chen 等[4]研究，观察组患者若 FTc≥340.7 ms，记录数值；若 FTc ＜ 340.7 ms，输注 7 ml/kg 羟乙基淀粉补液，液体在 30 min 内输注完成，补液结束 5 min 后再次复测颈动脉 FTc，记录数值，若复测后 FTc 仍＜ 340.7 ms，则予以剔除。对照组患者仅测量计算 FTc，不实施补液干预。

1.2.2　麻醉诱导　患者进入手术室，监测心电图（ECG）、有创动脉血压（ABP）、脉搏血氧饱和度（SpO_2）及脑电双频指数（BIS），以 2ml · kg^{-1} · h^{-1} 速率输注乳酸钠林格注射液。由一名对分组情况设盲的麻醉医师实施麻醉，麻醉诱导采用统一方案：患者预充氧后启动 TCI 泵进行诱导，丙泊酚采用 Schneider 药代动力学模型，效应室靶浓度设定为 4 μg/mL；瑞芬太尼采用 Minto 模型，效应室靶浓度设定为 4 ng/mL[11]。BIS 值降至 60 后，静脉推注罗库溴铵 0.6 mg/kg，肌松起效后行气管插管。机械通气参数设置为：潮气量 8 ml/kg，呼吸频率 12 次/min，吸呼比 1∶2。气管插管后调整丙泊酚和瑞芬太尼靶控浓度，维持 BIS 值 40 ～ 60；调整潮气量，维持呼气末二氧化碳（$PetCO_2$）35 ～ 45 mmHg。若平均动脉压＜ 65 mmHg 或较基线下降＞ 20%，静脉给予麻黄碱升压，并加快乳酸钠林格输液速率；若动脉压高于 180/110 mmHg，给予乌拉地尔注射



注：两条蓝线之间的时间间隔为颈动脉血流时间

图 1　右侧颈总动脉脉冲多普勒血流频谱图

液降压。心率低于 60 次/min 静脉注射阿托品 0.5 mg；心率高于 100 次/min 给予艾司洛尔控制心率。

1.3　观察指标　记录诱导后 10min 内每分钟平均动脉压、心率，以及血管活性药物用量、液体输注量、麻醉药品用量。

1.4　统计方法　采用 SPSS 18.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示，非正态分布计量资料以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示，组间比较采用两独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验；计数资料以例(%)表示，采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析颈动脉 FTc 对老年患者诱导后低血压的预测效能，$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组一般情况及麻醉用药量比较　共纳入患者 130 例，最终入组 122 例。两组一般资料及诱导维持期间丙泊酚用量、瑞芬太尼用量差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)；麻醉诱导前两组颈动脉 FTc 差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 1。

2.2　两组诱导后低血压发生率、血压、心率、用药情况比较　麻醉诱导后，观察组低血压发生率为 21.67%，低于对照组的 48.39% ($P < 0.05$)；观察组最高平均动脉压、最低平均动脉压均高于对照组(均 $P < 0.05$)；观察组麻黄碱使用率和诱导后乳酸钠林格输注量均少于对照组(均 $P < 0.05$)；两组诱导后阿托品使用率、最高及最低心率差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)，见表 2。

2.3　颈动脉 FTc 预测老年患者低血压的 ROC 曲线分析　FTc 预测老年患者麻醉诱导后低血压的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.847(95%CI：0.775 ～ 0.918，$P < 0.05$)，最佳截断值为 349.14 ms，敏感度为 75.9%，特异度为 81.4%，见图 2。

表 1　两组一般情况及麻醉用药量比较

指标	观察组(n=60)	对照组(n=62)	$t(\chi^2)$[Z]值	P 值
年龄(岁)	68(65,71)	67(64,69)	[0.87]	＞0.05
性别(男/女)(例)	30/30	32/30	(0.03)	＞0.05
BMI(kg/m²)	24.39±2.48	23.89±2.35	1.13	＞0.05
ASA(Ⅰ/Ⅱ)(例)	27/33	20/42	(2.09)	＞0.05
高血压[例(%)]	28(46.67)	36(58.06)	(1.59)	＞0.05
糖尿病[例(%)]	14(23.33)	16(25.81)	(0.10)	＞0.05
基础平均压(mmHg)	92.48±6.32	94.70±8.94	1.58	＞0.05
基础心率(次/min)	74.45±8.48	76.31±8.09	1.24	＞0.05
丙泊酚诱导量(mg)	63.38±5.57	62.57±4.76	0.87	＞0.05
丙泊酚维持量(mg)	86.27±13.62	84.70±7.58	0.79	＞0.05
丙泊酚总量(mg)	149.66±17.39	146.91±10.78	1.43	＞0.05
瑞芬太尼诱导量(μg)	65.26±4.28	64.77±3.77	0.68	＞0.05
瑞芬太尼维持量(μg)	73.21±5.86	74.30±5.81	1.03	＞0.05
瑞芬太尼总量(μg)	138.47±9.09	139.07±8.38	0.38	＞0.05
颈动脉 FTc(ms)	358.12±10.81	339.10±13.31	8.67	＜0.05

注：1 mmHg≈0.133 kPa，BMI 为体质量指数，ASA 为美国麻醉师协会，FTc 为颈动脉校正血流时间

表 2　两组诱导后低血压发生率、血压、心率、用药及补液量比较

指标	观察组(n=60)	对照组(n=62)	$t(\chi^2)$[Z]值	P 值
低血压[例(%)]	13(21.67)	30(48.39)	(9.54)	＜0.05
最高平均压(mmHg)	112.90±14.75	102.22±14.63	4.02	＜0.05
最低平均压(mmHg)	78.70±10.59	73.26±10.06	2.91	＜0.05
最高心率(次/min)	89.25±11.30	89.58±12.08	0.31	＞0.05
最低心率(次/min)	67.60±9.24	68.56±9.87	0.56	＞0.05
麻黄碱使用[例(%)]	11(18.33)	22(35.48)	(4.55)	＜0.05
阿托品使用[例(%)]	13(21.67)	10(16.13)	(0.61)	＞0.05
乳酸钠林格(mL)	100(93.25,126.75)	149(128.00,238.50)	[6.26]	＜0.05

注：1 mmHg≈0.133 kPa

3　讨论

老年患者因动脉硬化、心脏舒张功能减退及自主神经调节功能下降，麻醉诱导后低血压的发生率升高[12]。传统静态指标如中心静脉压预测价值有限[13]，而每搏量变异度(SVV)等动态指标在自主通气状态下通常不适用[14]。颈动脉 FTc 采用超声测量，具有无创、快速、不受自主呼吸影响等优势[15]。本研究结果显示，颈动脉 FTc 指导补液后，观察组诱导后低血压发生率低于对照组($P < 0.05$)，颈动脉 FTc 预测老年患者诱导后低血压效能良好。

本研究颈动脉 FTc 的最佳截断值为 349.14 ms，与 Chen 等[4]研究结果相近，高于 Maitra 等[16]报道的 330.2 ms，这可能与研究对象的年龄有关。本研究观察组诱导后低血压发生率为 21.67%，低于 Li 等[7]报道的 26.4%及 Huang 等[1]报道的 35.71%，结果差异可能与诱导方式相关。TCI 是一种基于药代动力学模型的静脉麻醉给药技术，根据患者年龄、体质量、健康状况等参数计算并维持麻醉药物在血浆中的目标浓度，有助于减少血药浓度波动，降低低血压发生率[17-18]。观察组麻黄碱使用例数和乳酸钠林格输注量

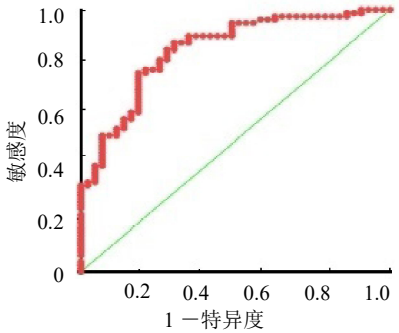


图 2　颈动脉校正血流时间预测老年患者低血压 ROC 曲线

均少于对照组（均 $P < 0.05$），这与观察组麻醉诱导后低血压发生率低于对照组相一致。本研究将低血压定义为平均动脉压＜ 65 mmHg 或较基线值下降＞ 20%，该标准已被证实与心肌及肾脏损伤相关[19-21]。本研究记录了麻醉诱导后 10 min 内动脉血压，该时间对应本中心腹腔镜胆囊切除手术从麻醉诱导至手术切皮的间隔时间。

本研究也存在一定局限性：（1）作为单中心前瞻性研究，有待多中心进一步研究验证；（2）研究对象仅纳入 ASA 分级Ⅰ、Ⅱ级老年患者，结论对 ASA 分级Ⅲ级及以上、合并严重心肺疾病等高危患者的适用性仍需探讨；（3）麻醉诱导仅采用丙泊酚、瑞芬太尼、罗库溴铵联合方案，结论在其他麻醉药物组合中的推广性存在一定局限。

综上所述，颈动脉 FTc 可作为预测 ASA 分级Ⅰ、Ⅱ级老年患者麻醉诱导后低血压的可靠指标，TCI 全身麻醉诱导前老年患者颈动脉 FTc ＜ 349.14 ms 更易发生麻醉诱导后的低血压。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　谢峥峰：实验操作，数据整理，统计分析，论文撰写；黄春晟：实验操作；朱方方：数据整理，经费支持；潘志浩：研究指导，经费支持

参　考　文　献

[1] Huang S S, Liao Z Q, Chen A D, et al. Effect of carotid corrected flow time combined with perioperative fluid therapy on preventing hypotension after general anesthesia induction in elderly patients: A prospective cohort study[J]. Int J Surg, 2024, 110(2): 799-809.

[2] Tan Y J, Ouyang W, Tang Y Z, et al. Effect of remimazolam tosilate on early cognitive function in elderly patients undergoing upper gastrointestinal endoscopy[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2022, 37(3): 576-583.

[3] Lasanudin J E F, Mauna A P. The effects of intraoperative goal-directed fluid therapy in the elderly: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Asian J Anesthesiol, 2024, 62(3): 105-123.

[4] Chen Y, Liu Z Y, Fang J, et al. Correlation of carotid corrected flow time and respirophasic variation in blood flow peak velocity with stroke volume variation in elderly patients under general anaesthesia[J]. BMC Anesthesiol, 2022, 22(1): 246.

[5] Jung S, Kim J, Na S, et al. Ability of carotid corrected flow time to predict fluid responsiveness in patients mechanically ventilated using low tidal volume after surgery[J]. J Clin Med, 2021, 10(12): 2676.

[6] Sun T, Hui K L, Ren L W, et al. Carotid corrected flow time and Doppler shock index for prediction of post-induction hypotension in patients undergoing elective abdominal surgery: A prospective observational study[J]. Perioper Med (Lond), 2025, 14(1): 38.

[7] Li M, Li F, Yu J L, et al. The impact of pre-rehydration guided by carotid corrected flow time on hypotension prevention following general anesthesia induction in patients undergoing gastrointestinal surgery: A prospective randomized controlled trial[J]. Front Med, 2024, 11: 1416574.

[8] Fujisawa T, Takuma S, Nitta Y. High initial target blood concentration in target-controlled infusion: A randomized controlled trial[J]. Clin Exp Dent Res, 2022, 8(5): 1117-1123.

[9] Blehar D J, Glazier S, Gaspari R J. Correlation of corrected flow time in the carotid artery with changes in intravascular volume status[J]. J Crit Care, 2014, 29(4): 486-488.

[10] Mohammadinejad P, Hossein-Nejad H. Calculation of corrected flow time: Wodey's formula vs. Bazett's formula[J]. J Crit Care, 2018, 44: 154-155.

[11] 胜海峰,李清,刘海云.丙泊酚复合不同浓度瑞芬太尼靶控输注麻醉对老年高血压患者血流动力学及心肌肌钙蛋白的影响[J]. 中国医药科学,2020,10(4):124-127.

[12] Takaki R, Yokose M, Mihara T, et al. Hypotension after general anaesthesia induction using remimazolam or propofol in geriatric patients undergoing sevoflurane anaesthesia with remifentanil: a single-centre, double-blind, randomised controlled trial[J]. Br J Anaesth，2024，133(1):24-32.

[13] Eskesen T G, Wetterslev M, Perner A. Systematic review including re-analyses of 1148 individual data sets of central venous pressure as a predictor of fluid responsiveness[J]. Intensive Care Med, 2016, 42(3): 324-332.

[14] Hofer C K, Geisen M, Hartnack S, et al. Reliability of passive leg raising, stroke volume variation and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness during weaning from mechanical ventilation after cardiac surgery: A prospective, observational study[J]. Turk J Anaesthesiol Reanim, 2018, 46(2): 108-115.

[15] Kim D H, Shin S, Kim N, et al. Carotid ultrasound measurements for assessing fluid responsiveness in spontaneously breathing patients: Corrected flow time and respirophasic variation in blood flow peak velocity[J]. Br J Anaesth, 2018, 121(3): 541-549.

[16] Maitra S, Baidya D K, Anand R K, et al. Carotid artery corrected flow time and respiratory variations of peak blood flow velocity for prediction of hypotension after induction of general anesthesia in adult patients undergoing elective surgery: A prospective observational study[J]. J Ultrasound Med, 2020, 39(4): 721-730.

[17] Fu G L, Xu L L, Chen H Q, et al. State-of-the-art anesthesia practices: A comprehensive review on optimizing patient safety and recovery[J]. BMC Surg, 2025, 25(1): 32.

[18] Bayburt N S, Duruk Erkent F N, Güven A, et al. Comparison of the effects of target-controlled versus conventional infusion sedation on recovery in geriatric patients undergoing diagnostic cystoscopy[J]. Turk J Anaesthesiol Reanim, 2026, 54(1): 40-48.

[19] Gregory A, Stapelfeldt W H, Khanna A K, et al. Intraoperative hypotension is associated with adverse clinical outcomes after noncardiac surgery[J]. Anesth Analg, 2021, 132(6): 1654-1665.

[20] Smischney N J, Shaw A D, Stapelfeldt W H, et al. Postoperative hypotension in patients discharged to the intensive care unit after non-cardiac surgery is associated with adverse clinical outcomes[J]. Crit Care, 2020, 24(1): 682.

[21] Saugel B, Sessler D I. Perioperative blood pressure management[J]. Anesthesiology, 2021, 134(2): 250-261.

收稿日期：2026-03-09

（本文编辑：陈志翔）