

# 血管超声技术在预测全身麻醉诱导后低血压中的研究进展

罗丹妮<sup>1</sup>, 张海亮<sup>2</sup>, 罗志锴<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>延安大学延安医学院, 陕西 延安

<sup>2</sup>延安大学附属医院麻醉与围术期医学科, 陕西 延安

收稿日期: 2026年1月10日; 录用日期: 2026年2月4日; 发布日期: 2026年2月12日

## 摘要

随着血管超声技术日趋成熟, 其在临床上的应用范围愈来愈广泛。然而, 全身麻醉诱导后患者极易出现低血压, 可能导致诸多不良后果。因此, 研究者们开始探索利用不同部位的血管超声测量来预测全身麻醉诱导后低血压(Post-Induction Hypotension, PIH)的研究。本文总结了下腔静脉(Inferior Vena Cava, IVC)、锁骨下静脉(Subclavian Vein, SCV)、颈总动脉、颈内静脉(Internal Jugular Vein, IJV)以及鼻咽窝处桡动脉的血管超声在预测全身麻醉诱导后低血压方面的研究进展, 并对比分析了不同部位血管超声的优缺点, 望以后能够更好地指导麻醉医师使用血管超声技术, 从而改善患者的预后情况。

## 关键词

全身麻醉, 麻醉诱导, 低血压, 血管超声技术

# Research Advances in Vascular Ultrasound Technology for Predicting Hypotension after General Anesthesia Induction

Danni Luo<sup>1</sup>, Hailiang Zhang<sup>2</sup>, Zhikai Luo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Yan'an Medical College, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

<sup>2</sup>Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: January 10, 2026; accepted: February 4, 2026; published: February 12, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 罗丹妮, 张海亮, 罗志锴. 血管超声技术在预测全身麻醉诱导后低血压中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 2445-2452. DOI: 10.12677/acm.2026.162649

## Abstract

With the increasing maturity of vascular ultrasound technology, its clinical applications have become increasingly widespread. However, patients are highly susceptible to hypotension after induction of general anesthesia, which may lead to numerous adverse consequences. Consequently, researchers have begun exploring the use of vascular ultrasound measurements at different sites to predict Post-Induction Hypotension (PIH). This paper summarizes the research progress on predicting PIH using vascular ultrasound measurements at the Inferior Vena Cava (IVC), Subclavian Vein (SCV), carotid artery, Internal Jugular Vein (IJV), and radial artery at the snuffbox. It also compares the advantages and disadvantages of vascular ultrasound measurements at these different sites. This review aims to guide anesthesiologists better in utilizing vascular ultrasound technology to improve patient's outcomes.

## Keywords

General Anesthesia, Anesthesia Induction, Hypotension, Vascular Ultrasound Technology

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

全身麻醉诱导后, 患者容易出现全身麻醉诱导后低血压(Post-Induction Hypotension, PIH) [1], 原因包括术前禁饮食、肠道准备或呕吐导致的血容量不足, 麻醉药物引起的心肌抑制和血管扩张, 以及缺乏手术刺激等因素。研究表明, PIH 是心脏手术和非心脏手术患者术后不良预后的独立危险因素, 可能导致缺血性脑卒中、心肌损伤、急性肾损伤以及住院时间延长等后果, 甚至增加术后 1 年内死亡率[2]-[4]。然而, 对于 PIH 的定义尚未达成共识。目前临床上最常用的标准是收缩压(Systolic Blood Pressure, SBP)低于 90 mmHg 或平均动脉压(Mean Arterial Pressure, MAP)低于 60 mmHg, 以及 SBP 下降超过 20%或 MAP 下降超过 20% [5]。由于定义的差异, 导致 PIH 的发生率在 5%至 99%之间[6]。术前血容量不足是导致 PIH 的主要危险因素[7] [8]。然而, 盲目地、非限制性地补液会对患者的预后产生不良影响。因此, 快速、准确地评估术前血容量状态尤为重要, 及早识别潜在的 PIH, 有助于麻醉医师提供在诱导前实施预防性液体治疗或使用血管活性药物从而有助于维持血流动力学的稳定、减少术后并发症并改善患者的预后。

目前, 用于预测 PIH 的指标有很多, 包括静态指标(中心静脉压、肺毛细血管楔压)和动态指标(每搏量变异度、脉压变异度、脉搏灌注变异指数、心率变异性等)。近年来, 外周血管超声检查在预测 PIH 和评估血管内容量状态方面逐渐得到普及, 具有诸多优点, 如无创性、便携性、操作简单、能够实时和动态显示血流动力学状况、可重复性好、无放射性、费用低等优点。

到如今, 很多研究者开展了测量不同部位血管超声以预测全身麻醉诱导后低血压的研究。本文将对相关研究进展进行综述。

## 2. 下腔静脉(Inferior Vena Cava, IVC)血管超声

IVC 是人体最大的静脉干, 也是静脉系统中直径最大的血管, 它位于第 5 腰椎水平, 由左、右髂总静脉汇合而成, 其主要功能是收集来自下肢、腹部和盆腔的静脉血, 并将其输送回右心房。IVC 的静脉

腔壁较薄, 血管顺应性好, 腔内不含有静脉瓣, 因此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]。自主呼吸时, IVC 直径会随着呼吸运动而变化。自主呼吸时, 吸气末 IVC 管径最小, 呼气末管径最大[10]。研究表明[11][12], IVC 直径和 IVC 塌陷指数(Inferior Vena Cava Collapsibility Index, IVCCI)与中心静脉压(Central Venous Pressure, CVP)有很好的相关性: IVC 直径与 CVP 呈正相关, 而 IVCCI 与 CVP 呈负相关。以往的研究[13]-[16]认为, 超声测量 IVC 直径和 IVCCI 可作为评估自主呼吸患者血管内容量状态和预测 PIH 的可靠方法。然而, 有新的研究[17][18]表明, IVC 直径和 IVCCI 在预测液体反应性方面的能力有限, 特别是对于自主呼吸患者。此外, 对于腹痛、肌紧张、异常肥胖或胃肠道积气的患者, IVC 的超声图像较难获取[19][20]。

在预测 PIH 方面, 针对 IVCCI 的研究有显著的进展, Zhang 和 Critchley [13]在麻醉诱导前超声测量了 104 例全身麻醉患者的 IVCCI, 观察 PIH 的发生情况并绘制了受试者工作特征曲线(Receiver Operating Characteristic Curve, ROC 曲线), 用此来描述 IVCCI 对 PIH 的预测价值。其中有 42 例(46.7%)患者发生 PIH, 而且 IVCCI 预测 PIH 的 ROC 曲线下面积(Area Under the Curve, AUC)达到 0.90, 最佳截断值(cut-off 值)为 43%, 对应灵敏度为 78.6%, 特异度达 91.7%, 在调整混杂因素后, 发现 IVCCI 是诱导后低血压的显著独立预测因子, 优势比为 1.17。最终得出结论: 术前超声 IVCCI 测量是全身麻醉诱导后低血压的可靠预测指标, 其阈值设定为大于 43%。何福娟等[21]采用相同方法研究对比了下腔静脉最大直径(Maximum Diameter of the Inferior Vena Cava, IVC max)及 IVCCI 预测 PIH 的效能, 研究发现 IVCCI 预测 PIH 的发生率准确性较高, AUC 为 0.88, cut-off 值为 42.5%, 灵敏度和特异度均较高, 分别为 73%和 98%。Dana 等[22]的系统评价和荟萃分析同样证实了上述结论, 该综述涉及了 1166 名患者的 14 项研究, 发现 IVCCI 在预测 PIH 方面优于 IVC max, 这可能是由于不同患者群体之间的基线下腔静脉直径存在显著差异, 并且采用 IVCCI 可以减少基线解剖和生理差异的影响。而邹莉和徐前程等[23]通过术前对非心脏手术患者进行 IVCCI 测量, 证实其不仅能够预测 PIH, 且 AUC 为 0.851, 灵敏度高达 97.72%, 还与 IVC max 联合后预测 PIH 的价值有一定提升。王令仪等[24]的研究则是主要针对高血压患者, 结果表明, IVCCI 可以准确预测 PIH, 其 AUC 为 0.904, 并且阈值为 27.59%时, 其灵敏度和特异度均较高。这与正常血压患者相比, IVCCI 的 cut-off 值降低, 可能是由于高血压患者存在动脉硬化导致动脉弹性下降、长期服用降压药物、交感兴奋及肾素 - 血管紧张素 - 醛固酮系统激活导致血容量相对不足有关。

IVCCI 并不适用于预测所有患者发生低血压, 比如在 Turconi 及 Cavalleri 等[25]的研究中, 纳入了接受血管外科手术且存在心脏并发症高风险的患者, 发现自主呼吸状态下超声测量 IVC max 和 IVCCI 均不能有效预测 PIH 的发生, 该研究分析原因可能与引起血流动力学变化的来源有关, 这种来源于机械通气状态下心脏、肺脏与腹腔器官之间的相互作用, 而这种相互作用在自主呼吸期间有所不同。因此, 对于 IVCCI 作为自主呼吸患者的容量反应性动态评估指标的适用程度仍不明确。而 Mohammed 等[26]的研究纳入了健康成年患者, 发现超声测量下腔静脉参数, 如 IVC-CI、IVCmax 及 IVC 最小直径(Minimum Diameter of the Inferior Vena Cava, IVC min), 在预测丙泊酚麻醉诱导后低血压及显著低血压方面诊断准确性较差。与以往研究对比, 后者纳入的受试者大多数具有发生诱导后低血压的临床预测因素, 因此研究结论并不适用于无临床预测因素的患者群体, 进而导致该患者群体诱导后低血压发生率可能较低。

### 3. 锁骨下静脉(Subclavian Vein, SCV)血管超声

SCV 是位于颈根部的短静脉干, 是腋静脉在第 1 肋外缘向上方的延续静脉, 与颈内静脉(Internal Jugular Vein, IJV)汇合后延续为头臂静脉, 再进入上腔静脉, 且位置表浅, 上方受到锁骨覆盖, 在超声测量时可以减轻探头对静脉的压迫, 使测量结果更稳定。SCV 内径被证实为能够随呼吸运动发生变化[27][28], 其原理是上肢静脉血流的搏动性和呼吸变化的反应性比其他外周静脉明显, 这种反应是血管内压力变化

从胸内上腔静脉传递到胸外 SCV 的结果[29], 具体表现为吸气时, 胸腔容积增大, 胸膜腔负压增加, 外周静脉压与 CVP 之间的压力差增大, 此时血液从 SCV 进入上腔静脉, 右心回心血量增加, SCV 会发生塌陷, 呼气时则相反[29]。

目前关于超声测量 SCV 参数预测 PIH 的研究较少, 现有的 SCV 参数包括锁骨下静脉塌陷指数 (Subclavian Vein Collapse Index, SCVCI)、锁骨下静脉变异度 (Subclavian Vein variability, SCV variability) 和锁骨下静脉直径变化率 (Subclavian Vein Diameter Changes induced by PLR,  $\Delta$ DSCV)。Kent 等[30]发现, SCVCI 可替代 IVCCI 来评估危重患者的血管内容量状态, 被认为是 IVCCI 的合理辅助手段, 总体测量偏差较小, 并且 SCVCI 测量所需的时间更短, 更有利于及时发现容量变化。在 Zhu 等[31]的研究中, 纳入了胃肠道手术患者与健康志愿者, 结果表明 SCV 直径与 CVP 有一定的相关性, 且测量 SCV 直径可能会成为超声评估血容量的重要补充手段。随后, 有研究表明, IVC 与 SCV 具有很好的可扩张性, 其内径及横截面积可以随着 CVP 及血容量的变化而发生改变[28] [32]。而 Giraud 等[33]聚焦于特定呼吸状态的患者, 表明 SCV 参数可作为评估机械通气重症病房 (Intensive Care Unit, ICU) 患者液体反应性的可靠指标, 但其并不适用于自主呼吸患者。陈代宇等[34]的研究再次证实 SCVCI 在不同呼吸状态下可替代 IVCCI 进行低血容量评估, 但在机械通气状态下 SCVCI 评估低血容量的价值更高, 这与 Giraud 等的研究结果一致。Yang 等[35]同样也证实了这一结果, 自主呼吸状态患者的 SCVCI 无法预测 PIH, 分析其原因, 可能是因为胸内压没有相对稳定, 然而, 却发现进行被动抬腿试验 (Passive Leg Raise Test, PLR) 后  $\Delta$ DSCV 能够预测 PIH 的发生, AUC 为 0.75。Choi 等[20]比较了不同呼吸状态 (自主呼吸和深呼吸) 下 SCVCI 对 PIH 的预测能力, 在调整混杂因素后, 发现相对于自主呼吸, 深吸气时测量 SCVCI 是预测 PIH 发生的显著预测因子 ( $P < 0.001$ )。Chen 等[28]主要针对行胃肠道手术的老年患者, 发现 SCV 直径与 PIH 无显著相关性, 而 SCVCI 可预测老年患者胃肠道手术期间 PIH 的发生, AUC 为 0.824, 最佳阈值为 31.25% (灵敏度 71.7%, 特异度 90.1%)。

综上, 超声测量 SCV 大多数情况用于评估血管内容量状态, 但这不能说明其能够很好地预测 PIH, 仍需要进一步探索。目前 SCV 已作为 IVCCI 的辅助手段, 用于无法进行测量 IVCCI 或其数值不准确的情况, 这为麻醉医师评估血容量状态提供了更多更优的选择。

#### 4. 颈动脉 (Carotid Artery) 血管超声

颈动脉是主动脉的二级分支, 是除主动脉外最靠近心脏射血的血管, 具有管径粗、位置浅表、超声测量方便和所受干扰少等优点。近年来, 关于探索颈动脉血管超声预测 PIH 逐渐成为研究热点, 其中主要测量指标包括颈动脉校正血流时间 (Carotid Artery Corrected Flow Time, FTc)、颈动脉峰值流速变异度 (Carotid peak flow velocity variability,  $\Delta$ Vpeak)、颈动脉内膜中膜厚度 (Carotid Intima-Media Thickness, CIMT)、颈动脉血流量 (Carotid blood flow, CBF) 和颈动脉速度时间积分 (Carotid velocity-time integral, VTI) 等。FTc 是经心率校正后的颈动脉血流射血时间, 整合反映了心脏前负荷、后负荷与心肌收缩力的综合血流动力学状态, 当前负荷不足时, 心室充盈减少, 射血时相缩短, FTc 数值减低; 当后负荷降低时, 心室射血阻力减小, 射血时相延长, FTc 数值升高; 当心肌收缩力减弱时, 射血频率下降, 射血时相缩短, FTc 数值降低。而  $\Delta$ Vpeak 是由呼吸引起的左心室每搏输出量周期性变化, 当每搏输出量增加时, 颈动脉血流灌注速度加快, 致峰值流速升高。多项研究表明, FTc 和  $\Delta$ Vpeak 是预测 PIH [36]-[38] 的可靠指标, 与下腔静脉超声测量参数相比, 颈动脉超声测量参数更易获取, 且对于肥胖、腹内压高、剖宫产等有一定的优势。此外, 颈动脉 FTc 不受患者呼吸频率和潮气量的影响[1]。

正如 Maitra 等[36]报道的那样, 颈动脉 FTc 在预测 ASA 分级 I 至 II 级成年患者 (年龄 18~65 岁) 诱导后低血压方面表现出显著的优势, AUC 高达 0.910, cut-off 值为 330.20 毫秒。但在 Huang 等[38]的研究中,

选择了对血压影响较小的瑞马唑仑,对麻醉诱导用药方案进行优化,进而证实颈动脉 FTc 可作为预测老年患者全麻诱导后低血压发生的可靠指标,其 AUC 为 0.876, cut-off 值为 334.95 毫秒,这与既往报道的 330.20 毫秒存在差异,可能是由于老年人群心率较慢致左心室收缩期相对延长导致的。

在最新的研究中, Fu 等研究者[1]通过麻醉诱导前测量 102 例行胃肠道手术老年患者的颈动脉和下腔静脉血管超声,比较颈动脉 FTc、 $\Delta V_{peak}$  和下腔静脉 IVCCI、IVCmax 对老年患者 PIH 的预测价值,并对 FTc 分别采用 Bazett 公式与 Wodey 公式计算 FTc(B)和 FTc(W)。结果发现 FTc(W)的 AUC 为 0.815,显著高于 FTc(B)、IVCCI 和 IVC max,由此得出超声测量的 FTc(W)在老年患者 PIH 预测中较 IVC max 和 IVCCI 更具准确性,更能可靠地预测老年患者 PIH 的发生,且其预测效能优于 FTc(B),此外,该研究的 PIH 发生率为 49%,低于其他研究,可能是因为其使用的瑞马唑仑相较于依托咪酯和丙泊酚导致的 PIH 发生率更低。

颈动脉内膜中层厚度(CIMT)能够评估动脉粥样硬化程度,因此,有助于评估患者心血管疾病的风险。而 Kaydu 等[39]的研究发现 CIMT 能够预测 PIH 的发生,其 AUC 为 0.753, cut-off 值为 0.65 mm,在调整其他混杂因素后, CIMT 可作为 PIH 的独立预测因子,比值比为 1.833 (95% CI 1.23~2.72)。

对于颈动脉超声其他血流参数如颈动脉血流量(CBF)和颈动脉速度时间积分(VTI),已有研究[40]-[42]证实其可作为预测产妇及血流动力学不稳定患者的麻醉后低血压发生的有效指标,但目前相关研究较匮乏,难以精准评估其预测能力。

## 5. 颈内静脉(Internal Jugular Vein, IJV)血管超声

IJV 为无瓣膜静脉,始于颅底,位于颈部的表浅处,与右心房呈直线,压力与上腔静脉和右心房一致,是收集头颈部静脉回流血的主干。其具有与 IVC 类似的生理特点,即血管腔大小取决于血管内外的压力差,因此,影响血管内压的因素主要有血容量、右心功能和胸腔内压[43]。同时, IJV 是高容量顺应性极高的血管,对血容量状态的变化有很高的敏感性[44]。

在已有的研究中,有研究[45]表明,术前超声测量颈内静脉横截面积塌陷指数(Collapsed Cross-sectional Area Index of the Internal Jugular Vein, Claijv)可预测 PIH 的发生, AUC 为 0.704,当 Claijv > 18.5%时,患者更容易发生 PIH,此外,与 IVC 相比,超声测量 IJV 的成功率高,在临床应用上可行性更好。曹缘等[19]的研究分析了超声测量颈内静脉塌陷指数(Internal Jugular Vein Collapse Index, IJVCI)与胃肠道手术患者发生 PIH 的相关性,结果显示 IJVCI 与 MAP 下降百分比存在明显的正相关性,相关系数为 0.81,并且 IJVCI 预测 PIH 的 AUC 为 0.84,其灵敏度和特异性并不低于 IVCCI,因此,研究表明 IJVCI 和 IVCCI 对 PIH 具有相似的预测能力,且 IJV 并不受腹部手术消毒区域的限制。郭小雨等[44]的研究探索超声测量 IJVCI 指导麻醉诱导前补液对老年高血压患者 PIH 的影响,以 IJVCI > 40%为目标进行补液,导致诱导后低血压的发生率降低,并且超声测量 IJV 不会明显受到气体、脂肪及手术操作的影响,该研究还认为 IJVCI 与 PIH 有显著相关性,能预测 PIH 的发生,同目标导向液体治疗联合有利于预防术中低血压。

## 6. 鼻咽窝处桡动脉血管超声

鼻咽窝处桡动脉阻力指数(Snuffbox Resistive Index, SBRI)是指鼻咽窝处桡动脉收缩期峰流速(Peak Systolic Velocity, PSV)和舒张末期流速(End Diastolic Velocity, EDV)的差与 PSV 的比值[46]。有研究证明, SBRI 与全身血管阻力具有很强的相关性[47],同时, PIH 也被证实为因麻醉诱导后动脉扩张致全身血管阻力下降引起的[48],两者发生机制具有一致性。吴庭豪[46]的研究主要探究 SBRI 指导诱导前液体治疗对无痛胃肠镜患者 PIH 的预测能力,结果表明, SBRI 与 PIH 呈非线性关系,但  $SBRI \geq 0.89$  是 PIH 的独立危险因素,联合液体治疗能够显著降低 PIH 的发生率。SBRI 是一种新型无创血流动力学指标,目前已

有的相关研究证据不足,仍需要进一步探索。

综上所述,不同部位的血管超声技术在预测 PIH 方面具有不同的临床价值和应用场景。这不仅有助于为患者提供更好的安全保障,减少术后并发症,还为临床工作带来了便利。未来的研究需要进一步推动技术创新与临床实践的深度融合,为个性化麻醉管理策略的制定提供有力的支持,随着麻醉医师对使用超声评估 PIH 的重视程度不断提高,血管超声技术在围术期中的应用和推广将越来越广泛。

## 利益冲突

本文所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] Fu, J., Li, Q., Zhu, X., Zhao, W., Lu, Y. and Luo, F. (2025) Comparing Predictive Accuracy of Carotid Artery Ultrasonography with Inferior Vena Cava Ultrasonography for Predicting Postinduction Hypotension in Older Patients: A Prospective Observational Study. *BMJ Open*, **15**, e096993. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-096993>
- [2] Bijker, J.B., van Klei, W.A., Vergouwe, Y., Eleveld, D.J., van Wolfswinkel, L., Moons, K.G.M., et al. (2009) Intraoperative Hypotension and 1-Year Mortality after Noncardiac Surgery. *Anesthesiology*, **111**, 1217-1226. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e3181c14930>
- [3] Walsh, M., Devereaux, P.J., Garg, A.X., Kurz, A., Turan, A., Rodseth, R.N., et al. (2013) Relationship between Intraoperative Mean Arterial Pressure and Clinical Outcomes after Noncardiac Surgery: Toward an Empirical Definition of Hypotension. *Anesthesiology*, **119**, 507-515. <https://doi.org/10.1097/aln.0b013e3182a10e26>
- [4] Gregory, A., Stapelfeldt, W.H., Khanna, A.K., Smischney, N.J., Boero, I.J., Chen, Q., et al. (2020) Intraoperative Hypotension Is Associated with Adverse Clinical Outcomes after Noncardiac Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **132**, 1654-1665. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000005250>
- [5] Weinberg, L., Li, S.Y., Louis, M., Karp, J., Poci, N., Carp, B.S., et al. (2022) Reported Definitions of Intraoperative Hypotension in Adults Undergoing Non-Cardiac Surgery under General Anaesthesia: A Review. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 69. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01605-9>
- [6] Bijker, J.B., van Klei, W.A., Kappen, T.H., van Wolfswinkel, L., Moons, K.G.M. and Kalkman, C.J. (2007) Incidence of Intraoperative Hypotension as a Function of the Chosen Definition: Literature Definitions Applied to a Retrospective Cohort Using Automated Data Collection. *Anesthesiology*, **107**, 213-220. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000270724.40897.8e>
- [7] Juri, T., Suehiro, K., Tsujimoto, S., Kuwata, S., Mukai, A., Tanaka, K., et al. (2018) Pre-Anesthetic Stroke Volume Variation Can Predict Cardiac Output Decrease and Hypotension during Induction of General Anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **32**, 415-422. <https://doi.org/10.1007/s10877-017-0038-7>
- [8] Lin, F., Li, C., Zhang, L., Fu, S., Chen, G., Yang, X., et al. (2013) Effect of Rapid Plasma Volume Expansion during Anesthesia Induction on Haemodynamics and Oxygen Balance in Patients Undergoing Gastrointestinal Surgery. *International Journal of Medical Sciences*, **10**, 355-361. <https://doi.org/10.7150/ijms.5294>
- [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): 1798-1801, 1820.
- [10] 许帅, 王凯, 张昊鹏, 董海龙. 不同部位血管超声预测全身麻醉诱导后低血压的研究进展[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2022, 43(5): 518-523.
- [11] Vaish, H., Kumar, V., Anand, R., Chhapola, V. and Kanwal, S.K. (2017) The Correlation between Inferior Vena Cava Diameter Measured by Ultrasonography and Central Venous Pressure. *The Indian Journal of Pediatrics*, **84**, 757-762. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2433-y>
- [12] Shafe, O., Chardoli, M., Ahmadi, M. and Bakhshandeh, H. (2018) Inferior Vena Cava Diameter as a Guide in Hypotensive Patients for Appropriate Saline Therapy: An Observational Study. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, **8**, 160-164. [https://doi.org/10.4103/ijciis.ijciis\\_27\\_18](https://doi.org/10.4103/ijciis.ijciis_27_18)
- [13] Zhang, J. and Critchley, L.A.H. (2016) Inferior Vena Cava Ultrasonography before General Anesthesia Can Predict Hypotension after Induction. *Anesthesiology*, **124**, 580-589. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001002>
- [14] Liu, C., An, R. and Liu, H. (2024) Preoperative Ultrasound for the Prediction of Postinduction Hypotension: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Personalized Medicine*, **14**, Article 452. <https://doi.org/10.3390/jpm14050452>
- [15] Das, S.K., Choupoo, N.S., Pradhan, D., Saikia, P. and Monnet, X. (2018) Diagnostic Accuracy of Inferior Vena Caval Respiratory Variation in Detecting Fluid Unresponsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of*

- Anaesthesiology*, **35**, 831-839. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000000841>
- [16] Zhang, Z., Xu, X., Ye, S. and Xu, L. (2014) Ultrasonographic Measurement of the Respiratory Variation in the Inferior Vena Cava Diameter Is Predictive of Fluid Responsiveness in Critically Ill Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **40**, 845-853. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010>
- [17] Long, E., Oakley, E., Duke, T. and Babl, F.E. (2017) Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Shock*, **47**, 550-559. <https://doi.org/10.1097/shk.0000000000000801>
- [18] Orso, D., Paoli, I., Piani, T., Cilenti, F.L., Cristiani, L. and Guglielmo, N. (2018) Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Inferior Vena Cava to Determine Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Intensive Care Medicine*, **35**, 354-363. <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>
- [19] 曹缘, 张梦军, 陈秋冲, 刘金东. 胃肠道手术患者全麻诱导后低血压与静脉塌陷指数的相关性研究[J]. 徐州医科大学学报, 2021, 41(2): 141-145.
- [20] Choi, M.H., Chae, J.S., Lee, H.J. and Woo, J.H. (2020) Pre-Anaesthesia Ultrasonography of the Subclavian/Infraclavicular Axillary Vein for Predicting Hypotension after Inducing General Anaesthesia: A Prospective Observational Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **37**, 474-481. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001192>
- [21] 何福娟, 秦晨光, 彭晶, 等. IVCmax 及 IVC-CI 预测结/直肠癌根治术患者全身麻醉诱导后低血压发生率的研究[J]. 重庆医学, 2022, 51(7): 1135-1139.
- [22] Dana, E., Dana, H.K., De Castro, C., Bueno Rey, L., Li, Q., Tomlinson, G., *et al.* (2024) Inferior Vena Cava Ultrasound to Predict Hypotension after General Anesthesia Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Canadian Journal of Anesthesia/Canadian Journal d'anesthésie*, **71**, 1078-1091. <https://doi.org/10.1007/s12630-024-02776-4>
- [23] 邹莉, 徐前程, 张骐, 崔雯. 超声测量下腔静脉变异度对全身麻醉诱导后低血压发生的预测价值[J]. 皖南医学院学报, 2024, 43(2): 164-167.
- [24] 王令仪. 超声监测下被动抬腿试验与下腔静脉塌陷对高血压患者麻醉诱导后低血压的预测[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2023.
- [25] Turconi, L., Cavalleri, F., Moreno, L.G., Surbano, M., Illescas, L., Bouchacourt, J.P., *et al.* (2022) Inferior Vena Cava Ultrasonography before General Anesthesia Cannot Predict Arterial Hypotension in Patients Undergoing Vascular Surgery. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación (English Edition)*, **69**, 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.redare.2021.03.013>
- [26] Mohammed, S., Syal, R., Bhatia, P., Chhabra, S., Chouhan, R.S. and Kamal, M. (2021) Prediction of Post-Induction Hypotension in Young Adults Using Ultrasound-Derived Inferior Vena Cava Parameters: An Observational Study. *Indian Journal of Anaesthesia*, **65**, 731-737. [https://doi.org/10.4103/ija.ija\\_1514\\_20](https://doi.org/10.4103/ija.ija_1514_20)
- [27] Hightower, D.R. and Gooding, G.A.W. (1985) Sonographic Evaluation of the Normal Response of Subclavian Veins to Respiratory Maneuvers. *Investigative Radiology*, **20**, 517-518. <https://doi.org/10.1097/00004424-198508000-00013>
- [28] Chen, H., Zhang, X., Wang, L., Zheng, C., Cai, S. and Cheng, W. (2023) Association of Infraclavicular Axillary Vein Diameter and Collapsibility Index with General Anesthesia-Induced Hypotension in Elderly Patients Undergoing Gastrointestinal Surgery: An Observational Study. *BMC Anesthesiology*, **23**, Article No. 340. <https://doi.org/10.1186/s12871-023-02303-w>
- [29] 王斌. 锁骨下静脉内径预测全身麻醉诱导后低血压的价值[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京医科大学, 2024.
- [30] Kent, A., Bahner, D.P., Boulger, C.T., Eiferman, D.S., Adkins, E.J., Evans, D.C., *et al.* (2013) Sonographic Evaluation of Intravascular Volume Status in the Surgical Intensive Care Unit: A Prospective Comparison of Subclavian Vein and Inferior Vena Cava Collapsibility Index. *Journal of Surgical Research*, **184**, 561-566. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.05.040>
- [31] Zhu, P., Zhang, X., Luan, H., Feng, J., Cui, J., Wu, Y., *et al.* (2015) Ultrasonographic Measurement of the Subclavian Vein Diameter for Assessment of Intravascular Volume Status in Patients Undergoing Gastrointestinal Surgery: Comparison with Central Venous Pressure. *Journal of Surgical Research*, **196**, 102-106. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.02.063>
- [32] 瞿敏, 刘天琳, 于丽丽, 等. 锁骨下静脉呼吸变异度对老年患者术中容量反应性的评估作用[J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(9): 866-869.
- [33] Giraud, R., Abraham, P.S., Brindel, P., Siegenthaler, N. and Bendjelid, K. (2018) Respiratory Changes in Subclavian Vein Diameters Predicts Fluid Responsiveness in Intensive Care Patients: A Pilot Study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **32**, 1049-1055. <https://doi.org/10.1007/s10877-018-0103-x>
- [34] 陈代宇, 高昊茜, 王思琦, 等. 不同呼吸状态下颈内静脉及锁骨下静脉塌陷指数对低血容量的评估价值[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(1): 64-70.

- [35] Yang, L., Long, B., Zhou, M., Yu, X., Xue, X., Xie, M., *et al.* (2023) Pre-Anesthesia Ultrasound Monitoring of Subclavian Vein Diameter Changes Induced by Modified Passive Leg Raising Can Predict the Occurrence of Hypotension after General Anesthesia: A Prospective Observational Study. *BMC Anesthesiology*, **23**, Article No. 35. <https://doi.org/10.1186/s12871-023-01989-2>
- [36] Maitra, S., Baidya, D.K., Anand, R.K., Subramaniam, R. and Bhattacharjee, S. (2019) 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. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **39**, 721-730. <https://doi.org/10.1002/jum.15151>
- [37] Hung, K., Huang, Y., Tsai, W., Tan, P., Wu, J., Huang, P., *et al.* (2023) Diagnostic Efficacy of Carotid Ultrasound for Predicting the Risk of Perioperative Hypotension or Fluid Responsiveness: A Meta-Analysis. *Diagnostics*, **13**, Article 2290. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13132290>
- [38] Huang, S., Liao, Z., Chen, A., Wang, J., Xu, X. and Zhang, L. (2023) 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. *International Journal of Surgery*, **110**, 799-809. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000000863>
- [39] Kaydu, A., Güven, D.D. and Gökçek, E. (2018) Can Ultrasonographic Measurement of Carotid Intima-Media Thickness Predict Hypotension after Induction of General Anesthesia? *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **33**, 825-832. <https://doi.org/10.1007/s10877-018-0228-y>
- [40] Dai, S., Wang, C., Tao, X., Shen, J. and Xu, L. (2024) Predicting Fluid Responsiveness in Spontaneously Breathing Parturients Undergoing Caesarean Section via Carotid Artery Blood Flow and Velocity Time Integral Measured by Carotid Ultrasound: A Prospective Cohort Study. *BMC Pregnancy and Childbirth*, **24**, Article No. 60. <https://doi.org/10.1186/s12884-024-06246-z>
- [41] Marik, P.E., Levitov, A., Young, A. and Andrews, L. (2013) The Use of Bioreactance and Carotid Doppler to Determine Volume Responsiveness and Blood Flow Redistribution Following Passive Leg Raising in Hemodynamically Unstable Patients. *Chest*, **143**, 364-370. <https://doi.org/10.1378/chest.12-1274>
- [42] 王思恬. 颈动脉超声对产妇腰麻后仰卧位低血压综合征的预测价值[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- [43] 张茂, 杨俭新, 刘志海, 等. 严重创伤患者颈内静脉大小及呼吸变异与中心静脉压的关系[C]//浙江省医学会急诊医学分会. 2007年浙江省急诊医学学术年会论文汇编. 2007: 232-236.
- [44] 郭小雨, 靖智利, 程文娟. 颈内静脉塌陷指数指导诱导前补液对腹腔镜下结直肠癌根治术老年高血压患者诱导后低血压的影响[J]. 中国老年学杂志, 2025, 45(20): 4918-4922.
- [45] 杨丽萍. 超声评估下腔静脉和颈内静脉与成年患者全麻诱导后低血压的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津医科大学, 2021.
- [46] 吴庭豪. 鼻咽窝桡动脉阻力指数指导液体治疗预防胃肠镜检查患者麻醉诱导后低血压的前瞻性队列研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 中国人民解放军空军军医大学, 2025.
- [47] Ban, K., Kochi, K., Imai, K., Okada, K., Orihashi, K. and Sueda, T. (2005) Novel Doppler Technique to Assess Systemic Vascular Resistance the Snuffbox Technique. *Circulation Journal*, **69**, 688-694. <https://doi.org/10.1253/circj.69.688>
- [48] Saugel, B., Bebert, E., Briesenick, L., Hoppe, P., Greiwe, G., Yang, D., *et al.* (2021) Mechanisms Contributing to Hypotension after Anesthetic Induction with Sufentanil, Propofol, and Rocuronium: A Prospective Observational Study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **36**, 341-347. <https://doi.org/10.1007/s10877-021-00653-9>