

# 颅脑损伤患者颅内压无创监测的研究进展与思考

武承凤

[兰州大学第二医院(第二临床医学院)神经内科 ICU, 甘肃 兰州 730030]

**【摘要】** 颅脑损伤发生后往往伴随着不同程度的颅内压升高, 而颅内压升高又会引发各种临床症状, 进而易造成患者预后差, 可能发生致残、致死等情况, 因此临床高度重视对颅脑损伤患者及时且有效的颅内压监测。现阶段, 临床针对颅内压监测主要分为有创、无创两种方式, 其中有创颅内压监测手段是较为公认的金标准, 监测信息最为精确; 而无创颅内压监测手段则还在研究和探索中。由于面对不同程度的颅脑损伤患者, 选择合适的颅内压监测工具不仅有利于病情监测, 还能减少患者痛苦。基于此, 现就颅脑损伤患者颅内压无创监测的研究进展进行综述, 为临床检测患者颅内压提供重要依据。

**【关键词】** 颅脑损伤; 颅内压; 无创监测

**【中图分类号】** R651.1

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 2096-3718.2024.07.0124.04

**DOI:** 10.3969/j.issn.2096-3718.2024.07.038

颅脑损伤是临床中较为常见的神经重症疾病之一, 主要是由多种外力因素作用于头部而导致的脑组织器质性损伤, 如交通事故、高处坠落等。颅脑损伤多以颅内压增高为病理生理表现, 而当颅内压增高时可引发机体的自我调节功能紊乱, 进而造成脑部不可逆性损伤, 如继发脑疝、脑灌注压降低、脑干损伤、静脉窦回流受阻等, 严重时可致患者死亡<sup>[1-2]</sup>。有相关研究结果显示, 在影响颅脑损伤患者死亡的主要病理因素中, 颅内压升高是其中之一<sup>[3]</sup>。因此, 临床严格监测颅脑损伤患者颅内压, 在改善患者生存质量中意义重大。颅脑损伤患者颅内压监测中应用合适的监测手段, 不仅可以迅速、准确地辅助诊断患者疾病严重程度, 观察病情变化, 还能够合理地确定手术时机, 指导临床制定针对性的治疗方案及评估、改善预后<sup>[4]</sup>。现阶段, 在美国发布的相关指南中提出: 颅内压在临床监测中可实行 II B 级推荐, 即是在重型颅脑损伤患者救治中推荐使用颅内压监测的信息, 这可有助于降低院内、伤后 14 d 病死率<sup>[5]</sup>。目前, 随着临床研究及医疗技术的不断发展, 临床使用的颅内压监测方法可分为两类: 有创、无创颅内压监测手段, 其中有创颅内压监测手段是现阶段较为公认的金标准, 监测信息最为精确; 而无创颅内压监测手段则还在研究和探索中。基于此, 现就颅脑损伤患者颅内压无创监测的最新进展进行综述。

## 1 颅内压无创监测

颅内压无创监测在临床应用中具有诸多功能, 如脑疝预警、监测颅内压变化、药效比对、脑灌注压换算等, 其

中脑疝预警主要是通过提供预警, 以辅助临床预防脑疝突发, 进而减少临床严重后果的发生。监测颅内压变化有助于临床判断患者病情进展, 评估临床疗效及预后情况, 药效比对能够辅助临床观察应用相应临床药物的效果, 脑灌注压换算能够为临床评估患者脑功能恢复情况提供参考<sup>[6]</sup>。颅内压无创监测手段不仅能有效减轻患者因颅内压监测导致的机体痛苦, 还能够为医师提供诊断、判断病情, 制订诊疗方案等的客观依据。现阶段, 颅内压无创监测手段尚处于发展、研究阶段, 且未形成统一、公认的相关标准, 但随着近年来人们对颅内压认识及研究的逐渐加深, 目前国内外关于颅内压无创监测的技术也比较多。

## 2 超声技术无创测压

超声技术在临床应用中作为创伤快速评估的重要手段之一, 可在颅脑损伤患者颅内压无创监测中发挥重要作用。目前超声技术无创测压的方法主要有视神经鞘直径、经颅多普勒超声、双深度经眼眶多普勒超声等。

**2.1 超声测量视神经鞘直径法** 视神经鞘直径由硬脑膜、蛛网膜、软脑膜三层脑膜结构延伸而成, 其中环绕视神经的蛛网膜下腔包含着脑脊液, 并且与颅内脑脊液直接相通。颅内压升高时颅内的脑脊液会经过视神经管, 进入视神经蛛网膜下腔, 使视神经鞘直径增加, 这是视神经鞘直径能反映颅内高压的重要理论依据。现阶段, 视神经鞘直径是临床无创监测颅内压研究较多、较完善的方法之一。张频捷等<sup>[7]</sup>通过前瞻性研究重症脑损伤患者(84 例)病死风险中超声测量视神经鞘直径的预测价值, 研究结果得

出, 术后早期视神经鞘直径可作为重症脑损伤患者死亡风险的独立危险因素, 且术后早期进行超声测量视神经鞘直径对重症脑损伤患者术后死亡具有良好的预测效果。王思博等<sup>[8]</sup>通过回顾性纳入脑炎患者 17 例, 旨在分析超声测量视神经鞘直径与脑炎患者颅内压的关联性, 其研究结果显示, 超声测量视神经鞘直径能够评估患者颅内压增高的情况。尽管超声测量视神经鞘直径具有良好的适用性, 但也有一定不足, 如视神经鞘直径可受年龄、种族等的影响而表现出较大变异, 且目前临床上缺乏超声测量视神经鞘直径的共识诊断标准, 因此临床还需进一步研究。

**2.2 经颅多普勒超声** 经颅多普勒超声是当前脑血流动力学常规监测手段, 通过相控阵探头发出低频脉冲多普勒声波, 穿过颅骨薄弱处(颞窗、颌下窗、眶窗、枕下窗)经血管中流动的红细胞反射回来, 其频率变化与血流速度成正比, 由此估计脑血流速度。经颅多普勒超声监测的主要参数为血管搏动指数和血流速度。现阶段, 经颅多普勒超声预测颅内压技术也在不断改进、验证。韩帅等<sup>[9]</sup>通过回顾性分析颅脑创伤患者颅内压评估中应用经颅多普勒超声的临床价值, 通过分析超声监测参数, 得出结论, 根据经颅多普勒超声参数, 能够有效辅助颅脑创伤患者颅内压的评估, 且具有较高的准确性, 且操作简便等优势, 值得临床推广应用。常涛等<sup>[10]</sup>通过选取 68 例颅脑创伤患者进行研究, 以分析其应用经颅多普勒超声评估颅内压的诊断价值(包括敏感性、特异性、准确性), 进而得出研究结果, 经颅多普勒超声监测参数能够有效反映颅脑创伤患者的颅内压水平, 但在不同颅内压水平下, 其与颅内压的关联性具有一定差异, 因此临床可依据患者的病理生理学改变进行对监测指标合理解读, 进而指导临床后期治疗。基于此, 经颅多普勒超声在颅内压监测中尚不够准确和成熟, 且其检查结果易受多种因素的影响, 需临床进行进一步研究。

**2.3 双深度经眼眶多普勒超声** 双深度经眼眶多普勒超声主要是将眼动脉作为颅内压天然的传感器, 以颈内动脉边缘深度设置为参考点, 通过测量颅内段、颅外段流速, 以评估颅内段承受的压力, 进而反映颅内压水平。现阶段, 国内外关于双深度经眼眶多普勒超声的研究主要是用于估算颅内压, 其有研究显示, 双深度经眼眶多普勒超声在应用中可有助于提高颅内压升高诊断的可靠性, 且具有报告精度较高、完全自动化、估计快速与便捷等优势<sup>[11]</sup>。但其在应用中也存在一定局限性: (1)适用于少量测量, 无法动态评估; (2)测量精度受神经疾病类型的影响, 如中风、创伤性脑损伤; (3)测量时眼部需施加压力, 限制了操作的可行性; (4)需应用专门的技术设备, 影响应用推广。

### 3 经眼部结构监测颅内压

颅内压升高时可使得蛛网膜下腔脑脊液的压力增大, 进而导致视网膜中央静脉循环受阻, 并引发视野缺损、眼压升高等临床表现, 因此, 根据眼部结构与颅内压的解剖和病理生理关系可知, 经眼部结构监测颅内压是可行的。目前, 临床上常用的经眼部结构监测颅内压有瞳孔测量法、光学相干断层摄影法、闪光视觉诱发电位测量法、经视网膜血管等。

**3.1 瞳孔测量法** 颅内压升高时可机械压迫动眼、副交感神经通路, 从而对瞳孔反应产生抑制作用, 并降低光反射反应性, 增加瞳孔直径, 因此瞳孔测量法在一定程度上可反映颅内压水平。崔俊杰等<sup>[12]</sup>通过总结颅脑损伤患者中应用瞳孔测量技术的最新进展发现, 创伤性颅脑损伤主要是由外部力量所致, 可导致病理、大脑功能改变, 通过应用自动红外瞳孔测量仪得到瞳孔直径、瞳孔对光反射参数, 可有助于提示颅内压等病情的重要变化, 且具有准确、客观、可重复性高等优势, 能够在颅脑损伤患者诊疗中发挥巨大作用。师琳等<sup>[13]</sup>通过分析瞳孔检查在危重症患者中的诊断和预后价值, 得出定量瞳孔检查可有助于提高测量信息的准确性、可靠性, 且在评估颅脑损伤患者颅内压及预后的预测中表现出巨大的潜在应用价值, 但是目前缺乏相关指南支持, 因此未来还需通过前瞻性、大规模的研究以进一步验证瞳孔检查的临床价值。

**3.2 光学相干断层扫描技术** 颅内压升高时, 患者可伴有视盘水肿表现。光学相干断层扫描技术可通过对视网膜神经纤维层厚度进行测量, 以间接评估颅内压情况。对于特发性颅内高压患者可应用光学相干断层扫描技术辅助诊断颅内压, 但光学相干断层扫描技术在颅脑损伤患者中可受视盘水肿发生速度不及时、视盘水肿严重而导致难以测量等因素的影响, 而使得准确性、时效性欠佳<sup>[14]</sup>。

**3.3 闪光视觉诱发电位** 颅内压升高时, 可机械压迫脑干和血管, 损害脑血液循环, 以造成神经元、神经纤维血氧供应不足, 进而损伤脑组织代谢, 阻碍神经元电信号传导, 使得闪光视觉诱发电位发生改变, 如波宽增大, 波峰潜伏期延长, 波幅减小等, 尤其在脑疝患者中表现更为明显。因此依据闪光视觉诱发电位与颅内压的关系, 临床可使用闪光视觉诱发电位进行合理评估颅内压情况, 其在重症监护病房中, 如脑出血、脑外伤等中均具有良好的临床应用价值。吴文娟等<sup>[15]</sup>通过回顾性分析 180 例外伤性重型颅内出血术后患者应用闪光视觉诱发电位监测颅内压, 以指导临床后期治疗的价值, 得出结论, 针对外伤性重型颅内出血术后患者, 闪光视觉诱发电位监测定量颅内压可有助于精细化指导脱水剂的使用, 缩短通气、住



院时间,进而能够改善患者预后。于芳苹等<sup>[16]</sup>通过选取 102 例高血压性脑出血并颅内压增高患者,旨在分析无创颅内压监测技术中应用闪光视觉诱发电位的临床应用价值,得出应用闪光视觉诱发电位可有助于及时调整并减少患者脱水剂的使用量,进而可有效改善患者病情和预后。但闪光视觉诱发电位在实际应用中也存在一定不足之处,如正常人群中异质性较高,部分患者如视神经肿瘤、多发性硬化等患者适用性差等。

**3.4 经视网膜血管** 颅内压升高时,视神经鞘内蛛网膜下腔脑脊液压力可随之升高,并使得视盘肿胀,进而可增加视网膜中央静脉压力,增大血管阻力,使得血流动力学参数发生相应改变,因此经视网膜血管情况可用于反映颅内压情况。邓岩军等<sup>[17]</sup>通过选取 55 例颅脑损伤患者,评估患者低脑灌注压诊断应用经视网膜血管参数的准确性,最终得出,颅脑损伤患者低脑灌注压诊断应用经视网膜血管参数的准确性较高,值得临床推广应用。经视网膜血管情况评价颅内压为无创监测技术提供了一种新的思路,但现阶段其尚处于初步探索阶段,还需临床进一步验证其应用价值。

## 4 经耳部结构监测颅内压

**4.1 鼓膜位移技术** 颅内压发生改变时,可经耳蜗导水管改变耳蜗外淋巴周围压力,从而影响内耳听骨运动,导致鼓膜移位,因此临床可通过检测位移距离间接反映颅内压水平。有相关研究结果显示,鼓膜位移与颅内压变化之间存在明显的关系,但鼓膜位移易受耳道结构、心脏搏动等因素影响<sup>[18]</sup>,因此临床还需要更多的应用研究验证鼓膜位移技术无创监测颅内压的可靠性。

**4.2 耳部经颅声学信号** 耳部经颅声学信号反映颅内压的原理主要为声学信号模拟,通过一侧耳发出声学信号,并在另一侧进行接收、分析信号。通过对比、分析耳部经颅声学信号与有创监测颅内压的效果,其结果显示,耳部经颅声学信号具备准确监测颅内压的能力,但也存在一定局限性,测量结果易受自身声音、耳道内出血等因素影响<sup>[19]</sup>。同时耳部经颅声学信号能够满足颅脑损伤患者颅内压无创监测的需求,但现阶段开展的相关研究较少,还需进一步证实。

**4.3 耳声发射技术** 耳声发射技术主要是使用专门的技术设备在受到外源性声刺激后收集耳蜗重新发出的声音。相对于其他非侵入性检测颅内压的技术,耳声发射技术由于通过中耳的两条通道(一次是正向、一次是反向),检测到的效应通常更大。耳声发射技术所需要的设备相对便携、使用方便,而且具有良好的内部可靠性,对于已经测量了基线的颅内压的患者,可成为定期监测颅内压变化的

方法。现已有相关研究证实,耳声发射技术能够评估颅内压的改变情况,但不能确定颅内压变化的具体数值,同时其在应用中还受个体差异因素的影响,仅适用于听力正常的人群中;此外,耳声发射技术虽无法连续测量颅脑损伤患者颅内压情况,但可定期评估颅内压变化,具有一定的辅助诊断价值<sup>[20]</sup>。

## 5 其他监测方式

**5.1 脑电图** 在颅脑损伤中,脑电图有效监测患者颅内压情况。有相关研究显示,重症监护病房患者多伴有神经系统危急重症,如颅内压增高、颅内感染等,具有病情进展迅速、潜在风险高等疾病特点,因此临床可通过脑电图监测进行早期、实时评估患者病情变化,进而有助于辅助临床诊断和及时处置<sup>[21]</sup>。谭颖等<sup>[22]</sup>通过总结既往神经重症监护中应用神经电生理技术的临床意义,得出相应结论,脑电图在神经重症监护中的应用较为完善成熟,且其颅内压变化、脑血流量等方面评估效果均已被多项研究证实,同时能够满足颅脑损伤患者神经、血管、生理等功能的需求,具有不可替代的临床价值。

**5.2 近红外光谱技术** 近红外光谱技术主要是通过应用近红外光,将其发射至头部表面,当头部组织特征改变时可导致光的吸收、扩散发生变化,并获取光谱信息。颅内压升高时,可随之降低脑血流、脑氧合,因此临床可使用近红外光谱技术进行监测颅内压情况。任昱洁等<sup>[23]</sup>提出脑自主调节功能与诸多关键临床参数如脑血流量、颅内压等密切相关,且在创伤性脑损伤、手术等领域中具有十分重要的临床意义,因此通过近红外光谱分析技术可监测脑自主调节功能,从而间接反映患者颅内压的变化情况,同时近红外光谱分析技术还具有可定量、无创等优势,具有良好的应用前景。王忠等<sup>[24]</sup>通过使用近红外光谱技术监测高血压脑出血患者颅内压情况发现,该项技术可准确反映患者颅内压升高,且对患者后期治疗具有重要的指导意义。此外,近红外光谱技术还可获取患者颅脑组织灌注、氧合信息,进而可在颅脑损伤患者监护中发挥重要作用<sup>[25]</sup>,但其实用性还需进一步验证。

## 6 小结与展望

颅脑损伤患者多存在颅内压增高情况,而及早诊疗颅内高压,在临床后期治疗指导及提高患者生存质量中具有关键作用。颅脑损伤患者颅内压增高早期可不伴有显著的临床表现,如生命体征、意识、瞳孔大小等改变,而通过颅内压监测可实时、准确地了解颅内压力变化,且在存在颅内压增高但无显著症状时予以患者有效的早期干预,在改善患者脑灌注、救治患者生命中可发挥重要意义。现阶段

段,临床监测颅内压的方法有很多,其中在颅脑损伤的诊疗中,有创监测颅内压属于诊断金标准,对患者救治具有至关重要的价值,但其在应用中易引发诸多并发症,如感染、出血等,加之费用昂贵、零点漂移,继而使得临床应用受到一定限制。无创监测颅内压方法诸多且各具优劣,不仅能够反映颅内压变化情况,还具有方法简便、安全性高等优势。现阶段,临床关于无创监测颅内压技术的相关研究诸多。虽然国内外已有相关的大量研究,但依旧存在一些局限性:测量误差、样本量较小、种族差异等,因此使得各项监测技术与颅内压的关联性及其潜在机制不够明确,且临床应用价值也存在一定争议。随着临床对颅内压的深入研究,在产生、调节机制等方面继续寻找出安全无创、准确有效、可实时监测颅内压的监测方法是未来医学研究的方向之一。相信随着医学技术的发展,未来将有更多的监测颅内压方法产生,进而为颅脑损伤患者的早期诊治提供有效指导。

### 参考文献

- [1] 丁丽丽,刘梦茹,孙海军.脑电双频指数、颅多普勒与颅内压联合监测在重度颅脑损伤预后评估中的价值[J].中国医药导报,2023,20(2): 69-71.
- [2] 阳建国,徐贞珍,唐坎凯,等.脉搏指数连续心排量与颅内压联合监测在重型颅脑损伤患者治疗中的应用价值[J].中华神经医学杂志,2019,18(12): 1201-1208.
- [3] 王忠,张瑞剑,韩志桐,等.持续颅内压监测在重度颅脑损伤及脑出血合并脑疝患者标准大骨瓣减压术及显微血肿清除术后的应用[J].中国医药导报,2020,17(5): 75-78, 82.
- [4] 徐琰,刘伟明,刘佰运.2016年美国《重型颅脑创伤治疗指南(第四版)》解读[J].中华神经外科杂志,2017,33(1): 8-11.
- [5] 徐刚,郭均胜,钟小军,等.术中应用颅压探头监测颅内压对开放性颅脑损伤患者预后情况的影响[J].中华保健医学杂志,2019,21(5): 446-448.
- [6] 姜迅,童孜蓉,岳震,等.颅内压监护仪监测颅内压对行呼吸机吸氧的颅脑损伤患者术后脱水剂用药使用剂量及预后的预测[J].中国医学装备,2020,17(12): 60-63.
- [7] 张频捷,曹利军,陈虎,等.视神经鞘直径预测重症脑损伤患者死亡风险的价值[J].中华急诊医学杂志,2021,30(7): 836-840.
- [8] 王思博,邢英琦,王翠翠,等.经颅多普勒超声及超声测量视神经鞘直径与脑炎患者颅内压增高的相关性[J].中国脑血管病杂志,2020,17(6): 40-44.
- [9] 韩帅,李文臣,朱富磊,等.经颅多普勒超声在颅脑创伤患者颅内压评估中的应用价值[J].中华神经外科杂志,2022,38(5): 460-465.
- [10] 常涛,高立,杨彦龙,等.经颅多普勒超声无创性评价颅脑创伤患者颅内压的临床研究[J].中国现代神经疾病杂志,2020,20(7): 591-596.
- [11] 武蒙蒙,胡红建,梅其勇.无创颅内压监测技术研究进展[J].第二军医大学学报,2021,42(8): 897-902.
- [12] 崔俊杰,李贺,孙建军,等.瞳孔测量在颅脑损伤中的应用[J].中国现代医生,2023,61(17): 137-139.
- [13] 师琳,吴春双,张茂.自动瞳孔测量技术在急危重症应用的研究进展[J].医学综述,2021,27(21): 4279-4284.
- [14] 冯岩,战永轩,谢鹏,等.应用光学相干断层成像技术辅助血管内开通术治疗症状性椎动脉颅内段非急性闭塞一例[J].中国脑血管病杂志,2021,18(3): 186-188.
- [15] 吴文娟,任节,张亮.闪光视觉诱发电位在外伤性重型颅内出血术后患者颅内压监测中的价值[J].临床急诊杂志,2021,22(9): 614-618.
- [16] 于芳苹,张瑜,赵迎春,等.FVEP无创颅内压监测在高血压性脑出血并颅内压增高患者中的临床应用[J].卒中与神经疾病,2019,26(1): 64-67, 72.
- [17] 邓岩军,虞梦楠,李华,等.超声测定视网膜中央动脉搏动指数诊断颅脑损伤患者低脑灌注压的准确性[J].中华麻醉学杂志,2020,40(7): 867-869.
- [18] SHIMBLES S, DODD C, BANISTER K, et al. Clinical comparison of tympanic membrane displacement with invasive intracranial pressure measurements[J]. Physiol Meas, 2005, 26(6): 1085-1092.
- [19] WILLIAMS M, MALM J, EKLUND A, et al. Distortion product otoacoustic emissions and Intracranial pressure during CSF Infusion testing[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2016, 87(10): 844-851.
- [20] BERSHAD E, URFY M, PECHACEK A, et al. Intracranial pressure modulates distortion product otoacoustic emissions: A proof-of-principle study[J]. Neurosurgery, 2014, 75(4): 445-455.
- [21] 中国抗癫痫协会脑电图和神经电生理分会.危重症持续脑电图监测技术标准[J].癫痫杂志,2022,8(1): 29-32.
- [22] 谭颖,刘全生,余敏,等.脑电图及体感诱发电位技术在神经重症监护中的应用进展[J].现代电生理学杂志,2021,28(1): 48-52.
- [23] 任昱洁,彭玲.近红外光谱分析技术在无创监测脑自主调节功能中的应用[J].现代医药卫生,2023,39(7): 1211-1217.
- [24] 王忠,张晓军,包金岗,等.脑组织氧饱和度监测联合持续颅内压监测在脑出血患者手术中的应用[J].中国综合临床,2021,37(5): 406-410.
- [25] 黄鑫,任辉,鲜继淑,等.近红外光谱技术在神经外科患者脑氧和血流动力学监测中的应用研究进展[J].现代生物医学进展,2015,15(10): 1943-1946.