

# 体感诱发电位刺激仪(PainVision)的临床应用研究进展

刘志姣, 王德强, 王群群

滨州医学院附属医院康复医学科, 山东 滨州

收稿日期: 2021年11月21日; 录用日期: 2021年12月11日; 发布日期: 2021年12月23日

## 摘要

疼痛作为一种主观感受, 临床中很难进行评估, 且以往的评估方法易受患者精神状态的影响, PainVision 是通过电流感知阈值(current perception threshold, CPT)和疼痛等效电流值(pain equivalent current, PEC)两个参数计算疼痛程度(pain degree, PD), 临床医生借此可以客观的对患者的疼痛程度进行评估, 因此被广泛应用于临床: 评估治疗疗效、评估周围神经病变、带状疱疹后神经痛、癌痛及感觉障碍等, 但PainVision的数值也受到诸多因素的影响, 存在个体间测量值存在差异。

## 关键词

体感诱发电位刺激仪, 痛觉知觉定量分析, PV仪, 研究进展

## Progress in Clinical Application of PainVision

Zhijiao Liu, Deqiang Wang, Qunqun Wang

Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Binzhou Medical University, Binzhou Shandong

Received: Nov. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: Dec. 11<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 23<sup>rd</sup>, 2021

## Abstract

As a subjective perception, pain is difficult to be evaluated in clinical practice, and previous evaluation methods are susceptible to the patient's mental status. PainVision calculates the pain degree (PD) through two parameters: current perception threshold (CPT) and pain equivalent current (PEC), whereby clinicians can objectively evaluate the patient's degree of pain, so it is widely used in clinical practice: to evaluate the therapeutic efficacy, evaluate peripheral neuropathy, posther-

petic neuralgia, cancer pain and sensory disturbance, etc., but the values of PainVision are also affected by many factors, with inter-individual differences in measured values.

## Keywords

PainVision, Quantitative Analysis of Pain Perception, PV Instrument, Research Progress

Copyright © 2021 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. 前言

世界卫生组织(WHO)于 2018 年重新修订了国际疾病分类,慢性疼痛首次作为独立的疾病被列入分类目录:疼痛(Pain)是一种与实际或潜在的组织损伤相关的不愉快的感觉和情绪情感体验,或与此相似的经历[1]。准确的疼痛评估是疼痛管理的基石,不恰当的疼痛控制可能导致不良事件的增加,包括死亡、过度镇静和呼吸抑制等[2]。临床上现多采用数字评分法、面部表情疼痛量表、视觉模拟评分法[3]、McGill 疼痛问卷(MPQ) [4]等。由于疼痛是人的主观感受,准确评估的难度较大,会受到负面情绪等多种因素的影响,因此国内外致力于研究如何对疼痛产生准确有效的数据评估,体感诱发电位刺激仪(PainVision)应运而生[5]。

## 2. 体感诱发电位刺激仪(PV)介绍

### 2.1. PV 的原理

原理介绍[6] [7] [8] [9] [10]: PV 是一种通过电刺激客观地定量疼痛程度的仪器,它的刺激电流脉冲的波形基本上由方波组成,其特征类似于三角波的尖锐尖端,以 50 Hz (20 毫秒间隔)重复,脉冲持续时间为 0.3 ms,使用快速傅立叶变换,峰值功率在 50~2000 Hz,电流增加的波形速率约为 2.1  $\mu\text{A/s}$ ,这种模式的设计是为了尽可能地防止神经元(疼痛调节) C 纤维的刺激,从而最大限度地减少患者的不适,此外,该装置由电刺激系统和控制系统组成,由内置电池驱动,可以保护受试者不受交流电源泄漏电流的影响。

### 2.2. PV 的使用方法

使用方法说明[10] [11] [12] [13] [14]: 将患者左前臂尺侧进行常规消毒后贴上仪器电极片,打开电源,将电流脉冲波流过电极片区域,当测试者开始出现肢端针刺、麻木等异样感觉时,记录下电流值作为最小感知电流值(CPT),测试 3 次,取平均值。然后,将电流值逐渐加大,当测试者感受到电流强度与现在疼痛程度相同时,记下电流值为疼痛等效电流值(PEC),测试 3 次,取平均值。最后,我们可以根据得到的数值将疼痛数字化,即疼痛指数(PD) = (疼痛等效电流 PEC - 最小感知电流值 CPT)/最小感知电流值 CPT。其中,PD 值越高,表示疼痛越强烈,疼痛程度越高。

## 3. 体感诱发电位刺激仪(PV)临床应用

### 3.1. 评估治疗疗效

Inoue T [15]等对 101 例接受单开门椎板成形术的患者进行了前瞻性临床试验,使用 PV 测量了术前

术后患者前臂和手掌的 CPT, 结果示术后 3、6、12 个月 CPTs 与术前 CPTs 的关系前臂分别为 99.3%、98.1%、93.8%, 手掌分别为 93.6%、90.6%、87.8%, 由此得出单开门椎板成形术可有效缓解疼痛。Dong Y [16]等计划研究 166 例颈源性头痛患者, 并随机分为针刺组和假针刺组, 分别给予 12 次为期 4 周真针灸和假针灸, 由 PV 计算的疼痛程度(PD)和疼痛率(PR)、表面肌电图(SEMG)检测参数来评估, 并以此评判针灸对于颈源性头痛是否有效。高新[17]等通过研究发现 PV 可以较客观地评价神经根型颈椎病的感觉神经损伤情况, 以此来评估肌骨超声引导刀针松解治疗神经根型颈椎病的疗效。李明婵[18]等通过治疗前后对患者进行 PV 测定(疼痛度 PD)、后表链肌张力测评(腰背肌肌张力系数 K)以及 JOA 评分的评估, 以此作为观察指标, 进行推拿结合拔罐运动疗法治疗第三腰椎横突综合征的临床疗效评定。郑淇[19]等选择躯干部带状疱疹后神经痛患者 60 例, 分别采用平刺组和斜刺组进行治疗, 以 VAS 评分及 PV 评估比较 2 组治疗效果, 研究得出平刺法止痛效果优于斜刺法。赖永贤[20]等研究 50 例带状疱疹后神经痛患者, 利用治疗前后 VAS 评分及 PV 评价治疗效果, 得出结论: 揸针联合加巴喷丁止痛效果优于氩氦激光联合加巴喷丁, 中西医结合治疗带状疱疹后遗神经痛更具有临床推广应用价值。

### 3.2. 评估周围神经病变

Saito M [21]等利用美国国家癌症研究所脑卒中标准 NCI-CTCAE4.0 及 PV 来评估被诊断为上皮性卵巢癌、输卵管癌或腹膜癌并即将接受首次紫杉醇和卡铂化疗的 30 例女性患者治疗后出现的麻木及感知异常情况, 得出结论: 周围神经病变可以用 PV 进行量化。Yoshida Y [22]等研究了 73 例转移性结直肠癌接受奥沙利铂治疗的患者, 并分别应用 VAS 和 PV 平均对每位患者进行 6 次化疗诱导的周围神经病变(CIPN)评估。彭祖江[23]等通过研究发现 1 型糖尿病患者糖尿病周围神经病变主要是下肢神经损伤, 且细有髓鞘神经(A $\delta$ )纤维和无髓鞘神经(C)纤维更容易损伤, 将 CPT 和传统的神经传导检查(NCS)相结合有利于更早、更精确诊断。

### 3.3. 带状疱疹后神经痛

Wang D [24]等研究了 40 例带状疱疹后神经痛患者, 对其术后 48 h 随机进行脉冲射频(PRF)联合药物治疗或药物治疗, 分别通过 PV 和视觉模拟量表(VAS)、简式 McGill 疼痛问卷(SF-McGill)和数字频率量表睡眠干扰评分(NRSSIS)来评估疼痛程度(PD), 结果示通过 PV 评估的术后 48 小时持续性疼痛(PP)和爆发性疼痛(BTP)的 PD 在 PRF 组中显著低于单纯药物组, 且 PP 和 BTP 的 PD 和 VAS 高度相关, 并由此得出 PV 可用于评估 PD。吴征元[25]等通过研究证实 PV 评估带状疱疹后神经痛的数值与睡眠、情绪等相关量表的数值有较强的相关关系。张瑜[26]等通过对 134 例带状疱疹急性期患者研究发现 PV 可用于评测带状疱疹后神经痛, 并且其中测得一些指标可进行预测。闫栋[27]等通过 CPT 检测亚急性带状疱疹后神经痛(PHN)皮肤区域 A 纤维和 C 纤维的敏感状态, 并结合 VAS 评分, 评估了临时脊髓电刺激(SCS)治疗亚急性期 PHN 的治疗效果。

### 3.4. 癌痛

孙雯[28]等对 54 例癌症患者入院(T0)、爆发疼痛治疗前(T1)、治疗后(T2)及出院时(T3)的四个时间点, 分别采用 PV 以及视觉模拟评分法(VAS)对其进行癌性疼痛评估, 结果发现 PV 所测得的四个时间点的疼痛度(PD)存有差异, 且 PD 与 VAS 存在显著正相关性, 由此得出 PV 可应用于癌痛评估。赵瑜[29]等通过对癌痛患者实验研究发现 PV 可以定量地进行癌痛评估, 有助于相对客观地进行癌痛分析。

### 3.5. 感觉障碍

Inoue T [30]等使用 PV 评价 158 例颈椎病感觉障碍患者和 100 例健康志愿者的皮肤感觉, 测量其 CPT,

并分析结果与磁共振成像(MRI)数据、视觉模拟量表(VAS)评分、日本骨科学会(JOA)评估的患者功能状态 and JOA 颈髓病评价问卷(JOACMEQ)评分的相关性, 结果显示颈髓病患者前臂和手掌 CPT 值明显增高, 与 JOA 评分(前臂、手掌)和上肢功能 JOACMEQ 评分(前臂、手掌)呈负相关, 另外, 根据 MRI 确定的病变水平对患者进行分层, 发现 C3/C4 亚组前臂 CPT 值显著高于 C4/C5 亚组, 手掌 CPT 值显著高于 C5/C6 亚组, 由此得出结论使用 PV 定量测量感觉障碍与患者功能障碍程度和病变水平相对应。Zehry HI [31]选取了 30 名健康志愿者, 让其在 6 周内接受了 6 次经颅直流电刺激 tDCS 治疗: 初级运动皮层 M1 期间、感觉皮层 S1 期间分别进行阳极 atDCS、阴极 ctDCS 和假 stDCS 治疗, 在每次干预后的基线、立即(T0)和 30 分钟(T30)使用 PV 评估 CPT, 结果显示 S1 和 M1 的 atDCS 和 ctDCS 均显著增加 CPT, 在所有 M1 和 S1 中 T30 时 M1 ctDCS 的效果最大, S1 时 atDCS 的效果最大, 由此得出在 M1 时 ctDCS 可能是最佳的刺激模式, 以调节较长时间的手的感觉, 这可能有助于指导 tDCS 方案的临床研究的感觉障碍。

### 3.6. 其它

Yoshikawa Y [32]等研究了 52 例干眼伴眼痛患者, 并分为三个亚型: ADDE、DWDE、IEDE, 所有受试者的眼部疼痛严重程度采用 PV、症状消除问卷视觉模拟量表(DSQ-VAS)和简短麦吉尔疼痛问卷 2 (SF-MPQ-2)进行评估, 比较三种干眼亚型的眼痛严重程度, 结果显示: ADDE 和 DWDE 的眼睛疼痛严重程度高于 IEDE, DSQ-VAS 中的眼部疼痛与 SF-MPQ-2 中的持续性疼痛、间歇性疼痛、神经性疼痛和总疼痛存在显著相关性(R 分别为 0.50、0.49、0.47 和 0.56), 由此得出 PV 对眼部疼痛的客观评估有意义。Matsuoka T [33]等研究了 98 例结直肠癌患者, 其中 78 例采用外周静脉给药奥沙利铂, 20 例不采用奥沙利铂化疗, 分别用 VAS 及 PV 评分, 结果显示使用奥沙利铂和未使用奥沙利铂患者的 VAS 评分平均分别为 36.5 和 0, PV 评分分别为 43.5 和 36.5, 因此得出, 在评价改善血管疼痛的药物时, 也需要一种客观评价的方法, 即用 PV 评估客观疼痛。

## 4. 体感诱发电位刺激仪(PV)的影响因素及解决方法

Yin H [34]等研究了 166 名受试者, 让每个受试者都在左手食指(或左手背面)和右手拇上进行了测试, 分别记录 2000、250 和 5 Hz 的 CPT 值, 结果发现在 2000 Hz 时, 性别差异表现为手背和拇趾 CPT, 此时男性受试者 CPT 较高; 年龄与食指 250 Hz CPT、手背 2000 Hz CPT 和食指 CPT 呈正相关, 体力劳动者拇外翻 250 Hz CPT 明显高于脑力劳动者。Leitgeb N [35]等研究发现女性明显比男性更敏感, 女性的 CPT 比男性低 0.77 倍甚至 0.45 倍, 令人惊讶的是, 孩子比男人更敏感, 且与女人相似, 年龄依赖性表现为 CPT 随年龄的下降。宋江华[36]等通过研究发现男性受试者 CPT 均明显高于女性。

Seno SI [37]等研究了 70 名健康参与者, 分析了体水率、体脂率与 CPT 之间的关系, 结果显示男性 CPT 值高于女性, 随后, 调整体脂百分比或体水百分比, 此时任何电极对的 CPT 值不再表现出性别差异, 由此得出 CPT 的敏感性可以受到受试者的特征, 如身体脂肪或身体水分百分比的影响。Takekuma K [38]等选取 2074 名研究者, 测试其 CPT, 以三种不同的频率(2000 感觉亢进、250 感觉减退和 5 Hz 正常)刺激周围感觉神经纤维, 根据血糖代谢状况将受试者分为三组(正常组、胰岛素抵抗组和糖尿病组), 通过实验得出女性糖尿病患者 2000 Hz 和 250 Hz 时较敏感。

## 5. 小结

临床工作中疼痛评估必不可少, 我们可以通过使用体感诱发电位刺激仪(PainVision)测量前臂尺侧的电流感知阈值(CPT)和疼痛等效电流值(PEC)来量化疼痛数值(PD), 在本文中, 我们对 PV 的临床应用进展做了阐述, 尽管现在 PV 数值的测定受到年龄、性别、体水率、体脂率等的影响, 存在个体差异, 但

在未来, 利用 PV 来量化 PD 肯定可以达到更好的准确性。另外, 我们还希望进一步研究 PV, 以确定最佳的测量数值, 从而扩大其在临床应用中的应用。

## 参考文献

- [1] 曹伯旭, 林夏清, 吴莹, 袁文茜, 宋学军, 万有, 樊碧发, 韩济生. 慢性疼痛分类目录和定义[J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27(1): 2-8.
- [2] 张严丽, 汤曼力, 谭杰, 杨冰香. 意识障碍患者疼痛评估方法的研究进展[J]. 现代临床护理, 2020, 19(11): 75-80.
- [3] 李娜娜. 常用的疼痛评估方法在临床疼痛评估中的作用分析[J]. 人人健康, 2018(8): 270.
- [4] Ruela, L.O., *et al.* (2017) Pain Evaluation in Patients under Chemotherapy: Application of McGill Pain Questionnaire. *Revista Dor*, **18**, 156-160. <https://doi.org/10.5935/1806-0013.20170031>
- [5] 唐宇翔, 疏树华, 柴小青, 许辉. PainVision 知觉痛觉定量分析仪的临床研究进展[J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40(5): 637-640.
- [6] 立岡良夫, 小野ゆき子, 海法悠, 大西詠子, 村上衛, 山内正憲. 市販メントールクリームにより惹起された PainVision®の電流刺激に対する痛覚過敏性[J]. 日本ペインクリニック学会誌, 2018, 25(4): 259-262.
- [7] 常向阳, 刘明娟, 张引法, 张玲珍, 王立中, 姚明. PainVision 法评估分娩疼痛程度的可靠性: 与 VAS 的比较[J]. 中华麻醉学杂志, 2013, 33(11): 1349-1350.
- [8] 王栋. 疼痛定量测量仪 Pain Vision 在疼痛治疗中的应用[D]: [博士学位论文]. 济南: 山东大学, 2017.
- [9] 毕军, 等. 疼痛评定与测量方法的研究[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(2): 6-8. <https://doi.org/10.15971/j.cnki.cmdi.2017.02.003>
- [10] Hugosdottir, R., Mørch, C.D., Andersen, O.K., Helgason, T. and Arendt-Nielsen, L. (2019) Preferential Activation of Small Cutaneous Fibers through Small Pin Electrode Also Depends on the Shape of a Long Duration Electrical Current. *BMC Neuroscience*, **20**, 48. <https://doi.org/10.1186/s12868-019-0530-8>
- [11] Mifune, Y., Inui, A., Nagura, I., *et al.* (2015) Application of Pain Quantitative Analysis Device for Assessment of Postoperative Pain after Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *The Open Orthopaedics Journal*, **9**, 89-93. <https://doi.org/10.2174/1874325001509010089>
- [12] 梅莉, 徐金东, 王刚, 邓龙姣, 赵国栋. PainVision 法评估妇科腹腔镜手术后疼痛程度的可靠性: 与 VAS 评分的比较[J]. 中华麻醉学杂志, 2013(6): 708-710.
- [13] Ohtori, S., Kawaguchi, H., Takebayashi, T., *et al.* (2014) PainVision Apparatus Is Effective for Assessing Low Back Pain. *Asian Spine Journal*, **8**, 793-798. <https://doi.org/10.4184/asj.2014.8.6.793>
- [14] Kaibori, M., Iida, H., Matsui, K., *et al.* (2015) Objective Assessment of Postoperative Pain after Digestive Tract Surgery. *Nihon Rinsho Geka Gakkai Zasshi*, **116**, 243-248.
- [15] Inoue, T., Soshi, S., Kubota, M. and Marumo, K. (2020) Efficacy of Laminoplasty in Improving Sensory Disturbances in Patients with Cervical Spondylotic Myelopathy: A Prospective Study. *World Neurosurgery*, **134**, e581-e588. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.10.141>
- [16] Dong, Y., Guo, T., Xu, L., *et al.* (2019) Cervicogenic Headache Treated by Acupuncture Based on Jin Theory: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Trials*, **20**, 418. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3478-1>
- [17] 高新. 肌骨超声引导刃针松解联合疏经通督法推拿治疗神经根型颈椎病的临床研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京中医药大学, 2020.
- [18] 李明婵. 推拿结合拔罐运动疗法治疗第三腰椎横突综合征的临床疗效观察[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建中医药大学, 2021.
- [19] 郑淇, 等. 平刺针法治疗带状疱疹后神经痛的临床观察[J]. 中国中医基础医学杂志, 2020, 26(11): 1690-1692.
- [20] 赖永贤, 陈佳, 沈芳, 宋勋, 唐苏为, 杨扬, 郑淇, 姜文成. 无菌揸针治疗带状疱疹后遗神经痛的临床观察[J]. 辽宁中医杂志, 2019, 46(6): 1278-1280.
- [21] Saito, M., Odajima, S., Yokomizo, R., *et al.* (2020) A Simple Method of Quantifying Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy Using PainVision PS-2100®. *Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology*, **16**, 80-85. <https://doi.org/10.1111/ajco.13293>
- [22] Yoshida, Y., Satoh, A., Yamada, T., *et al.* (2019) The Relationship between Evaluation Methods for Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 20361. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56969-9>

- [23] 彭祖江. 1 型糖尿病患者糖尿病周围神经病变的临床特征及危险因素[J]. 川北医学院学报, 2019, 34(3): 432-436.
- [24] Wang, D., Zhang, K., Han, S. and Yu, L. (2017) PainVision® Apparatus for Assessment of Efficacy of Pulsed Radio-frequency Combined with Pharmacological Therapy in the Treatment of Postherpetic Neuralgia and Correlations with Measurements. *BioMed Research International*, **2017**, Article ID: 5670219. <https://doi.org/10.1155/2017/5670219>
- [25] 吴征元, 等. 知觉痛觉定量分析仪用于带状疱疹后神经痛疼痛评估的临床观察[J]. 中国疼痛医学杂志, 2020, 26(7): 536-539.
- [26] 张瑜, 等. 知觉痛觉分析仪中不同指标对带状疱疹后神经痛发生预测效果的临床研究[J]. 贵州医药, 2019, 43(2): 295-296.
- [27] 闫栋, 肖长虹. CPT 测定用于客观评估 SCS 对亚急性期 PHN 疗效疗程的意义研究[C]//中国中西医结合学会风湿类疾病专业委员会. 第十六届中国中西医结合风湿病学术年会论文集. 2018: 2.
- [28] 孙雯, 方茜. 体感诱发电位刺激仪在癌痛患者护理评估中的应用[J]. 贵州医药, 2019, 43(9): 1486-1487.
- [29] 赵瑜, 等. PainVision 系统量化评估癌痛及化疗神经毒性的应用分析[J]. 中国癌症杂志, 2016, 26(12): 1025-1030. <https://doi.org/10.19401/j.cnki.1007-3639.2016.12.010>
- [30] Inoue, T., Soshi, S., Kubota, M. and Marumo, K. (2020) New Method for the Quantitative Assessment of Sensory Disturbances in Cervical Myelopathy: Application for Neurological Level Diagnosis. *Spine Surgery and Related Research*, **4**, 216-222. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2019-0076>
- [31] Zehry, H.I., Maaty, A., El-Hagrassy, M.M., et al. (2020) Transcranial Direct Current Stimulation Effects on Hand Sensibility as Measured by an Objective Quantitative Analysis Device: A Randomized Single-Blind Sham-Control Crossover Clinical Trial. *Neuroreport*, **31**, 406-410. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001423>
- [32] Yoshikawa, Y., Yokoi, N., Kato, H., et al. (2021) Evaluation of Eye-Pain Severity between Dry-Eye Subtypes. *Diagnostics (Basel)*, **11**, 166. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020166>
- [33] Matsuoka, T., et al. (2019) Evaluation of Vascular Pain in Patients with Colorectal Cancer Receiving Peripheral Venous Chemotherapy with or without Oxaliplatin. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 1819. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37966-w>
- [34] Yin, H., Liu, M., Zhu, Y. and Cui, L. (2021) Reference Values and Influencing Factors Analysis for Current Perception Threshold Testing Based on Study of 166 Healthy Chinese. *Frontiers in Neuroscience*, **12**, 14. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00014>
- [35] Leitgeb, N., Schröttner, J. and Cech, R. (2007) Perception of ELF Electromagnetic Fields: Excitation Thresholds and Inter-Individual Variability. *Health Physics*, **92**, 591-595. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000243128.29337.aa>
- [36] 宋江华, 等. 体感诱发电位刺激电流阈值与感觉电流阈值的相关性及其影响因素分析[J]. 现代电生理学杂志, 2016, 23(4): 199-204.
- [37] Seno, S.I., Shimazu, H., Kogure, E., Watanabe, A. and Kobayashi, H. (2019) Factors Affecting and Adjustments for Sex Differences in Current Perception Threshold with Transcutaneous Electrical Stimulation in Healthy Subjects. *Neuromodulation*, **22**, 573-579. <https://doi.org/10.1111/ner.12889>
- [38] Takekuma, K., Ando, F., Niino, N. and Shimokata, H. (2002) Prevalence of Hyperesthesia Detected by Current Perception Threshold Test in Subjects with Glucose Metabolic Impairments in a Community. *Internal Medicine*, **41**, 1124-1129. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.41.1124>