

• 神经病学多模态诊疗专题 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.12.003

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250723.1747.009\(2025-07-24\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20250723.1747.009(2025-07-24))

Semmes-Weinstein 单丝检测在手指神经损伤术前 诊断及术后评估中的应用研究^{*}

卓高豹¹,徐灵凤²

(温州医科大学附属第一医院:1.手外科·周围神经外科;2.耳鼻咽喉科,浙江温州 325000)

[摘要] **目的** 探讨 Semmes-Weinstein 单丝检测(SWME)在手指神经损伤患者术前诊断及术后感觉评估中的应用价值。**方法** 选取 2018 年 1 月至 2023 年 1 月于该院治疗的 92 例手指开放性外伤患者(106 指)为研究对象,对伤指指腹伤后 24 h 内、伤后 48~72 h、术后随访时分别进行 SWME,并比较不同时间点 SWME 结果差异。通过手术探查指神经损伤,并按严重程度分为一、二、三、四度以明确 SWME 诊断截断值。**结果** 手指神经损伤一~四度分别为 8、29、33、36 例。不同手指神经损伤程度伤后 24 h 内、伤后 48~72 h、术后随访时 SWME 值比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。与伤后 24 h 内比较,手指神经一度损伤伤后 48~72 h 的 SWME 值更高,二、三、四度术后随访时 SWME 值更低,差异有统计学意义($P<0.05$)。受试者工作特征(ROC)曲线结果显示,诊断手指神经一度损伤的 SWME 值截断值为 ≤ 3.14 、二度 $>3.14\sim 4.94$ 、三度 $>4.94\sim 7.39$ 、四度 >7.39 ,诊断一、四度的准确度较高。**结论** SWME 值可以作为术前预测手指神经损伤和术后评估神经损伤后触压觉恢复程度的指标。

[关键词] 手指;神经损伤;Semmes-Weinstein 单丝检测;触觉阈值;感觉神经

[中图法分类号] R658.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)12-2733-04

Application of Semmes-Weinstein monofilament examination in preoperative diagnosis and postoperative evaluation of digital nerve injuries^{*}

ZHUO Gaobao¹,XU Lingfeng²

(1. Department of Hand Surgery and Peripheral Nerve Surgery;2. Department of
Otolaryngology, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University,
Wenzhou, Zhejiang 325000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the application value of Semmes-Weinstein monofilament examination (SWME) in the preoperative diagnosis and postoperative sensory evaluation of the patients with finger nerve injuries. **Methods** A total of 106 patients with open finger trauma (106 fingers) treated in this hospital from January 2018 to January 2023 were selected as the study subjects and SWME was respectively performed within 24 h, 48—72 h after injury and during follow-up after surgery. The differences in SWME results were compared among the different time points. The finger nerve injury was explored through surgery and classified into grade one, two, three and four according to the severity to determine the cut-off value of SWME diagnosis. **Results** The cases of grade one to four finger nerve injuries were 8, 29, 33 and 36 respectively. There were statistically significant differences in the SWME values within 24 h, 48—72 hours after injury and during follow-up after surgery for different grade of finger nerve injury ($P<0.05$). Compared with within 24 h after injury, the SWME value of grade one finger nerve injury was higher at 48—72 h after injury, and the SWME values of grade two, three and four finger nerve injury were lower during follow-up after surgery, the differences were statistically significant ($P<0.05$). The receiver operating characteristic (ROC) curve result showed that the SWME cut-off values for diagnosing as grade one injury was ≤ 3.14 , which in grade two was $>3.14\sim 4.94$, which in the grade three was $>4.94\sim 7.39$, and which in grade four was >7.39 , the accuracy degrees for diagnosing the grade one and four were higher. **Conclusion** SWME could serve as a indicator for preoperatively predicting the finger nerve injury and postoperative evaluating recovery degree of tactile and pressure

^{*} 基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(2021KY783);浙江省温州市科技局基础性医疗卫生科技项目(Y20210430)。

sensation after nerve injury.

[Key words] finger; nerve injury; Semmes-Weinstein monofilament examination; tactile thresholds; sensory nerve

手作为人类劳动与生存的关键器官,其感觉功能占据着极其重要的地位。手外伤在急诊创伤患者中所占比例为 20%~30%^[1]。复杂性手外伤通常伴随外周神经系统损伤,其中手指掌侧主要由正中神经与尺神经共同支配,而手指近节背侧主要由桡神经与尺神经共同支配^[2]。因此,手指损伤患者伤情复杂多变,且术后易出现多种并发症,极大增加了临床治疗的挑战性^[3]。手指神经损伤类型主要包括牵拉伤、卡压、部分离断、完全离断等,对于前两者可以通过保守治疗恢复,而部分离断、完全离断需要尽早手术探查并修复^[4]。目前,在术前无法完善肌电图的情况下,如何确定患者神经损伤程度,以及术后准确定量评估患者感觉恢复程度的方法尚未明确,故有必要引入定量感觉检测(quantitative sensory testing, QST)进行精准评估。

QST 是一种精准且重复性好的感觉检测手段,有利于预测神经损伤的程度并指导手术开展,还可对比不同治疗方式疗效的优劣,或提供客观准确的司法伤残鉴定^[5]。QST 中, Semmes-Weinstein 单丝检测(Semmes-Weinstein monofilament examination, SWME)由于器械便携、成本低廉、无痛无创、重复性好等优点被认为是最好的触觉检查方法^[6]。当前,我国在临床治疗中应用 SWME 仍处于初步探索阶段^[7],因此针对手指神经损伤患者开展 SWME 的临床研究具有极高的价值与意义。基于此,本研究将应用 SWME 测定神经损伤手指的感觉阈值,通过截断值预测术前手指神经的损伤程度,并评估手指神经损伤后恢复程度,以期对手指神经损伤患者提供更好的定量感觉评估手段,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 1 月至 2023 年 1 月于本院治疗的 92 例手指开放性外伤患者为研究对象。纳入标准:(1)损伤位于手指指蹼至末节指腹螺纹区之间,沿指神经体表投影区域存在皮肤裂伤,临床怀疑手指神经损伤并接受手术探查,同指对侧指神经功能正常,且首次 SWME 于伤后 24 h 内完成;(2)上肢发育和功能正常;(3)治疗依从性良好,沟通、认知和理解均无障碍。排除标准:(1)合并骨筋膜间室综合征;(2)同指神经多部位损伤,或受检神经既往有慢性卡压病史;(3)合并糖尿病、动脉闭塞症或肢体血管疾病;(4)检测部位存在皮肤溃疡、裂伤胼胝等影响评估的病变;(5)伴有精神疾病或严重认知功能障碍。92 例患者共

106 指,其中男 63 指,女 43 指;年龄 42~59 岁,平均(50.64±7.01)岁;发生损伤右手 85 指,左手 29 指(其中双手 8 指),均为右利手。本研究已通过本院临床研究专业伦理委员会批准(审批号:2020 第 172 号),患者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算

参照样本量计算公式:

$$n = \frac{[Z_{1-\alpha/2}]^2 P(1-P)}{\delta^2} \quad \text{式①}$$

设定显著性水平 $\alpha=0.05$,查表得 $Z_{1-\alpha/2}=1.96$,给定 $P=0.36$,效应量 $\delta=0.098$,得到样本量 $n=59$,考虑 10% 的失访和脱落情况,最终确定样本量 $n=66$ 。

1.2.2 SWME

采用美国 North Coast Medical 公司生产的标准化单丝作为测试工具。测试前确保患者 3 d 内未使用麻醉、镇静剂、止痛药等,使其了解测试流程并通过预测试熟悉单丝触感。测试环境保持安静,室温 26℃,相对湿度 33%^[8-9]。患者仰卧位,双手置于体侧,双眼闭目并以眼罩遮蔽,每指以螺纹中心点指腹为 D 点^[10]。检测始于最细规格的单丝,以垂直方式轻压于测试点,直至单丝初始弯曲,整个按压、皮肤接触及撤离过程约耗时 2 s。对于 1.65~4.08 规格的单丝,各进行 3 次测试,而 4.17~6.65 规格则仅测试 1 次。患者一旦感知到单丝触感即回答“有”,并记录下其能辨识的最细单丝规格,作为手指神经支配区域的感觉阈值。该阈值依据 21 级评分体系进行量化,1~21 级分别代表能感知第 1~20 根单丝,21 级表示无法感知第 20 根单丝。于患者伤后 24 h 内及伤后 48~72 h 进行 SWME。

1.2.3 手术方式

106 例手指在臂丛神经阻滞或全身麻醉下手术。在手术探查过程中,分离并观察神经的外观、质地和连续性,并根据损伤的程度进行分级。神经损伤程度分为 4 度^[11]:一度损伤为正常,即神经结构完整,无明显异常;二度损伤包括神经的挫伤、牵拉伤或卡压伤,表现为神经周围组织的水肿、外膜损伤、束膜完整;三度损伤为神经的部分离断,需要进行显微缝合;四度损伤为神经的完全离断,两端分离。根据病情选择神经松解、神经吻合等手术方式。

1.2.4 术后随访

对所有接受手术探查的患者进行随访,为确保充

分观察神经恢复情况,设定了最低随访时间:对于术中发现神经损伤的患者,随访时间不低于神经理论生长时间[该时间根据损伤部位至检测部位的距离(mm)估算]的 2 倍天数;对于术中确认无神经损伤的患者,则随访时间不少于 2 周。于术后随访时进行 SWME。

1.3 统计学处理

采用 SPSS26.0 软件进行数据分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验或方差分析;计数资料以例数或百分比表示;受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析诊断效能,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同时间不同手指神经损伤程度 SWME 值比较

手指神经损伤一~四度分别为 8、29、33、36 例。伤后 24 h 内、伤后 48~72 h、术后随访时不同手指神经损伤程度 SWME 值比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与伤后 24 h 内比较,一度损伤伤后 48~72 h 的 SWME 值更高,二、三、四度术后随访时 SWME 值更低,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 不同时间不同手指神经损伤程度 SWME 值比较($\bar{x} \pm s$)

手指神经损伤程度	<i>n</i>	伤后 24 h 内	伤后 48~72 h	术后随访时
一度	8	2.73±0.88	3.75±0.64 ^a	2.98±1.20
二度	29	3.89±1.22	4.11±1.24	3.12±1.26 ^a
三度	33	6.33±1.25	6.59±2.23	4.51±1.31 ^a
四度	36	8.00±1.15	8.25±2.58	5.01±2.24 ^a
<i>F</i>		10.030	5.190	7.312
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

^a: $P < 0.05$,与 24 h 内比较。

2.2 SWME 预测手指神经损伤程度的效能分析

经 ROC 确定一~四度手指神经损伤 SWME 截断值,结果显示,SWME 预测手指神经一、四度损伤的准确度较高,见表 2。

表 2 SWME 预测手指神经损伤程度的诊断效能分析

手指神经损伤程度	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	准确度(%)
一度	≤3.14	65.00	54.10	75.00
二度	>3.14~4.94	53.80	62.10	62.07
三度	>4.94~7.39	68.20	55.00	69.70
四度	>7.39	59.30	52.80	75.00

3 讨 论

手指的功能主要受正中神经、尺神经及桡神经的调控,当任一神经受损时,手掌、手腕、手指等部位的功能和感觉会衰减或消失,出现手指无法屈曲、屈肌

减退和伸肌过度收缩等表现^[12]。外伤、劳损、系统性疾病、感染等是其损伤的主要因素。目前,手指神经损伤主流检测方法为肌电图-神经传导速度(electromyography-nerve conduction velocity,EMG-NCV)检测^[13]和两点辨别觉(static two-point discrimination,S2PD)^[14]检查,前者有诊断早期轻微的神卡压准确性不高、耗时长、检查有创等缺点,无法应用于开放性创伤的急诊中;后者则存在痛温觉检测精度不高,且只能评估神经恢复、无法预测神经损伤程度等弊端。现阶段手指神经损伤缺乏术前诊断损伤程度和术后评估恢复程度的检测指标,因此,探讨更为准确和简便的检测指标对手指神经损伤的临床治疗具有重要意义。

本研究对 92 例手指开放性外伤患者 106 指进行 SWME,并于手术探查后按神经受损程度分为 4 度,结果发现一度损伤 SWME 值的截断值为≤3.14,二度为 3.14~≤4.94,三度为 4.94~≤7.39,四度为≥7.39。提示 SWME 可以作为术前诊断手指神经损伤的检测指标。当手指神经无损伤时,感觉无变化;轻中度损伤时感觉随时间有所恢复;重度损伤时感觉丧失更加严重。推测原因考虑手指神经损伤后,患者感觉变化与损伤程度密切相关。无损伤时,神经能够准确传递感觉信号至大脑皮层;轻中度损伤未能完全破坏神经的结构和功能,因此新生神经纤维会沿原有神经鞘管生长,重塑神经末梢,增强敏感性和反应性,从而提高患者的感觉恢复程度;重度损伤时神经纤维断裂,神经末梢毁损,周围组织连接丧失,因此无法传递感觉信号至大脑皮层,也无法在短时间内自行恢复^[15-16]。此外,SWME 作为一种客观的检测方法,其通过不同规格和力量级别的单丝,能够量化评估手指神经受损部位的触觉阈值,且不受患者主观感受的影响,因此可以反映神经受损的程度^[17-18]。BULUT 等^[19]在指神经修复术后对 96 指进行 SWME,结果显示 32%正常,40%轻度感觉减弱,18%保护性感觉减弱,5%保护性感觉丧失,5%感觉丧失,这一结果与本研究结果相近,证明了 SWME 在周围神经损伤的诊断和分型中有较好的应用价值。

本研究结果显示,与伤后 24 h 内比较,手指神经一度损伤伤后 48~72 h SWME 值更高,二、三、四度术后随访时 SWME 值更低,差异有统计学意义($P < 0.05$)。推测原因考虑几乎手指每个部位都接受两条及以上的神经共同支配,当一侧受损时,对侧神经将通过产生突触连接发挥代偿作用,使部分感觉功能和肌肉控制能力得到改善;但指腹神经的各项功能将明显受损,表现为感觉功能下降、肌肉控制与协调障碍及肌肉萎缩等^[20-22]。有研究显示,通过缝合或移植等外科手段对手指受损神经进行修复后,神经纤维再

生,受损神经功能恢复,因此改善感觉功能^[23-24]。此外,ZHANG 等^[25]通过同指背侧支固有指动脉皮瓣修复指端远端软缺损组织,使用 SWME 进行术后评估发现动脉皮瓣存活率高达 95.5%。因此 SWME 在神经损伤术后可以作为良好的恢复程度评估指标。

综上所述,SWME 能够在手指神经损伤术前作为良好的诊断指标,术后可以作为评估指标,对临床诊断和治疗提供有力证据。然而,本研究也存在一定局限性,如神经功能涉及多方面的恢复,而 SWME 主要关注触压觉,以及测试在很大程度上取决于患者的主观感受等。在未来的研究中,需要进一步完善外界影响因素等,以期 SWME 可以在周围神经损伤的诊断和分型中发挥出更大的应用价值。

参考文献

- [1] 罗莹,田明波,朱俊,等.郑州市某医院 1 386 例手外伤患者的流行病学特征[J].河南预防医学杂志,2022,33(3):201-204.
- [2] 程卓轩,张向明,何松峡,等.桡动脉掌浅支微型皮瓣嵌合桡侧腕屈肌肌腱游离移植修复手指背侧复合组织缺损[J].中华显微外科杂志,2024,47(3):287-293.
- [3] 江洵,蔡晓斌,毛幸,等.开放性手外伤术后感染危险因素及预测分析[J].浙江创伤外科,2024,29(8):1405-1408.
- [4] RUBIN G,ORBACH H,RINAT B,et al. The utility of diagnostic tests for digital nerve injury [J]. Ann Plast Surg,2020,84(1):73-75.
- [5] OHGA S,HATTORI T,SHIMO K,et al. Impact of electrical muscle stimulation-induced muscle contractions on endogenous pain modulatory system:a quantitative sensory testing evaluation [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024,25(1):1077.
- [6] MAMINO E,LITHFOUS S,PEBAYLE T,et al. Test-retest and inter-rater reliability of two devices measuring tactile mechanical detection thresholds in healthy adults: Semmes-Weinstein monofilaments and the cutaneous mechanical stimulator[J]. Muscle Nerve,2024,70(6):1163-1171.
- [7] 卓高豹,徐灵凤,余方正,等. Semmes-Weinstein 单丝检测在腕管综合征术前术后评估中的应用[J].中华手外科杂志,2020,36(6):430-434.
- [8] 王道德,王波,杨魏,等.游离第 2 趾胫侧皮瓣修复手指指腹软组织缺损[J].中国伤残医学,2016,24(15):38-39.
- [9] HALOUA M H,SIEREVELT I,THEUVENET W J. Semmes-weinstein monofilaments:influence of temperature,humidity,and age[J]. J Hand Surg Am,2011,36(7):1191-1196.
- [10] DROS J,WEWERINKE A,BINDELS P J,et al. Accuracy of monofilament testing to diagnose peripheral neuropathy:a systematic review[J]. Ann Fam Med,2009,7(6):555-558.
- [11] 潘希贵,管同勋,李亮,等.前臂掌侧及腕部复杂性损伤的分期救治[J].中华显微外科杂志,2012,35(3):186-188.
- [12] 韦春霞,黄肖群,余凤立,等.前臂外侧皮神经与桡神经浅支感觉神经动作电位的观察[J].神经损伤与功能重建,2024,19(7):429-431.
- [13] SINGLA P,SINGH A. Effect of forearm supination and pronation on median & ulnar nerve conduction velocity among throwers,archers, and non-athletes [J]. Neurodiagn J, 2024, 64(3):112-121.
- [14] SWÄRD E M,BECKMAN J,TABAROJ F,et al. Efficacy of denervation for osteoarthritis in the proximal interphalangeal joint (DOP):protocol of a randomized controlled trial[J]. Trials,2024,25(1):553.
- [15] 孟宪宇,李秋红,刘岩,等.周围神经感觉束和运动束在神经损伤修复过程中蛋白变化的比较蛋白质组学研究[J].神经损伤与功能重建,2023,18(10):574-578.
- [16] 李高建,潘钦.同指指动脉转位术在断指再植中对断指神经功能、关节功能恢复的影响[J].临床研究,2024,32(11):42-45.
- [17] HAQ A,KUMARI V,KASHYAP V H,et al. Comparison of fibrin glue with conventional suturing in peripheral nerve repairs:a study of sensory and motor outcomes[J]. Cureus,2024,16(6):e63111.
- [18] 卓高豹,徐灵凤,余方正,等. Semmes-Weinstein 单丝检测在腕管综合征术前术后评估中的应用[J].中华手外科杂志,2020,36(6):430-434.
- [19] BULUT T,AKGÜN U,ÇITLAK A,et al. Prognostic factors in sensory recovery after digital nerve repair [J]. Acta Orthop Traumatol Turc,2016,50(2):157-161.
- [20] 程永松.应用掌指背皮神经筋膜蒂岛状皮瓣修复再植术后手指皮肤缺损的临床研究[J].重庆医学,2019,48(增刊 1):359-361. (下转第 2742 页)