心血管病学分会,等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019,24(1):24-56.
[7] 中国医师协会睡眠医学专业委员会. 成人阻塞性睡眠呼吸暂停多学科诊疗指南[J].中华医学杂志, 2018,98(24):1902-1914.
[8] 郁文俊,朱华明,许华俊,等. HUPPP联合舌根射频消融术或舌根牵引术治疗中重度OSAHS的疗效对比研究:一项多中心随机对照试验[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2021,56(12):1248-1255.
[9] 许乘铭,杭文璐,陈雷,等. 全身炎症反应指数联合纤维蛋白原对OSAHS合并高血压的预测价值[J].国际呼吸杂志,2024,44(7):831-837.
[10] 常远,刘双,高莹卉,等. 红细胞分布宽度水平与阻塞性睡眠呼吸暂停患者发生高血压的关系研究[J].中国全科医学,2024,27(26):3255-3263.
[11] MURPHY A M, THOMAS A, CRINION S J, et al. Intermittent hypoxia in obstructive sleep apnoea mediates insulin resistance through adipose tissue inflammation[J]. Eur Respir J, 2017, 49(4):1601731.
[12] PATIL S P, AYAPPA I A, CAPLES S M, et al. Treatment of adult obstructive sleep apnea with positive airway pressure: An American academy of sleep medicine systematic review, meta-analysis, and GRADE assessment[J]. J Clin Sleep Med, 2019, 15(2): 301-334.
[13] 朱悦,董佳慧,孙耕耘. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患者无创呼吸机治疗进展[J]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2019,12(2):233-236.
[14] PALIOGIANNIS P, FOIS A G, SOTGIA S, et al. The neutrophil-to-lymphocyte ratio as a marker of chronic obstructive pulmonary disease and its exacerbations: A systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Clin Investigation, 2018, 48(8): e12984.
[15] 刘永红,薛玲博,白杨,等. 治疗前全身炎症反应指数对乳腺癌新辅助化疗病理完全缓解的预测价值[J]. 国际肿瘤学杂志, 2022,49(4):210-215.

收稿日期:2025-04-04
(本文编辑:吴迪汉)

儿童肱骨髁上骨折后尺神经损伤恢复的预测因素分析

郑双,赵华国

【关键词】 肱骨髁上骨折;尺神经损伤;电生理检查
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.09.020
【中图分类号】 R683.41 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)09-0954-04

肱骨髁上骨折(supracondylar humeral fractures,SHF)是儿童最常见的肘关节损伤,好发于4~8岁男性儿童[1]。其年发病率约为177/10万,其中95%以上为伸直型骨折,多由跌倒时上肢伸展着地所致[2]。尽管多数SHF患儿经闭合复位经皮钉扎固定可获得良好疗效,但并发症仍不容忽视。神经损伤是最常见的并发症(发生率10%~20%),其中尺神经损伤尤为值得关注,尤其在骨折断端存在后内侧位移时更为常见[3]。电生理检查(肌电图及神经传导研究)是评估神经损伤程度与性质(如轴突或脱髓鞘损伤)的重要方法[4],但其在儿童SHF所致尺神经损伤早期检测中的应用价值尚未明确[5]。目前的研究多集中于骨折分型(如Gartland分型)或临床体征与预后的关联,缺乏对早期电生理参数(如轴突损伤程度、传导速度变化)与远期功能恢复之间关系的量化分析。因此,本研究探讨早期电生理指标对儿童SHF并发尺神经损伤患者预后的预测价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2017年1月至2023年1月宁波市第六医院收治的SHF患儿117例,其中男59例,女58例;年龄(7.6±2.0)岁。纳入标准:(1)至少1项影像学(X线、CT或MRI)结果诊断为SHF;(2)就诊后出现明确的尺神经损伤症状,包括患侧肢体功能或感觉障碍;(3)年龄≤12岁。排除标准:(1)合并其他部位的损伤,包括肘关节脱位、肘关节周围骨折或颅脑损伤等;(2)既往有神经系统

基金项目: 宁波市骨科与运动康复临床医学研究中心(2024L004)
作者单位: 315040 宁波,宁波市第六医院
通信作者: 赵华国,Email:zhaohuaguo@Foxmail.com

疾病史，包括外伤性神经损伤或脑瘫；（3）不能配合诊疗的患儿；（4）医源性尺神经损伤；（5）因骨折复位困难或神经症状明确，在初次骨折内固定手术时即同期接受了神经探查、松解或修复的患儿。本研究获得宁波市第六医院伦理委员会批准，豁免/免除知情同意。

1.2 方法 所有患儿均在伤后3周内接受了电生理检查。采用上海海神医疗电子仪器有限公司生产的海神肌电图/诱发电位仪（型号：NDI-094）进行检测，对所有患者的患侧及健侧尺神经进行检测，以健侧为对照。（1）运动神经传导检测：刺激电极置于腕上及肘上，记录电极置于小指展肌（abductor digiti minimi，ADM）。记录并计算运动神经传导速度（motor nerve conduction velocity，MNCV）、远端运动潜伏期（distal motor latency，DML）及复合肌肉动作电位（compound muscle action potential，CMAP）波幅。（2）感觉神经传导检测：采用顺向法检测，刺激电极置于小指，记录电极置于腕部。记录感觉神经传导速度（sensory nerve conduction velocity，SNCV）和感觉神经动作电位（sensory nerve action potential，SNAP）波幅。（3）针肌电图：使用同心圆针电极，依次检查尺神经支配的目标肌肉，包括第一背侧骨间肌（first dorsal interosseous，FDI）、小指展肌（ADM）和尺侧腕屈肌（flexor carpi ulnaris，FCU）。记录内容包括静息状态下的自发电位（观察有无纤颤电位、正锐波等异常自发电活动）、最大用力收缩时的募集模式[评估运动单位动作电位（motor unit action potential，MUAP）的募集情况]。根据募集程度，将干扰相分为正常混合相或减弱相。当出现单纯相（募集单位减少）、离散相（仅见少量或单个MUAP放电）时，均判定为募集反应减弱。

采用Sunderland分型标准综合评估神经传导检测和针肌电图结果，对尺神经损伤进行分级[6]：（1）Sunderland I型，主要表现为传导速度减慢或传导阻滞，但SNAP和CMAP波幅正常或仅轻度下降（＜50%），针肌电图无自发电位；（2）Sunderland II型，表现为SNAP和CMAP波幅显著下降（＞50%），但神经传导存在。针肌电图可见少量自发电位和募集减弱；（3）Sunderland III型，表现为SNAP消失，CMAP波幅严重下降（＞90%），针肌电图可见大量自发电位和严重募集反应减弱；（4）Sunderland IV型，表现为SNAP和CMAP完全消失，针肌电图无主动募集电位，仅有丰富的自发电位。

1.3 观察指标 记录每位患者的年龄、性别、外伤侧、Gartland分型、治疗方式、电生理检查结果及合并血管损伤情况。术后平均随访时间为3.8个月（3～6个月），根据尺神经症状是否需要手术干预来判断神经恢复效果，观察周期为尺神经症状出现后3个月，如症状无改善，则行手术治疗，记为尺神经恢复不良；如观察期内尺神经症状恢复，则无需手术治疗，记为尺神经恢复良好。

1.4 统计方法 采用R软件（3.6.1）进行统计分析。单因素分析采用Logistic回归模型，以$P<0.20$作为纳入多因素分析的阈值。多因素分析采用逐步回归法（后向消除策略），以Akaike信息准则（akaike information criterion，AIC）为模型优化依据，最终筛选出独立预测因素。正态分布的计量资料以均数±标准差表示，采用t检验；非正态分布的计量资料以中位数（P_{25}，P_{75}）表示，采用Mann-Whitney U检验；计数资料采用χ^2检验。$P<0.05$表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料比较 117例SHF合并尺神经损伤的患儿中，25例（21.37%）最终接受了手术治疗（手术组），92例采取保守治疗（保守组）。两组一般资料见表1。

2.2 单因素分析结果 单因素分析显示骨折手术固定（OR=8.471，95%CI：1.645～155.469）、Sunderland III型（OR=10.154，95%CI：1.948～52.921）是影响SHF后尺神经损伤恢复的危险因素（均$P<0.05$），见表2。

2.3 多因素分析结果 将单因素分析外伤侧、骨折治疗方式及Sunderland分型纳入多因素Logistic回归分析。结果显示，Sunderland分型是影响尺神经恢复不良的独立预测因素（$P<0.05$），与Sunderland I型相比，Sunderland III型损伤显著增加了恢复不良的风险（OR=8.762，95%CI：1.619～47.420，$P<$

0.05），见表 3。

3 讨论

尺神经损伤是 SHF 后常见的并发症，其预后判断及治疗时机选择仍是临床难点[7]。多数学者主张先行保守治疗，若功能恢复不佳再考虑手术探查[8]，但缺乏客观的早期预测指标。本研究结果显示，神经电生理 Sunderland III 型是预测 SHF 并发尺神经损伤预后（是否需要手术干预）的独立影响因素（$P<0.05$），为早期临床决策提供了重要依据。同时，与 Sunderland I 型损伤相比，Sunderland III 型损伤的患者最终接受手术治疗的风险显著增高。这与传统理论认为 Sunderland IV 型损伤预后极差、几乎无自愈相悖[9]。本研究 37 例 IV 型损伤患儿中，高达 75.7%（28 例）的患者通过保守治疗获得了良好恢复。这一发现提示，在儿童 SHF 并发尺神经损伤的背景下，单纯依据电生理上的“完全损伤”表现来判断预后并决定早期手术可能过于激进。其可能原因包括儿童强大的神经再生潜能，或早期电生理检查无法完全区分可逆的严重轴突损伤与不可逆的神经断裂。因此，对于电生理提示为 Sunderland IV 型的患儿，在做出手术决策前应更为慎重，建议结合动态的临床

表 1　两组临床资料比较

指标	保守组（n=92）	手术组（n=25）	χ^2（Z）值	P 值
年龄（岁）	8.0（6.0，9.0）	8.0（6.0，10.0）	（1.91）	＞0.05
男性[例（%）]	45（48.9）	14（56.0）	0.16	＞0.05
外伤侧（右侧）[例（%）]	48（52.2）	15（60.0）	0.22	＞0.05
Gartland 分型（III 型）[例（%）]	67（72.8）	18（72.0）	0.01	＞0.05
合并血管损伤[例（%）]	0	14（56.0）		＜0.05[a]
Sunderland 分型[例（%）]			13.94	＜0.05
I 型	24（26.1）	2（8.0）		
II 型	27（29.3）	3（12.0）		
III 型	13（14.1）	11（44.0）		
IV 型	28（30.4）	9（36.0）		

注：a 为采用 Fisher’s 确切概率法

表 2　影响尺神经恢复不良的单因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95%CI	P 值
年龄（每增加 1 岁）	1.137	0.900 ～ 1.435	＞0.05
性别（男 *vs* 女）	1.329	0.546 ～ 3.235	＞0.05
外伤侧（右 *vs* 左）	0.454	0.134 ～ 1.467	＞0.05[b]
Gartland 分型（III *vs* II）	0.959	0.358 ～ 2.573	＞0.05
骨折初始治疗（手术固定 *vs* 石膏）	8.471	1.645 ～ 155.469	＜0.05
合并血管损伤（有 *vs* 无）[a]			
电生理检查结果（Sunderland 分型）			
I 型	Reference		
II 型	3.857	0.759 ～ 19.614	＞0.05[b]
III 型	10.154	1.948 ～ 52.921	＜0.05
IV 型	1.333	0.205 ～ 8.667	＞0.05[b]

注：a 为统计学计算报错，该变量在回归分析中因“完全分离”问题而无法计算 OR 值等；b 为 $P<0.20$

表 3　影响尺神经恢复不良的多因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95%CI	P 值
外伤侧（右 *vs* 左）	2.713	1.291 ～ 13.682	＞0.05
骨折初始治疗（手术固定 *vs* 石膏）	6.522	0.802 ～ 53.037	＞0.05
电生理检查结果（Sunderland 分型）			
I 型	Reference		
II 型	4.005	0.760 ～ 21.094	＞0.05
III 型	8.762	1.619 ～ 47.420	＜0.05
IV 型	1.462	0.215 ～ 9.943	＞0.05

观察。

本研究结果显示，治疗方式（手术/石膏固定骨折）在单因素分析中与预后相关，但在多因素分析中未显示为独立预测因素（$P > 0.05$）。这可能与本研究样本量相对较小，统计学效能受限相关[9]。此外，骨折的初始治疗方式选择本身可能受到损伤严重程度等混杂因素的影响，从而在多因素模型中其独立作用被削弱。

部分研究认为 Gartland 分型与尺神经损伤的发生相关[3]，但本研究发现 Gartland 分型并不能独立预测尺神经的最终恢复结局。这表明，骨折的移位程度虽可能增加了初始神经损伤的风险，但决定神经能否恢复的关键在于损伤的内在病理严重程度，而后者需通过电生理检查来客观评估。Kwok 等[10]的研究提出，完全性神经麻痹、Tinel 征阳性等临床体征是手术探查的指征。本研究的发现与其形成了互补：Kwok 的研究侧重于临床表现，而本文提供了更客观的电生理量化指标。在儿童患者中，由于疼痛和恐惧常导致临床体格检查（如 Tinel 征、精细肌力测试）的配合度差、可靠性受限，此时，电生理评估的客观性优势更为凸显。

本研究存在一些局限性。首先，作为回顾性研究，无法完全避免选择偏倚和信息偏倚；其次，平均随访时间为 3.8 个月，相对较短，可能未能完全观察到神经恢复的远期结局；最后，本研究的排除标准排除了在骨折初次手术时即接受神经干预的病例，这可能导致样本未能完全覆盖损伤最严重的部分患儿，从而可能影响结果的临床适用范围。

综上所述，本研究证实了早期电生理检查在评估 SHF 并发尺神经损伤预后中的重要价值。Sunderland 分型是预测神经恢复结局的独立因素，其中 Sunderland III 型是预后不良的强烈预警信号。临床上应重视对患儿进行早期、规范的电生理评估，对于 Sunderland III 型损伤，应考虑更积极的手术干预策略。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] MARSON B A, IKRAM A, CRAXFORD S, et al. Interventions for treating supracondylar elbow fractures in children[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 2022(6): CD013609.

[2] SUN J, SHAN J, MENG L, et al. Predictive factors for open reduction of flexion-type supracondylar fracture of humerus in children[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 859.

[3] GRAFF C, DOUNAS G D, TODD M R L C, et al. Management of traumatic nerve palsies in paediatric supracondylar humerus fractures: A systematic review[J]. Children, 2023, 10(12): 1862.

[4] YU Z R, PAN W X, CHEN J C, et al. Application of electrophysiological measures in degenerative cervical myelopathy[J]. Front Cell Dev Biol, 2022, 10: 834668.

[5] FAN D S, ZHANG Y X, MA J Y, et al. Promising application of a new ulnar nerve compound muscle action potential measurement montage in amyotrophic lateral sclerosis: A prospective cross-sectional study[J]. Neural Regen Res, 2023, 18(4): 908.

[6] GHORABA S M, MAHMOUD W H, ELSERGANY M A, et al. Ulnar nerve injuries (sunderland grade V): A simplified classification system and treatment algorithm[J]. Plast Reconstr Surg Glob Open, 2019, 7(11): e2474.

[7] ZHAO H G, XU S, LIU G Y, et al. Comparison of lateral entry and crossed entry pinning for pediatric supracondylar humeral fractures: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 366.

[8] BATEMAN E A, PRIPOTNEV S, LAROCERIE-SALGADO J, et al. Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons[J]. Muscle And Nerve, 2025, 71(5): 696-714.

[9] CALIANDRO P, LA TORRE G, PADUA R, et al. Treatment for ulnar neuropathy at the elbow[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2025, 2025(4):CD006839.

[10] KWOK I H Y, SILK Z M, QUICK T J, et al. Nerve injuries associated with supracondylar fractures of the humerus in children: Our experience in a specialist peripheral nerve injury unit[J]. Bone Jt J, 2016, 98-B (6): 851-856.

收稿日期：2025-04-21

（本文编辑：吴迪汉）