

# 生物氧耗量测定诊断高压电损伤的实验研究

李伟萍 朱志祥 许晓光 刘天一

**【摘要】 目的** 探讨用生物氧耗量测定法鉴别高压电损伤实验中肌肉组织的变性或坏死程度。

**方法** 采用本实验室设计的高压电损伤动物模型,于伤后 2、8、14、24、48 h 与 5 d 分别在兔伤肢的 5 个区切取 12 mm × 10 mm × 1 mm 的肌肉组织,行组织氧耗量测定 100 s,同一部位取材行组织学检查作标准。 **结果** 共检测标本 182 块,20 个标本氧耗在 8.7 kPa/100 s(43.5%) 以下,光镜下表现为坏死,157 个标本氧耗在 16.9 ~ 8.78 kPa/100 s(84% ~ 44%) 之间,组织学表现为坏死、不同程度的变性和正常共存,5 个标本氧耗在 17 kPa/100 s(85%) 以上,组织学表现为基本正常。 **结论** 组织氧耗越低,其变性坏死程度越高,氧耗法在电损伤肌肉组织损伤程度鉴别上,方便、迅速和准确,有一定的应用价值。

**【关键词】** 氧耗; 电损伤; 诊断; 肌肉损伤

An Experimental Study on the diagnosis of high voltage electrical injury by means of biological oxygen consumption measurement LI Weiping, ZHU Zhixiang, XU Xiaoguang, et al. Department of Burns and Plastic Surgery, Shen Zhen Red Cross Hospital, Shen Zhen 518035, Guang Dong P. R. China

**【Abstract】 Objective** Objective: To investigate the degrees of the degeneration or the necrosis of muscle tissue injured by high voltage electricity as determined by biological oxygen consumption measurement. **Methods** An animal model with high voltage electricity designed in our laboratory was employed in the study. Muscle tissue sized 12 mm × 10 mm × 1 mm at electric burn produced 5 spots of the rabbit injured legs was harvested for the measurement of tissue oxygen consumption for 100s at 2, 8, 14, 24, 48 postburn hours and 5 postburn day. At the same time histological examination was made. **Results** One hundred and eighty two pieces of tissue samples were examined. Among them 20 samples with oxygen consumption below 8.7kpa/100s(43.5%) showed necrosis under LM, while 157 samples with oxygen consumption of 16.9 to 8.78 kpa/100s (84% ~ 44%) showed histological necrosis and different degrees of mixed degeneration and normal tissue, and 5 samples with oxygen consumption above 17 kpa/100s (85%) showed normal histological structure. **Conclusion** The lower the tissue oxygen consumption was, the more severe the tissue degeneration and necrosis were. Oxygen consumption measurement could be valuable in the determination of the degree of tissue injury inflicted by electricity in terms of its convenience, rapidity and accuracy.

**【Key words】** Oxygen consumption; Electrical injury; Diagnosis; Muscle injury

肢体高压电损伤常导致伤肢深部组织的严重损伤,特别是肌肉的渐进性坏死。如何及时确定肌肉变性坏死的程度,较为困难<sup>[1-3]</sup>。常规的临床观察、美蓝染色活性鉴别与实际组织状态差别很大<sup>[4,5]</sup>。因此,笔者采用组织氧耗量的测定来鉴别电损伤中肌肉组织的变性坏死程度。本文将这一方法的实验研究报告如下。

## 材 料 和 方 法

1. 材料:常规手术器械,电击伤设备一套,新Ⅲ型生物组织氧耗测量系统(北京解放军第 304 医院和国防科工委航天医学工程研究所研制),自行配制的平衡液:林格液 500 ml + 钾 100 mg + 钙 50 mg;新西兰大白兔 40 只。

2. 方法:使用本实验室设计的非热高压电损伤

系列模型,根据击伤所用时间将系列模型分为轻、中、重度 3 个组。每组 12 只白兔,另取 4 只做正常对照。将损伤兔后肢分为 A、B、C、D、E 5 区<sup>[6]</sup>,于伤后 2、8、14、24 和 48 h 与 5 d 分别在 5 区切开皮肤,除去肌膜,取 12 mm × 10 mm × 1 mm 的肌肉片,放入平衡液中平衡 30 min,用生物组织氧耗测量系统测定组织氧耗量,时间为 100s,同一部位取材行组织学检测。

3. 统计学分析:结果用 *t* 检验进行统计分析。

## 结 果

1. 轻度组:组织氧耗量伤后 2 h 为 47%,伤后 5 d 为 8.2%,组织学检查如图 1、2 所示。

2. 中度组:氧耗量在伤后各个时相间有显著差别( $P < 0.01 \sim 0.05$ ),并且与组织学上的改变基本一致,随时间延长组织氧耗量减少,坏死程度加深。2 h 在 A 区的氧耗曲线为 74%,组织学上 A 区有少

许肌束溶解,肌肉红染不匀;BCD 区的氧耗曲线在 30% ~ 50%,组织学上显示三区肌束横纹消失、溶解、血管栓塞和正常组织共存;E 区在 86% 以上;镜下呈正常肌肉收缩状态。5 d 后 B 区的氧耗曲线居低不升,镜下组织坏死明显;CDE 区由于部分坏死溶解组织吸收,炎性细胞浸润明显,组织活性增强,氧耗曲线明显抬高在 70% 以上。(图 3,4)

3. 重度组:氧耗量在伤后各个时相点有显著性差异 ( $P < 0.01$ ),伤后 2 h 氧耗曲线、组织学上和轻度组的 2 h 相似;而 5 d 后氧耗曲线 ABC 明显下降到 40% 以下,呈低谷形,组织学上以坏死为主;DE 氧耗曲线升高接近 80%,镜下肌束有溶解,正常肌束中伴有少量溶解肌纤维或炎性细胞浸润。(图 5, 6)

### 讨 论

目前的生物组织氧耗测量系统,能在 1 ~ 2 min 内准确地测量组织片的氧耗量,在 5 ~ 15 min 内测量组织微粒、匀浆、细胞及线粒体的氧耗。对组织片

的氧耗测量方便,快捷,结果准确,在皮肤贮存研究中已取得了显著成绩<sup>[7]</sup>;对组织微粒、微型皮粒和细胞的氧耗量测定,氧化磷酸化效率,呼吸控制率等测量效果亦达到了一定的标准<sup>[8-10]</sup>。笔者把这一方法应用到代谢活动相对活跃的肌肉组织,并对整个氧耗测定做了一些相应的改进,应用在非热实验高压电损伤肌肉组织的正常、变性和坏死程度的判定上。其结果与组织学检测的结果也一致,即组织变性坏死程度越大,其氧耗量越低,组织变性坏死程度越轻,其氧耗量越大。在坏死的中心 AB 区,氧耗最低,并依次向近心端升高,E 区氧耗电量最高,损伤最轻;各时段间的氧耗量差异也十分显著,伤后 2 h 氧耗较高,48 h 坏死加重,氧耗逐渐降低;5 d 有些区段组织完全坏死,氧耗量降到最低。不同损伤程度、不同区域和不同的坏死程度,组织氧耗或高或低,变化十分明显。而这种变化在临床上这是很难准确鉴别的。氧耗量测定使组织损伤的程度有了量化的诊断标准。本研究表明肌组织的氧耗量在

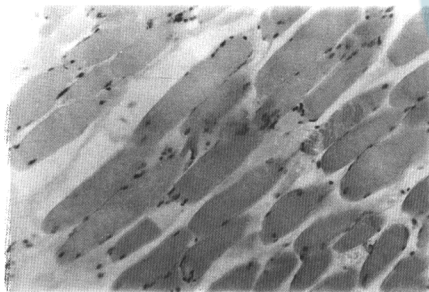


图 1 轻度组 B 区 2 h 组织学检查,肌束、肌间隙水肿,部分肌束碎裂溶解和部分正常肌束共存 HE × 20  
Fig 1 Histological examination of B zone at 2 postburn hour (PBH) in mild group: edema of muscle bundle and intermuscular gap, coexistence of partial normal and partial fragmented and lytic muscle bundles HE × 20

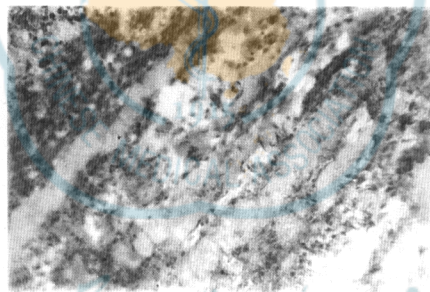


图 2 轻度组 B 区 5 d 组织学检查,肌束、肌间隙水肿,炎性细胞浸润,少部分肌束形态存在 HE × 20  
Fig 2 Histological examination of B zone at 5 postburn day (PBD) in mild group: edema of muscle bundle and intermuscular gap, infiltration of inflammatory cells and existence of a few muscle bundle HE × 20

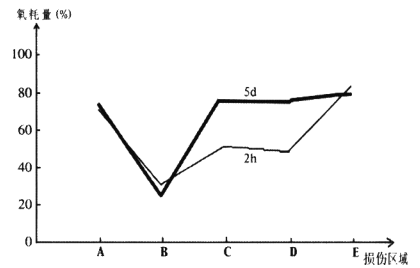


图 3 中度组细胞耗氧曲线变化  
Fig 3 Curves of cellular oxygen consumption in intermediate group

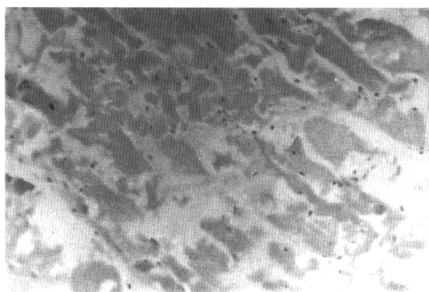


图 4 中度组 C 区 5 d 组织学观察肌肉大量溶解坏死 HE × 20  
Fig 4 Histological examination of C zone at 5PBD in intermediate group: a large amount of lytic and necrotic muscle tissue HE × 20

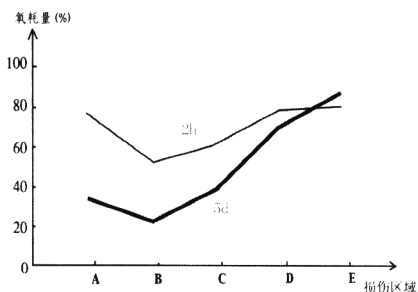


图 5 重度组细胞耗氧曲线变化  
Fig 5 Curves of cellular oxygen consumption in severe group

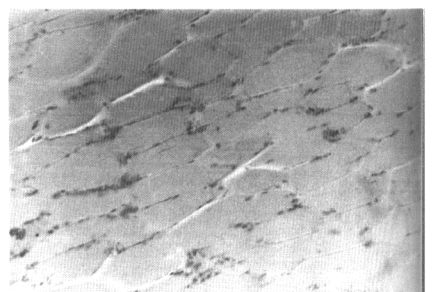


图 6 重度 C 区 5 d 组织学观察,肌间隙仍有轻微水肿,和少量炎性细胞浸润 HE × 20  
Fig 6 Histological examination of C zone 5 PBD in severe group: mild edema of intermuscular gap and infiltration of small amount of inflammatory cells HE × 20



85% 以上,基本是正常组织,但细胞的轻度肿胀仍存在,可以保留和修复;氧耗量在 85% 以下,43.4% 以上,正常、变性、甚至坏死 3 种组织形态交互共存,其进行性坏死最为迅速,应创造条件尽早修复。氧耗量在 43.5% 以下的肌组织,基本以坏死组织为主,应当清除。因此,作者认为,氧耗量测定方便、快捷,在电损伤组织损伤程度的判定上有一定的实际应用意义。但以伤后 2 h 内检测,炎性细胞浸润尚少为最准确。当炎性细胞较多时对结果有一定的干扰,尚须进一步研究。

参 考 文 献

- 1 沈祖尧,常致德,王乃佐,等.腕部电烧伤:90 例分析.中华整形烧伤外科杂志,1991,8:171.
- 2 朱志祥,杨华.急诊清创修复电损伤:20 例报告.中华外科杂志,1988,8:454.
- 3 Zhu Zhi-xiang, Liu XY, Wang Y, Repair of experimental high volt-

- age electrical injuries, Acta Chirug. plastica, 1990, 32:23.
- 4 Mary CS, Mehmet T, LeeRC, et al, Advances in the evaluation and treatment of electrical injury emergencies, Iee Transactions on Industry applications, 1995, 31:1147.
- 5 朱志祥,李会琴,刘学源,等.实验电损伤:组织学与结构.中华整形烧伤外科杂志,1991,7:122.
- 6 李伟萍,朱志祥,刘天一,等.免高压电非热性损伤模型的建立.中华烧伤杂志,2000,16:339-422.
- 7 贾晓明,朱兆明,李成文,等.不同冷冻温度储存皮片活力与抗原性的免疫学研究.中华整形烧伤外科杂志,1995,11:436-439.
- 8 朱兆明,柴家科,孔秋华,等.-20℃冰箱储存皮肤的研究.中华外科杂志,1995,33:479-480.
- 9 贺立新,郭振荣,盛志勇,等.休克期切痂对循环状况的改善.中华整形烧伤外科杂志,1998,14:326-329.
- 10 余斌,汪仕良,尤忠义,等.严重烧伤后早期肠道营养加用谷氨酰胺对肠道血流量及氧耗量的影响.中华整形烧伤外科杂志,1996,12:37-40.

(收稿日期:2000-01-10)

(编辑:赵云)

小型皮瓣在手部深度烧伤创面的应用

赵耀华 查新建 吴兰草 姜季鹤 夏成德 吕涛 齐磊

本组 23 人共 35 处创面,最大面积 4cm × 4cm,最小面积 1.5cm × 2cm,男 16 人,女 7 人,最大年龄 53 岁,最小 3 岁。电击伤 15 人,热压伤 2 人,热烧伤 3 人,氢氟酸烧伤 2 人,放射性烧伤 1 人。扩创后均有骨骺或肌腱等深层组织裸露,皮瓣应用情况见表 1。

表 1 35 例手部小型皮瓣的应用

手术名称	例次	比例(%)
<b>同指皮瓣</b>		
局部皮瓣	5	14.5
顺行指侧岛状皮瓣	4	11.4
旗形皮瓣	6	17.1
逆行指固有动脉岛状皮瓣	2	5.7
<b>同手皮瓣</b>		
邻指皮瓣	5	14.3
第一掌背动脉岛状皮瓣	4	11.4
第二掌背动脉岛状皮瓣	2	5.7
第三掌背动脉岛状皮瓣	2	5.7
小鱼际皮瓣	2	5.7
大鱼际皮瓣	3	8.6

手术后创面愈合良好,外观满意者 28 例;术后静脉回流障碍,部分拆除缝线后可以缓解者 4 例;因缺血或瘀血导致

皮瓣坏死手术失败者 3 例。术后最短愈合时间 10 d,最长 17 d。随访 15 例患者 1~2 年,皮瓣颜色、质地、功能良好的优良率达 94.5%。

讨论 手部小范围深度烧伤应用远位带蒂皮瓣疗程长,外观臃肿,尤其是小儿活泼好动,固定稍有不妥,易引起皮瓣撕裂导致手术失败。根据手部血管丰富,知名血管走行较恒定等特点,按照不同血管走行形成岛状或带蒂小型皮瓣,可一次解决创面覆盖问题,外观及功能良好,是修复手部深度烧伤小创面的较好方法之一。

小型皮瓣的最大特点是在一只患手可同时形成数个皮瓣,修复多处创面而互不影响。本组 1 例患手曾同时形成 5 个皮瓣,这是远位皮瓣所不及的,减轻了患者多次手术的痛苦。术后不需特殊体位,早期皮瓣愈合后即可进行主、被动功能锻炼,最大限度地恢复手部功能。

分析本组 3 例皮瓣坏死的原因,与动脉供血不足和静脉瘀血有关。前者因血管与皮瓣分离或手术中误伤动脉所致,后者因岛状皮瓣蒂部太窄或包扎不当引起。鉴于此,手术操作中应注意分清解剖层次,动作轻柔。为减轻皮瓣瘀血,岛状皮瓣的蒂部应有足够宽度,隧道转移有困难时采用明道转移,适当加压包扎,勿使蒂部压力过大。尽量避免影响皮瓣成活的不利因素如抽烟,术区过低位,制动不妥等。

(收稿日期:2000-07-26)

(编辑:王旭)

作者单位:450004 郑州市第一人民医院烧伤科