

高压电烧伤创面修复与功能重建

沈余明

Wound repair and functional reconstruction of high-voltage electrical burns Shen Yuming. Department of Burns, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China
Corresponding author: Shen Yuming, Email: shenyuming1963@163.com

【Abstract】 In the repair of burn wound, high-voltage electrical burn wound is still the most complicated and the most difficult one to deal with. According to the clinical experience of author and the literature at home and abroad, this article systematically discusses the early treatment of high-voltage electrical burn wounds, including limbs escharotomy, fasciotomy, and early debridement, and the repair of high-voltage electrical burn wounds in various parts, especially in some special parts, focusing on the repair of the life-threatening parts and site of large vascular injury. At the same time, this article discusses the feasibility and necessity of functional reconstruction. We should make full use of modern repair technology and innovation, interdisciplinary cooperation, so as to reduce disability rate, amputation rate, and mortality of patients with high-voltage electrical burns as far as possible.

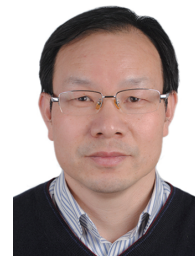
【Key words】 Burns, electric; Surgical flaps; Wound repair; Functional reconstruction

Fund program: Clinical Technology Innovation Project of Medical Management Bureau of Beijing (XMLX201816)

【关键词】 烧伤,电; 外科皮瓣; 创面修复; 功能重建

基金项目:北京市医管局临床技术创新项目 (XMLX201816)

虽然目前人们都掌握了一定的安全用电知识,但电烧伤仍时有发生。在美国,电烧伤患者占其同期住院烧伤患者的4%左右,每年约1 000人死于电烧伤,该死因在与职业相关的死因中排名第2^[1];我国的电烧伤比例更高,据国内几家烧伤中心不完全统计,其收治电烧伤患者占其同期住院烧伤患者的10%左右^[2-3]。高压电烧伤(以下简称电烧伤)因其热性和非热性致病机制往往造成立体损伤,不仅烧伤皮肤,而且累及深部组织结构或器官,如肌腱、神经、大血管、肌肉、骨、关节或脏器等,致残率^[1]、致死率极高,应对其引起高度重视。在烧伤创面修复中,电烧伤创面仍是最复杂、最难处理的创面,是对



烧伤外科医师一种极大的挑战。本文系统论述了电烧伤创面的早期处理包括早期清创、各个部位创面修复与功能重建等,以期更好地指导电烧伤治疗。

1 电烧伤早期处理

电烧伤往往涉及多个部位,烧伤范围广而深,要积极进行早期处理,包括液体复苏、抗休克;注意避免大量Hb及肌红蛋白沉积和堵塞肾小管,防止急性肾功能不全的发生;注意气道的开放和通畅,防止心律失常的发生。在创面处理时应注意轻重缓急,优先处理危及生命和肢体血液循环的创面。

1.1 四肢焦痂和筋膜切开减张

四肢电烧伤后,深部组织坏死,液体大量渗出造成组织水肿,引起筋膜室综合征,其中四肢环形电烧伤更易造成动脉血流受阻、静脉回流障碍,造成筋膜室压力的进一步增加,加重深部组织的损伤与坏死。因此,若四肢电烧伤后出现肿胀明显且进行性加重,多普勒超声血流探测仪未探测到患肢动脉搏动、患肢远端血运障碍,患肢疼痛进行性加剧,或患肢远端进行性感觉得和运动障碍等,均需及时在患肢两侧行切开减张^[4-5]。筋膜室内压 $>30\text{ mmHg}$ ($1\text{ mmHg} = 0.133\text{ kPa}$)也是切开减张的一个指征,但临床上较少使用该指征且其并不绝对可靠。目前临床上仍能遇到较多切开减张不到位的病例,特别是在腕部减张中仅单纯在腕部焦痂处切开,减张不充分;或在尺桡动脉处行焦痂切开,使重要的血管暴露。腕部一般在腕正中切开焦痂至深筋膜甚至肌膜,切口应延伸至正常皮肤,彻底减压。临床上对患肢切开减张仍存在争论,有学者认为切开后并不能降低截肢率,反而会导致深部组织暴露干燥坏死,增加手术次数,延长住院时间^[6]。针对该问题,笔者认为,有必要及时用生物敷料覆盖切开减张后创面并及早行创面清创修复。

1.2 清创

原则上电烧伤创面清创应及早进行,在患者全身情况相对稳定的情况下进行手术,一般在伤后2~7 d较为适宜,不必拘泥于急诊手术,一些特殊部位

如面部、会阴部等处手术也可适当延后。原则上清创都应彻底,但由于电烧伤致病的特殊性、多样性和分散性,各部位、各组织、各脏器的清创应区别对待,如面部电烧伤清创要适当保守,尽量保留有活力的组织,待创面坏死界限清楚后再扩创修复创面,避免影响功能^[7]。传统腕部电烧伤创面清创时,若受损的肌腱、神经无感染液化则往往尽可能保留,以保存其解剖连续性。有研究者指出电烧伤创面清创时应保留间生态组织^[4],但间生态组织的概念很模糊,临床医师往往难以判定。笔者根据多年的临床观察,总结出电烧伤腕部保留的坏死肌腱或神经在皮瓣移植后会有以下几种转归^[8]:(1)皮瓣下肌腱液化坏死、包裹。(2)皮瓣下肌腱液化坏死、感染、窦道形成。(3)皮瓣下肌腱广泛瘢痕化、粘连严重,无法行单根肌腱或神经松解,手功能恢复不佳。笔者认为应尽可能彻底清创,对于明确坏死的肌腱、神经,不管其连续与否均应切除,这样才能有利于创面愈合和早日康复;但对于有活力的肌腱、神经残端,应尽量保留其长度,以有助于后期重建。Ⅲ型腕部电烧伤腕背侧创面一般相对较浅,该侧清创应适当保守,尽量保留痂下有活力的组织,以利于早期腕、手部血液循环特别是静脉回流。清创前的磁共振成像(MRI)检查有助于区分肌肉坏死、损伤及水肿,判断损伤的范围和深度,也能区分其他组织的损伤情况,为电烧伤早期诊断、早期清创提供客观的影像学依据^[9-10]。

电烧伤中的骨坏死情况可根据骨的颜色进行判断,也可结合核素骨扫描以及 MRI 检查进行判断,关键还是术中清创时判断以直观确定骨坏死的范围。对于部分骨坏死,可清创至骨表面渗血处。对于全层骨坏死的清创,在早期没有感染的情况下,可仅去除坏死骨表面骨质,在血运丰富的组织瓣覆盖下,小范围坏死骨被逐渐吸收作为支架,供新生骨不断爬行替代;对于大段、大块骨坏死,新生骨爬行替代有困难,需行骨的重建和修复。

2 不同部位电烧伤创面修复与功能重建

2.1 头面部

头部电烧伤除头皮坏死外常伴有骨膜及颅骨受累,脑实质损伤者较为罕见,但在诊断中要注意排除^[11-12]。20 世纪 80 年代以来,已有较多有关早期清创后应用局部头皮瓣移位、斜方肌肌皮瓣带蒂移植、游离大网膜加皮片移植、游离皮瓣移植等方法修复伴颅骨坏死头部电烧伤创面的报道^[13-15]。伴颅

骨坏死头部电烧伤创面修复中,将坏死颅骨全部切除或行颅骨钻孔待肉芽组织生长后移植皮片的方法目前已较少使用。头部电烧伤不仅要关注创面修复及外形,更要关注恢复头部的功能。对于小范围伴颅骨坏死或外露的头部电烧伤创面,许多医师采用早期扩张头皮瓣修复,在消灭创面的同时避免了皮片移植和毛发缺损^[16-17];早期应用局部头皮瓣覆盖封闭伴颅骨外露创面,后期再用扩张头皮瓣修复脱发区,也是一种较为稳妥的方法^[18]。对于大范围或整个头皮缺损,需要用游离皮瓣特别是游离背阔肌肌皮瓣修复^[15]。对于颅骨全层缺损,大多数临床医师主张在皮瓣下或扩张头皮瓣下应用钛板修复;对于其中小范围的颅骨缺损也可采用带血运的颅骨外板修复。理想的头部电烧伤的修复应包括头皮和颅骨的修复以及毛发的重建,做到外形和功能的统一。

面部器官较多,包括眼、鼻、口等,面部电烧伤虽相对较少,但一旦发生则严重毁损面部,美容修复较为困难。较佳的修复方法应是异体面部移植术^[7,19],即一次性修复创面的同时行各器官再造,形态逼真,但主要问题是缺乏供体,技术要求极高,且存在伦理和心理方面的问题,患者需长期应用免疫抑制药。目前临床上最常用的面部电烧伤创面修复方法仍是清创后移植血运丰富的组织瓣^[20]。眼睑电烧伤中,如果眼睑全层烧毁,应尽早用周围组织保护眼球,再用皮瓣覆盖;全鼻缺损需行全鼻再造,可采用扩张后前额皮瓣或游离皮瓣加鼻支架修复重建;颊部洞穿性缺损或上下唇全层缺损修复需要考虑衬里和覆盖,可以选用游离皮瓣或扩张后胸三角皮瓣、扩张后锁骨上皮瓣等。此外,预构皮瓣、预制皮瓣在面部电烧伤创面修复以及器官再造中的作用也日渐凸显。

2.2 颈部

颈部结构复杂,一旦电烧伤,在颈后区会造成皮肤、韧带、棘突、颈椎甚至脊髓损伤,在颈前区会造成皮肤、肌肉甚至气管、食管、大血管等损伤,在颈外侧区会造成重要的神经损伤,如果不及时修复,往往会造成极大的功能障碍甚至危及生命。严重颈部电烧伤常用斜方肌肌皮瓣、背阔肌肌皮瓣、胸大肌肌皮瓣以及游离皮瓣等^[21-23]进行修复。术前、术中应精准判定颈部大动脉损伤情况,如有大范围的血管损伤应及时移植自体或人工血管,小范围的血管损伤可植入血管支架,以防止损伤的大血管破裂出血,危及生命。对于气管、食管损伤,也应根据损伤情况进行多学科合作以及时修复。

2.3 胸部

胸部电烧伤可分为单纯胸壁电烧伤和胸壁洞穿性电烧伤或合并胸腔脏器烧伤两大类,前者处理较为简单,清创后移植皮片或皮瓣修复;后者病情极为复杂,如果不及及时处理,患者病死率极高。胸部电烧伤的治疗难点在胸壁洞穿性电烧伤或合并胸腔脏器烧伤的处理上,患者伤后应立即采取急救措施,及时将开放性气胸封闭,尽早行胸腔闭式引流,必要时予以呼吸支持;积极行液体复苏、抗休克;及早行清创包括坏死组织切除、各种组织瓣修复,必要时创面也可行 VSD 治疗以恢复胸膜腔负压以便全方位引流、增加创面血流灌注、加速肉芽组织生长^[24]。

2.4 腹部

腹部电烧伤可分成单纯腹壁电烧伤和腹壁电烧伤合并腹腔脏器烧伤两大类。单纯腹壁电烧伤处理相对容易,如果没有全身的合并症,一般清创后移植皮片或皮瓣修复即可。但对于腹壁全层缺损患者,常用阔筋膜张肌肌皮瓣、带蒂股前外侧皮瓣修复创面,且同时利用阔筋膜进行腹壁加固;在电烧伤早期也可采用彻底清创、皮瓣联合补片修复;对一些没有条件进行皮瓣修复的患者,也可采用清创后行异体 ADM 移植联合 VSD 治疗,待肉芽组织形成后再移植皮片的方法^[25],既能修复创面又能加固腹壁。腹壁电烧伤常用的皮瓣除了带蒂股前外侧皮瓣、阔筋膜张肌肌皮瓣外,还有腹直肌肌皮瓣、脐旁皮瓣、大网膜瓣等^[26],应根据腹部的不同部位和损伤范围选择不同的组织瓣。对于严重腹部电烧伤,伴腹壁击穿、腹腔脏器外露时,脏器损伤一般容易确诊;如腹壁完整,腹腔脏器损伤早期症状往往不典型,判断困难,因而需要密切观察,如果出现腹痛和腹胀加重、压痛、反跳痛等腹膜刺激征,则应高度怀疑存在肠坏死或穿孔,必要时可通过彩色多普勒超声或 MRI 检查来观察脏器损伤情况。一旦怀疑腹腔脏器损伤,应与普外科医师合作立即行剖腹探查,空肠、回肠坏死或穿孔可切除坏死肠段后直接吻合,结肠坏死或穿孔需行结肠造瘘,术后应密切关注腹腔情况,并给予胃肠外营养、抗感染,待胃肠功能恢复后逐渐进流食、半流食等^[27]。当然,腹腔脏器损伤还会累及肝、脾、胰、肾、膀胱等,也应做出相应处理。

2.5 阴茎

阴茎电烧伤较为少见,一旦发生,往往造成阴茎部分或全部坏死,有的还合并阴囊皮肤及睾丸坏死,治疗较为困难。单纯阴茎皮肤坏死,可采用阴囊皮瓣、腹股沟皮瓣或脐旁皮瓣等修复,如合并尿道瘘可

应用阴囊中隔岛状皮瓣修复^[28];如阴茎缺如则需行阴茎再造,包括阴茎体、尿道和支撑物的重建,较为复杂,常用前臂游离皮瓣、脐旁皮瓣、腹部皮瓣、股前外侧皮瓣等来重建阴茎^[29]。

2.6 四肢

四肢通常是电流的出入口,较身体其他部位发生电烧伤的概率更大。四肢电烧伤早期处理重点在于手、腕、肘、肩、踝、膝等处,早期清创后应移植血运丰富的组织瓣覆盖。肩关节部位电烧伤创面常采用斜方肌肌皮瓣或背阔肌肌皮瓣修复,在用斜方肌肌皮瓣修复肩部创面的同时,必要时可行肩外展功能重建。较大范围肘关节部位电烧伤创面常采用背阔肌肌皮瓣修复,在创面修复的同时可行屈肘或伸肘功能重建^[30]。对于腕及前臂电烧伤创面,除了可常规应用髂腹股沟皮瓣、脐旁皮瓣等修复外,腕部电烧伤的修复还应更多采用游离皮瓣,这对于缩短住院时间、促进手功能早期康复具有重要意义^[31-33]。I 型腕部电烧伤中肌腱、神经损伤较轻,早期创面皮瓣修复特别是游离皮瓣移植后及时行功能锻炼,必要时行肌腱、神经松解,往往能使患手功能得到较好的恢复;对于 II、III 型肌腱、神经损伤较重腕部电烧伤创面,采用早期清创、皮瓣修复结合早期前臂和手的主被动康复锻炼以及后期的肌腱、神经移植,也能使患手功能得到一定程度的恢复^[33]。当然,部分 II 型腕部电烧伤创面早期也可用足背复合瓣修复,且在修复创面的同时行腕部、手部肌腱重建,也能使患手功能得到较好恢复^[34]。对于腕部环形电烧伤创面,临床上更多采用腹部联合轴型皮瓣^[35-36]或分叶皮瓣修复。血流桥接皮瓣在修复腕部创面的同时行主要血管重建,对于降低截肢率、改善患肢功能具有十分重要的意义^[37]。膝关节部位电烧伤创面修复可采用的皮瓣更多,对大面积膝部软组织缺损,首选游离背阔肌肌皮瓣^[8]及股前外侧皮瓣修复;在修复中、小面积膝关节部位电烧伤创面中,无论在创面修复、功能重建还是无效腔填充中均可首选股前外侧皮瓣^[38],其次为腓肠肌肌皮瓣或肌皮瓣,再次为隐动脉皮瓣。对于伴髌韧带缺损膝关节部位电烧伤创面,可采用腓肠肌肌皮瓣或带阔筋膜的股前外侧皮瓣修复,在修复创面的同时行髌韧带重建^[38]。踝关节部位电烧伤创面修复方法较多,各种穿支皮瓣、皮神经营养血管皮瓣、游离皮瓣移植等都是较好的方法。对于伴肌腱损伤踝前电烧伤导致足下垂的患者,宜在皮瓣修复术后 3 个月左右进行肌腱移位或肌腱游离移植手术,以恢复伸踝功能。对于伴长段

骨坏死的电烧伤创面,应在采用皮瓣修复的同时行死骨去除、外固定架固定,后期行骨延长手术,以保证外形和功能的重建^[39]。

如果患肢远端已出现明显毁损性坏死,笔者的截肢原则是:对于上肢应尽量保留患肢长度,切勿通过短缩其长度以直接闭合患肢残端,有条件者尽量不行肘关节、肩关节离断;对于因存在广泛毁损伤、长段骨坏死、坐骨神经及胫神经坏死、严重血运障碍而不能行血管重建的下肢,截肢应积极些,但也应尽量保留膝关节及髌关节。

四肢电烧伤创面修复中要特别注意血管尤其是大动脉损伤的修复,术前、术中及术后均应关注。术前可借助现代检测手段如血管造影、彩色多普勒超声、CT 血管造影、磁共振血管造影来预判血管损伤。术中切痂、清创后可直接观察动脉情况,如呈灰白色、无搏动、无血流通,可以肯定血管坏死;如呈暗红色、淤胀、触之血管壁不收缩,虽血管通畅、有搏动,要高度怀疑血管损伤。目前对后面一类血管的处理存在争议,大部分学者认为只要动脉通畅、有搏动,虽然动脉周围有坏死组织,也仅需做保守清创,无须探查血管,以免加重血管损伤,导致血栓形成。笔者认为,一旦大动脉造影或彩色多普勒超声等检查显示血管壁有损伤,临床上虽观察到血管通畅、有搏动,也应及时处理,有条件的可移植大隐静脉、血流桥接皮瓣、人工血管、血管支架来重建通路,否则血管破裂大出血、血栓形成会随时发生,甚至在皮瓣术后也难以幸免,导致截肢、甚至危及生命^[37,40]。

3 新型技术在电烧伤创面中的应用

VSD 技术是最近十几年来创立并开展的创面治疗新方法。该技术能显著加速创面血流,促进肉芽组织生长;有利于创面引流,加快水肿液回吸收和创面细菌清除;负压产生的机械应力促进细胞增殖、组织修复^[41];能双向调节 ECM 如基质金属蛋白酶和透明质酸水平,抑制 ECM 降解,去除细胞移行阻力^[42]。目前 VSD 技术在电烧伤清创后创面的治疗中取得了确切疗效,在某种程度上还能简化治疗方案。但在四肢电烧伤特别是环形电烧伤创面中应用 VSD 技术时,要特别注意选择适当的负压,防止动脉供血不足和静脉回流障碍;对可能存在血管损伤易出血患者应禁用该疗法;另外负压治疗不能替代清创,对重要部位应及早应用组织瓣修复。近几年,超声清创、水动力清创系统清创也逐渐在电烧伤创面修复中得到应用,这些方法能够比较精准彻底地

清除坏死组织、感染组织,尽可能保留有活力的组织。在电烧伤创面床的准备过程中,某些部位人工真皮的应用不失为一种很好的选择,能有助于改善愈合质量和减轻供区损伤^[43]。对那些不能采用常规方法修复的电烧伤器官,采用有血运的异体复合组织移植修复是一种值得推荐的方法,虽然目前对该方法存在各种制约,相信不久的将来此种方法将在器官修复中发挥重要作用。“在体组织预构技术”^[44],这一新技术将使烧伤整形外科医师可以在人体合适的部位,将不同组织、细胞等按所需修复缺损组织的形态、结构与功能上的要求,通过组织血管化、组织结构重塑和组织再生,构建出适合各个部位的组织结构。当然随着组织工程和三维打印^[45]等技术的发展,电烧伤创面修复、功能重建、器官再造前景光明。

4 多学科合作

电烧伤创面复杂多样,一方面需要烧伤外科医师更全面掌握跨学科的相关知识,另一方面需要相关科室医师的通力合作,才能更好地进行创面修复和功能重建,降低致残率,挽救更多患者的生命。头面部电烧伤创面修复有时需要烧伤科、神经外科、颌面外科、血管外科、介入科、耳鼻喉科、口腔科、胸外科等科室医师合作;骨、关节电烧伤创面修复需要与骨科医师大力合作,才能更好地重建和恢复骨、关节功能^[40];胸腹部严重电烧伤创面修复需要与胸外科、普外科等科室医师通力合作;一些特殊部位如会阴、脊柱等的电烧伤创面修复和重建也需要与相关科室医师积极交流与合作。

5 小结与展望

经过 60 年来的发展、几代人的努力,我国电烧伤治疗技术有了较大的进展,但由于电烧伤的特殊性、毁损性、多样性,临床治疗仍极具挑战,致残率、致死率仍较高,理想的电烧伤修复应是创面修复、外形良好、功能恢复、供区损伤小的完美修复。未来,烧伤专业临床工作者应深入开展电烧伤的基础与临床研究,紧跟医学发展的步伐,多学科合作,围绕如何构建理想的修复材料这一问题,在电烧伤研究中做出不懈努力。

参考文献

- [1] Kasana RA, Baba PU, Wani AH. Pattern of high voltage electrical injuries in the Kashmir valley: a 10-year single centre experience [J]. Ann Burns Fire Disasters, 2016, 29(4): 259-263.

- [2] Li H, Tan J, Zhou J, et al. Wound management and outcome of 595 electrical burns in a major burn center [J]. *J Surg Res*, 2017, 214:182-189. DOI:10.1016/j.jss.2017.02.032.
- [3] 谢卫国. 电烧伤防治:百尺竿头仍需努力[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(12):728-731. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.12.002.
- [4] 黄晓元. 高压电烧伤创面的处理[J]. *创伤外科杂志*, 2007, 9(4):382-384. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2007.04.044.
- [5] Scheker LR, Ahmed O. Radical debridement, free flap coverage, and immediate reconstruction of the upper extremity [J]. *Hand Clin*, 2007, 23(1):23-36. DOI:10.1016/j.hcl.2006.12.003.
- [6] Mann R, Gibran N, Engrav L, et al. Is immediate decompression of high voltage electrical injuries to the upper extremity always necessary? [J]. *J Trauma*, 1996, 40(4):584-587; discussion 587-589. DOI:10.1097/00005373-199604000-00011.
- [7] Jains JE, Khansa I, Lehrman CR, et al. Reconstructive management of devastating electrical injuries to the face [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136(4):839-847. DOI:10.1097/PRS.0000000000001619.
- [8] 沈余明, 胡晓骅, 宓惠茹, 等. 四肢高压电烧伤创面的早期处理[J]. *中华烧伤杂志*, 2011, 27(3):173-177. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2011.03.003.
- [9] Nettelblad H, Thuomas KA, Sjöberg F. Magnetic resonance imaging: a new diagnostic aid in the care of high-voltage electrical burns [J]. *Burns*, 1996, 22(2):117-119. DOI:10.1016/0305-4179(95)00104-2.
- [10] 黎淑娟, 王正磊, 朱维平, 等. 四肢高压电烧伤早期磁共振成像特点的临床研究[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(12):750-756. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.12.006.
- [11] Liao WC, Lin JT. High-voltage electrical brain injury [J]. *J Trauma*, 2008, 64(3):843-845. DOI:10.1097/01.ta.00002-34739.14621.3e.
- [12] 陈旭, 覃凤均, 陈忠, 等. 颅骨全层高压电烧伤并脑挫裂伤及颅内感染的治疗[J]. *中华烧伤杂志*, 2012, 28(2):116-118. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2012.02.009.
- [13] 沈祖尧, 向东. 50 年来我国电烧伤治疗研究与发展[J]. *中华烧伤杂志*, 2000, 16(1):14-16. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2000.01.006.
- [14] 孙永华. 我国电烧伤治疗的成就与挑战[J]. *中华烧伤杂志*, 2008, 24(5):381-383. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.05.022.
- [15] 程宏宇, 王光军, 王晶, 等. 游离背阔肌皮瓣修复电烧伤后头部巨大缺损六例[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(8):504-506. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.08.010.
- [16] 雷晋, 侯春胜, 段鹏, 等. 改良皮肤软组织扩张术在头颅电击伤毁损性创面早期修复中的临床应用[J]. *中华烧伤杂志*, 2015, 31(6):406-409. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2015.06.003.
- [17] 何永强, 张岩. 扩张器 I 期植入扩张头皮瓣修复电烧伤致大面积颅骨外露创面的临床效果[J]. *中华医学美容美容杂志*, 2016, 22(5):309-310. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0290.2016.05.016.
- [18] 于燕, 叶祥柏, 石志远, 等. 电击伤致头皮缺损伴颅骨外露的修复研究[J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2016, 23(11):641-643. DOI:10.16066/j.1672-7002.2016.11.006.
- [19] Arno A, Barret JP, Harrison RA, et al. Face allotransplantation and burns: a review [J]. *J Burn Care Res*, 2012, 33(5):561-576. DOI:10.1097/BCR.0b013e318247eb06.
- [20] 沈余明. 复杂性创面修复与功能重建[J/CD]. *中华损伤与修复杂志*: 电子版, 2015, 10(1):9-12. DOI:10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2015.01.004.
- [21] 黄晓元, 杨兴华, 梁鹏飞, 等. 颈部高压电烧伤的修复[J]. *中华烧伤杂志*, 2008, 24(1):30-32. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.01.009.
- [22] 徐家钦, 潘云川, 梁尊鸿, 等. 早期应用肌皮瓣修复颈部深度电烧伤[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(8):1003-1005.
- [23] 梁尊鸿, 潘云川, 林志琬. 带蒂背阔肌皮瓣早期修复颈部电烧伤深度创面[J]. *组织工程与重建外科杂志*, 2016, 12(5):297-299. DOI:10.3969/j.issn.1673-0364.2016.05.007.
- [24] 黄闻, 李伟人, 袁媛, 等. 重度电烧伤致肺外露的救治[J]. *中华医学杂志*, 2013, 93(4):305-307. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.04.015.
- [25] Xiao SC, Zhu SH, Li HY, et al. Repair of complex abdominal wall defects from high-voltage electric injury with two layers of acellular dermal matrix: a case report [J]. *J Burn Care Res*, 2009, 30(2):352-354. DOI:10.1097/BCR.0b013e318198a6fa.
- [26] 张琮, 胡晓骅, 陈辉, 等. 皮瓣或肌皮瓣联合阔筋膜或复合补片修复患者严重腹部高压电烧伤创面的效果[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(10):602-606. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.10.003.
- [27] Zhang PH, Liu Z, Ren LC, et al. Early laparotomy and timely reconstruction for patients with abdominal electrical injury: five case reports and literature review [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(29):e7437. DOI:10.1097/MD.0000000000007437.
- [28] 谢卫国, 龙道畴, 朱辉, 等. 阴茎毁损性烧伤的修复与重建[J]. *中华烧伤杂志*, 2009, 25(6):407-410. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2009.06.003.
- [29] 刘毅, 肖斌, 刘萍, 等. 阴茎毁损性电烧伤的治疗时机与方法[J]. *中华烧伤杂志*, 2014, 30(5):394-399. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2014.05.003.
- [30] O'Ceallaigh S, Mehboob Ali KS, O'Connor TP. Functional latissimus dorsi muscle transfer to restore elbow flexion in extensive electrical burns [J]. *Burns*, 2005, 31(1):113-115. DOI:10.1016/j.burns.2004.06.017.
- [31] Saint-Cyr M, Daigle JP. Early free tissue transfer for extremity reconstruction following high-voltage electrical burn injuries [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2008, 24(4):259-266. DOI:10.1055/s-2008-1078697.
- [32] Baumeister S, Köller M, Dragu A, et al. Principles of microvascular reconstruction in burn and electrical burn injuries [J]. *Burns*, 2005, 31(1):92-98. DOI:10.1016/j.burns.2004.07.014.
- [33] 沈余明, 马春旭, 覃凤均, 等. 腕部高压电烧伤创面修复与功能重建[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(12):738-743. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.12.004.
- [34] 王乃佐, 沈祖尧, 宓惠茹, 等. 上肢特深度烧伤复合组织缺损一次性修复与功能重建[J]. *中国修复重建外科杂志*, 1998, 12(1):23-25. DOI:10.3321/j.issn:1002-1892.1998.01.008.
- [35] 沈余明, 田彭, 宁方刚, 等. 腹部联合轴型皮瓣修复腕部环状高压电烧伤创面[J]. *中华烧伤杂志*, 2012, 28(6):408-410. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2012.06.003.
- [36] Hu XH, Qin FJ, Chen Z, et al. Combined rectus abdominis muscle/paraumbilical flap and lower abdominal flap for the treatment of type III circumferential electrical burns of the wrist [J]. *Burns*, 2013, 39(8):1631-1638. DOI:10.1016/j.burns.2013.04.014.
- [37] 沈余明, 陈旭, 张琮, 等. 旋股外侧动脉降支血流桥接皮瓣修复患者腕部高压电烧伤创面的效果[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(7):422-425. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.07.006.
- [38] 沈余明, 马春旭, 胡晓骅, 等. 膝关节周围严重皮肤软组织缺损的组织瓣修复策略[J]. *中华烧伤杂志*, 2015, 31(5):331-336. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2015.05.004.
- [39] 沈余明, 陈辉, 胡晓骅, 等. 组织瓣移植联合骨延长技术分期修复烧伤创面后下肢严重软组织与骨缺损[J]. *中国修复重建*

外科杂志, 2017, 31(2): 160-164. DOI: 10. 7507/1002-1892. 201609117.

[40] 沈余明, 田彭, 宁方刚, 等. 腕部高压电烧伤腹部皮瓣断蒂后手血运障碍二例[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013, 27(9): 1152. DOI: 10. 7507/1002-1892. 20130252.

[41] 栾夏刚, 陈澜, 柯玲玲, 等. 封闭负压创面治疗对猪肢体高压电烧伤炎性反应及创面血管化的影响[J]. 中华实验外科杂志, 2015, 32(2): 277-280. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-9030. 2015. 02. 022.

[42] 孙永华, 田孝臣, 曾丁, 等. 再谈封闭负压技术治疗急慢性创面有关的几个问题[J/CD]. 中华损伤与修复杂志: 电子版, 2010, 5(1): 22-25. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-9450. 2010. 01. 002.

[43] 柴家科. 进一步重视烧(创)伤毁损性创面修复技术的研究[J/CD]. 中华损伤与修复杂志: 电子版, 2014, 9(1): 5-8.

DOI: 10. 3877/cma. j. issn. 1673-9450. 2014. 01. 003.

[44] 李青峰, 咎涛, 黄昕. 脸面重建的现状与问题[J]. 中华整形外科杂志, 2017, 33 增刊: 8-12. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1009-4598. 2017. s1. 003.

[45] Murphy SV, Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs[J]. Nat Biotechnol, 2014, 32(8): 773-785. DOI: 10. 1038/nbt. 2958.

(收稿日期: 2018-02-26)
(本文编辑: 谢秋红)

本文引用格式

沈余明. 高压电烧伤创面修复与功能重建[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(5): 257-262. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1009-2587. 2018. 05. 001.

Shen YM. Wound repair and functional reconstruction of high-voltage electrical burns[J]. Chin J Burns, 2018, 34(5): 257-262. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1009-2587. 2018. 05. 001.

《中华烧伤杂志》第五届编辑委员会编辑委员名单

终身顾问	盛志勇	程天民	王正国	樊代明	付小兵	夏照帆			
顾问	汪仕良	柴家科	张国安	黄晓元	牛希华	陈华德			
名誉总编辑	黄跃生								
总编辑	彭毅志								
以下按姓氏拼音排序									
副总编辑	郭光华	韩春茂	胡大海	邴京宁	吕国忠	罗高兴	吴军	谢卫国	
	姚咏明								
常务编辑委员	岑瑛	贾赤宇	李宗瑜	刘毅	陆树良	申传安	沈余明	谭谦	
	王一兵	肖仕初	徐庆连	张丕红					
编辑委员	岑瑛	陈炯	陈欣	陈旭	陈国贤	陈俊杰	陈向军	陈旭林	
	陈昭宏	程颺	程大胜	崔正军	范锬铄	方勇	冯世海	付晋凤	
	官浩	郭光华	韩春茂	韩军涛	郝岱峰	贺立新	贺伟峰	胡大海	
	邴京宁	贾赤宇	赖文	雷晋	李毅	李传吉	李小兵	李晓亮	
	李孝建	李学拥	李叶扬	李志清	李宗瑜	刘琰	刘毅	刘达恩	
	刘凤彬	刘明华	刘小龙	刘旭盛	陆树良	吕国忠	罗高兴	罗奇志	
	马显杰	潘云川	彭曦	彭代智	彭毅志	齐鸿燕	邱林	荣新洲	
	申传安	沈余明	石富胜	宋国栋	孙炳伟	孙天骏	孙志刚	谭谦	
	唐洪泰	童亚林	王达利	王凤君	王广庆	王凌峰	王一兵	魏在荣	
	吴军	吴银生	夏成德	肖仕初	谢卫国	徐庆连	姚敏	姚咏明	
	易东	于家傲	袁志强	曾元临	詹剑华	张勤	张逸	张恒木	
	张家平	张明华	张丕红	张庆富	章一新	赵耀华	郑朝	周军利	
	周业平	朱世辉							

以下按英文首字母排序

David N. Herndon(美国) Fiona Wood(澳大利亚) Naiem S. Moiem(美国)
 Ronald G. Tompkins(美国) Si Jack Chong(新加坡) Steven E. Wolf(美国)
 Tina L. Palmieri(美国) Yong-Ming Yu(尤永明, 美国)