

冲击波在康复医学领域中的临床应用*

王 伟¹ 董仁卫^{2,3} 许莉敏¹ 郭 琪² 王家仲²

冲击波是由于能量的突然释放而产生的一种高能量压力波,作用于机体后,通过力-化学信号转化产生一系列生物学效应,可促进组织细胞的再生与修复。自1980年Chaussy首次成功将冲击波应用于肾结石的治疗和1986年Haupt发现冲击波能够诱发成骨细胞的骨化后,体外冲击波治疗(extracorporeal shockwave therapy, ESWT)作为一种安全、非侵入性的治疗技术,在泌尿外科和骨科应用非常广泛。近二十年随着ESWT专用设备不断完善,尤其是非聚焦式ESWT的发展,ESWT作用于人体,除了碎石和诱导骨生长之外,其应用领域逐渐扩展到慢性软组织损伤性疼痛、肌肉痉挛、急慢性皮肤损伤、Ⅲ型前列腺炎和缺血性心脏病等。近年来ESWT的应用在康复医学领域不断受到重视,尤其是在治疗慢性软组织损伤性疼痛效果显著,但是由于研究过程中选择方法差异性,在如何选择合适时间、频率和剂量等具体的应用方法方面,在临床治疗上尚未达成共识。现将近十年国内外有关ESWT在康复医学领域临床应用现状和研究进展以及ESWT具体应用方法综述如下。

1 ESWT用于治疗慢性软组织损伤性疼痛

1.1 治疗机制

慢性软组织损伤是临床常见的创伤性疾病之一,多因外伤后治疗不当或损伤后期得不到有效的康复治疗以及劳损积累等所致,临床表现主要为局部酸痛、钝痛或刺痛,影响关节的功能活动。近几年国内外关于ESWT治疗慢性软组织损伤性疼痛的报道很多,但其治疗机制仍在研究推理阶段。分析显示,ESWT止痛机制有以下几个方面:①当冲击波进入人体后,由于其所接触的介质不同,如脂肪、肌腱、韧带等软组织以及骨骼组织等,在不同性质组织之间的界面处会产生不同的机械应力效应,表现为对细胞产生不同的拉应力及压应力,拉应力可以诱发组织间松解,促进微循环,压应力可促使细胞弹性变形,增加细胞摄氧,从而达到治疗目的;②局部高强度的冲击波能够对神经末梢组织产生超强刺激,引起细胞周围自由基改变,释放抑制疼痛的物质;③ESWT对痛

觉神经感受器进行高度刺激,使神经敏感性降低,神经传导功能受阻,从而缓解疼痛;④ESWT还可改变伤害感受器对疼痛的接受频率,改变伤害感受器周围化学介质的组成,抑制疼痛信息的传递,从而缓解疼痛。

1.2 治疗肌腱炎

肌腱是一束连接肌肉和骨骼,传导肌肉产生压力的纤维组织,由于血运较差和反复遭受牵拉或过度劳累致纤维受损,肌腱或肌腱周围组织会出现炎症反应,表现为疼痛和关节活动受限等症状。近年来有关体外冲击波治疗肌腱炎的临床应用,国内外学者进行了大量的研究,并取得良好效果。Zwerver等^[1]用ESWT(每次治疗采用渐进能量强度至患者最大耐受,4Hz,脉冲2000次/回,1回/周,连续3周)治疗髌腱炎时发现,ESWT作为一种安全、无创、可耐受的治疗手段,可在短期内减轻患者疼痛,提高患者膝关节功能。Farr等^[2]比较ESWT两种不同的能量强度治疗肩关节钙化性肌腱炎时发现,中等能量强度(0.3mJ/mm², 4Hz, 脉冲3200次/回, 1回/周)与低能量强度(0.2mJ/mm², 4Hz, 脉冲1600次, 2回/周)ESWT对于钙化性肌腱炎6周和12周后治疗效果没有显著性差异,都能够减轻患者疼痛,提高肩关节功能,但较高能量强度ESWT更能减少治疗时间,减轻患者医疗负担。因此,ESWT对于治疗肌腱炎无论是近期还是远期都有良好效果,且副作用少。对于剂量选择方面,分析显示,无论低能量强度、较高能量强度、以患者主导的渐进能量强度ESWT都能较好地治疗肌腱病痛,只是选择的治疗次数不同,一般的,低能量强度ESWT选择2回/周,而较高能量强度ESWT选择1回/周即可,脉冲次数多为2000—3000次/回。

1.3 治疗筋膜炎

筋膜炎是指肌肉和筋膜的无菌性炎症反应,多由风寒侵袭、疲劳、外伤等外界不良因素引起,常见于肩、颈、腰、足底等。孔莉等^[3]观察ESWT治疗腰背肌筋膜疼痛综合征的临床疗效时发现,低能量强度ESWT(0.16mJ/mm², 4Hz, 脉冲800—1000次/回, 1回/周, 连续4周)治疗腰背肌筋膜疼痛综合征治愈率为61.5%,显效率为16.9%,治疗后患者疼痛明显

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.06.020

*基金项目:国家自然科学基金面上项目(81372118)

1 天津医科大学总医院康复科,天津,300070; 2 天津医科大学康复与运动医学系; 3 通讯作者

作者简介:王伟,男,主治医师; 收稿日期:2015-02-02

减轻,功能也有明显的改善。Saxena等^[4]比较ESWT与足底筋膜切开术对于运动员足底筋膜炎的治疗效果时发现,两者都能收到较好治疗效果,但与外科手术相比,接受渐进能量强度ESWT(每次治疗从 $0.1\text{mJ}/\text{mm}^2$,4Hz,脉冲500次/回开始到 $0.24\text{mJ}/\text{mm}^2$,4Hz,2000次/回为止,1回/周,连续3周)治疗的患者恢复训练的时间要大大缩短,因此,在治疗运动员足底筋膜炎时,ESWT要优于外科手术。Chew等^[5]比较ESWT与传统治疗手段对于足底筋膜炎的治疗效果发现,在减轻患者疼痛和提高患者功能方面要优于传统治疗,而且治疗剂量选择渐进能量强度(每次治疗从 $0.02\text{mJ}/\text{mm}^2$ 开始到 $0.42\text{mJ}/\text{mm}^2$ 为止)对于足底筋膜炎的治疗收到良好效果。因此,ESWT治疗足底筋膜炎有显著疗效,原先的研究也显示,ESWT治疗足底筋膜炎的治愈率达到34%—88%^[6-7]。在治疗剂量选择方面,多为低能量强度或者渐进能量强度ESWT,这两种方式对于足底筋膜炎的治疗都能收到良好效果,疗程多为1回/周,治疗3—4周即可。

1.4 治疗其他软组织损伤性疼痛

国内外一些文献显示ESWT应用范围除了上述慢性疼痛疾病以外,还用于治疗肱骨外上髁炎、下背痛(low back pain,LBP)等慢性软组织损伤性疼痛。肱骨外上髁炎又名网球肘,常见症状为疼痛、活动受限和肌肉萎缩等。原先的研究显示,ESWT对于肱骨外上髁炎的治愈率能达到68%—91%^[8-10]。Sarkar等^[11]将ESWT联合运动疗法治疗肱骨外上髁炎发现,低能量强度ESWT($0.06\text{mJ}/\text{mm}^2$,脉冲2000次/回,1回/周,连续3周)联合运动疗法要比单一的运动疗法,更能减轻患者的疼痛和改善上肢功能。Ozturan等^[10]发现低能量强度ESWT($0.17\text{mJ}/\text{mm}^2$,脉冲2000次/回,1回/周,连续3周)治疗肱骨外上髁炎的远期效果要优于激素注射疗法,因此,ESWT治疗肱骨外上髁炎后复发率低,而且远期效果较好,治疗剂量多选择低能量强度,这可能与炎症的位置比较表浅有关,疗程多为1回/周,连续3周即可。LBP是由腰椎间盘突出症、腰椎小关节紊乱、腰椎骨关节病、椎体滑脱症等引起的腰骶部疼痛、不适等症状,是常见的疼痛症候群,多数患者反复治疗、反复发作,经久难愈。Lee等^[12]观察ESWT治疗LBP时发现,低能量冲击波($0.10\text{mJ}/\text{mm}^2$,5Hz,脉冲2000次/回)能够较好的缓解患者下背痛的症状,提高患者的动态平衡能力。郑志新等^[13]观察气动弹道式体外冲击波治疗慢性非特异性下背痛的临床疗效,发现渐进能量强度ESWT(1.6—3.0bar,8.0—12Hz,脉冲2000次/回,2次/周,连续2周)对慢性非特异性下背痛的疗效优于热磁疗法。因此,ESWT治疗下背痛疗效显著,无论选择哪种形式的波源,宜选取低能量强度或渐进能量强度的冲击波治疗下背痛。

总之,ESWT作为一种安全、无创、可耐受的治疗手段,对于慢性软组织损伤性疼痛疗效显著,无论近期还是远期效

果都比较好且副作用低,治疗剂量多选用低能量密度或渐进能量强度至患者最大耐受,疗程多为1—2回/周,3周即可,若联合运动疗法,可显著改善运动功能。

2 ESWT用于治疗Ⅲ型前列腺炎

前列腺炎是成年男性的常见病之一,根据美国国立卫生研究院(NIH)关于慢性前列腺炎的分类标准,前列腺炎共分为四型,其中Ⅲ型前列腺炎是最常见的类型,Ⅲ型前列腺炎又称为慢性骨盆疼痛综合征(chronic pelvic pain syndrome,CPPS),主要症状为骨盆有明显的反复疼痛感,且会阴部、腹股沟、肛周、阴囊、大腿内侧及睾丸等部位会出现坠胀等症状,严重影响患者的生存质量。CPPS的病因学复杂,发病机制未明,因此临床治疗CPPS以缓解疼痛为主。研究显示ESWT对于CPPS镇痛效果显著,其镇痛机制可能是多种因素综合作用的结果:一方面是通过机械效应和一氧化氮(nitric oxide,NO)直接或间接的舒张血管,促进局部血液循环,加速疼痛介质的稀释和降解;另一方面ESWT可以提高局部转化生长因子、血管内皮生长因子的浓度,促进局部组织和血管的生长和修复^[14],同时还可以抑制前列腺组织的细菌繁殖,降低钙盐的沉积,调节局部的免疫反应,从而达到止痛目的。Zimmermann等^[15]首次证实冲击波对于CPPS的临床疗效,发现低能量冲击波($0.11\text{mJ}/\text{mm}^2$,3Hz,脉冲2000次/回,1回/周,连续2周)能够在短时间内明显减轻患者的疼痛,且副作用低。2010年^[16]又用渐进能量强度ESWT($0.25\text{—}0.40\text{mJ}/\text{mm}^2$,3Hz,脉冲3000次/回,1回/周,连续4周)治疗CPPS后的症状有明显改善。但Moayedina等^[17]发现尽管ESWT短期内在治疗CPPS是一种安全有效的方式,但长期效果并不显著。因此,就一些前列腺炎引起的顽固性疼痛短期内可以考虑ESWT,选择的剂量强度多为低强度或渐进能量强度,但长期效果需要进一步研究证实。

3 ESWT用于治疗肢体痉挛

肌肉痉挛是以速度依赖性的张力牵张反射增强,所致腱反射亢进为特征的一种运动障碍,是脑血管病(如脑卒中、脑瘫)等上运动神经元性疾病常见的表现,严重影响患者的日常活动能力。临床上降低肌张力异常的方法很多,包括药物和物理治疗,近年来国内外学者用ESWT来降低肌肉痉挛收到良好效果。关于ESWT治疗肌肉痉挛的机制还不清楚,但有分析认为,ESWT能够诱导NO的产生,一方面NO与神经肌肉突触形成有关,可影响神经递质的释放;另一方面NO具有神经传导、记忆和突触可塑的重要生理功能^[14,18],最近的一项动物实验也显示,冲击波能够阻碍肌肉神经接头神经兴奋的传递,抑制痉挛的产生,可能与NO影响神经递质的释放有关^[19]。也研究认为关于ESWT减轻肌肉痉挛,是因为

ESWT震动机械效应直接作用于高尔基腱器官抑制神经兴奋的产生,而这种减轻痉挛机制可能性比较小,是因为ESWT震动机械效应对神经冲动的抑制仅能维持几个小时,而肌肉痉挛减轻却能维持好几个周。

Moon等^[20]观察ESWT对于亚急性脑卒中偏瘫患者下肢肌肉痉挛的治疗效果,发现低能量强度ESWT($0.089\text{mJ}/\text{mm}^2$, 4Hz, 脉冲1500次/回, 1回/周, 连续3周)能够即刻改善患者下肢肌肉痉挛,尽管治疗4周后痉挛程度与治疗前相比没有显著性差异,但总体仍呈下降趋势。Vidal等^[21]研究ESWT对于脑瘫患者肌肉痉挛治疗效果发现,低能量强度ESWT($0.10\text{mJ}/\text{mm}^2$, 8Hz, 脉冲2000次/回, 1回/周, 连续3周)能够明显改善脑瘫患者痉挛程度,无副作用,但治疗效果仅能维持2—3周。因此,ESWT对于上运动神经元异常导致的肌肉痉挛短期内效果明显,多选择低能量强度ESWT, 1次/周, 连续3周治疗肌肉痉挛,但远期效果尚不明显,这可能因为ESWT治疗痉挛只是作用于外周运动系统,而对于脑高级神经中枢功能恢复重建作用不大,这样高级神经中枢对低级神经中枢的抑制作用仍未恢复,肌肉痉挛未缓解。

4 ESWT用于治疗骨质疏松

骨质疏松(osteoporosis, OP)是以骨量减少、骨组织微结构破坏为特征的骨骼系统疾病,使得骨的脆性增加,导致骨折,其危害性主要表现在高死亡率、发病率、医药费用昂贵等方面。目前对于OP的治疗仍然以药物为主,长期的药物治疗有潜在的副作用,而且依从性差。非药物治疗包括运动疗法、物理因子干预,如低能量脉冲超声、磁场、ESWT等,在治疗OP患者时收到良好效果,其中,ESWT作为一种新型非侵入性治疗方法备受关注。有关ESWT治疗OP机制尚不清楚,有研究显示,ESWT能够诱导多种骨生长因子的表达,如骨形态发生蛋白、转化生长因子- β 、胰岛素生长因子等,促进骨细胞增殖分化,诱导骨生长^[22];还可激活肾素-血管紧张素系统(renin-angiotensin system, RAS),促进骨细胞内血管皮生长因子的表达,有利于骨再生阶段的血管再生^[23]。

Wang等^[24]建立老鼠OP模型,观察ESWT治疗OP效果发现,低能量强度ESWT($0.22\text{mJ}/\text{mm}^2$, 脉冲800次/回)可减少骨量丢失,诱导新骨形成和增强骨质强度,是治疗OP的有效方法。Tam等^[25]建立山羊OP模型,观察ESWT治疗OP效果发现,高能量强度($0.5\text{mJ}/\text{mm}^2$, 4Hz, 脉冲6000次/回)可促进疏松骨新生血管的形成,改良骨的微结构,增加骨量,是预防骨质疏松骨折的有效途径。OP原先作为ESWT治疗的相对禁忌证,但随着ESWT仪器精密度的提高,应用逐渐得到突破,但此类研究大多集中在动物生物分子研究,缺乏临床及循证医学证据,其安全性与有效性,尚需临床证实。

5 ESWT用于治疗急慢性皮肤损伤

常见的急慢性皮肤损伤包括糖尿病足、创伤或烧伤的破溃、动脉型溃疡、静脉型溃疡等,研究发现冲击波对急慢性皮肤损伤治疗效果显著,可减少感染,促进伤口愈合。有关ESWT治疗伤口愈合的机制尚未弄清,但有研究显示,ESWT可提高局部转化生长因子、血管内皮生长因子的浓度,促进局部组织和血管的生长和修复,改善血液供应,加速软组织创面的愈合。动物实验也显示,冲击波可促进局部血管生长因子早期表达,包括内皮氮氧合酶、血管内皮生长因子及增生细胞核抗原等,进一步促进细胞的增殖,促进伤口愈合。

糖尿病足多因足部神经功能减退,微循环障碍而发生溃疡和坏疽,是糖尿病一种严重的并发症,也是糖尿病患者致残、致死的重要原因之一。Moretti等^[26]观察ESWT对于糖尿病足的疗效发现,低能量ESWT($0.03\text{mJ}/\text{mm}^2$, 脉冲100次/ cm^2 , 间隔72 h, 共3次)治疗糖尿病足的愈合率为53.33%,是一种安全、有效的手段,且副作用低。Wang等^[27]比较ESWT与高压氧对于糖尿病足的临床疗效,发现与高压氧相比,ESWT更能加快患足的血流再灌注和细胞活性,治疗效果要优于高压氧;2014年Wang又评价了ESWT对于慢性溃疡性足的远期效果,但发现5年内ESWT治疗效果有所降低^[28]。因此,ESWT治疗慢性溃疡性足远期效果需要进一步的研究证实。Goertz等^[29]以老鼠建立烧伤模型,观察ESWT对于伤口愈合的治疗效果时发现,ESWT能够促进毛细血管的形成,提高白细胞的活性,促进伤口的愈合,而且低能量ESWT($0.04\text{mJ}/\text{mm}^2$, 1Hz, 脉冲500次/回)治疗效果要优于极低能量强度($0.015\text{mJ}/\text{mm}^2$, 1Hz, 脉冲500次/回)。因此,低能量ESWT对于糖尿病足、烧伤等急慢性皮肤损伤治疗效果显著,可促进组织的修复和重建,加速伤口愈合,但对于糖尿病足的一种并发症,是由于体内糖代谢异常致使足部神经保护功能减退,微循环障碍引起,提示对于糖尿病足行ESWT治疗后,要积极的控制血糖,避免糖尿病足的复发。

6 ESWT对于缺血性心脏病的影响

缺血性心脏病在人群的发病率比较高,且预后较差,传统的药物治疗不能很好地缓解症状,最近的研究显示,ESWT作为一种新的治疗方式开始应用于缺血性心脏病的患者,收到良好效果。有关冲击波治疗缺血性心脏病的机制尚未明确,有分析显示,冲击波释放的能量流能够引起微循环的改变,使得细胞膜超极化,自由基释放, RAS的激活,促进NO的合成,从而使得内皮生长因子及其受体的表达增加,促进血管再生。Ito等^[30]通过建立猪心肌缺血模型,发现在心前区应用低能量ESWT可诱导冠状血管再生和改善心肌供血,且没有副作用。Cassar等^[31]观察ESWT对于慢性稳定性

心绞痛的临床疗效,发现低能量ESWT($0.09\text{mJ}/\text{mm}^2$, 14kV)能够提高患者血流灌注,减轻临床症状,提高患者的运动耐力,是一种安全、无创的治疗方式。

虽然临床上报道过ESWT可以有效改善缺血性心脏病患者的临床症状,但研究样本量不够,且没有对ESWT治疗缺血性心脏病远期效果进行评估,因此,关于ESWT治疗缺血性心脏病有效性,未来仍然需要大量的研究来证实。

7 ESWT应用注意事项

根据ESWT物理治疗原理,推测ESWT在治疗疾病的同时也会对人体组织器官产生不利影响,主要的副作用包括:治疗初期病情恶化,局部出现肿胀、变红、血肿、斑点、烧伤般的疼痛感等,但这些副作用一般会在短期内自行恢复。此外,出现以下情况应禁用ESWT:①妊娠期的妇女;②凝血功能障碍及深静脉血栓;③急性炎症期;④目标治疗区出现脓肿;⑤原发性恶性肿瘤;⑥严重心脏病、心律不齐、体内安装起搏器者;⑦风湿性疾病。

在具体应用方法方面,应该在结合具体疾病基础上,以患者的耐受程度为主导,选择合适能量强度,遵循先轻后重、循序渐进的原则,这样既可减轻治疗过程中患者疼痛,避免损伤,提高安全性,又能够提高治疗依从性。

8 展望

冲击波作为一项非侵入性物理治疗技术,是一种安全、可靠、副作用低的治疗方法,而且治疗领域不断扩展,从原先的碎石、促进骨生长,逐渐应用到慢性软组织损伤性疼痛、伤口愈合、肌肉痉挛等方面,并取得良好效果,应用前景十分广阔。随着仪器精密度的提高、相关专用设备的发展,在脑、脊髓、心血管等组织ESWT相对禁忌证,临床应用也得到突破。然而目前ESWT临床应用也存在一定的问题,如其治疗机制、具体应用方法(如能量强度、频率、疗程等)、远期效果等方面仍需进一步研究证实,同时应该在循证医学的基础上对各种疾病的疗效和适应证进行客观评价。

参考文献

- [1] Zwerver J, Dekker F, Pepping GJ, et al. Patient guided Piezoelectric Extracorporeal Shockwave Therapy as treatment for chronic severe patellar tendinopathy: A pilot study[J]. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 2010, 23: 111—115.
- [2] Farr S, Sevelde F, Mader P, et al. Extracorporeal shock-wave therapy in calcifying tendinitis of the shoulder[J]. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy:2011, 19(12): 2085—2089.
- [3] 孔莉, 张红. 冲击波治疗腰背筋膜疼痛综合征近期疗效观察

及康复指导[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21:948—949.

- [4] Saxena A, Fournier M, Gerdesmeyer L, et al. Comparison between extracorporeal shockwave therapy, placebo ESWT and endoscopic plantar fasciotomy for the treatment of chronic plantar heel pain in the athlete[J]. Muscles, Ligaments and Tendons Journal, 2012, 2:312—316.
- [5] Chew KT, Leong D, Lin CY, et al. Comparison of autologous conditioned plasma injection, extracorporeal shockwave therapy, and conventional treatment for plantar fasciitis: a randomized trial[J]. PM & R, 2013, 5:1035—1043.
- [6] Chen HS, Chen LM, Huang TW. Treatment of painful heel syndrome with shock waves[J]. Clin Orthop, 2002, 387:41—46.
- [7] Chuckpaiwong B, Berkson EM, Theodore GH, et al. Extracorporeal shock wave for chronic proximal plantar fasciitis: 225 patients with results and outcome predictors[J]. J Foot Ankle Surg, 2009, 48:148—155.
- [8] Radwan YA, ElSobhi G, Badawy WS, et al. Resistant tennis elbow: shock-wave therapy versus percutaneous tenotomy[J]. Int Orthop, 2008, 32:671—677.
- [9] Rompe JD, Decking J, Schoellner C, et al. Repetitive low-energy shock wave treatment for chronic lateral epicondylitis in tennis players[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2004, 32:734—743.
- [10] Ozturan KE, Yucel I, Cakici H, et al. Autologous blood and corticosteroid injection and extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis[J]. Orthopedics, 2010, 33:84—91.
- [11] Sarkar B, Das PG, Equebal A, et al. Efficacy of low-energy extracorporeal shockwave therapy and a supervised clinical exercise protocol for the treatment of chronic lateral epicondylitis: A randomised controlled study[J]. Hong Kong Physiotherapy Journal, 2013, 31:19—24.
- [12] Lee S, Lee D, Park J. Effects of extracorporeal shockwave therapy on patients with chronic low back pain and their dynamic balance ability[J]. J Phys Ther Sci, 2014, 26:7—10.
- [13] 郑志新 高谦, 王军, 等. 气动弹道式体外冲击波治疗慢性非特异性下腰痛的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19: 666—668.
- [14] Mariotto S, Menegazzi M, Suzuki H. Biochemical aspects of nitric oxide[J]. Current Pharmaceutical Design, 2004, 10: 1627—1645.
- [15] Zimmermann R, Cumpanas A, Hoeltl L, et al. Extracorporeal shock-wave therapy for treating chronic pelvic pain syndrome: a feasibility study and the first clinical results[J]. BJU International, 2008, 102:976—980.

- [16] Zimmermann R, Cumanas A, Miclea F, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic pelvic pain syndrome in males: a randomised, double-blind, placebo-controlled study[J]. *European Urology*, 2009, 56: 418—424.
- [17] Moayedina A, Haghdani S, Khosrawi S, et al. Long-term effect of extracorporeal shock wave therapy on the treatment of chronic pelvic pain syndrome due to non bacterial prostatitis[J]. *J Res Med Sci*, 2014, 19:293—296.
- [18] Mariotto S, de Pati AC, Cavalieri E, et al. Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action[J]. *Current Medicinal Chemistry*, 2009, 16(19):2366—2372.
- [19] Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy[J]. *J Orthop Res*, 2012, 30:1660—1665.
- [20] Moon SW, Kim JH, Jung MJ, et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in subacute stroke patients[J]. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2013, 37:461—470.
- [21] Vidal X, Morral A, Costa L, et al. Radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) in the treatment of spasticity in cerebral palsy: a randomized, placebo-controlled clinical trial[J]. *NeuroRehabilitation*, 2011, 29:413—419.
- [22] Martini L, Giavaresi G, Fini M, et al. Effect of extracorporeal shock wave therapy on osteoblastlike cells[J]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2003, 413:269—280.
- [23] Wang CJ, Wang FS, Yang KD, et al. Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon—bone junction. A study in rabbits[J]. *J Orthop Res*, 2003, 21:984—989.
- [24] Wang CJ, Huang CY, Hsu SL, et al. Extracorporeal shock-wave therapy in osteoporotic osteoarthritis of the knee in rats: an experiment in animals[J]. *Arthritis Research & Therapy*, 2014, 16:R139.
- [25] Tam KF, Cheung WH, Lee KM, et al. Shockwave exerts osteogenic effect on osteoporotic bone in an ovariectomized goat model[J]. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 2009, 35:1109—1118.
- [26] Moretti B, Notarnicola A, Maggio G, et al. The management of neuropathic ulcers of the foot in diabetes by shock wave therapy[J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2009, 10:54.
- [27] Wang CJ, Wu RW, Yang YJ. Treatment of diabetic foot ulcers: a comparative study of extracorporeal shockwave therapy and hyperbaric oxygen therapy[J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2011, 92:187—193.
- [28] Wang CJ, Wu CT, Yang YJ, et al. Long-term outcomes of extracorporeal shockwave therapy for chronic foot ulcers[J]. *The Journal of Surgical Research*, 2014, 189:366—372.
- [29] Goertz O, Lauer H, Hirsch T, et al. Extracorporeal shock waves improve angiogenesis after full thickness burn[J]. *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries*, 2012, 38:1010—1018.
- [30] Ito K, Shimokawa H. Extracorporeal cardiac shock wave therapy for angina pectoris[J]. *Nippon Rinsho*, 2008, 66: 2019—2026.
- [31] Cassar A, Prasad M, Rodriguez-Porcel M, et al. Safety and efficacy of extracorporeal shock wave myocardial revascularization therapy for refractory angina pectoris[J]. *Mayo Clinic Proceedings Mayo Clinic*, 2014, 89:346—354.