

·综述·

体外冲击波疼痛治疗的进展

王江山¹ 何明伟¹ 倪家骧^{1,2}

慢性软组织损伤性疼痛的非药物治疗是古老而有效的医术。数千年前,祖先利用针灸、推拿等方法治疗慢性疼痛。近年来,慢性疼痛非药物疗法在国内外成为一种主流的疼痛治疗方法,其安全性远高于药物治疗。1980年Chaussy首次用体外冲击波疗法(extracorporeal shock wave treatment, ESWT)治疗肾结石成功后,近十年来冲击波的治疗范围逐渐从碎石、治疗骨折不愈合等扩大到慢性疼痛治疗领域,其疗效肯定^[1],专用设备也得到了充分发展。国内很多医疗机构引进体外冲击波(ESW)治疗技术,已有大量文献报道了ESW治疗慢性软组织损伤性疼痛的疗效。本文总结了国内外近十年ESW治疗在疼痛领域应用情况的相关报道,分析其临床应用的优越性与局限性,展望其未来发展前景。

ESW属于一种特殊形式的声波^[2],具有很高的压强,周期很短,仅10 μ s,频率为16—20MHz,可在三维空间传播,传播速度随压力的增加而加快。ESW在传导过程中,于不同声阻抗的材料界面之间,形成反射和折射,并在材料内部形成能量衰减,阻抗大的吸收能量多,阻抗小的吸收能量少,形成不同的效应。ESW的最佳传递介质是水和明胶,皮肤、脂肪、肌肉等组织同水的声阻抗接近,因此,冲击波对皮肤、脂肪、肌肉、结缔组织损伤较小。ESW聚焦后能流可被集中在1.5mm²范围的靶区内形成效应,其产生的破碎作用是以一种内爆形式产生的,形成的碎片动能很小。

1 体外冲击波治疗机的类型

冲击波治疗仪的波源有液电式、压电式、电磁式和气压弹道式四种,各种波源均有其优缺点,对治疗结石、骨折不愈合、慢性软组织损伤等疼痛性疾病各有所长。

1.1 液电式冲击波源

液电式冲击波利用液体放电原理产生冲击波,最早应用于冲击波碎石机。1980年在德国慕尼黑首次应用于临床,它是水下电极尖端通过瞬间高压放电产生的冲击波,纳秒(ns)级的强脉冲放电产生液电效应,冲击波经半椭圆球反射聚焦后,通过水传播入人体,其能量再作用于第二焦点。优点:液电式冲击波是最早使用的冲击波源,发展时间长,技术较成

熟。冲击波能量大,脉冲波形稳,冲击时间快,安全可靠,使用能量最低,电压3—9kV,临床效果优于电磁波源,特别适用于骨筋膜疾病的治疗;缺点:噪声大,消耗电极,治疗一个患者需要更换一次电极,放电稳定性差,焦点漂移,对软组织损伤大。

1.2 压电晶体冲击波源

体外压电式冲击波治疗仪于1989年在法国研制成功。其原理是在一个半球的内壁安装许多压电晶体,当高压电源加载于压电晶体上,压电晶体产生收缩效应,发生振动,产生冲击波,在水介质传导下,冲击波在第二焦点处聚焦,促进成骨细胞的增殖分化。优点:噪声极小,频率单纯杂波少,对组织损伤轻;缺点:功率小,晶体质量和寿命及安装要求高,每个晶体触发脉冲难以同步。

1.3 电磁式冲击波源

20世纪90年代中期,世界上主要的冲击波治疗机厂家采用了电磁式冲击波技术,其原理是高压线圈通电后发生脉冲磁场推动金属振膜在水中震动产生冲击波。优点:噪声小,聚焦稳定、不用更换电极,放电稳定;缺点:冲击波时间慢,使用能量高,电压13—20kV;临床效果较液电冲击波源差。

1.4 气压弹道式冲击波源

气压弹道系统自20世纪90年代开始应用,最早用于碎石。其原理和建筑工程用的水泥枪相似,利用压缩气体产生能量驱动手柄内子弹体,使子弹体脉冲式冲击产生止痛作用,促进组织增生。优点:对肌肉组织疗效好;缺点:冲击波治疗时不能同时处理因长期停留一处形成的息肉、狭窄和其他病症。

2 体外冲击波治疗慢性软组织损伤性疼痛的学说及机制

虽然近几年国内外关于冲击波治疗疼痛的报道很多,但其治疗机制还处于研究推理阶段。随着人们对体外冲击波认识的不断提高,一些研究发现体外冲击波除有传统的崩解结石作用外,对周围组织细胞也有一定作用。一般可观察到胞外空化反应、分子离子化和胞膜通透性增加等直接影

响,还可见扩散的原子团和生物分子相互作用、线粒体损伤和细胞内分子变化等反应^[8]。体外冲击波的镇痛作用机制尚不完全清楚。一些学者认为冲击波能够通过提高痛阈来使疼痛减轻或缓解。另有学者认为冲击波的牵张和压应力可引起压电效应及空化效应,从而改变受冲击部位组织细胞电位,产生电荷变化带来的生物效应以治疗疾病。另外,高能冲击波在骨与肌腱内部产生一系列物理效应,从而松解粘连,达到治疗疾病的目的。目前主要归纳以下理论学说:

2.1 机械波学说

有人提出由于冲击波是一种机械波,其传递沿其传播的方向引起介质的压缩和膨胀,并通过介质产生衰减,在不同界面引起反射和折射。它的能量是通过纯粹作用于组织的机械效应转化为生物学效应而传递。当高能震波传输到人体时,不同软组织与骨组织的成分不同,其抗张、抗压程度等不同,在交界面产生不同机械应力,引起软组织间弹性变形和松解。目前有人认为,关节肌肉疼痛很大程度来源于软组织粘连,冲击波通过高能量在痛点局部产生对软组织的松解,这一机制可能是冲击波获得良好疗效的重要原因。所以认为这种治疗对肢体疼痛,特别是病灶疼痛部位在肌肉、肌腱、肌腱附着点及筋膜处的松解作用较为明显。

2.2 声音震波学说

高能声音震波产生牵张力超过水(液体)牵张力时可产生空化水泡,水泡震动时体积增大和变小,产生脉冲波。在水泡体积增大时,其内向性爆破可导致高能水喷射和高温。而在人体不同密度介质的界面处,如软组织、细胞和血液中含有小的气泡,高能震波在此类介质中传递会引起空化效应,利用此效应能疏通微血管,松解关节和软组织粘连、活化骨细胞、促进新骨和骨痂形成。这些效应对于疏散炎症,缓解炎症引起的疼痛有治疗效果^[1]。

2.3 体外冲击波止痛的机制

冲击波可以穿过体液和组织到达患处。当它进入人体后,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。有学者进行临床观察^[9],最初冲击100次以内患者痛感明显,随后逐渐减轻。可能是由于ESWT对人体组织的作用力较强,局部高强度的冲击波能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;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;ESWT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^[2],另外还有学者提出,慢性疼痛的产生

是一种病理性的恶性反射记忆,体外冲击波可以通过强刺激,消除这种病理性记忆痕迹,从而减轻疼痛^[32]。

3 冲击波的副作用

Rompe等在1998年把体外冲击波能量大致分为低、中、高三级:低于0.08mJ/cm²为低能量;能量在0.28mJ/cm²左右,为中等能量;高于0.6mJ/cm²为高能量。通常低、中级能量无副作用,高能量冲击波在治疗中有出血或神经损伤等一些副作用出现,高能量冲击波能使机体组织细胞严重受损,造成组织细胞不可逆受损,组织学发现有炎性细胞浸润、纤维样坏死^[20]。体外冲击波治疗慢性软组织损伤疼痛性疾病一般不会出现严重副作用及并发症,轻微并发症包括:局部皮肤变红或瘀斑,通常几天后消除;局部麻木或麻刺感;治疗损伤致肌腱膜撕裂;疼痛不缓解;治疗后疼痛加重等^[10]。

4 体外冲击波慢性疼痛治疗的应用分析

4.1 治疗对象及应用范围

4.1.1 适应证:经一般理疗、药物治疗、局部封闭无效的慢性软组织损伤性疼痛疾病患者如:肩峰下滑囊炎、肱二头肌长头腱炎、钙化性冈上肌腱炎、肱骨内上髁炎、肱骨外上髁炎、弹响髌、跳跃膝、跟痛症及足底筋膜炎;Ⅲ型前列腺炎等。

4.1.2 禁忌证:严重全身疾病、严重心脏病、高血压、安装心脏起搏器、出血性疾病、凝血机制障碍、14岁以下儿童及孕妇。局部因素包括:感染活动期、皮肤破溃、肌腱及筋膜急性损伤、病理性骨折、萎缩及感染性骨不连,冲击波焦点位于脑及脊髓组织、肺组织,以及大血管、重要神经干走行处者,有关节液渗漏者^[26]。

4.2 体外冲击波在慢性疼痛治疗的应用

4.2.1 对跟痛症的治疗:跟痛症是临床上较为常见的一种困扰众多中老年人的慢性顽固性疾病。主要表现为足跟部的疼痛,合并有主动或被动活动受限,其中大多数伴有跟骨骨刺的存在。体外冲击波作为一种新的治疗方法,因能减轻疼痛并能裂解钙化的沉积物而被众多学者应用,并取得了良好的效果。Ogden等^[5]在美国食品及药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)的支持下,首次采用随机、对照、双盲的方法进行体外冲击波治疗跟痛症的前瞻性研究,使用体外冲击波发生器治疗320例患者,病史在6个月—18年不等,3个月后治疗组成功率比对照组高56%,由此跟痛症成为第一个被FDA批准用冲击波治疗的骨科疾病。朱宏骞等^[3]利用高能体外冲击波治疗跟痛症患者84例,治疗3个月后显效率84%。廖冬发等^[4]采用苏州产CS 2012A9电磁式冲击波骨科治疗仪门诊治疗60例跟痛症患者,58例得到3个月随访,有效率70%,治疗后未发现明显并发症。

4.2.2 对肱骨外上髁炎、肩周炎的治疗:肱骨外上髁炎又称

网球肘,常见症状为疼痛、活动受限和肌肉萎缩等。治疗以止痛、松解粘连为主。常规的非手术治疗方法有非类固醇类抗炎药、超声波治疗、局部激素注射、物理治疗和激光治疗等,但均无持续性和肯定的疗效。近年来体外冲击波被应用于治疗网球肘并取得良好效果,有关体外冲击波治疗网球肘的临床应用,国内外学者进行了大量的研究。安华等^[6]采用德国 PIEZOSON100 电-液压型体外冲击波治疗仪治疗网球肘、跟痛症和肩袖损伤共 116 例患者,观察治疗效果。发现网球肘治疗显效率 72.4%,有效率 18.4%;肩袖损伤治疗显效 25.0%,有效 42.0%。郑夏茹等^[16]应用体外冲击波治疗 20 例肩周炎患者,治愈率达 85.00%。徐鹏等^[21]应用国产 MO-DLE KDE-2002 型体外冲击波碎石机治疗老年性肩周炎与跟痛症患者共 110 例,均取得显著地疗效。

4.2.3 对Ⅲ型前列腺炎的治疗:前列腺炎是成年男性的常见病之一。依据 INH 分类,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),疼痛是其最主要的症状,也是影响患者生存质量的主要原因之一^[21],而其引起的排尿困难或是勃起功能障碍,使生存质量明显下降,往往较引起的疼痛重^[26-28]。由于 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,且其镇痛作用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 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;另一方面可以提高局部转化生长因子、血管内皮生长因子的浓度^[12],促进局部组织和血管的生长和修复,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^[24]在 2007 年利用冲击波(能量强度 0.25mJ/mm², 3Hz, 2000 次)治疗 20 例 CPPS 患者,分别对治疗前,治疗后 1、4、12 周应用 NIH 慢性前列腺炎症状指数(NIH-CPSI),国际前列腺症状评分,视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)进行症状评分,研究显示治疗前后的症状有明显改善;2009 年^[29]又对 30 例 CPPS 的患者进行体外冲击波治疗,结果显示治疗组的疼痛缓解情况与生存质量的提高明显优于对照组,并且无一例严重并发症,因此就一些前列腺炎引起的顽固性疼痛可以考虑冲击波治疗^[11]。

4.2.4 其他部位软组织慢性损伤疼痛:国内一些文献对体外冲击波慢性疼痛治疗应用范围除了上述疾病以外,还有关于治疗膝关节疼痛、颈腰部软组织慢性损伤性疼痛,以及足底筋膜炎等的相关报道。马才英等^[13]应用低能体外冲击波治疗肢体软组织损伤共 249 例,与局部封闭、按摩及药物治疗比较,冲击波治疗组远期缓解疼痛效果明显优于后者。杨杰华等^[24]对 28 例创伤性膝关节功能障碍患者进行体外冲击波治疗,60 次/min、强度 6—11W/cm²,时间约 25min,2 次/周,共

6 次,治疗 3 周后,体外冲击波组膝关节活动度平均增加 73.8°,疼痛减轻 47.96%,总有效率高达 100%,并且无任何不良反应发生。黄朝梁等应用体外冲击波治疗慢性腰肌劳损 36 例,有效率 80.5%,无副作用发生^[7];张锦佳等^[14]多采用放散状冲击波治疗慢性足底筋膜炎 64 例,70%以上的患者疼痛明显缓解,足部恢复正常功能。朱宏骞等^[15]应用高能体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎 84 例,与未进行此治疗组比较,并随访 3 月,治疗组患者的显效率显著高于对照组。郑萍等^[22]查阅 65 篇 2007—2008 年的关于体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎的相关文章,并进行综述,认为其疗效大部分是肯定的。Bavornrit Chuckpaiwong 等^[30]对 225 例足底筋膜炎的接受高能体外冲击波治疗的病例进行回顾性研究,结果表明,3 个月及 1 年的有效率达到 70%以上,并且未见明显并发症,因此认为此种方法治疗足底筋膜炎有效且较为安全。邢林卿等^[18]应用体外冲击波治疗髌关节置换后疼痛患者 51 例,均起到很好的止痛效果,并提出体外冲击波是治疗由于松动、感染、软组织炎症、异位骨化引起的髌关节置换后疼痛的有效方法。Saggini R 等^[31]对 30 例肢体创伤后慢性溃疡的患者进行体外冲击波治疗,结果显示 50%患者晚期愈合,未痊愈的患者中,渗出较前明显减少,并且肉芽组织形成较纤维化的比例增高,因此认为体外冲击波治疗对于肢体慢性溃疡的愈合有很大作用。Furia JP 等^[32]对 33 例慢性臀大肌疼痛综合征的患者行低能量体外冲击波治疗,结果显示,体外冲击波治疗组的治疗效果优于对照组。由此可见,体外冲击波治疗对于多种软组织慢性疼痛有很好的治疗效果。

4.3 体外冲击波治疗仪的选择

大多数报道中对体外冲击波治疗仪类型的选择,并不是非常关注,特别是对弹道式冲击波治疗仪的报道很少,而弹道式体外冲击波治疗仪在四种波源的冲击波治疗仪中对肌肉组织疗效最好。随着体外冲击波一些专用疼痛治疗设备的发展,体外冲击波治疗慢性疼痛性疾病的应用范围也逐渐扩展。海因里希·埃佛尔克等^[17]采用体外冲击波针灸治疗髌关节疼痛患者 20 例,采用较柔和的、以弹道方式产生的体外冲击波,所有患者经过 4—12 次治疗后,在 40—65 岁的 16 例患者中疼痛消失 14 例,好转 2 例;70—85 岁的 4 例患者中疼痛消失 1 例,无效 2 例,另外,此方法对脊柱特别是胸椎、颈椎慢性软组织损伤性疼痛疾病的治疗缺乏明显临床应用证据,因此还有待于进一步深入研究。

5 展望

体外冲击波治疗仪作为一种理疗设备,其治疗作用已超出了人们对理疗设备的期望。传统观念认为理疗设备以保健为主,治疗作用远低于服药、注射、手术等治疗方法。体外冲击波是一种优于其他微创式的非侵入性治疗技术,是一

种安全、可靠、痛苦小的治疗方法,尤其在慢性软组织损伤性疼痛疾病的治疗方面,较传统外科方法有更安全、有效、无创、无副作用发生等许多优势,是一种具有保守疗法的安全无创性和手术疗法的特效性的新型运动系统疾病治疗方法^[32]。国内报道多数把临近脊髓、肺、脑、大神经、血管组织作为体外冲击波治疗的相对禁忌证,但随着仪器精密度的提高、相关专用设备的发展,临床应用有望突破这一瓶颈,体外冲击波将以其独特的治疗方式在脊柱相关慢性疼痛性疾病的治疗领域中占有一席之地。当然ESWT治疗还存在一些问题,如仪器操作时噪声较大、聚焦定位较困难、治疗机制尚未明确等,这些均有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] 邢更彦.骨肌疾病体外冲击波疗法[M].第1版.北京:人民军医出版社,2007:158—160.
- [2] 周宁,邵斌,陈勇,等.体外冲击波与关节松动术加短波透热治疗肩周炎的效果比较研究[J].中华物理医学与康复杂志,2010,32(1):38—40.
- [3] 朱宏骞,熊东林,陈葵好,等.高能体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(1):86—89.
- [4] 廖冬发,毅毅,张波,等.体外冲击波治疗跟痛症[J].西南国防医药,2007,17(2):201—203.
- [5] Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al. Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2001, (387):47—59.
- [6] 安华,李小雯,于长隆,等.应用体外冲击波治疗末端病的疗效观察[J].中国运动医学杂志,2004,23(3):297—301.
- [7] 黄朝梁,周言忠,柯珍勇,等.体外冲击波治疗慢性软组织疼痛临床观察[J].重庆医科大学学报,2002,27:196—197.
- [8] 梁新军,夏仁云.体外冲击波的机制及其在骨科的应用[J].国外医学·骨科学分册,2003,24(2):88—90.
- [9] 江明,邢更彦.体外冲击波疗法在骨组织及肌肉系统疾病中的应用[J].中国临床康复,2005,9(2):191—193.
- [10] 黄国志.体外冲击波治疗骨关节疼痛性疾病进展[J].中国康复医学杂志,2004,19(6):474—476.
- [11] 成洲.冲击波治疗慢性骨盆疼痛综合征的研究进展[J].中国医学工程,2009,17(1):24.
- [12] Mariotto S, Menegazzi M, Suzuki H. Biochemical aspects of nitric oxide[J]. Curr Pharm Des, 2004, 10(14):1627—1645.
- [13] 马才英,张萍,胡永福.低能体外冲击波治疗肢体软组织损伤的疗效观察[J].中国康复,2008,23(5):345.
- [14] 张锦佳,孔丹,郝玥.放散状体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎的疗效评估[J].第四军医大学学报,2008,29(20):1981.
- [15] 朱宏骞,熊东林,陈葵好,等.高能体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(1):86—88.
- [16] 郑夏茹,吴洪,冉春风,等.体外冲击波疗法治疗肩关节周围炎的临床研究[J].中国康复医学杂志,2009,24(5):459—460.
- [17] 海因里希·埃佛尔克.体外冲击波针灸治疗腕关节疼痛20例[J].中国针灸,2010,30(3):230—231.
- [18] 邢林卿,谭金海,雷鹏程,等.体外冲击波治疗腕关节置换后疼痛[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(48):9533.
- [19] Hsu CJ, Wang DY, Tseng KF, et al. Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2008, 17(1):55—59.
- [20] 张萍,马才英.体外冲击波治疗慢性软组织损伤性疾病疗效观察[J].中国疼痛医学杂志,2009,15(1):61.
- [21] 徐鹏,陈小英,王伟琪,等.体外冲击波治疗老年性肩周炎和跟痛症[J].中国老年学杂志,2008,28(16):1625—1627.
- [22] 郑萍,闫汝蕴.体外冲击波治疗慢性足底筋膜炎[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(4):743—746.
- [23] 杨杰华,张盘德,洗晓琪,等.体外冲击波改善创伤性膝关节功能障碍[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(26):5179—5182.
- [24] Zimmermann R, Cumanas A, Hoelzl L, et al. Extracorporeal shock wave treatment (ESWT): An easy applicable and effective therapy for chronic pelvic pain syndrome (CPPS)[J]. Eur Urol Suppl, 2007, 6(2): 169.
- [25] Rompe JD, Buch M, Gerdesmeyer L, et al. Musculoskeletal shock wave therapy: current database of clinical research[J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2002, 140(3):267—274.
- [26] Schaeffer AJ. Epidemiology and evaluation of chronic pelvic pain syndrome in men[J]. Int J Antimicrob Agents, 2008, 31(Suppl 1):s108—111.
- [27] Walz J, Perotte P, Hutterer G, et al. Impact of chronic prostatitis-like symptoms on the quality of life in a large group of men[J]. BJU Int, 2007, 100(6):1307—1311.
- [28] Lee SW, Liong ML, Yuen KH, et al. Adverse impact of sexual dysfunction in chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome[J]. Urology, 2008, 71(1):79—84.
- [29] Zimmermann R, Cumanas A, Micela 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]. Eur Urol, 2009, 56(3):418—424.
- [30] Chuckpaiwong B, Berkson EM, Theodore GH. Extracorporeal shock wave for chronic proximal plantar fasciitis: 225 patients with results and outcome predictors[J]. J Foot Ankle Surg, 2009, 48(2):148—155.
- [31] Saggini R, Figus A, Troccola A, et al. Extracorporeal shock wave therapy for management of chronic ulcers in the lower extremities[J]. Ultrasound Med Biol, 2008, 34(8):1261—1271.
- [32] Wess O. Extracorporeal Shock waves for pain relief—hypothesis of a neural working mechanism[J]. Journal of Endourology, 2009, 23(A15—A16).
- [33] Furia JP, Rompe JD, Maffulli N. Low-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for greater trochanteric pain syndrome[J]. Am J Sports Med, 2009, 37(9):1806—1813.