

西方脊柱手法治疗机制研究的概况

赵平

(空军总医院全军中西医结合正骨治疗中心,北京 100142 E-mail:pingzhao@eyou.com)

【摘要】 脊柱手法治疗东西方都十分盛行。近十几年来,西方现代医学的发展速度很快,使得脊柱手法的机制研究在东西方有很多不同。西方有关手法治疗机制的研究集中在关节的应力反应、手法载荷的神经生物学效应等方面。研究方法,涉及到了免疫组化、解剖观察、神经肌电等诸方面。研究从多个角度发现了脊柱手法的两面性。这使得我们在深入了解脊柱手法本质的同时,又开始质疑其能否融入医学科学体系的前景。本综述可以使我们通过西方有关脊柱手法机制的研究学到许多不同的认知角度和新鲜观点。

【关键词】 推拿,脊柱; 生物力学; 中医现代化; 综述文献

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2011.08.027

Recent study on the mechanism of western spinal manipulation ZHAO Ping. PLA Clinical Center of TCM Manipulative, Air Force General Hospital, Beijing 100142, China

ABSTRACT It is rather popular of spinal manipulative therapy (SMT) in the west as well as it is in the east. Along with the fast developing of modern medicine in the past decade, the mechanism of SMT showed many different ideas in the Eastern and Western countries. The recent study on the mechanism of SMT in Western countries had widely focused on aspect of the stress reaction of joint and neurobiological effect of manipulative loading. Method of study involved in immunohistochemical, anatomic, nerve myoelectrical aspects and so on. The results have showed the two sides of SMT from many aspects and challenged our belief if we could have it systematically integrated into modern medicine along with the deep understanding continuing progressed. We could positively learn something from the studies and absorb some constructive viewpoints of their analysis by the review.

KEYWORDS Manipulation, spinal; Biomechanics; Modernization (TCM); Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(8): 705-709 www.zggszz.com

脊柱手法治疗不仅在东方十分盛行,在西方也同样源远流长。但是,由于思维方式和环境的不同,脊柱手法在东西方的发展现状不尽相同。我们可以通过关注西方有关脊柱手法机制的研究了解西方脊柱手法的发展趋势。西方同行关于脊柱手法机制的观察视角值得我们进行借鉴和探讨。本文将择其概要,综述如下。

1 手法的应力研究

当前,欧美脊柱手法治疗师最常应用的脊柱手法主要指的是脊柱关节手法,一般不包括软组织手法。关节手法主要指的是短杠杆、高频率、低振幅的关节冲击技术。这类手法杠杆的支点在棘突或横突^[1]。但也有类似我国传统中医斜板手法的长杠杆技术。其杠杆的支点在肩带和盆带。但无论何种关节手法,都分成松解手法(mobilization)和调整手法(manipulation)两种形式。前者通过对运动受限关节进行牵张松解达到扩大关节运动幅度的效应;后者则通过在关节运动极限时施加低振幅、短时效的扭转牵张,达到“打开”关节受限的作用,有时也称之为关节冲击手法(thrust)。这些脊柱手法的应力研究主要集中在载荷大小及差异性等方面。

1.1 应力载荷的研究 根据 Herzog 等^[2]的研究,骶髂关节松解手法的应力负荷可以达到 20~180 N,而关节调整手法负荷则可以高达 220~550 N。松解手法的负荷一般是调整冲击手法的 25%左右。“关节冲击”的时限为 200~420 ms。Herzog^[3]认

为,胸椎、腰骶椎的手法引发的扭力载荷大致相同,而颈椎区域的手法载荷一般较小。不同种类的颈椎手法,其松解阶段的载荷和调整阶段的载荷不尽相同。松解载荷 0~40 N 不等,而“关节冲击”阶段的载荷则可以是 40~120 N 不等。颈椎区域“关节冲击”手法时限一般比胸椎和腰椎区域要短。一般只有 30~120 ms。应力载荷的研究可以发现,欧美脊柱关节手法的应力大小并不恒定。

1.2 手法实施的差异性研究 Herzog^[3]发现,不同术者、不同次数、不同部位、不同患者手法的载荷都有所差异。其中不同术者差异较大,不同方法差异更大。虽然相同术者和相同方法差异相对较小,但差异的存在是绝对的。同一区域的脊柱关节手法实施时很难获得完全相同的应力载荷,甚至相同术者重复实施同样手法也可能产生载荷差异,其原因还与手法实施对象的脊柱应力反应等情况有关系。这些研究表明,脊柱手法治疗的临床过程中随意性很大,比较符合经验医学的临床特点。这或许就是脊柱手法难以规范的原因,也是容易引发争议和质疑的原因之一。

2 脊柱手法对于躯体反射的影响

2.1 脊柱手法对肌束本体感觉的影响 早有研究^[4-5]表明,在单一椎节上施加机械载荷可以诱发椎旁组织向中枢神经系统上传冲动信号反应。Pickar 等^[6]的研究发现,在腰椎施加模拟脊柱手法的载荷时,可以在多裂肌和最长肌中的肌束及肌

腱感应区内记录到冲动信号。模拟关节冲击手法时比关节松动手法更易诱发。Colloca 等^[7]在麻醉患者的腰骶椎实施低载荷、短振幅的模拟脊柱手法时,也在 S₁ 神经根记录到了多相电兴奋信号。Cao 等^[8]利用深度麻醉的猫做实验发现,当在猫的腰脊柱(L₆ 棘突)上做模拟高频低幅脊柱松动手法(HVLA-SM)时,可以在腰椎旁肌束中检测到电位信号反应。该实验证实了肌束本体感觉对于关节的牵张刺激反应。Ge 等^[9]最近做了类似的实验,除了证实腰椎应力刺激致使后关节出现位移后可以在不超过 2 s 时间内诱发相应椎旁肌束的兴奋信号以外,还发现较长时间(2~4 s)维持关节的移位状态(使肌束保持牵张刺激)反而可以降低肌束的电位反应。如果较短时间(1~1.5 s)内解除关节牵张应力反而可以升高肌束本体反应能力。西方学者认为,下腰痛患者由于肌束本体感觉受到干扰和破坏可以干扰腰椎力学平衡调整的精确性^[10-11]。而脊柱手法的一个重要力学效应就是调整肌肉及其附着韧带的张力,进而可能恢复腰椎力学平衡调整的精确性。

2.2 脊柱手法对躯体感觉影响的双向性 上述 Pickar 等^[6]的实验不仅证实了脊柱手法可以诱发相应的椎旁肌束本体感觉冲动,还提示肌束本体感觉冲动信号的启动和兴奋程度与手法力度及时限并非平行相关。从这个意义上讲,我们很难仅仅通过脊柱手法对于椎旁肌束产生的牵张效应来把控其临床疗效。或者说,脊柱手法对肌束本体感觉的影响既可能有利于恢复腰椎力学平衡调整的精确性,也可能适得其反干扰平衡的精确性。Brumagne 等^[10]的研究很早就证实了这一点,发现多裂肌肌束纤维冲动信号对于骨盆和腰骶椎位置的精确调整具有帮助作用,当外力干扰多裂肌时就会影响到腰骶椎的平衡能力,震动的外力刺激多裂肌束可以使其产生感觉幻觉,进而产生过度牵拉反应,造成脊柱过屈反应,椎体错位也同样可以导致多裂肌产生过度牵拉,产生腰骶椎位置平衡感觉异常。Brumagne 等^[12]的另一项研究发现,有腰背痛史的患者会出现腰骶椎平衡能力下降,可能与这些患者腰背肌束的本体感觉冲动改变有关。还有一些研究^[13-14]也发现有慢性腰背痛病史的患者一般会对突然载荷反应迟缓。这些研究表明,脊柱手法的机械刺激既可以由于牵张效应而增加异常感觉冲动,也可以因关节复位效应缓解或消除异常冲动的传导。也就是说,脊柱关节手法是一把双刃剑,恰到好处地松解关节囊和韧带等软组织的张力则可以达到缓解刺激冲动的效应;反之,则可能造成或加重损伤。这也许就是手法适应证很难确定的原因。

2.3 脊柱手法对躯体反射的临床肌电研究 Herzog 等^[15]及 Suter 等^[16]的研究证实,在无症状患者的颈椎、胸椎、腰椎、骶椎等部位实施脊柱手法时都可以增强相应椎节的椎旁肌电活动。Dishman 等^[17]曾对一组 72 例无症状志愿者通过经颅磁刺激(TMS)方法在腰两侧骶棘肌激发了运动诱发电位(MEP)。当实施腰椎手法治疗后再次检测时发现,MEP 比治疗前或单纯摆出手法姿态都有显著增强。该试验提示,腰椎手法可以促使在椎旁肌群分布的 α 运动神经元和(或)皮质运动神经元节后突触产生易化效应。脊柱冲击调整手法似乎可以产生诱发运动系统兴奋冲动的独特感觉信号。也有人认为,脊柱手法导致椎旁肌肉张力增强可能与脊柱手法的关节效应有关。Cramer 等^[18]通过 MRI 扫描发现,斜扳手法可以使得腰椎后关节间隙产生空泡现象,手法组比对照组关节滑膜间隙增加宽度达 0.7 mm,而且,手法后该裂隙在相当一段时间内

并不完全合拢,这使得关节周围软组织处于一种持续牵张状态,可能是引发肌肉张力反应的原因。另有试验证实,当患者由于骶髂关节功能紊乱出现膝关节前区疼痛时,可以出现膝关节伸展肌群的运动肌电信号的抑制现象,当使用脊柱斜扳手法调整骶髂关节后,患侧膝关节伸展肌群的肌电抑制就可以得到缓解^[19]。不过,脊柱手法引发的椎旁肌电变化并非只是兴奋性增加。Suter 等^[16]的研究发现,胸椎手法 1 s 后椎旁肌反而可能出现兴奋性下降。Indahl 等^[20]在最近的一项实验中使用电刺激猪的椎间盘组织,诱发了多裂肌和最长肌的肌电活动,然而,当在其相应的后关节腔内注射 1 ml 生理盐水模拟出手法实施后的关节牵张状态后,肌电活动就消除了。该研究提示,脊柱手法造成后关节组织刺激还可以反射性地降低椎旁肌活动的兴奋性。从肌电研究角度来看,也证实了脊柱手法引发局部的躯体肌肉运动反应的不确定性。有研究^[21]发现,脊柱手法主要是通过躯体神经反射通路的易化或抑制影响局部肌肉的功能状态。具体产生何种效应很可能与手法实施的部位、疾病类型、关节绞锁状态、是否精确到位等各种因素有关。

2.4 脊柱手法对 H 反射的影响 H 反射也是一种躯体反射,有研究^[22]发现,脊柱手法对 H 反射有抑制作用。当给无症状志愿者做骶髂关节的后前位脊柱手法时可以降低胫神经 H 反射的波幅长达 15 min。L₅S₁ 关节的斜扳手法也被证实可以抑制胫神经的 H 反射^[23]。不过,Suter 等^[24]的研究发现,在无症状志愿者做 S₁ 关节手法时并没发现 H 反射的改变,但对于有腰背痛症状的患者做同样手法时则发现可以增加运动神经的兴奋性。这一发现对以前的研究提出了质疑,认为脊柱手法对 H 反射影响可能与受试者体位改变有关。因为既往的报告往往在两次检测之间受试者体位都有改变,而这一改变很可能会影响检测结果。Suter 等^[24]研究中的治疗前后两次检测是在受试者不改变任何体位的情况下实施的。所以,获得了不同于以往的观察结果。

3 脊柱手法对椎间盘突出影响

椎间孔内神经组织的特征性研究直接影响到椎间盘突出实验研究。首先,突出髓核的机械刺激效应很早就被证实。Takahashi 等^[25]在腰突症患者做手术时直接在受累神经根上进行了压力测试,发现机械压力可以使得神经根的平均压力值增高达 53 mmHg (7~256 mmHg),提示突出髓核对神经根产生的机械刺激是其主要病理机制。但是,还有更多的实验研究发现,椎间盘对神经根的影响主要是通过间接释放诱导神经刺激的化学物质而导致的。例如,Ozaktay 等^[26]很早就发现,当椎间盘突出时,可以在 I、II、III 和 IV 类神经纤维中发现炎性介质磷酸酯酶 A2 (PLA2) 显著增高,进而导致神经毒性反应,促使背根神经节的刺激性传导信号增加。所以,单纯将髓核组织置于腰椎神经根周围(不必直接机械挤压)即可导致远端肢体的刺激征象,并同时导致背根神经节的血流减少^[23-24]。这些研究将可以解释为什么许多情况下突出髓核没有造成机械压迫也可以导致神经根刺激征象。不过,椎间盘的问题绝非单纯的神经根刺激问题,Brisby^[27]最近就提出,椎间盘突出造成的生物学问题远远超出单纯的神经根刺激和损伤,还包括脊柱周围关节、韧带、肌肉、滑膜等一系列生物力学紊乱。也就是说,髓核突出引发的神经学紊乱与脊柱力学紊乱具有密切的关系和相互的影响。这也成为脊柱手法对间盘突出疾病进

行力学干预提供了理论依据,这也可能是众多报道提到的脊柱手法可以治疗腰椎间盘突出症^[25-27]的理论基础。那么手法对椎间盘是否具有直接影响呢?Lisi 等^[28]于 2006 年首次在正常志愿者的腰椎做手法状态下的髓核内压力测试。测试结果表明,无论是俯卧位还是侧卧位旋转手法都一定会增加髓核内压,而不是减低。但压力的增高尚不足以达到冲破纤维环的崩溃阈值。不过,如果纤维环已经处于劳损和退变状态,强度下降的话,这种脊柱手法是否还能保证安全则不得而知。也就是说,临床上偶尔出现的手法后突然发生髓核突出或加剧的情况也是具备理论基础的。所以,在手法治疗椎间盘问题时的确也存在风险。当然,脊柱手法治疗间盘突出的实际取效机制还有待进一步阐明。

4 脊柱手法的中枢效应

许多研究发现,脊柱手法疗效的产生不仅仅是一种局部效应,并非单纯通过纠正关节的绞锁性刺激,恢复关节运动功能而获得疗效,脊柱手法还可以产生某种中枢效应。

4.1 脊柱手法的中枢镇痛效应 Mohammadian 等^[29]几年前做过一项试验,他将正常志愿者分成 2 组,每组都在上肢前臂某个特定区域涂抹上辣椒碱,然后一组做 1 次脊柱手法,另一组不做手法。手法前后立即做 VAS 痛觉测定,做手法组手法后前臂痛觉敏感区和超敏区都比未做手法组减小。该试验证实了脊柱手法的中枢镇痛效应。Sluka 等^[30]也做了一个很有趣的实验,将老鼠的双侧膝关节及其腓肠肌组织分别做成了 2 组炎症模型,然后使用类似脊柱关节松解术的手法对单侧膝关节做手法,分别在第 1、2、4 周后用爪痛阈测试法检测老鼠的痛阈,该实验发现,单侧手法可以提高双侧下肢爪的痛阈。也就是说,单侧做手法可以在双侧发生镇痛效应。该实验不仅非常巧妙地证明了手法的中枢效应,还证实并非只是在脊柱关节实施手法可以产生中枢镇痛效应。

4.2 脊柱手法可以干预中枢神经的调控反应 手法治疗产生中枢效应并非只是镇痛作用,还可能具有其他效应。Dishman 等^[31]的研究发现,无症状患者实施腰椎手法后腓肠肌肌电活动(通过经颅磁刺激 TMS 诱发)比对照组(对照组只摆出体位而不做手法)显著增加。提示脊柱手法可以增加脊髓神经运动通路的兴奋性。George 等^[32]则做了人类样本的活体试验,将无症状志愿者分成骑静态单车,腰椎背伸训练,腰椎手法 3 个组,各种干预前后分别做了局部的温度觉定量分析检测,其中腰椎手法组在腰神经支配区发现皮肤痛觉敏感度较其他组明显减低,但是,在其他区域并不减低。该试验提示,腰椎手法可以通过减低脊髓后角传导束的兴奋性起到中枢调控作用。

4.3 脊柱手法镇痛效应与闸门学说 众所周知,有效的脊柱手法也同样能够造成关节刺激反应。欧美有许多学者认为,这种刺激损伤属于一种非伤害性刺激,而这种非伤害性机械刺激本身也可以产生镇痛效果。这与 Melzack 等^[33]提出的“闸门学说”有关,该学说认为,脊髓后角并非简单的神经中转站,它还具有对各种不同刺激信号(包括所谓的非伤害性刺激)的整合调节作用。很早就有研究证实,非伤害性机械刺激是由较粗的有髓鞘 A 类神经纤维传导的,它可以抑制脊髓后角神经元对于 C 类纤维传导的伤害性刺激所作出的感应^[34]。也就是说,A 类神经纤维的自然激活有助于提高痛阈,进而缓解伤害性刺激引发的疼痛感觉。Glover 等^[35]的研究证实了脊柱手法

的非伤害性刺激效应,发现腰痛患者经过手法治疗 15 min 后,腰局部刺痛敏感区范围与接受短波治疗的患者比较有非常显著地缩小,提示腰椎手法可能激活了非伤害感受器。Terrett 等^[36]的试验也证实了相同的情况,该研究使用量化的电刺激方法,双盲检测了患者接受脊柱手法治疗前后的胸椎椎旁皮肤区域,发现脊柱手法治疗后 30 s 内疼痛耐受电流增加 1.5 倍,9.5 min 后,又增加到手法治疗前的 2.4 倍。有人使用压痛测定表做检测发现,脊柱手法可以明确提高压痛阈值,而且提高压痛阈值的区域因实施手法的节段不同而不同^[37-39]。Willett 等^[40]最近的研究发现,30 例无症状的具有腰痛病史的患者经过腰椎脊柱松解手法治疗后,压痛阈值立即得到显著提高,提高的区域不仅在局部出现,还向远端扩散,实施松解术的频率快慢却与此无关,这也是对闸门学说的一种证实。当然,用闸门学说还很难解释为什么短时间的非伤害刺激可以产生长时间的疗效。

4.4 脊柱手法镇痛效应与中枢性镇痛物质内啡肽的分泌 20 世纪 80 年代开始出现许多研究试图发现脊柱手法的止痛效果是否与调节神经内啡肽的分泌有关。众所周知,针灸^[41]、经皮神经刺激^[42]、运动训练^[43]都可以通过调节内分泌系统来缓解疼痛。Vernon 等^[44]的研究也的确发现脊柱手法 5 min 后,血浆内啡肽含量会上升 8%。不过,其他类似的研究并没有证实同样的结果^[45-47]。接近 20 世纪 90 年代时,Sanders 等^[46]将一组 18 例急性腰痛志愿者随机分成 3 组,一组不做任何治疗,一组做假手法(只是给予抚摸),一组做脊柱关节手法,分别在手法前 5 min,手法后立即及 30 min 后采血做血清学检查和 VAS 痛觉检查,研究结果发现,手法组患者治疗后疼痛缓解明确,但血清 β 内啡肽并没有发生相应地改变,与对照组无差异。从此,很少再出现类似的研究。

5 脊柱手法对躯体内脏反射的影响

Sato 等^[48]在实验中对老鼠胸腰椎棘突施加侧方无伤害应力后发现,肾脏和肾上腺交感神经的兴奋信号下降了 25%~40%,证明脊柱无害机械刺激可以通过棘突反射抑制交感神经的兴奋性。Budgell 等^[49-50]使用化学刺激法做了类似的实验,用生理盐水(无害化学刺激)注入棘突间韧带时可以诱发血压下降和坐骨神经血流减低,但是,当注入有害化学刺激辣椒素时,立即刺激了感受伤害的神经元,引发血压增高和坐骨神经血流增加,但是,如果将辣椒素注射到后关节内,则反而引发了血压下降。该实验提示,韧带内注射辣椒素产生的反应,证实了椎旁组织对无害机械刺激比较敏感,可以诱发躯体-植物神经反射。而关节囊内注射产生的反应证实,辣椒素更容易通过增加关节滑膜微血管的渗透性在关节内产生无害刺激反应。最近,Pickar 等^[51]用芥子油做同样的实验,结果大致相同。还有人发现,不同椎节机械刺激产生的内脏反射并不一定相同,施加在胸椎的伤害性化学刺激或机械刺激都可以抑制胃动力,越接近胸椎中段越明显。Moulson 等^[52]发现,使用 Mulligan's 的 SNAGS 脊柱手法给正常成人做颈椎手法时可以诱发植物神经反应,该试验将 16 位无症状志愿者分成空白对照、安慰治疗和手法治疗 3 组。分别在治疗前后检测样本的体表温度和皮肤电活动。结果发现,手法治疗组比安慰组和空白对照组上臂体表皮肤电活动有显著增加。皮肤温度治疗组也呈现了降低趋势,但统计学意义上并不显著。总之,从目前西方的研究结果上看,脊柱手法做为一种非伤害性刺激时

可以对植物神经系统的递质传导产生抑制影响,但是如果把握不当则可能成为一种伤害性刺激,产生兴奋性影响。

6 其他

1990 年以来, Brennan 等^[53-55]曾经做过一系列人类样本的试验研究,发现脊柱关节手法(并非软组织按摩)具有辅佐多形核白细胞(PMNs)和单核细胞功能的作用。脊柱手法可以通过增强这些白细胞的呼吸性爆发(吞噬活动的标识)应对微粒攻击。近来 Teodorczyk-Znjeyan 等^[56]的研究再次证实了脊柱手法具有减少炎性白细胞的作用,但该研究发现,脊柱手法并不能减少炎性介质 P 物质的产生。

国外有关脊柱手法医学的研究进展表明了现代科学在其机制方面的广泛探索。虽然在脊柱手法机制的研究上取得了许多成果,但距离非常明确的解释还有一些距离。不过,这些研究已经对脊柱手法医学在西方乃至国际医学领域学术地位的提升产生了重要影响。这也是 WHO 将西方脊柱手法医学体系(而不是传统中医推拿)奉为传统医学旗舰地位的原因。我国学者早在 10 多年前就开始关注到国外脊柱手法主要流派的发展概况^[57]。但是,如何根据我国特殊的医学体系进行借鉴至今尚未形成突破性认识。通过总结国外脊柱手法医学现代研究的基本概况,应该促进我国学者的反思,认真考虑另辟蹊径,采用更加实效和实用的研究理念,避免重蹈覆辙的研究瓶颈。

参考文献

- Cleland JA, Fritz JM, Kulig K, et al. Comparison of the effectiveness of three manual physical therapy techniques in a subgroup of patients with low back pain who satisfy a clinical prediction rule: a randomized clinical trial[J]. *Spine*, 2009, 34(25): 2720-2729.
- Herzog W, Conway PJ, Kawchuk GN, et al. Forces exerted during spinal manipulative therapy[J]. *Spine*, 1993, 18: 1206-1212.
- Herzog W. The biomechanics of spinal manipulation[J]. *J Body Mov Ther*, 2010, 14(3): 280-286.
- Bolton PS, Holland CT. An in vivo method for studying afferent fibre activity from cervical paravertebral tissue during vertebral motion in anaesthetised cats[J]. *J Neurosci Methods*, 1998, 85: 211-218.
- Pickar JG. An in vivo preparation for investigating neural responses to controlled loading of a lumbar vertebra in the anesthetized cat [J]. *J Neurosci Methods*, 1999, 89: 87-96.
- Pickar JG, Wheeler JD. Response of muscle proprioceptors to spinal manipulative-like loads in the anesthetized cat[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2001, 24: 2-11.
- Colloca CJ, Keller TS, Gunzburg R, et al. Neurophysiologic response to intraoperative lumbosacral spinal manipulation[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2000, 23: 447-457.
- Cao DY, Khalsa PS, Pickar JG. Dynamic responsiveness of lumbar paraspinal muscle spindles during vertebral movement in the cat [J]. *Exp Brain Res*, 2009, 197(4): 369-377.
- Ge W, Pickar JG. Time course for the development of muscle history in lumbar paraspinal muscle spindles arising from changes in vertebral position[J]. *Spine J*, 2008, 8(2): 320-328.
- Brumagne S, Cordo P, Lysens R, et al. The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain[J]. *Spine*, 2000, 25(8): 989-994.
- Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. Repositioning accuracy and movement parameters in low back pain subjects and healthy control subjects[J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(2): 185-191.
- Brumagne S, Lysens R, Swinnen S, et al. Effect of paraspinal muscle vibration on position sense of the lumbosacral spine[J]. *Spine*, 1999, 24: 1328-1331.
- Wilder DG, Aleksiev AR, Magnusson ML, et al. Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation [J]. *Spine*, 1996, 21: 2628-2639.
- Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, et al. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain[J]. *Spine*, 2001, 26: 724-730.
- Herzog W, Scheele D, Conway PJ. Electromyographic responses of back and limb muscles associated with spinal manipulative therapy[J]. *Spine*, 1999, 24: 146-153.
- Suter E, Herzog W, Conway PJ, et al. Reflex response associated with manipulative treatment of the thoracic spine[J]. *J Neuromusculoskel Sys*, 1994, 2: 124-130.
- Dishman JD, Greco DS, Burke JR. Motor-evoked potentials recorded from lumbar erector spinae muscles: a study of corticospinal excitability changes associated with spinal manipulation[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2008, 31(4): 258-270.
- Cramer GD, Tuck NR jr, Knudsen JT, et al. Effects of side-posture positioning and side-posture adjusting on the lumbar zygapophyseal joints as evaluated by magnetic resonance imaging: a before and after study with randomization[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2000, 23: 380-394.
- Sung PS, Kang YM, Pickar JG. Effect of spinal manipulation duration on low threshold mechanoreceptors in lumbar paraspinal muscles: a preliminary report[J]. *Spine*, 2005, 30(1): 115-122.
- Indahl A, Kaigle AM, Reikeräs O, et al. Interaction between the porcine lumbar intervertebral disc, zygapophysial joints, and paraspinal muscles[J]. *Spine*, 1997, 22: 2834-2840.
- Colloca CJ, Keller TS. Stiffness and neuromuscular reflex response of the human spine to posteroanterior manipulative thrusts in patients with low back pain[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2001, 24: 489-500.
- Murphy BA, Dawson NJ, Slack JR. Sacroiliac joint manipulation decreases the H-reflex[J]. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1995, 35: 87-94.
- Dishman JD, Bulbulian R. Spinal reflex attenuation associated with spinal manipulation[J]. *Spine*, 2000, 25: 2519-2525.
- Suter E, McMorland G, Herzog W. Short-term effects of spinal manipulation on H-reflex amplitude in healthy and symptomatic subjects[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2005, 28(9): 667-672.
- Takahashi K, Shima I, Porter RW. Nerve root pressure in lumbar disc herniation[J]. *Spine*, 1999, 24: 2003-2006.
- Ozaktay AC, Kallakuri S, Cavanaugh JM. Phospholipase A2 sensitivity of the dorsal root and dorsal root ganglion[J]. *Spine*, 1998, 23: 297-306.
- Brisby H. Pathology and possible mechanisms of nervous system response to disc degeneration[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2006, 88 (Suppl 2): 68-71.
- Lisi AJ, O'Neill CW, Lindsey DP, et al. Measurement of in vivo lumbar intervertebral disc pressure during spinal manipulation: a feasibility study[J]. *J Appl Biomech*, 2006, 22(3): 234-239.
- Mohammadian P, Gonsalves A, Tsai C, et al. Areas of capsaicin-

- induced secondary hyperalgesia and allodynia are deduced by a single chiropractic adjustments: a preliminary study[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2004, 27: 381-387.
- [30] Sluka KA, Skyba DA, Radhakrishnan R, et al. Joint mobilization reduces hyperalgesia associated with chronic muscle and joint inflammation in rats[J]. *J Pain*, 2006, 7(8): 602-607.
- [31] Dishman JD, Ball KA, Burke J. Central motor excitability changes after spinal manipulation: a transcranial magnetic stimulation study[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2002, 25: 1-9.
- [32] George SZ, Bishop MD, Bialosky JE, et al. Immediate effects of spinal manipulation of thermal pain sensitivity: an experimental study[J]. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2006, 7: 68.
- [33] Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory[J]. *Science*, 1965, 150: 971-979.
- [34] Besson JM, Chaouch A. Peripheral and spinal mechanisms of nociception[J]. *Physiol Rev*, 1987, 67(1): 167-186.
- [35] Glover JR, Morris JG, Khosla T. Back pain: a randomized clinical trial of rotational manipulation of the trunk[J]. *Br J Ind Med*, 1974, 31: 59-64.
- [36] Terrett AC, Vernon H. Manipulation and pain tolerance: a controlled study of the effect of spinal manipulation on paraspinal cutaneous pain tolerance levels[J]. *Am J Phys Med*, 1984, 63: 217-225.
- [37] Fischer AA. Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold[J]. *Pain*, 1987, 30: 115-126.
- [38] Reeves JL, Jaeger B, Graff-Radford SB. Reliability of the pressure algometer as a measure of myofascial trigger point sensitivity[J]. *Pain*, 1986, 24: 313-321.
- [39] Vernon HT. Pressure pain threshold evaluation of the effect of spinal manipulation on chronic neck pain: a single case study[J]. *J Calif Chiropr Assoc*, 1988, 32: 191-194.
- [40] Willett E, Hebron C, Krouwel O. The initial effects of different rates of lumbar mobilisations on pressure pain thresholds in asymptomatic subjects[J]. *Man Ther*, 2010, 15(2): 173-178.
- [41] Fields HL, Basbaum AI. Central nervous system mechanisms of pain modulation[M]. In: Wall PD, Melzack R. *Textbook of pain*, 3rd Edition. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1994: 101-112.
- [42] Hughes GS Jr, Lichstein PR, Whitlock D, et al. Response of plasma beta-endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects[J]. *Phys Ther*, 1984, 64: 1062-1066.
- [43] Harber VJ, Sutton JR. Endorphins and exercise[J]. *Sports Med*, 1984, 1: 154-171.
- [44] Vernon HT, Dhami MS, Howley TP, et al. Spinal manipulation and beta-endorphin: a controlled study of the effect of a spinal manipulation on plasma beta-endorphin levels in normal males[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1986, 9: 115-123.
- [45] Christian GF, Stanton GJ, Sissons D, et al. Immunoreactive ACTH, b-endorphin, and cortisol levels in plasma following spinal manipulative therapy[J]. *Spine*, 1988, 13: 1411-1417.
- [46] Sanders GE, Reinert O, Tepe R, et al. Chiropractic adjustive manipulation on subjects with acute low back pain: visual analog pain scores and plasma beta-endorphin levels[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1990, 13: 391-395.
- [47] Clement-Jones V, Lowry PJ, Rees LH, et al. Development of a specific extracted radioimmunoassay for methionine enkephalin in human plasma and cerebrospinal fluid[J]. *J Endocrinol*, 1980, 86: 231-243.
- [48] Sato A, Swenson RS. Sympathetic nervous system response to mechanical stress of the spinal column in rats[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1984, 7: 141-147.
- [49] Budgell B, Hotta H, Sato A. Spinovisceral reflexes evoked by noxious and innocuous stimulation of the lumbar spine[J]. *J Neuro-musculoskel Sys*, 1995, 3: 122-130.
- [50] Budgell B, Sato A, Suzuki A, et al. Responses of adrenal function to stimulation of lumbar and thoracic interspinous tissues in the rat[J]. *Neurosci Res*, 1997, 28: 33-40.
- [51] Pickar JG, Kang YM, Cobb T, et al. Mustard oil injected into lumbar multifidus muscle increases sympathetic nerve activity to spleen and kidney via a suprasegmental reflex[J]. *Soc Neurosci Abstr*, 2001, 27(818): 9-12.
- [52] Moulson A, Watson T. A preliminary investigation into the relationship between cervical snags and sympathetic nervous system activity in the upper limbs of an asymptomatic population[J]. *Man Ther*, 2006, 11(3): 214-224.
- [53] Brennan PC, Graham MA, Triano JJ, et al. Lymphocyte profiles in patients with chronic low back pain enrolled in a clinical trial[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1994, 17: 219-227.
- [54] Brennan PC, Kokjohn K, Kallinger CJ, et al. Enhanced phagocytic cell respiratory burst induced by spinal manipulation: potential role of substance P[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1991, 14: 399-408.
- [55] Brennan PC, Triano JJ, McGregor M, et al. Enhanced neutrophil respiratory burst as a biological marker for manipulation forces: duration of the effect and association with substance P and tumor necrosis factor[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1992, 15: 83-89.
- [56] Teodorczyk-Znjevyan JA, Injevyan HS, Ruegg R. Spinal manipulative therapy reduces inflammatory cytokines but not substance P production in normal subjects[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2006, 29: 14-21.
- [57] 李金学, 蒋位庄. 国外手法治疗腰痛及其机理研究概况[J]. *中国骨伤*, 1996, 9(1): 57-59.
- Li JX, Jiang WZ. Research overview of the treatment of lumbago with manipulation and its mechanism[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 1996, 9(1): 57-59. Chinese.

(收稿日期: 2011-02-16 本文编辑: 王宏)