

从 Wolff 定律和 Ilizarov 张力-应力法则到骨科自然重建理念

臧建成¹, 秦泗河²

(1. 沧州中西医结合医院骨科, 河北 沧州 061001; 2. 国家康复辅具研究中心附属康复医院矫形骨科, 北京 100176)

【摘要】 Wolff 定律是骨的适应性原理, Ilizarov 张力-应力法则即牵拉成骨技术或牵拉组织再生技术, 骨科自然重建理念是秦泗河教授在应用 Ilizarov 技术矫治肢体畸形后综合思考提出的矫形外科新观点。关于三者关系的思考源于对“寻找地铁出口”这个社会现象的观察。Ilizarov 张力-应力法则和 Wolff 定律同为力学概念, 前者完全符合后者, Ilizarov 技术是 Wolff 定律的延伸, 是现代工程科学造就骨微创伤与修复的反复过程, 只是骨小梁沿着张力-应力方向形成, 医生通过机械力的合理调整, 一定程度上能够控制骨的发生、成骨与塑造过程。而骨科自然重建理念, 是“Wolff 定律中力的作用范围”明显扩大, 不仅指导骨科临床与基础研究的选题, 还涉及社会学中对医患关系的辩证思考。认识和发现 Wolff 定律、Ilizarov 技术和骨科自然重建理念之间关系的过程是不断交融、不断实践、思考升华的过程。

【关键词】 沃夫定律; 伊利扎罗夫技术; 张力-应力法则; 骨科自然重建理念

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.04.007

From Wolff law, Ilizarov technology to Natural Reconstruction theory ZANG Jian-cheng* and QIN Si-he. *Orthopaedic Department of Cangzhou Hospital Integrated of TCM and Western Medicine, Cangzhou 061001, Hebei, China

ABSTRACT Wolff law was an adaptable principle of bone, Tension-Stress Principle was equal to Distraction Osteogenesis or Distraction Tissue Regeneration, The Natural Reconstruction theory was a new orthopedic perspective proposed by Prof. QIN after deformity correction using Ilizarov technology. The thought about their relationship originated from a social phenomena, that the crowds and the confusion about export choice in Beijing's subway. Ilizarov technology and Wolff law were one concept related to Mechanics, and the former is completely in line with the latter. In other words, Ilizarov technology is an extension of Wolff law, is a repeated process of micro-trauma and continuous repair of bone trabecular initiated by modern engineering, just trabecular formed along the tension-stress direction. With adjustment of mechanical force, doctor can control the process of fracture healing and bone remolding to a certain extent. Natural Reconstruction theory enlarged the defined range of Wolff law obviously. Not only guided orthopedics clinical and basic research, but also related to the dialectical thinking of the doctor-patient relationship in sociology. There was an inevitable connection among Wolff law, Ilizarov technology and Natural Reconstruction theory. The history of discovery and understanding was a continuous process of thinking, practice and integration.

KEYWORDS Wolff law; Ilizarov technology; Tension-Stress Principle; Natural Reconstruction theory

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(4):287-290 www.zggszz.com

Wolff 定律即骨的适应性原理^[1], 其正确性已获得理论和上百年临床实践的证明, 成为骨科生物学、生物力学、骨折愈合机制最基础的理论之一。以前苏联 G.A. Ilizarov 最早报告牵拉成骨技术, 亦即后来总结成的张力-应力法则在临床广泛应用, 解决了临床上的疑难问题^[2]。骨科自然重建理念是秦泗河^[3]总结肢体残障患者手术矫治经验的基础上, 融入达尔文进化论与中国文化元素, 形成的矫形外科新观点。对这三者关系的思考源于对“寻找地铁出口”这个社会

现象的观察^[4], 地铁的拥挤和对多个出口选择的迷惑, 使作者发现地铁里指路的标识与 Ilizarov 外固定器牵拉的方向有相似之处, 并由此引发作者对 Ilizarov 张力-应力法则、Wolff 定律和骨科自然重建理念之间关系的比较与思考。

1 理论探索背景

早在 1892 年, 德国医学博士 Julius Wolff 发表了著名的《骨转化的定律》^[5], 他的代表性论述是: 骨组织对其力学环境有很强的适应能力, 骨的形态和功能的每一种变化或单独功能的变化, 将导致相应的内部结构及外部形状的变化, 其变化遵循数学规律。文中指出骨总是力图以最小的质量和最大的力学效率去适应力学环境, 即粗壮的骨骼内部应力较

基金项目: 河北省中医药管理局科研计划课题(编号: 2011152)

Fund program: Traditional Chinese Medicine scientific research project of Hebei province (No. 2011152)

通讯作者: 臧建成 E-mail: jianch88@yahoo.com.cn

小,细弱的骨骼应力较大^[6]。骨小梁不仅是沿主应力方向排列而方向一致,而且当主应力方向发生改变时,骨小梁也会据此改变方向,骨小梁总是沿主应力方向完成最优化的排列、塑造。骨骼不断地进行细微结构的调整以满足骨骼负荷变化的需要^[7],骨骼内部有一个我们不完全清楚的调控机制,动态的引导着骨重建,具有自适应性或自优化功能。

前苏联 Ilizarov 教授于 1963 年最早报告了牵拉成骨技术,后经库尔干和列宁格勒市的 100 余位创伤矫形外科学者的深入研究,发现了张力-应力法则^[2]。基本定义是:“给活体组织持续、稳定、缓慢的牵伸,可刺激或激活某些组织细胞的再生和活跃生长,生长方式同胎儿组织一致,均为相同的细胞分裂”。即控制牵拉的张应力,骨与软组织可再生,即牵拉成骨技术或牵拉组织再生技术^[8-9]。在这个理论指导下形成的 Ilizarov 微创外科技术体系,以骨外固定技术牵拉组织再生为核心、仿生学为基础,医疗方法深入到组织发生过程的实质,广泛应用到矫形骨科^[2,10-12]、小儿骨科^[13]、血管外科^[14]、整形外科^[15]、颌面外科^[16]等领域,成为处理骨科临床一些棘手问题的金钥匙。其突出的优势^[2]在于医生和患者能够携手并共同在体外观察治疗、康复的全过程,从而允许医生在人体外操纵骨与软组织的愈合与重建过程。若对该技术理解深刻、应用熟练,极少出现难以克服的手术并发症。迄今为止,虽然有很多学者进行了相关动物实验^[17],目前的骨科学基础理论尚不能圆满解释 Ilizarov 技术所具有的广泛手术指征及临床产生的奇特疗效,迫使作者从根源上去探索、思考。检索相关文献、重温 Wolff 定律成为必须的科研选择,在众多基础研究与临床研究的文献中,尚未发现 Ilizarov 生物学理论与 Wolff 定律关系的论述。

2 通过观察社会现象,偶然启迪创新思维

对 Ilizarov 张力-应力法则与 Wolff 定律之间关系的探索,出于一个社会观察过程的偶然^[4]。拥挤的地铁里指路的标识和 Ilizarov 外固定器有相似之处,这个道理适宜通俗理解 Ilizarov 张力-应力法则基本原理及其在矫治肢体复杂畸形方面应用的内涵。

正如 Wolff 定律^[5]所揭示的正常骨的外加负荷和骨组织代谢之间存在着一种与外界开放的生理平衡,骨骼可以通过自身的生长和吸收来保持内部的应力水平,骨塑形也很类似。所谓 Wolff 定律中引导骨变化的“主力”,亦即所谓肢体延长、骨重建与肢体畸形矫正术中 Ilizarov 外固定器的牵伸、压缩与应力的释放方向。骨外固定器牵拉矫形过程中肢体局部随着力的方向变化发生相应形态改变,就像有路标指引着肢体朝着适宜(医生和患者都希望)的目标在

变化。

在近年的文献里,骨科学基础的 Wolff 定律已经很少被提到和研究了,其概念可能被有些医生遗忘,更未发现有文献去论述 Wolff 定律与 Ilizarov 张力-应力法则之间的关系。通过下边的图表(表 1、图 1)可以发现 Ilizarov 张力-应力法则和 Wolff 定律同为力学相关概念,前者完全符合后者,Ilizarov 技术是 Wolff 定律的延伸,是现代工程科学造就骨的微创伤、修复的反复过程,只是骨小梁沿着张力-应力的方向形成,医生通过机械力的合理调整,一定程度上能够控制骨折部位骨的发生、成骨与塑造过程。尽管有许多学者认为牵拉成骨的机制^[18]与骨愈合不同,但二者的细胞生物学基础是相同的^[19],Ilizarov 的实验否定了张应力妨碍骨折愈合的观点^[8]。理解 Wolff 定律,有助于理解 Ilizarov 张力-应力法则的内涵。由此延伸理解物理学中万有引力、强力、电磁力等与生命力的转化与统一,自然破解令众人疑惑的“AO 加压骨生长”^[20-21]而“牵拉骨亦生长”的奥秘。

表 1 Wolff 定律与 Ilizarov 张力-应力法则一般概念比较表
Tab.1 Definition comparison of Wolff law and Ilizarov technology

一般概念	Wolff 定律	Ilizarov 张力-应力法则
主体	骨组织(形态和/或功能)	活体组织(骨与软组织)
力的方向	力学环境(不限定)	牵伸
力的特点	不限定	持续、稳定、缓慢
力的结果	骨组织的适应(骨小梁沿应力方向排列,内部结构及外部形状的改变)	刺激或激活某些组织细胞再生和活跃生长
专门器械	尚无	Ilizarov 外固定器
应用范围	骨科的基本定律(叙述骨折愈合塑形时期时提及)	肢体延长与重建外科等领域

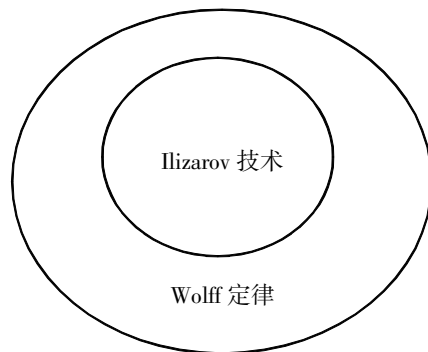


图 1 Wolff 定律、Ilizarov 张力-应力法则的概念关系示意图

Fig.1 Schematic diagram of relationship of Wolff law and Ilizarov technology

3 骨科自然重建理念提出的时代背景与意义

2007 年,秦泗河^[3]结合自己实施肢体残障患者手术矫治经验,融入达尔文进化论与中国文化元素,

对 Ilizarov 生物学理论与方法从系统科学与社会进化背景下探究、阐述,如:生命与骨骼起源、运动能量本质,当代科学与人体系统科学成果、社会科学与人类文明发展前沿等,用辩证唯物主义的哲学观,对不同学科的知识进行总结、分析、整合后,重新认识骨科创伤与疾病发生、发展与时空转化的内在规律,得出评价骨科医疗模式是否正确的惟一标准,就是看其是否符合生命的自然规律、人性的本质表达,是否调动人体组织与精神自然修复的潜力,实现预期的疗效或结果,用 28 字矫形外科工作方针体现:“医患同位、时空一体、有无相生、难易相成、因势利导、再生修复、自然重建”,将矫形骨科学的发展置入“国家科学发展观、构建和谐社会”的宏观框架内思考、策划,从而将骨科学的思考、分析自觉升入自然哲学层面,由此提出与诠释了“骨科自然重建理念”。

“骨科自然重建理念”减少了人工产品“替代重建”的临床应用范围,又一定程度将所有分解的骨科专业统一起来,符合以中国文化为代表的“天人合一”、“道法自然”哲学观,但并不排斥也不否定替代重建技术对现代骨科学巨大推动作用,但能提醒从事替代重建的医生从“模仿自然、顺应自然”的本源去探索、实践,才有可能出现创造性突破。人类是“自然选择”的产物,以提供人体健康保健为目的的医学技术,就应当遵循自然重建的理念。这一理念允许医生在人体外操纵骨与软组织的愈合过程,发挥医务工作者智慧,从而获得治愈疾病的成就感和医患不断交流的乐趣^[3,22]。

“骨科自然重建理念”试图将达尔文自然选择进化论、牛顿力学三大定律、爱因斯坦相对论、钱学森系统控制论、现代遗传学、信息科学等新学科进展,在骨科学、医学哲学层面上进行整合统一,目前基本实现了 Wolff 定律、Ilizarov 张力应力法则、中国传统医学整体辩证观、医道法自然的统一,医学科技与人文的交融。这一思维创新源于秦泗河对东西方文化、东西方医学起源与思维模式差异的解悟,对多个学科横向之间、纵向时空演变之间的多年思考与融汇贯通。理论的价值在于实践的证实。在骨科自然重建理念指导下,秦泗河创立了“下肢畸形矫正、残缺修复与功能重建外科技术体系”,简称“下肢重建外科”^[23-24]。这一技术体系能够用比较简单的检查、较少依赖高科技设备,用较低廉的医疗费用,来治愈许多严重的肢体残缺畸形和骨科疑难杂症,医患之间达到满意的和谐,具有广阔的发展远景。骨科自然重建理念将“Wolff 定律中力的作用范围”明显扩大,不仅指导骨科临床与基础研究的选题,还涉及社会学中对医患关系的辩证思考^[25],为解决当前临床分科

过细、过度医疗,看病难、看病贵等相关问题提供了理论思维的新角度。

4 Wolff 定律、Ilizarov 技术和骨科自然重建关系

科学与人文交融,医学与艺术贯通。Wolff 定律、Ilizarov 技术和骨科自然重建理念之间存在必然联系,其认识、发现的过程是不断交融、不断实践、思考升华的过程(图 2,图 3),细细品味这三者之间的关系,给人以经典、绝美、无限愉悦的感觉。

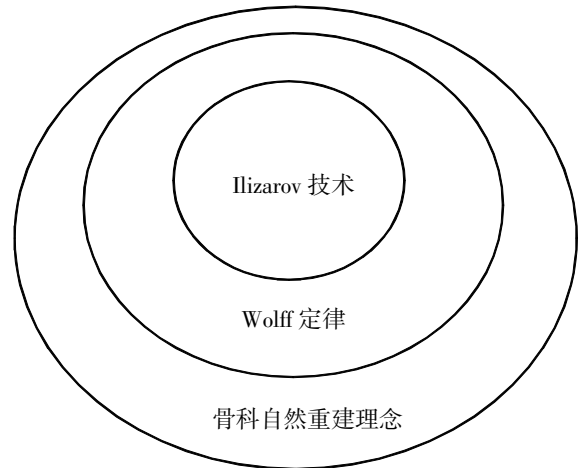


图 2 Wolff 定律、Ilizarov 张力-应力法则与骨科自然重建理念关系示意图

Fig.2 Schematic diagram of relationship of Wolff law, Ilizarov technology and Natural Reconstruction theory



图 3 Wolff 定律、Ilizarov 张力-应力法则与骨科自然重建理念纵向关系示意图

Fig.3 Schematic diagram of vertical relationship of Wolff law, Ilizarov technology and Natural Reconstruction theory

医学科学的发展需要正确的理论指导,期望具有中国特色国际公认的理论 and 观点形成。本文主要依据临床事实的基础上提出初步探索、表述,需要更多同道参入争鸣、探讨。

参考文献

[1] Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli [J]. Bone, 1998, 23(5):399.
 [2] 秦泗河. Ilizarov 技术概述[J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(9):642-645.
 Qin SH. Outline of Ilizarov technology[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2006, 26(9):642-645. Chinese.
 [3] 秦泗河. Ilizarov 技术与骨科自然重建理念[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(8):595-596.
 Qin SH. Ilizarov technology and Natural Reconstruction theory [J].

- Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2007, 15(8):595-596. Chinese.
- [4] 臧建成. 衣带渐宽终不悔, 为伊(Ilizarov)消得人憔悴—师从秦泗河学习矫形外科心得[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(20): 1917-1918.
- Zang JC. Yi dai jian kuan zhong bu hui, Wei yi (Ilizarov)xiao de ren qiao cui—the experience of studying under Prof. Qin[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2012, 20(20): 1917-1918. Chinese.
- [5] Wolff J. English translation by Maquet P & Furlong R (1892). The Law of Bone Remodeling. Berlin; Springer Verlag, 1986.
- [6] Frost HM. Why do marathon runners have less bone than weight lifters? A vital-biomechanical view and explanation[J]. Bone, 1997, 20(3): 183-189.
- [7] Turner CH. Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli [J]. Bone, 1998, 23(5): 399.
- [8] Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues, I; the influence of stability of fixation and soft tissue preservation[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, (238): 249-281.
- [9] Ilizarov GA. Transosseous osteosynthesis ■heoretical and clinical aspects of regeneration and growth of tissue[J]. Berlin; Springer Verlag, 1992; 137-257.
- [10] Wang X, Wang XX, Liang C, et al. Distraction osteogenesis in correction of micrognathia accompanying obstructive sleep apnea syndrome[J]. Plast Reconstr Surg, 2003, 112: 1549-1557.
- [11] 焦绍锋, 秦泗河, 任龙喜, 等. 组合性手术治疗脊柱裂后遗踝足畸形[J]. 中国骨伤, 2012, 25(3): 237-240.
- Jiao SF, Qin SH, Ren LX, et al. Combined procedure for the treatment of ankle and foot deformities secondary to spina bifida[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(3): 237-240. Chinese with abstract in English.
- [12] Kocaoglu M, Eralp L, Sen C, et al. Management of stiff hypertrophic nonunions by distraction osteogenesis; a report of 16 cases [J]. J Orthop Trauma, 2003, 8: 543-548.
- [13] Antoci V, Ono CM, Antoci V Jr, et al. Bone lengthening in children; how to predict the complications rate and complexity[J]. J Pediatr Orthop, 2006, 5: 634-640.
- [14] Hirano N, Tanabe M, Watanabe T, et al. Novel approach to calvarial bone transport using a rabbit model[J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2006, 46(2): 69-73; discussion 73-74.
- [15] 赵茹, 乔群, 蒋文杰. 乳头内陷矫正器的设计与临床应用[J]. 中华整形外科杂志, 2004, 20(4): 317-318.
- Zhao R, Qiao Q, Jiang WJ, et al. Design and clinical application of a orthoses for inverted nipple[J]. Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi, 2004, 20(4): 317-318. Chinese.
- [16] Ahmed A, Peter K, Sondos A. Management of exorbitism using midface distraction osteogenesis[J]. J Maxillofac Oral Surg, 2012, 11(1): 119-124.
- [17] 杨华清, 王坤正, 张明宇, 等. 应力调节对延长区骨愈合影响的实验研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16(18): 1412-1414.
- Yang HQ, Wang KZ, Zhang MY, et al. Experimental study of stress regulation on extensioned bone healing[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2008, 16(18): 1412-1414. Chinese.
- [18] Karaharju EO, Aalto K, Kahri A. Distraction bone healing[J]. Clin Orthop Relat Res, 1993, (297): 38-43.
- [19] Delloye C, Delefortrie G, Coutelier L. Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study[J]. Clin Orthop Relat Res, 1990, 1(250): 34-42.
- [20] 秦玉星, 蔡浩, 黄永辉, 等. 双头自动加压新型外固定支架的设计和临床应用[J]. 中国骨伤, 2012, 25(2): 165-168.
- Qin YX, Cai H, Huang YH, et al. Design and clinical application of new type two-head automatic pressure external fixation [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(2): 165-168. Chinese with abstract in English.
- [21] 张春才, 禹宝庆, 许硕贵, 等. 应用生理性成骨力值概念治疗骨折与骨不连—兼论 MO 现象与有效固定[J]. 中国骨伤, 2007, 6(3): 361-363.
- Zhang CC, Yu BQ, Xu SG, et al. Treatment of fracture and nonunion using the concept of physiological osteogenic stress—discussion of MO phenomenon and valid fixation [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2007, 6(3): 361-363. Chinese with abstract in English.
- [22] 秦泗河, 曲龙. 骨外固定技术的发展史与骨科自然重建理念的形成功[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(16): 1262-1265.
- Qin SH, Qu L. The history of the development of the external skeletal fixation and the formation of Natural Reconstruction theory[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2009, 17(16): 1262-1265. Chinese.
- [23] 秦泗河. 骨外固定技术的发展与创新[J]. 中医正骨, 2012, 24(9): 3-7.
- Qin SH. Development and innovation of External skeletal fixation technology[J]. Zhong Yi Zheng Gu, 2012, 24(9): 3-7. Chinese.
- [24] 秦泗河. 下肢畸形与残缺外科治疗新技术新观念概论[J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19(7): 1910-1914.
- Qin SH. Introduction of the new concepts and new technologies on surgical treatment of lower limb deformity [J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2011, 19(7): 1910-1914. Chinese.
- [25] 王亦聰. 读 Ilizarov 技术与骨科自然重建理念有感[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(8): 562-563.
- Wang YC. Thoughts about Ilizarov technology and Natural Reconstruction theory [J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2007, 15(8): 562-563. Chinese.

(收稿日期: 2013-03-03 本文编辑: 王玉蔓)