doi:10.11659/jjssx.04E016017

·综 述·

骨外固定支架的临床应用进展

王 美[1,2],赵 文[2],申庆民[2],刘子豪[1,2] (1.遵义医学院研究生院,贵州 遵义 563000;2.北京航天总医院骨科,北京 100076)

Progress in clinical application of external fixator

WANG Mei[1,2], ZHAO Wen[2], SHEN Qing-min[2], LIU Zi-hao[1,2] (1. Graduate School, Zunyi Medical College, Zunyi Guizhou 563000, China; 2. Department of Orthopedic, Beijing Aerospace General Hospital, Beijing 100076, China)

[摘 要] 随着骨外固定技术的迅速推广应用,外固定支架已被用于治疗各种复杂骨折、骨缺损、骨不连及肢体的延长及畸形矫正等,且其效果显著。不同学者根据不同临床需求,设计出多式的外固定支架,使其临床应用更灵活,现如今外固定支架已广泛应用于四肢长骨、短骨、脊柱不规则骨等。外固定支架的出现,丰富了治疗手段,促进了治疗观念和方法的更新。本文就外固定支架的历史发展、分类及其优缺点、适应证的选择等方面的研究展开综述。

[关键词] 外固定;微创;骨折;骨缺损;应用进展

[中图分类号] R68 [文献标识码] A [收稿日期] 2016-04-26

骨外固定技术简称骨外固定(external skeletal fixation,ESF),通过体外固定调节装置经皮穿针,通过骨针与骨构成一种复合系统,属于临床微创手术。其通过骨针传导的应力造成骨断端微动,从而刺激骨组织的再生与重建,用以解决临床骨损伤疾病中其他技术无法解决的难题。随着外固定技术的不断发展与改进,现已被广泛用于治疗各种复杂骨折、骨缺损、骨不连及肢体的延长及畸形矫正等内固定技术难以解决的问题。外固定技术的出现迄今已有 170 多年的历史,它是骨矫形外科史的里程碑,在解决了传统医学方法无法解决的难题的同时促进了现代医学的发展,尤其在骨折治疗中具有独到之处[1]。

1 国外的外固定支架发展进程

自 1840 年法国医生 Malgaigne[2] 率先尝试在骨上穿入钉子,而把外露的钉尾固定在金属带上,通过皮带来调整骨折断端的位移从而固定骨折,这是最早的应用外固定原理治疗骨折。随后他首次完成外固定装置——髌骨骨折钳夹式固定器。比利时的 AlbinLambotte 提出了外固定器的概念,并自行设计出一种单边外固定装置,积极推广和宣传,真正地推动了骨外固定装置在临床的实用化,因其对骨科外固定的贡献,被誉为“骨折治疗外科之父”[3]。骨外固定装置虽有其优点,但是随后的针道感染、稳定性差等问题使外固定受到众多学者的质疑而难以推广。Judet[4] 首次将外固定针完全贯穿骨两侧皮质,而且同时提出预防感染的重要性。随后 Hoffmann 设计出一种称之为骨整复器的外固定装置[5],这是一种球状关节固定器,由于应用简便、固定牢固,引起了医学界的广泛关注。由 Muller 设计出的 AO 管状外固定支架的问世,由于设计的可自由组装成多种构形,加大了临床应用的灵活性[6-7]。Ilizarov[8-9] 在提出“张力-应力法则”后又提出了牵张成骨(DO)的概念,由他研制的多孔性全环式 Ilizarov 环形外固定支架解决了多方向、多平面穿针等临床难题。两大主要医学难题的解决使外固定支架治疗骨折成为一种公认的方法而被传开。如今国际上各个学者发明的骨外固定器类型迥异,但其临床应用大都遵循着 DO 的力学原理[10]。美国学者 Taylor 等[11] 研制出一种数字化的空间框架,并将其命名为泰勒空间支架。这是首次出现的完全借助计算机软件参与完成的骨折复位支架,该支架通过计算机可精确改变支架的空间结构以达到治疗四肢骨折的目的,且其力学稳定性可靠。

2 我国外固定支架的发展进程

近几十年,我国外固定技术的发展突飞猛进。李起鸿等[12] 在 Iilzarov 的全环式外固定支架的基础上进一步改进,设计出半环槽式外固定支架并应用于临床。刘国平等[13] 设计出一种机械牵引复位机和沟槽式外固定支架用于骨折复位,并提出了经皮直接进针、扇形固定等新方法。由夏和桃等[14] 自创研究所,相继研制出一系列各具特色的组合式外固定支架,主要用于骨的牵引延长及矫形,国内外固定技术自此迈上了新的阶段。

3 外固定支架的分类及其各自优缺点

3.1 空间基本构型分类

外固定支架按空间基本构型分类及各类型基本情况如下[15]。

环形外固定装置全环式外固定架:具有代表性的

[基金项目] 中国航天科技集团公司第一研究院技术创新基金(2015YC01)

[通信作者] 赵 文,E-mail:13601136518@126.com

是 Ilizarov 外固定器。此外固定器呈全环包围整个患肢,多针以一定角度组成交叉固定,构成多平面,承受张力的克氏针可提供良好的力学稳定性[16-17]。若 Ilizarov 技术结合骨搬移治疗,固定、植骨和组织修复通过一期手术均可实现,且力学性能稳定,可早日促进骨折的愈合[18]。不足之处是体积庞大、繁杂、笨重,且操作较复杂,骨针放置较多。

半环式外固定支架:以 Fisher 外固定器、国内李起鸿的半环槽式外固定器[12]为代表。以后者为例,该装置在 Ilizarov 外固定器基础上改进,在保证三维方向稳定性的前提下简化了模型装配的复杂程度,使其同样可实施多平面的弹性固定及多向性穿针,生物力学效果好,尤其适用于严重开放性骨折,各种骨不连及肢体延长等的治疗。

平面外固定装置单边式外固定支架(或称半针式):代表如 Hoffman 式外固定支架、Bastiani 式外固定支架等。以 Bastiani 式外固定支架为代表,此装置为装配简单,特点为无需穿透整个患肢的软组织,该架结构轻巧,且可携带支架早期负重活动,常用于急性创伤所致的骨折。于仲嘉等[19]在 Bastiani 外固定架基础上改良了一种单平面固定系统,其增加了带夹支架与附件,可自由装配构型,具有轴向牵拉及加压功能。但单边式外架不足为穿入骨质的针必须平行或接近平行才可以正常使用,且需要专门配套器械;从力学角度分析,平行的固定方法不如其他方式稳定;单边构形造成的骨断端的受力为偏心受力,只能满足骨折冠状面上的加压,其抗扭转、抗弯曲力差。

双边式外固定支架(或称全针式):主要以 Charnley 式、Anderson 式、wagner 式为代表。双边式支架特点为骨针贯穿整个骨与软组织及皮肤。骨断端两侧的受力呈对称性,骨折断端处的稳定性有所加强。但双边支架的进针要求更高,稍有偏差会造成两侧连接不协调以至于力学稳定性差;虽然张启明等[20]在总结经验基础上研制了可多向性穿针的外架,但单平面的构型使其抗前后弯屈力与扭力的能力较差;钢针穿透的肌肉会对相关关节活动灵活性造成一定的影响。

三边式外固定支架:代表如 AO 式三角式外固定器,较单、双平面外架构型稳定,且可通过全针与半针相结合的形式以 2~3 平面固定,此类构型的外固定装置力学稳定性较好,但安装复杂,调节性较差。

混合外固定装置以 vidal-Adrey 式、夏和桃组合式外固定装置为代表,可根据临床需要自由组合成多种构型,为不同类型的骨折固定、肢体矫形等提供最优解决办法。但构型不同,稳定效果各异,缺点因构型而异。

智能数字化支架以泰勒空间支架为代表,将该支架与特殊软件相结合,可精确的治疗多种骨折的移位、骨不连、畸形矫正等。但需配套的计算机软件和培训,临床使用价格昂贵。

3.2 按在临床治疗中具备的功能分类

按外固定支架在临床治疗中具备的功能分类分为:①单纯固定的外固定器,如 Hoffmann 单平面外固定支架,在骨折复位后行外固定术固定骨折断端。②兼备整复和固定的外固定器,如李起鸿等[12]的半环槽式外固定器,在行骨折复位固定后还可以进行简单的调整,纠正偏差,但是调节的灵活性较差;孟和[21]的复位固定器附有矫正板,经皮加压固定骨折断端同时可起到小夹板作用,增加整复效果,但同样由于其单平面固定,抗剪切变形及前后弯曲能力较差,使用时需严格筛选适应证,同时需切忌对皮肤的挤压力过大而造成患肢血运受阻。③骨延长外固定支架类可在轴线上延长或者缩短骨距。④矫形外固定支架连接杆可以跨关节固定,且可在关节处活动,用于关节瘢痕挛缩的松解治疗或预防关节僵硬或肢体挛缩等情况。

4 外固定支架的适应证

任何一种外固定支架的适应证都是相对的,都应根据临床实际情况而定,并非绝对化指标。鉴于外固定支架特有的生物力学,适应证中需要单独考虑的主要指标有:①新鲜骨折伴有严重的软组织损伤的,特别是开放性骨折伴有Ⅱ度或是Ⅲ度软组织的损伤。②伴有软组织覆盖条件差的感染不愈合情况。③矫正截骨术或是关节融合术,主要用于膝关节和踝关节。

外固定支架多用于治疗轴向上有压缩的或是粉碎性骨折,常为四肢长骨或是关节周围处。由于外固定装置对软组织破坏较小,且术后比内固定容易拆除,使其更适于连带软组织严重受挫的开放性骨折。通过外固定支架所提供的固定条件,使得骨折断端的空隙利于骨痂的生长,同时通过适当调节给予一定的轴向载荷,从而促进骨折的愈合。

外固定支架使用的其他指标有:①肢体延长、再植或伴有明显骨缺损的骨折;②需要行血管、神经重建的骨折;③四肢或关节之外的其他骨折,如严重的骨盆骨折、腰椎骨折等。

在骨科外固定器械中,外固定支架安装后即刻负重是安全的,包括用于跟骨、胫骨平台、胫骨干等的骨折。然而,有研究表明 AO 分型中的 C 型骨折和粉碎性胫骨干骨折却有着较高的骨不连和感染概率[22]。对于需长期接受骨牵引延长术的保肢患者,想要早期负重,坚强的环状外固定架无疑为最佳选择[23]。

随着外固定技术与理论的迅速发展,外固定支架的使用已经普遍化。如在骨折治疗方面,包括四肢甚至关节处、骨盆、脊柱等在内的多处骨折[24-27]均可使

外固定支架治疗,且效果较好;除此之外,外固定支架在治疗骨质疏松、矫正合并皮肤瘢痕挛缩的关节畸形、肢体延长、下颌畸形的矫正、漏斗胸及眼部框骨的治疗等多方面也有其独到之处。外固定支架因其操作简单、创伤小、术后并发症少等特点,在治疗多处骨折方面有着不可替代的优势[28],值得临床推广应用。

6 展望

当前外固定支架面临的共性问题有:①如何解决外固定支架组件连接固定后存在的骨、针、节、杆、软组织间的非同步机械应力,减少由此造成的骨针松动问题;②如何解决手术置架过程繁杂以及调节外固定支架时必将松解多处固定夹才能实现再次整复的弊端;③如何优化外固定支架的空间构型,使整体构型精巧轻便,在保证力学稳定的同时减少组件的使用量,减轻外固定支架体积及缩减所占空间。

所有外固定支架构型中,力学稳定性由强到弱的排序为:全环式、半环式、双边式和单边式,手术中外固定支架装置操作的难易程度也同前。如何兼顾术中安装操作简便、术后调节方便以及力学稳定性最优成为当前学者面临的共同问题。虽然当前外固定支架的结构性能在不断的探索中已达到一定程度的完善,然而创新空间永无止境,如何利用现代工业技术和智能技术的进步研制出结构优化、操作优化的外固定支架以便更好地服务于临床外固定治疗,成为临床医生和研究者共同的追求目标。

[参考文献]

[1] Mendicino RW, Murphy LJ, Maskill MP, et al. Application of a constrained external fixator frame for treatment of a fixed equinus contracture[J]. J Foot Ankle Surg, 2008, 47(5): 468 - 475. doi: 10.1053/j.jfas.2008.05.011.

[2] Malgaigne JF. Double vertical fractures of the pelvis. 1859[J]. Clin Orthop Relat Res, 2007, 458: 17 - 19. doi: 10.1097/BLO.0b013e31803defac.

[3] 孟 和. 中西医结合骨科外固定治疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 3 - 14.

[4] Judet H. Five years of experience in hip navigation using a mini-invasive anterior approach[J]. Orthopedics, 2007, 30(10 Suppl): S141 - S143.

[5] Schwechter EM, Swan KG. Raoul Hoffmann and his external fixator[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(3): 672 - 678. doi: 10.2106/JBJS.F.01177.

[6] Ziran BH, Smith WR, Anglen JO, et al. External fixation: how to make it work[J]. Instr Course Lect, 2008, 57: 37 - 49.

[7] Metcalfe AJ, Saleh M, Yang L. Techniques for improving stability in oblique fractures treated by circular fixation with particular reference to the sagittal plane[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(6): 868 - 872. doi: 10.1302/0301 - 620X.87B6.15672.

[8] Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part Ⅱ. The influence of the rate and frequency of distraction[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, (239): 263 - 285. doi: 10.1097/00003086 - 198902000 - 00029.

[9] Ilizarov GA. The apparatus: components and biomechanical principles of application[J]. Transosseous Osteosynthesis, 1992: 63 - 136. doi: 10.1007/978 - 3 - 642 - 84388 - 4_2.

[10] 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[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(16): 1262 - 1265.

[11] Taylor HS, Taylor JC. Orthopedic fracture fixation device: US, US 5690633 A[P]. 1997 - 11 - 25.

[12] 李起鸿, 曾先政, 区伯平, 等. 半环槽式外固定器的研制与临床应用[J]. 中华骨科杂志, 1984, 4: 332 - 336.

[13] 刘国平, 陈汝轻, 罗怀灿. 单侧钩槽式外固定器的研制和临床应用[J]. 临床骨科杂志, 1998, (1): 20 - 22.

[14] 夏和桃, 张晓林. 组合式外固定器的研制与临床应用[J]. 中华创伤杂志, 1992, 8(5): 263 - 265.

[15] 王秋根, 张秋银. 现代外固定支架治疗学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2006.

[16] Abdel-Aal AM. Ilizarov bone transport for massive tibial bone defects[J]. Orthopedics, 2006, 29(1): 70 - 74.

[17] Saridis A, Panagiotopoulos E, Tyllianakis M, et al. The use of the Ilizarov method as a salvage procedure in infected nonunion of the distal femur with bone loss[J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(2): 232 - 237. doi: 10.1302/0301 - 620X.88B2.16976.

[18] 舒衡生, 马宝通, 张金利, 等. Ilizarov 外固定架结合带蒂皮瓣转移治疗小腿感染性骨折不愈合伴皮肤软组织缺损(15 例随访报告)[C]. 全国骨科医师进修班 50 届庆典·骨科学术研讨会论文集, 2009: 122 - 129.

[19] 于仲嘉, 虞 申. 微型单侧多功能外固定支架在手外科的应用[J]. 中国修复重建外科杂志, 1995, 9(4): 207 - 208.

[20] 张启明, 祁 峰, 杨槐彭, 等. 穿针外固定器治疗的并发症与防治[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 1994, 9(4): 276 - 277.

[21] 孟 和. 中国骨折复位固定疗法[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1993: 1 - 228.

[22] Mitkovic MB, Bumbasirevic MZ, Lesic A, et al. Dynamic external fixation of comminuted intraarticular fractures of the distal tibia (type C pilon fractures)[J]. Acta Orthop Belg, 2002, 68(5): 508 - 514.

[23] Hoyt BW, Pavey GJ, Pasquina PF, et al. Rehabilitation of lower extremity trauma: a review of principles and military perspective on future directions[J]. Curr Trauma Rep, 2015, 1(1): 50 - 60. doi: 10.1007/s40719 - 014 - 0004 - 5.

[24] Tomić S, Bumbasirević M, Lesić A, et al. Ilizarov frame fixation without bone graft for atrophic humeral shaft nonunion: 28 patients with a minimum 2-year follow-up[J]. J Orthop Trauma, 2007, 21(8): 549 - 556. doi: 10.1097/BOT.0b013e31814612c8.

[25] Egol KA, Tejwani NC, Capla EL, et al. Staged management of high-energy proximal tibia fractures (OTA types 41): the results of a prospective, standardized protocol[J]. J Orthop Trauma, 2005, 19(7): 448 - 455. doi: 10.1097/01.bot.0000171881.11205.80.

[26] Li KC, Li AF, Hsieh CH, et al. Transpedicle body augmenter in painful osteoporotic compression fractures[J]. Eur Spine J, 2007, 16(5): 589 - 598. doi: 10.1007/s00586 - 006 - 0197 - 6.

[27] Barlow T, Upadhyay P, Barlow D. External fixators in the treatment of midshaft clavicle non-unions: a systematic review[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24(2): 143 - 148. doi: 10.1007/s00590 - 013 - 1173 - 6.

[28] Bible JE, Mir HR. External Fixation: Principles and Applications[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2015, 23(11): 683 - 690. doi: 10.5435/JAAOS - D - 14 - 00281.

(编辑:杨 颖)