

骨外固定原理与临床应用

主编 李起鸿

四



版社

骨外固定原理与临床应用

李起鸿 主编

GUWAIGUDING YUANLI
YU LINCHUANG YINGYONG

四川科学技术出版社

1992年·成都

87719

骨外固定原理与临床应用

李起鸿 主编



四川科学技术出版社

1992年·成都

(川)新登004号

责任编辑:喻瑞卿 宋 齐

封面设计:王 红 周 立

版面设计:王 红

责任校对:胡 建 刘 鹏 王 红

骨外固定原理与临床应用 李起鸿 主编

四川科学技术出版社出版发行 (成都盐道街三号)

达 县 新 华 印 刷 厂 印刷

开本 787×1092毫米1/16 印张12.75 字数280千

1992年5月成都第一版 1992年5月第一次印刷 印数1~2000

ISBN7-5364-2217-2/R·334 定价:9.00元

序

经皮穿针骨外固定的概念，萌发于一个半世纪之前。随后，陆续有散在的进展，但未成为治疗骨折的重要手段，一度还受到非议。50年代以来，由于交通、工矿生产，以及战争中发生的复杂创伤及多发骨折治疗的需要，外固定方法和器械重新得到重视，并日臻完善，其类别构型达数十种。我国对这一法则和技术的引用、研究和开发，还是从70年代中期开始的。可喜的是，本书主编李起鸿教授，曾和几位同道于1988年编成《骨外固定器及其临床应用》一书，该书由人民军医出版社出版，及时给我国骨科医生提供了一本具有指导原则的书。在这一基础上，他又增邀多位专家加入编著行列，编写成这本新著——《骨外固定原理与临床应用》。

与前书相比，新著除了扩增内容、章节和图文并茂之外，还用了两章的篇幅，从骨生理学、生物力学角度，阐述外固定与骨愈合的关系及影响。这极有助于骨科医生知其然和知其所以然，不仅掌握如何使用，而且也明了有关的基础理论。骨折愈合的核心问题，是稳定和修复机能，也就是有关的生物力学和生物（理）学，它们是紧密联系着的，值得仔细阅读。

本书的编著者，都是勤奋探索的研究者和经验丰富的临床专家。因之，所著章节，无论是发展史与新动向，设计原理与操作技术，在各个部位的骨折、矫形以及疾病中的运用，都体现了理论与实际，可读性和科学性的结合，明确了外固定的优点、缺点和它的指征及限度。

本书必将进一步普及骨外固定的科学技术，从而推动它在我国的发展和提高。我热切期待并祝贺本书的出版。

冯传汉

1991年10月

2298/25
22

前 言

骨外固定是利用生物力学原理达到骨断端复位与固定,促进骨愈合和功能恢复目的的一项治疗技术。由于骨外固定器的设计制造和应用技术的不断完善,当今不仅被公认为治疗骨折的标准治疗方法之一,还提高了膝、踝关节切除融合术、截骨矫形术和肢体延长术的治疗效果。诚如AO学派所指出,它是现代矫形外科不可分割的一部分。因此,骨外固定是骨科医师必须学习和掌握的一项治疗技术。

使用骨外固定治疗骨折,早在19世纪中叶,就由Malgaigne提出,在Lambotte倡导用外固定器治疗骨折的时代,已初步认识了它的优点。但它的真正发展和在骨折治疗中占据应有的位置,则是从20世纪60年代后期,在Burny与Vidal等奠定其生物力学基础研究之后才开始的。近代的外固定器大多能从机械力学方面为骨折提供牢稳的固定,可满足早期功能锻炼的要求,同时还可利用其生物力学性能可调性这一独特优点,在骨折后期通过减少钢针或/和连接杆的数目来降低固定刚度,以促进骨的愈合与改建。但是,骨外固定作为一种治疗方法,也有它的局限性和它所固有的缺点,例如钢针松动与针道感染仍有一定的发生率,钢针还可能刺伤神经或血管。因此,应该严格掌握骨外固定的应用指征和认真执行操作技术,以及注意术后护理,这样才能获得良好的治疗效果。

我国从70年代中期开始研制自己的外固定器,并陆续出现其临床应用的报道。1988年,我们曾编著《骨外固定器及其临床应用》(人民军医出版社出版)一书,是结合编著者的临床经验编写而成,其中对相关的基础理论的阐述甚为不够,且书很快销售一空。为满足读者的需求,我们乃重新编写这本《骨外固定原理与临床应用》。本书与前书相比,除保留原先的一些优点外,还增邀多位专家添写4章论述相关的应用性基础理论和扩大介绍其临床应用范围,对原有章节也进行了修改与补充,理论结合临床应用,内容更为丰富实用。

在繁忙的教学、科研与医疗工作中,参加本书编写的专家、教授有:顾志华(第二章)、戴克戎(第三章)、曲克服(第九章)、孙锡孚(第十章)、马景崑(第十一章)、区伯平(第十二章)、夏和桃、张晓林、朱伯通、李起鸿(第五章)、马树枝、夏和桃、胡建、李起鸿(第六章)、梅芳瑞、李起鸿(第七章)、李起鸿(第一、四、八、十三章)。这本新著能得以顺利完成,是参加编写本书的各位专家教授通力合作的结果。在此表示衷心的感谢。同时对为本书负责整理和抄写的胡建大夫致以谢意。

骨外固定是正在继续发展的一项治疗技术,还有一些新进的外固定器及其临床应用经验未收入本书。同时由于我们的经验和水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正,以便再版时改进。

李起鸿

1991年10月于重庆

编 著 者

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|------------------|
| 马树枝 | 第三军医大学第一附属医院 |
| 马景崑 | 山西医学院第二附属医院 |
| 区伯平 | 第一军医大学南方医院 |
| 曲克服 | 上海第二医科大学附属瑞金医院 |
| 孙锡孚 | 山西大同矿务局职工医院 |
| 朱通伯 | 同济医科大学协和医院 |
| 李起鸿 | 第三军医大学第一附属医院 |
| 胡 建 | 第三军医大学第一附属医院 |
| 张晓林 | 北京市第二医院 |
| 梅芳瑞 | 第三军医大学第二附属医院 |
| 夏和桃 | 北京市第二医院 |
| 顾志华 | 河北省科学院数学研究所 |
| 戴克戎 | 上海第二医科大学附属第九人民医院 |

目 录

第一章 骨外固定的发展及其现况	(1)
第一节 骨外固定发展简史	(1)
一、骨外固定概念的形成	(1)
二、向临床实用化推进	(2)
三、骨外固定系统的改进	(3)
(一) 针的改进	(3)
(二) 灵巧性的改进	(3)
(三) 加强稳定性	(4)
第二节 骨外固定器的分类	(6)
一、功能分类法	(6)
二、构型分类	(6)
三、力学结构分类法	(8)
第三节 骨外固定的现代概念	(8)
一、骨外固定的现代概念	(8)
二、骨外固定器的设计要求与未来	(10)
第二章 骨的功能适应性与骨折弹性固定准则	(11)
第一节 骨的功能适应性	(11)
一、Wolff定律及其可能作用方式	(11)
二、骨对应力的适应性	(12)
三、长骨的功能适应性	(13)
四、适应性及骨折治疗中的生物力学原理	(15)
第二节 骨折治疗的弹性固定准则	(16)
一、简要回顾	(16)
二、弹性固定准则	(18)
第三节 半环槽式外固定器的生物力学分析	(21)
一、器械的结构分析	(21)
二、固定稳定性分析	(21)
三、断端生理应力	(25)
四、可实现无显著功能替代	(29)
第三章 外固定器的生物力学及其对骨愈合的影响	(31)
第一节 外固定器的生物力学基础	(31)
一、外固定器的内在稳定性	(31)
(一) 外固定器的几何形状	(31)
(二) 外固定器的材料性能	(34)

二、外固定器—骨复合系统的应力传递	(34)
(一) 骨断端间不相接触的应力传递	(34)
(二) 骨断端间相接触的应力传递	(35)
(三) 骨断端间加压接触的应力传递	(36)
(四) 固定针—骨界面的应力传递	(36)
三、增加外固定器—骨复合系统稳定性的方法	(37)
(一) 增加固定针的数量	(37)
(二) 增加固定针的直径	(37)
(三) 改进固定针的锚固位置	(37)
(四) 增加固定杆的数量	(37)
(五) 改进固定杆的安放位置	(39)
(六) 骨断端间加压	(40)
(七) 双平面外固定器	(40)
四、外固定器的生物力学评价	(40)
第二节 不同力学环境下的两种骨愈合方式	(40)
一、骨折二期愈合	(40)
二、骨折一期愈合	(42)
(一) 接触愈合	(42)
(二) 间隙愈合	(42)
第三节 外固定器刚度对骨愈合的影响	(44)
(一) 固定针数量与骨折愈合的关系	(44)
(二) 固定针直径与骨折愈合的关系	(44)
(三) 固定杆安放位置与骨折愈合的关系	(45)
(四) 单平面与双平面外固定器与骨折愈合的关系	(45)
(五) 加压和不加压外固定器与骨折愈合的关系	(45)
第四节 外固定器固定期间骨折愈合的生物力学评定	(45)
第四章 骨外固定的一般原则与基本技术	(47)
第一节 外固定器的选择与骨外固定对骨施力的方式	(47)
一、骨外固定器的选择	(47)
二、骨外固定对骨施力的方式	(47)
第二节 骨外固定的优缺点与适应证	(48)
一、骨外固定的优点	(48)
二、骨外固定的缺点	(49)
三、骨外固定的适应证	(49)
(一) 公认的适应证	(49)
(二) 可用的适应证	(50)
第三节 使用骨外固定的基本技术	(50)
一、术前准备	(50)

二、手术操作的基本要求	(51)
三、术后护理与功能康复	(52)
第四节 骨外固定并发症的防治	(53)
一、针的问题	(53)
二、骨折迟缓愈合与骨不连	(53)
三、神经与血管损伤	(55)
第五章 半环槽式与组合式及钢管型骨外固定器	(57)
第一节 半环槽式外固定器	(57)
一、机械结构	(57)
二、操作方法	(58)
三、手术后护理与功能康复	(60)
四、本外固定器的生物力学性能	(60)
第二节 组合式骨外固定器	(63)
一、机械结构	(63)
二、组合构型	(64)
三、穿针技术与要求	(65)
四、操作步骤	(66)
五、影响骨外固定稳定性的因素	(66)
第三节 AO派钢管型外固定器	(67)
一、机械结构与辅助器械	(67)
(一) 机械结构	(67)
(二) 辅助器械	(68)
二、组装的基本构型与应用	(68)
三、AO管型外固定器的力学基础	(70)
四、组装操作步骤与技术	(71)
五、骨外固定的适应证及其评价	(72)
第六章 四肢闭合性骨折的骨外固定治疗	(75)
第一节 适应证与临床应用	(75)
一、骨外固定的适应证	(76)
二、临床选择性应用	(76)
第二节 微型外固定器治疗尺骨鹰嘴骨折与髌骨骨折	(77)
一、微型外固定器	(78)
(一) 机械结构	(78)
(二) 操作方法	(78)
二、加压治疗尺骨鹰嘴骨折	(78)
三、加压外固定治疗髌骨骨折	(79)
第三节 桡骨远端骨折的骨外固定治疗	(81)

一、解剖与功能	(81)
二、桡骨远端骨折的分类	(82)
三、桡骨远端骨折的治疗现状	(83)
四、骨外固定治疗桡骨远端骨折的适应证与方法	(83)
(一)适应证	(83)
(二)复位与固定方法	(84)
五、并发症的防治	(86)
第七章 四肢开放性骨折的骨外固定治疗	(89)
第一节 开放性骨折的分类	(89)
一、Gustilo提出的分类法	(89)
二、李起鸿提出的分类法	(90)
三、王亦璁提出的分类法	(90)
第二节 彻底清创与骨折固定	(91)
一、早期彻底清创	(91)
二、固定方法选择与骨外固定	(92)
(一)骨外固定的适应证与应用	(92)
(二)骨外固定的方法	(93)
三、开放性自体松质骨移植术	(97)
(一)手术方法	(97)
(二)手术后处理	(98)
第三节 软组织缺损的修复	(98)
一、无张力下的直接缝合	(99)
二、延迟闭合创面	(99)
三、游离皮片移植	(99)
四、双蒂筋膜皮瓣移植	(100)
五、单蒂筋膜瓣或筋膜皮瓣移位	(100)
六、腓肠肌肌皮瓣转位	(101)
七、几种岛状皮瓣转位	(102)
八、游离皮瓣移植	(104)
第八章 长骨干骨折不连接的骨外固定治疗	(107)
第一节 骨折愈合及骨折不连接的原因	(107)
一、骨折的愈合	(107)
二、骨折不连接的原因	(108)
第二节 骨不连的诊断与分类	(109)
一、骨不连的诊断	(109)
二、骨不连的分类	(110)
(一)Judet分类法	(110)

(二) AO 学派的分类法	(110)
第三节 骨不连治疗的进展	(110)
一、骨移植术	(111)
二、带血管的骨移植	(111)
三、电刺激疗法	(111)
四、骨外固定治疗	(112)
第四节 加压外固定治疗骨不连	(112)
一、加压外固定的优点、适应证及方法	(113)
(一) 加压外固定的优点	(113)
(二) 加压外固定的适应证	(113)
(三) 加压外固定的方法	(114)
二、加压外固定结合肢体延长治疗伴下肢短缩的骨不连与骨缺损	(115)
(一) 手术指征的选择	(116)
(二) 手术方法	(117)
第九章 股骨粗隆间骨折的骨外固定治疗	(123)
第一节 股骨距的解剖及其临床意义	(123)
一、股骨距的大体解剖	(123)
二、股骨距的力学和临床意义	(124)
第二节 外固定架的制作及其生物力学基础	(125)
一、骨穿钉	(125)
(一) 47 ₁₂₁ 钛合金的主要性能	(125)
(二) 骨穿钉的制作	(125)
二、固定架的制作	(126)
三、外固定架的生物力学基础	(126)
(一) 载荷位移情况	(127)
(二) 骨折部位的应力——应变曲线	(127)
(三) 不同固定支架对股骨上端应力的影响	(127)
第三节 股骨粗隆间骨折的骨外固定治疗	(128)
一、股骨粗隆间骨折的临床特点	(128)
二、临床分型	(128)
(一) 稳定型粗隆间骨折	(128)
(二) 不稳定型骨折	(128)
(三) 反粗隆间骨折	(128)
(四) 粗隆下骨折	(128)
(五) 混合型骨折	(129)
三、骨外固定方法	(129)
(一) 牵引与手法复位	(129)
(二) 内固定钉打入法	(129)

(三) 术后处理	(130)
(四) 外固定架治疗的禁忌症	(130)
四、临床资料	(131)
五、股骨粗隆间骨折骨外固定治疗的评价	(131)
第十章 骨盆骨折的骨外固定治疗	(133)
第一节 创伤病理及临床检查	(133)
一、创伤病理	(133)
二、骨折分类	(134)
三、放射检查	(134)
(一) 平片检查	(134)
(二) CT 检查	(135)
四、临床检查	(135)
第二节 骨盆外固定器	(136)
一、外固定器结构	(136)
二、使用方法	(136)
(一) 克氏针固定术	(136)
(二) 外固定器组装	(137)
三、生物力学试验	(138)
第三节 临床应用	(139)
一、急症治疗	(139)
二、外固定治疗	(139)
三、外固定加牵引治疗	(140)
(一) 纵轴牵引加外固定治疗	(140)
(二) 纵轴牵引加外固定及垂直牵引	(140)
(三) 侧方牵引加外固定治疗	(141)
四、外固定加手术治疗	(142)
五、合并症	(142)
六、病案举例	(142)
第十一章 脊柱骨折与疾病的颅环支撑牵引外固定	(147)
第一节 简史	(147)
第二节 脊柱牵引的生物力学	(148)
第三节 颅环牵引的种类及使用范围	(149)
一、颅环—肩支撑牵引装具	(149)
二、颅环—骨盆环支撑牵引装具	(150)
三、颅环悬吊牵引	(150)
第四节 颅环支撑牵引装置的构成	(151)
一、颅环部分	(151)

二、支撑部分	(152)
三、骨盆环部分	(152)
第五节 颅环支撑牵引之安装与使用	(154)
一、颅环安装术	(154)
二、骨盆环安装术	(154)
三、支撑杆的安装	(155)
四、支撑牵引的进行	(155)
五、颅环支撑牵引的使用年龄问题	(156)
六、颅环支撑牵引装具的拆除	(156)
第六节 颅环支撑牵引的并发症	(156)
一、器械的并发症	(157)
二、神经系统的并发症	(157)
三、颈椎并发症	(158)
四、一般并发症	(158)
五、上肠系膜综合征	(158)
第七节 颅环牵引的极限	(159)
第八节 颅环支撑牵引之临床应用	(159)
一、环枢椎不稳	(159)
二、颈椎骨折脱位	(159)
三、胸腰椎严重骨折脱位	(159)
四、胸腰段结核性严重后凸	(160)
五、脊柱侧凸	(160)
第九节 典型病例介绍	(160)
 第十二章 骨外固定在膝与踝关节切除及截骨矫形中的应用	(167)
第一节 关节融合术的基本原理	(167)
第二节 骨外固定在膝关节切除融合术中的应用	(168)
一、膝关节切除术	(168)
二、穿针加压固定方法	(169)
第三节 骨外固定在踝关节切除融合术中的应用	(170)
第四节 骨外固定在股骨与胫骨截骨矫形中的应用	(171)
一、股骨髁上截骨加压外固定术	(171)
二、胫骨近端截骨加压外固定术	(172)
三、胫骨远端截骨加压外固定术	(172)
四、下肢旋转截骨加压外固定	(173)
 第十三章 骨外固定在肢体延长术中的应用	(175)
第一节 骨骺牵伸下肢延长术	(175)
一、骨骺板的组织解剖学与分离延长后的再生修复	(176)

二、适应证与方法	(177)
(一)适应证	(177)
(二)骨髓穿针与延长方法	(177)
第二节 胫骨干骺端截骨延长术	(179)
一、手术适应证与方法	(179)
(一)手术适应证	(179)
(二)手术方法与步骤	(179)
第三节 胫骨上、下干骺端联合截骨延长术	(182)
一、手术适应证	(182)
二、手术方法与步骤	(182)
第四节 胫骨股骨同时延长	(183)
参考文献	(187)

第一章 骨外固定的发展及其现况

骨外固定是治疗骨折的一种方法，它是指在骨折的近心与远心骨段经皮穿放钢针或钢钉，再用坚硬的金属或塑料连接杆与钢针固定夹把裸露在皮肤外的针端彼此连接起来，以固定骨折端。固定骨折的这种特殊装置，称为骨外固定器或外固定架。使用外固定器治疗骨折已有一个半世纪的历史，其发展经历了艰巨曲折的过程。近10多年来，由于材料力学、骨生物力学和骨折愈合基础理论等相关学科的发展，以及高能量外力所致的骨折日益增多，骨外固定重新引起人们的研究兴趣，骨外固定器的设计制造和应用技术也随之日臻完善，现已成为治疗骨折的标准方法之一，并扩大应用于截骨矫形和一些骨病的治疗。

第一节 骨外固定发展简史

一、骨外固定概念的形成

经皮穿针骨外固定的概念始于19世纪中叶。1840年，法国外科医生Malgaigne，首先使用骨外固定，他用2枚大钉经皮穿入胫骨骨折的远心与近心骨段，皮外的钉尾固定于金属带上，后者再连接于可调整周径的皮带来调控骨折端移位（图1—1A）。1843年，他又设计一种爪形钳治疗髓骨骨折（图1—1B）。这种爪形外固定钳，是由两块各有双钩的金属板叠放组成，可伸缩活动，用螺纹连接杆固定。这就是最早的骨外固定器。

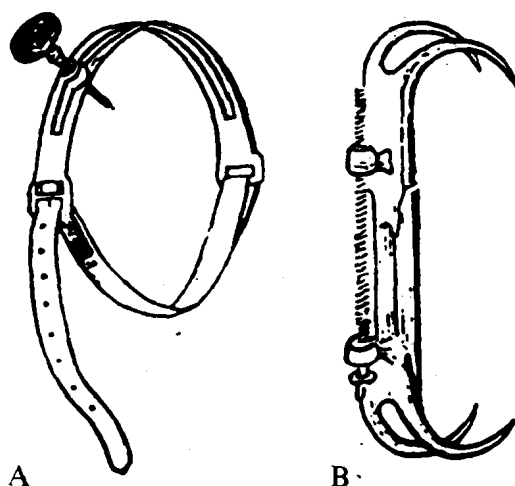


图1-1 Malgaigne骨外固定器

1850年，Rigaud用2枚螺钉分别钉入尺骨鹰嘴骨折的两骨段，用绳子拉拢骨断端和

钢丝捆扎钉尾以固定骨折，两个月后拔除螺钉。这是用骨外张力带治疗髌骨骨折与尺骨鹰嘴骨折最早的例证。1870年，Beranger-Feraud对此法加以改进，用木条连接固定钉尾，并设计出治疗下颌骨折的外固定器。

上述的原始外固定器很不完善，难以获得确切的治疗效果。但反映了19世纪下半叶骨外固定的概念已初步形成，出现了单平面单侧（半针）外固定器的雏形。

二、向临床实用化推进

19世纪末与20世纪初，由于Parkhill和Lambotte的努力，骨外固定作为治疗骨折的一种方法，开始向临床实用化推进。

Parkhill是美国外科医生，1894年他设计了一种单平面单侧外固定器的骨夹，并用于临床。1897年报道9例和制造生产三种规格大小的骨外固定器，至1898年报道总数14例全部治疗成功（图1—2A）。他积极宣传骨外固定器具有容易掌握，固定准确，可防止骨折断端纵向或横向移位，组织内不留遗物，以及无需再手术等优点。他还认为，从来没有任何其它方法能够取得100%治愈的疗效。

Labotte是著名的比利时骨科医生，被称为系统骨折外科之父。在完全不了解Parkhill工作的情况下，他于1902年设计了一种新式外固定器，包括固定针、能调节的钢针固定夹和金属连接杆（图1—2B），并制造了可用于股骨、胫骨、锁骨、肱骨、前臂与手部骨折的不同规格外固定器。在所著的《骨折外科手术学》一书中，对上述部位骨折的骨外固定治疗均有论述。他认为骨外固定确有许多优点，如器械易于装卸，稳固，便于伤口更换敷料，能控制骨折愈合，以及伤肢在治疗期间可以活动等。上述优点在严重的小腿开放性骨折尤为明显，这类骨折由于使用骨外固定，一些诊断为似非截肢不可的病例，常能得以幸免。

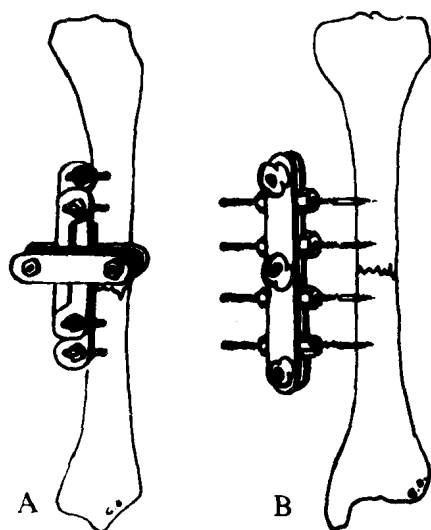


图1—2 A: Parkhill外固定器

B: Lambotte外固定器

骨外固定在它向临床应用推进的这第一阶段，其优点虽已被初步认识，但也明显存

在许多问题,诸如针道感染,固定的稳定性不足,以及再调整困难等,结果成为骨外固定常受到责难和难以推广应用的重要原因。尽管骨外固定作为治疗骨折的一种方法,直到本世纪60年代末,尚未得到公认,但仍有不少学者继续研究和应用,使骨外固定器不断得到改进和发展。

三、骨外固定系统的改进

外固定器在结构上包括钢针、固定夹和连接杆三个基本部件。它是通过穿放在骨骼的钢针和骨组成新的力学体系,达到将骨断端固定的目的。临床上要求骨外固定系统有良好的稳定性和可调性,在Parkhill与Lambotte外固定器基础上,陆续出现许多新的外固定器。其改进集中在以下三个方面。

(一) 针的改进

最早是用铁钉,为改善组织对钉的耐受性(相容性),Lambotte曾在钉上镀金或镍。由于冶金学的发展,1931年Boever首先采用不锈钢钉,这极大地改进了钉的抗腐蚀性和组织的耐受性。现代的外固定器均使用不锈钢制作的钉或针。为加强针在骨内的把持力,1932年H. Judet将针穿透对侧骨皮质以增强依托强度,并坚决主张每个穿针处要宽松切开,以减少发生感染。穿针处切开,可避免皮肤压迫坏死。

另一些医生提议将针贯穿对侧,在肢体两侧用连接杆连接(Lambret, 1912)。1921年Putti应用牵引和对抗牵引这个概念,改进Codivilla(1905)作股骨延长只作跟骨牵引的方法,推动了截骨延长术的发展。1974年, Bonnel设计一种新的螺纹贯穿针,螺纹刻在针的中段,可牢固把持着骨两侧的皮质层,以减少针在组织内移动,这对减少针道感染具有重要意义。

(二) 灵巧性的改进

Parkhill与Lambotte式外固定器缺乏灵巧性,主要作固定用,因只能在一个平面改变骨断端的位置。外固定器最好能随意变换方向,以控制复位和纠正各方向的整复缺陷。1917年Chalier设计一种能延伸与加压的外固定器,连接杆是两块叠放的钢板,板上有许多钻孔,通过固定钢板的螺钉夹来调整长度(图1—3A),但能动性亦限于单向。1929年, Ombredanne为儿童骨折设计一种韧性外固定器,材料是用可变形的轻金属,使用时通过弯曲以矫正各个平面上的畸形,但韧性降低了固定的稳定性。

灵巧性的改进,在30年代有较大的进展。1931年, Goosens设计在针与连接杆结合部安装关节作为可调整的固定夹(图1—3B)。1933年, Joly在连接杆上安装关节(图1—3C),这样可以改换两个方向。但是,如果使外固定器兼有整复骨折的功能,则需能从三个方向自由调整。1934年, R. Anderson设计出能整复骨折的外固定器,他将贯穿针连接于可活动的金属铰状物上,通过可作多向调整的机械装置进行骨折复位(图1—3D),复位后用石膏包埋钢针固定,以加强固定的稳定性,后来改进无需使用石膏。1937年, Stader(一位兽医)也设计出一种单边式外固器,可在三个平面进行骨折复位(图1—3E)。1939年, Haynes曾设计出类似Stader的外固定器。

1938年, Hoffmann实现了一项最有影响的改进,他设计出一种万向球形关节装在连接杆上,既可在三个平面上进行复位,也能作进一步矫正。他还用滑动伸缩杆代替固定不变的连接杆,可对骨断端挤压或牵伸,以增加固定的稳定性或恢复肢体的长度(图