

形状记忆合金为骨折治疗开辟新天地 ——兼论 MO(Memory osteosynthesis)概念的提出 Treatment of the fractures with shape memory alloy(SMA)

康庆林 张春才 许硕贵

KANG Qinglin, ZHANG Chuncai, XU Shuogui

【关键词】 骨折; 形状记忆合金 【Key words】 Fractures; Shape memory alloy(SMA)

从上世纪 50 年代起, AO 学派倡导的加压固定和强调骨折端绝对稳定, 一直是治疗骨折的经典法则, 其治疗原则包括^[1]: ①解剖复位; ②坚强固定; ③无创操作; ④尽早活动。AO 理论的精髓是加压固定下产生骨折的 I 期愈合, 加压接骨板是 AO 内固定物中的经典代表。但是, 在这种力学环境下产生的“I 期愈合”存在许多缺陷^[2], 诸如加压接骨板的强大应力遮挡效应, 使骨折端变为“废用段”, 造成板下皮质骨质疏松, 去固定后常发生再骨折; 即使保证了骨折端的绝对稳定, 仍有相当比例发生骨不连; 加压接骨板产生的压力是一过性的、静态和被动的, 随着骨折端皮质坏死吸收, 其加压作用随之消失等等。

有鉴于此, 近 10 年来 AO 思想逐渐发生了变化, 即从坚强内固定转化为生物学固定原则 (Biological osteosynthesis BO)^[2], 其核心思想是保护骨的生理血供。具体措施包括^[3]: ①间接复位; ②减少内固定物与骨皮质之间的接触面积; ③使用低弹性模量的内固定物; ④不强求骨折端的解剖复位; ⑤微创内固定手术等。需要指出的是, BO 理论指导下的骨折愈合方式, 是典型的 II 期愈合, 这与既往 AO 推崇的 I 期愈合迥然不同。BO 理论是对 AO 的重要修正和补充, 尽管尚不成熟, 但在有限的临床应用报告中, 已经显示出其潜在的优越性^[1, 2]。

中西医结合治疗骨折是我国的特色, 历经 40 年的发展提高, 现已被国际公认为中国接骨学 (Chinese osteosynthesis CO), 形成一个独立的理论体系^[4]。其治疗原则包括: ①动静结合; ②弹性固定; ③有限和微创手术。在弹性固定下, 骨折断端存在着有利于骨折愈合的微动, 微动刺激骨折断端产生丰富的外骨痂, 因此, CO 系统的骨折愈合模式也是 II 期愈合, 但是这种愈合方式是, 无骨折侧皮质外 1/4 萎缩的情况下, 有大量的外骨痂生成, 这是 CO 与 BO 的不同之处。

纵观 AO、BO 和 CO 理论体系之间的联系与区别, 不难看出, 骨折的愈合方式与治疗原则密切相关。AO 在坚强固定下产生的 I 期愈合, 尽管骨折断端直接重建而无骨痂, 由于固定段缺乏持续的动态应力刺激, 远期并发症较多^[1], 实际上是一种低动力的“病态”愈合方式。BO 和 CO 发源地不同, 却有

异曲同工之妙, 两者皆以保护骨折部血供为出发点, 其愈合方式自然是殊途同归。BO 和 CO 在理论上优于 AO 之处, 却也并非完美无缺, 因为 II 期愈合虽然不同程度避免了骨质疏松, 但外骨痂强度不够, 需较长时间的塑形期方能满足功能的需要。三者固定材料仍以不锈钢者居多, 刚强有余, 弹性不足。另外, 从内固定物与骨干之间相互作用的几何关系上看, 多为平面固定, 三维立体者少。理想的骨愈合方式, 应该是既无骨痂又无骨质疏松, 骨折断端间直接由解剖型板层骨替代。根据 Wolff 定律, 骨的形态和结构与其所处的力学环境相适应。因而, 从内固定材料的特性、构形以及固定方式着手, 研制新型的内固定器材, 汲取 AO、BO 和 CO 三者之长, 而避其之短, 将有望产生新的骨折愈合方式, 进一步丰富和完善骨折治疗的手段。

镍钛合金具有形状记忆效应, 近年在医学领域中的应用倍受关注。我科从上个世纪 80 年代初期起, 开始进行记忆合金在骨科中的应用研究。相继成功研制了系列接骨器材^[3], 包括镍钛聚脲器、上肢弓状记忆接骨器、弧叉状肱骨髓内钉、飞艇式腰骶内固定器、天鹅型记忆接骨器以及鹰嘴复位固定器等, 固定部位覆盖四肢、脊柱和骨盆, 并在国内首次提出“生物记忆材料”这一概念^[5]。其中聚脲器经全国推广应用, 治疗各类髌骨骨折已逾万例^[4], 天鹅记忆接骨器治疗上肢长骨干骨折和骨不连逾 500 例, 取得显著疗效。

在本系列器材中, 天鹅记忆接骨器 (图 1) 是治疗上肢长骨干骨折的代表, 其造型使得该器械在固定时, 不仅对骨干水平位横向抱持, 而且在骨干产生纵向的“动态”的持续加压作用, 使骨折断端与固定器之间构成几何不变体系, 形成多位点三维立体固定。临床应用表明, 术后不需借助任何外固定, 骨折愈合较其他固定时间短, 功能恢复和骨愈合速度同步。值得注意的是, 在本器械固定下, 骨折愈合呈现一种新的方式, 即骨折端直接由板状骨替代连接, 既不出现板下皮质骨质疏松, 也不出现骨痂, 似乎跳过了骨痂塑形期^[6, 7], 这种现象发人深省。AO 技术下的无骨痂愈合, 只有在坚强固定和解剖复位下才能产生^[1], 而 CO 体系认为^[4], 弹性固定下的微动必然伴随着大量的外骨痂生成。但是在本器械作用下, 骨折断端间固定并不似 AO 样坚强, 其愈合是一种既非 AO 也非 CO 或 BO 式的。显然, 这种新奇的骨折愈合方式, 用现有的“微动”、

“坚强”或“弹性”固定理论,不仅难以得到合理的解释,甚至是自相矛盾的。

细心比较本方法与 AO、BO 及 CO 的差别,不难发现,答案只能从天鹅记忆接骨器的材料和几何构形上来寻找。本接骨器的鹅颈加压支,依靠形状记忆功能,使骨折断端之间存在着持续的轴向加压作用,这种加压是非 AO 性的,不会随骨折

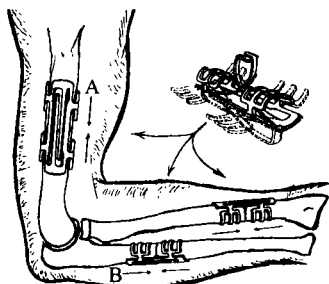


图 1 天鹅接骨器固定上肢长骨干骨折示意图

端的吸收而消失,而是“记忆”地伴随于骨折愈合的全过程。此外,从生物力学角度分析本接骨器的持骨特点:其立体固定是一种整体效应,与 AO 的板/钉类和张力带类的组合固定完全不同。已知镍钛合金的弹性模量只有不锈钢的 1/4,当骨折断端在应力作用下产生位移趋势时,本器械具有良好的顺应性,避免了与应力的强行对抗导致断裂,当应力消除后,本器械依靠“记忆”功能,瞬即恢复骨折断端的对位。外固定支架也可产生类似的立体固定效应,然而这种固定同样是机械组合式的,由于器件的材料、弹性模量、形状不同,在骨折断端的重复应力作用下,容易造成器件结合部的断裂。更重要的是,这种固定是间接的,不能“记忆”地直接作用于骨^[6]。

对 AO 坚强固定下产生的骨质疏松现有两种解释^[1],一个是接骨板的应力遮挡效应,另一个是接骨板对板下皮质骨血供的破坏。天鹅记忆接骨器在安放时,需要环形剥离骨膜,有医生担心会损伤骨的血供,实践证明这种担心是多余的。本器械的翼支在环抱时呈标准的圆形,体部又被镂空,当与不规则形的骨表面接触时,非乃紧密贴敷,而是“点状”接触,并

不影响骨皮质微循环的离散式流动,兼之,对髓腔内血供的扰动又特别小,因而不会影响皮质的整体灌流和代偿。另外,天鹅记忆接骨器的鹅颈加压支只有轴向加压,而无支撑作用,故而几无应力遮挡效应,骨干无废用段,籍此可部分解释本器械固定下的无骨质疏松现象。

近年来,伴随生物学、生物力学及材料学的发展,对骨折治疗的原则、理论和技术均有长足的进步,总的趋势是治疗手段更合理、更智能化^[3]。形状记忆合金治疗骨折虽然起步较晚,然其疗法独具匠心,是一种“记忆接骨术”(Memory osteosynthesis MO),在这种接骨模式作用下,骨折愈合可能存在新的未被认知的方式,该方式与现有的三个学术体系均有所不同,为区别起见,我们姑且称之为 MO 概念。从临床应用来看,MO 下的骨折愈合是迄今为止较为理想接骨模式。

诚然,MO 理论还很不成熟,需要进一步的临床和基础研究来佐证。尽管如此,我们认为,形状记忆合金独特的记忆行为和良好的组织相容性,以及 MO 作用下理想的骨折愈合方式,将为骨折治疗开辟新天地。大力研制新型的记忆合金内固定器械,积极广泛地开展相关的基础研究,丰富和完善 MO 这一全新的概念,将是我们今后努力的方向。

参考文献

- 1 Miclau T, Martin RE. The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury*, 1997, 28:3-6.
- 2 Palmer RH. Biological osteosynthesis. *Vet Clin North Am Small Ani Pract*, 1999, 29:1171-1185.
- 3 毕大卫,费峻,王志彬. 尚天裕学术思想的形成与中国 CO 学派的确立. *中国骨伤*, 1999, 12(1):3-5.
- 4 张春才,姜贞祥,高建章,等. 形状记忆合金在我院的系列设计和临床应用. *上海生物医学工程杂志*, 1992, 13(1):24-27.
- 5 张春才,邱长友,王小雄. 形状记忆合金在外科领域中的应用专题座谈会纪要. *中华外科杂志*, 1993, 31(5):275-277.
- 6 许硕贵,张春才,苏佳灿,等. 天鹅记忆接骨器治疗肱骨骨折和骨不连的生物力学研究. *第二军医大学学报*, 2001, 22(10):946-948.
- 7 张春才,许硕贵,王家林,等. 镍钛形状记忆合金及其骨科应用. *中国矫形外科杂志*, 1999, 6(11):854-855.

(收稿:2002-10-22 编辑:李为农)

· 读者·作者·编者 ·

关于一稿两投和一稿两用等现象的处理声明

文稿的一稿两投、一稿两用、抄袭、假署名、弄虚作假等现象属于科技领域的不正之风,我刊历来对此加以谴责和制止。为防止类似现象的发生,我刊一直严把投稿时的审核关,要求每篇文章必须经作者单位主管学术的机构审核,附单位推荐信(并注明资料属实、无一稿两投等事项)。希望引起广大作者的重视。为维护我刊的声誉和广大读者的利益,凡核实属于一稿两投和一稿两用等现象者,我刊将择期在杂志上提出批评,刊出其作者姓名和单位,并对该文的第一作者所撰写的一切文稿 2 年内拒绝在本刊发表,同时通知相关杂志。欢迎广大读者监督。

本刊编辑部