

外固定

夹板局部外固定治疗骨干骨折的生物力学原理初探

张 蒲 顾志华 · 尚天裕 孟 和 · ·

夹板局部外固定是中医治疗骨折的基本医疗方式。这种疗法看起来很“原始”，但它在长期医疗实践中，形成了一整套完整的治疗原则和方法。该疗法简便易行，适合肢体的生理要求，疗效满意，经济、方便，患者乐于接受，直到科学发达的现代并没丧失它的重要性和现实意义。究其原因，就是因为这种骨折治疗方法符合了骨折愈合的客观规律性。为阐明其内在规律的特征，本节从生物力学观点对中医疗法的某些特点初步加以分析。

中医疗法特点

夹板局部外固定是一种弹性固定方式，它把骨折远、近端与布带、夹板、纸压垫等组成一个局部外固定力学系统。该系统的使用充分考虑到肢体各种组织的生理适应能力，保持骨折整复成果的同时也为肢体在固定期间进行功能活动创造了良好条件。该疗法从生物力学观点看其主要特点表现为：

(一) 稳定的固定方法

固定稳定的含义从几何上是指把整复后的骨折位置在空间予以保持。也就是说，若忽略功能活动时产生的相对微小位移，夹板、布带与肢体远、近端形成一个几何不变体系。但因固定过程实际上是使骨折端与器械形成一新的力学系统，所以，也可以说固定稳定是使骨折远、近端在布带约束力、夹板挤压力、纸压垫效应力、摩擦力、“肌肉内在动力”和必要的牵引力作用下处于相对静止状态。

只要恰当利用布带约束力（一般在800克左右）和必要的牵引力（如对股骨干骨折和不稳定的胫腓骨折）其固定稳定性已由大量临床所证实。现以具有代表性的斜断面骨折为例，讨论夹板局部外固定方式的稳定性问题。

令 \vec{N} 为肢体肌肉力的轴向力与必要牵引力的合力， \vec{N}_τ 和 \vec{N}_η 是力 \vec{N} 在骨折断面的切向和法向分量； \vec{G} 是压垫的效应力， \vec{G}_τ 和 \vec{G}_η 是其作用到断面的切向和法向分量； 2 为断面倾角。

由于力 \vec{N} 和 \vec{G} 同时作用的结果，断面得到的法向力的合力大小为：

$$N_n + G_n = N \cos 2_1 + G \sin 2_1 \quad (1)$$

其中 $2_1 = \frac{\pi}{2} - 2$ 。由于切向力的分量 \vec{N}_τ 和 \vec{G}_τ

方向相反，因而，断面切向力的合力大小可表为：

$$N_\tau - G_\tau = N \sin 2_1 - G \cos 2_1 \quad (2)$$

若设断面摩擦系数为 f ，则固定稳定条件为：

$$N \sin 2_1 - G \cos 2_1 < f (N \cos 2_1 + \sin 2_1) \quad (3)$$

从该式可以看出，由于效应力作用结果，较明显地减弱了断面剪应力。实践说明，过大的剪力在临床初期不仅影响新生骨细胞的生长，且影响固定稳定性。同时，效应力还较大的增加了断面摩擦力，进一步增强了固定稳定性。

当非功能活动时，断面间剪应力较小，这时，较小的摩擦力便可维持断端的相对静止，即能保持固定稳定。当进行功能活动时，由于力 \vec{N} 引起的断面剪应力增加，增大了断端产生相对位移的可能性。与此同时，由于肌肉收缩，肢体周径变化，布带张力随之增大，夹板压力也相继增加，这个压力通过夹板的杠杆作用又增大了效应力 \vec{G} 值。从式(3)看出，效应力 \vec{G} 的增大，不仅相应较大的削弱了断面的剪应力，减小了由于肌肉收缩而引起的断面位移力，同时还增大了断面摩擦力。所以，只要约束力适当，它仍能保持骨折复位后的位置处于相对静止状态。临床说明，功能活动还能逐渐矫正遗留的轻度成角和侧方位移（这里也有筋束骨作用）。

(二) 有益于愈合的压应力刺激

整个临床期间，使骨折端能获得应力刺激是夹板局部外固定治疗骨折疗法的又一特征。称该应力为生理应力，它对加快骨折断面的愈合速度，提高愈合质量是颇有益的。生理应力概念在中医骨折疗法中实际上早已得到应用并取得较理想疗效。由于生物体的复杂性，对它的了解和研究处于初始阶段。

为了解夹板局部外固定治疗骨折中骨折断面获得生理应力的大小和性质，仍以斜断面骨折为例，对临床初期骨折端应力的获得做一简单分析。

因运动是相对的，为简化研究，不妨认为近端是固定的，并设力 \vec{N} 只是肌群收缩力的轴向合力。

由于临床初期断面生理应力系指法向压应力。在这种情况下，断面获得的生理应力由计算得：

$$\sigma = \frac{G_x}{2S_0} \sin 2\alpha_1 + \frac{1}{2S_0} [G_g \sin 2\alpha_1 + N(1 + \cos 2\alpha_1)] \quad (4)$$

其中, S_0 : 骨折处的横截面面积;

G_x : 静效应力, 即指无功能活动时, 由于布带约束力通过纸压垫作用到骨折端的力;

G_g : 动效应力, 即由于功能活动而引起的附加效应力。

式(4)中首项指出的应力恒定不变的作用在骨折端, 故为恒定生理应力。该力除对增大摩擦力, 减小临床初期有害于愈合的剪力外, 还可使骨折端间相互挤压, 紧密嵌插, 缩短新生骨细胞的爬行距离, 因而, 可加速骨折愈合速度。

式(4)中第二项, 即

$$\frac{1}{2S_0} [G_g \sin 2\alpha_1 + N(1 + \cos 2\alpha_1)]$$

表示的应力则是骨折端得到的间断性生理应力, 是由于功能活动给予骨折端的压应力, 其值随功能活动时大时小, 时有时无的不断变化, 故称之为间断性生理应力。它对加快骨折愈合速度、提高愈合质量颇为有益。在中医骨折疗法中恒定生理应力是由器械给予断端的, 而间断性生理应力则是由于功能活动得到的。

生理应力观点可看作Wolff定律的推广。

由以上讨论可知, 若能测得效应力和由于肌肉收缩而得到的轴向力 \vec{N} , 便可得到临床初期断端的生理应力值。

(三) 无应力遮挡保护影响

骨折固定阶段主要是新生骨细胞聚集及塑型修复阶段, 它是在一个开放的反馈控制系统中按着功能的需要进行所谓功能适应修复。因此, 固定应服从于修复的需要。

夹板局部外固定治疗骨折既能保持骨折端的稳定, 又较少干扰骨所应承受的力学状态。因此它为断骨的重建创造了较好的客观环境。一个几何上十分稳定的坚强固定, 如果对骨的正常受力状态有很大干扰, 甚至功能替代, 不能认为是好的固定, 因为此时骨折端附近接收到的重建信息, 不能完全适应正常功能的需要。

生物体同环境间的相互作用是一个广泛而深刻的课题, 生物对环境变化持续时间的长短及所受刺激程度的强弱以不同方式反应于环境的变化。生物组织的每一个水平上都存在着复杂的内部调节系统, 具有复杂的反馈系统。生物体就是依靠这种伺服机构用以维持系统的稳定状态并使之适当的变化, 以适应遭受到的外部环境的变化。

骨的功能是躯体的支架, 承受载荷, 维持运动。因此, 作为活体骨对应力反应是敏感的, 骨以其形态、结构、密度分布充分适应实际所受的

应力分布。把活体骨不断进行着生长、加强和再吸收过程, 即是所谓“重建”。骨对应力适应性的反馈机理, 即重建过程的机理待进一步研究。

临床中、后期是骨折端加强和改建时期, 应使其尽量适应肢体正常功能的需要。如有应力遮挡保护, 在具有功能替代下形成的新的骨组织, 由于缺少应受的应力, 使重建的骨不能适应正常功能的需要。夹板局部外固定治疗骨折, 由于很少应力遮挡保护作用, 所以, 从愈合到改建径直接功能需要进行。不仅可提高愈合质量, 且加快了功能恢复速度, 即缩短了疗程。

(四) 强调功能锻炼

稳定固定不仅是骨折愈合好的前提, 也为在骨折治疗期间进行功能锻炼创造了良好条件。功能活动既是治疗的目的, 又是中医疗法的治疗手段。及时恰当的功能锻炼, 不仅可防止肌肉萎缩, 滑膜粘连, 关节囊挛缩, 使骨折端得到有益于加速愈合的间断性生理应力和促进骨的重建, 同时功能锻炼对血运有较大影响。骨折发生后, 血管立即扩张, 呈现充血状态。骨折整复后, 及时进行功能锻炼, 可推动静脉还流, 促进软组织和骨内的血液循环, 血流量显著增加。肌肉活动时产生的代谢产物, 如乳酸等, 能使局部血管扩张, 肌肉内备用血管开放, 保证更多的血液通过。如前臂肌肉持续强烈收缩一分钟, 肢体的动脉血流量可增加3—4倍。

多年来血管的成骨作用受到人们很大重视, 血不仅回收了骨折局部的代谢产物, 也带来了成骨所必需的氧和其它物质, 使新生骨细胞能迅速形成。血供在骨折愈合过程中, 在骨形成的各个环节上都起着重要作用。因而, 夹板局部外固定治疗骨折, 自始至终强调功能锻炼。

小 结

本文从生物力学观点对夹板局部外固定治疗骨折的原理进行了初步分析。指出, 由布带约束力、夹板分布力、压垫效应力、肌肉「内在动力」摩擦力和必要牵引力组成的局部外固定力学系统, 使骨折断端固定稳定, 很少功能替代并能获得生理应力, 属于弹性固定系统, 因而, 有较理想的疗效。本文还指出了功能锻炼在整个骨伤治疗过程中的重要意义。由此易见, 我国传统的夹板局部外固定治疗骨折的方法, 客观上符合了骨折愈合的生物力学基本规律, 从而具有内在的优越性。

这个分析是很初步的, 无论在理论研究还是临床实践方面有许多工作待深化。

• 河北省科学院

•• 中国中医研究院