

股骨近端骨折及其临床治疗的生物力学研究进展

王爱国,郑昆仑,谷福顺

(天津中医药大学第二附属医院,天津 300150)

关键词 股骨骨折 生物力学 综述

股骨是应力最为复杂的悬臂梁结构,股骨近端骨折是老年人的常见骨折。随着社会人口老龄化,其发病率明显上升。该病的发生给患者及家属、社会带来诸多困难,为老年患者的灾难性损伤,其生物力学特性的研究,可为临床骨科学及手术方案的评定提供可靠的理论指导^[1-2]。现将股骨近端骨折及其临床治疗的生物力学研究进展综述如下。

1 股骨近端骨折的生物力学研究

鞠杨等^[3]建立了一个针对高危女性人群股骨结构的三维有限元模型,分析了运动荷载作用下此类股骨的应力和应变分布以及股骨破坏的可能部位,结果表明股骨颈处的应力和应变最大,容易在股骨颈处以及大转子与股骨干的连接部位附近发生破坏。朱文艺等^[4]通过测定国人股骨近段骨密度、几何形态等,发现股骨近段骨密度最强区域是股骨颈,其次是转子区,而 Ward 氏三角的骨密度最低;在几何形态参数中,股骨颈宽度与股骨近端骨折的相关性最好;并推导出预测股骨近端骨折风险的回归方程: $y = 5.507x - 0.609$ (y 为极限强度, x 为股骨颈骨密度)。张扬等^[5]随机选取 16 例经甲醛浸泡过的国人成年男性尸体股骨上段标本,测量其几何参数和骨密度,再通过生物力学试验,比较各因素对股骨颈生物力学特性的影响,结果显示最能预测髋部骨折发生可能性的变量组合是股骨转子间骨密度、股骨头直径及股骨颈直径。通过生物力学研究,提示股骨近端骨折多见于股骨颈及转子间。

2 内固定治疗股骨近端骨折的生物力学研究

2.1 髓外固定

姚建锋等^[6]运用动力髋螺钉(dynamic hip screw, DHS)内固定治疗股骨转子间骨折,从生物力学角度分析认为, DHS 主要分担张应力传导; DHS 通过 Ward 氏三角内以减少对分隔线的破坏,可使断面靠拢压紧,对骨折的愈合是极其有利的。徐生根等^[7]的研究结果显示,当身体的重力传递到大

转子顶部时, DHS 的拉力钉通过大转子、股骨颈、股骨头固定于近折端,通过控制性力加压骨折端抵消了反转子骨折本身向外移位的倾向力,从而达到骨折端的稳定,消除了影响骨折愈合的剪引力,促进骨折的愈合。Sim 等^[8]用生物力学分析 DHS 断钉原因,结果显示股骨负重时 DHS 在股骨外侧产生压拉应变的倒转,作为股骨最大负重部分的小转子部分,术后应变数正常,但力臂变大;当小转子侧骨质不能支持时,易发生折弯力及应力遮挡,造成钢板侧固定螺钉疲劳性折断,内固定松动,继发骨不连及髓内翻。

何斌等^[9]将 10 对股骨标本随机分为骨折模型抗扭和抗压两组,在两组制成 Evans IV 型的不稳定转子间骨折模型的一侧直接置入 DHS 内固定作为对照组,另一侧注入 MIIGX3 后再置入 DHS 内固定作为强化组,分别进行扭转加载试验及轴向压缩试验,比较强化组与对照组的生物力学性能,结果表明强化组在抗扭转和抗压方面均比对照组更具有优势。徐中和等^[10]采用自行设计的一种新型的股骨转子间骨折内固定器,随机分为记忆合金钉板固定组和 DHS 固定组并进行生物力学测试,比较两组股骨头垂直位移 1 mm 时的压缩刚度、加载 350 N 时的股骨头垂直位移、股骨颈扭转 1° 时的扭矩、扭矩为 3.5 N·m 时股骨颈的扭转角度;结果显示上述指标经统计学分析差异无统计学意义,但记忆合金钉板较 DHS 稳定,骨质的进一步破坏少,能保持股骨近段结构的完整性。李云峰等^[11]将 8 具国人新鲜股骨标本通过解剖型锁定钩板(anatomical type locked hook-plate, ALHP)和动力 DHS 固定后进行生物力学对比测试,结果显示两者载荷-应变、载荷-位移、强度和刚度、扭转力学性能、极限载能差异有统计学意义,证明 ALHP 在抗张、抗压、抗弯、抗剪切方面明显优于 DHS。

以 DHS 为代表的髓外固定,可分担张应力传导,但易发生折弯力及应力遮挡。生物力学试验表明,对

股骨近端骨折进行固定时加入骨水泥或改进钢板,可明显提高骨折固定后的抗压、抗扭性能。

2.2 髓内固定 李斯明等^[12]对原 γ 钉的大小和结构进行改良,并对改良后的 γ 钉作轴向压缩试验和三点弯曲试验,结果显示改良后 γ 钉的抗轴向压缩和抗弯曲强度均远超过人股骨,认为本钉在股骨近段内的应力分布更合理,避免了因应力集中造成股骨干骨折的危险,适用于各类型股骨转子下骨折。王建辉等^[13]取 8 根新鲜尸体股骨,在其近端内外侧皮质沿股骨长轴布置 6 枚电阻应变片后随机分成两组,分别插入股骨近端髓内钉 (proximal femoral nail, PFN) 和 DHS,先后模拟稳定型 (Evans I 型) 和不稳定型 (Evans III A 型) 股骨转子间骨折,在生物力学实验机上测定其抗压载、抗扭转能力及股骨近端应变分布情况;结果显示随着骨折稳定性的下降, DHS 组股骨矩区的压应变值明显增加,在 Evans I 型骨折中 PFN 和 DHS 的抗压能力相近,在 Evans III A 型骨折中 PFN 强于 DHS, PFN 的抗扭转性能在 Evans I 型和 Evans III A 型骨折中均强于 DHS。闫宏伟等^[14]取男性健康成人股骨成对防腐尸骨湿标本左右侧各 5 根,均于股骨颈基底部锯断,制成 pauwel 角为 60° 的不稳定型股骨颈骨折内固定模型,模拟髋关节动载荷,对两种治疗方式在髋载荷下的压缩试验及抗扭转性能进行测评;结果髓内钉组及 DHS 组对髋载荷的压缩反应张力侧均表现为张应变和张开位移,但髓内钉组的对抗断端分离移位能力大大优于 DHS 组;在压力侧, DHS 组的断端间相应靠近嵌插反应较髓内钉实验组大,对不稳定型骨折而言,这种反应有使压力侧骨折块挤压移位的可能;抗扭转性能 DHS 组显然不如髓内钉组强大;认为改良股骨髓内钉力学性能可保证骨折端的复位和固定要求,固定效果明显优于 DHS。

髓内内固定系统可合理分布股骨近段内的应力,有利于骨折的愈合,其抗扭能力较 DHS 强大,但其抗压能力不及 DHS。

3 外固定治疗股骨近端骨折的生物力学研究

穆德龙等^[15]以应变电技术测量在扭矩作用下股骨和外固定器钢针上各测点的应变值,验证自行设计的外固定器是否符合生物力学原理;在股骨干和外固定钢针上粘贴电阻应变片,对标本施加扭矩,通过静态电阻应变仪分别测 $50\text{ N}\cdot\text{cm}$ 、 $100\text{ N}\cdot\text{cm}$ 、 $150\text{ N}\cdot\text{cm}$ 扭矩时的应变与应力值;结果显示测量应变不成线性

关系,但是施加扭矩越大,各测点应力越大;认为该外固定器设计符合生物力学原理。潘伟新等^[16]针对股骨转子部骨折的特点,利用柱角形外固定架对钢钉的坚强锚固作用,设计了经皮双螺旋加压钉柱角外固定架固定技术;经生物力学试验检测,认为该技术通过柱角形外固定架建立稳定的框架结构,可有效地防止髓内翻并实现可靠固定。苗旭漫等^[17]取 5 对成人新鲜股骨标本制作 AO 分型 A1.1 型股骨转子间骨折模型,试验组用滑动加压外固定器固定,对照组用单侧成角外固定器固定;实验结果显示各载荷条件下试验组张开角度明显小于对照组,试验组包括张力侧各点均为压应力而对照组在外侧 4 个测试点为拉应力,相同载荷下骨折端接触面积试验组较对照组大 47.1% ;认为滑动加压外固定器的各项生物力学性能均优于普通外固定器。秦玉星等^[18]测定自行研制的双头自动加压新型外固定支架在股骨转子间固定后的强度和刚度,结果显示股骨的扭转力学性能以及极限承载能力均优于 DHS 和传统外固定支架,用其治疗股骨转子间骨折患者 20 例,效果满意。可见,现在临床上使用的外固定器符合生物力学性能,可满足临床需要。

4 各种固定治疗股骨近端骨折的生物力学比较研究

刘云鹏等^[19]研究认为 DHS、Gamma 钉适合于每一类型的转子下骨折的固定;动力加压钢板不适合于固定 IV 型以上的骨折;角钢板用于 III、IV、V 型转子下骨折的固定,具有力学的缺陷;而卸载(患肢术后早期的部分负重)时对内植物可产生极为有害的慢性疲劳应力。魏波等^[20]认为静态三维钉板固定系统为多钉与侧方钢板联合结构,可在三维空间上进行固定,应用于股骨转子间骨折固定时具有较优良的抗轴压、抗扭转等性能。黄群成等^[21]研究结果表明镍钛记忆钩钉在抗压、抗弯、抗扭转和极限性能方面比其他装置更具有优势;原因在于镍钛记忆钩钉越过骨折线通过大转子顶端固定在股骨颈基底部,其产生的张应力能有效地对抗阻对内侧骨皮质的压应力,从而恢复正常的力学平衡,且其抗弯强度和极限强度是普通不锈钢钢板的 1.8 倍。刘安庆等^[22]研究结果显示 DHS 固定最稳定,承载最大,其次是支架、麦氏鹅头钉,而单纯斯氏针最差;认为对于能耐受手术的病人应首选 DHS,否则应尽可能用支架固定。通过比较各种固定治疗股骨近端骨折的生物力学研究,便于我们将生物

力学更好地服务于临床,同时,我们必须清醒地认识到骨折治疗的整体性及个体差异。

5 结 语

股骨近端具有独特的解剖学特点及复杂的生理功能,其生物力学研究已日益受到重视。目前的生物力学研究只是对骨骼进行研究,没有考虑骨骼肌及血管、神经的问题。现代生物力学具有精确客观、灵敏有效、简单快速的优点。特别应当指出的是,计算机的引入为生物力学测量带来了几乎是变革性的发展。应用生物力学研究,可提高临床诊断的准确性,指导医师制定最佳的治疗方案。随着生物力学研究的深入,生物力学必将日益成为骨科临床和科研的重要工具,并对骨折治疗的发展产生深远影响。

6 参考文献

- [1] King AI. A review of biomechanical models[J]. J Biomech Eng, 1984, 106(2): 97-104.
- [2] Blemker SS, Asakawa DS, Gold GE, et al. Image-based musculoskeletal modeling: applications, advances, and future opportunities[J]. J Magn Reson Imaging, 2007, 25(2): 441-451.
- [3] 鞠杨, 陈永兰, 孙华飞, 等. 股骨形态及应力应变的三维有限元分析[J]. 力学与实践, 2007, 29(3): 61-65.
- [4] 朱文艺, 王坤正, 曾红, 等. 股骨上段骨折风险的生物力学相关性研究[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2007, 2(1): 20-23.
- [5] 张杨, 雷伟, 吴子祥, 等. 老年股骨上段标本几何参数及骨密度与生物力学性能的相关性分析[J]. 中国骨质疏松杂志, 2009, 15(1): 32-35.
- [6] 姚建锋, 党晓霞, 王军伟, 等. 动力髋螺钉治疗不稳定性股骨粗隆部骨折的疗效和生物力学分析[J]. 陕西医学杂志, 2002, 31(11): 981-983.
- [7] 徐生根, 王驰, 徐正发, 等. 动力髋螺钉治疗股骨粗隆间骨折生物力学研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2007, 31(1): 67-68.
- [8] Sim E, Schmiedmayer HB, Lugner P. Mechanical factors responsible for the obstruction of the gliding mechanism of a dynamic hip screw for stabilizing pertrochanteric femoral fractures[J]. J Trauma, 2000, 49: 995.
- [9] 何斌, 王云华, 黄野, 等. MIIGX3 强化动力髋螺钉固定的生物力学研究[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2008, 5(6): 1-3.

- [10] 徐中和, 杨运发, 温世锋, 等. 新型股骨转子间骨折内固定器(记忆合金钉板)的生物力学评价[J]. 中国临床解剖学杂志, 2006, 24(4): 444-446.
- [11] 李云峰, 刘百伟, 陆坚, 等. 应用 ALHP 固定股骨粗隆间不稳定性骨折的生物力学研究[J]. 创伤外科杂志, 2009, 11(1): 59-62.
- [12] 李斯明, 钟志龙, 陈鸿辉. 改良型 γ 钉固定股骨转子下骨折的生物力学与临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 1998, 5(4): 315-317.
- [13] 王建辉, 刘长贵, 刘瑞波. PFN 和 DHS 治疗股骨转子间骨折的生物力学研究及临床疗效观察[J]. 骨与关节损伤杂志, 2004, 19(11): 739-741.
- [14] 闫宏伟, 刘凯, 宋金辉, 等. 改良股骨髓内钉治疗不稳定性股骨颈骨折的生物力学研究[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2008, 5(1): 19-21.
- [15] 穆德龙, 徐国安, 马洪顺, 等. 在扭矩作用下股骨和外固定器钢针上各测点的应变电测量[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(26): 5007-5010.
- [16] 潘伟新, 王怀珠, 于德军, 等. 股骨粗隆间及股骨颈骨折经皮双螺旋加压钉柱角外固定架技术应用[J]. 中国伤残医学, 2006, 14(3): 7-9.
- [17] 苗旭漫, 南军, 崔海峰, 等. 股骨粗隆间骨折滑动加压外固定器的设计及生物力学评价[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2008, 23(3): 192-195.
- [18] 秦玉星, 盛国庆, 王以进, 等. 股骨转子间骨折双头自动加压新型外固定支架固定的生物力学研究[J]. 中国骨伤, 2008, 21(10): 771-773.
- [19] 刘云鹏, 刘万军, 杨绍霞, 等. 股骨转子下复杂骨折内固定物选择的生物力学研究[J]. 骨与关节损伤杂志, 2003, 18(9): 610-613.
- [20] 魏波, 李光灿, 李康华. 三维钉板系统的研制及固定股骨粗隆间骨折的生物力学比较研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2007, 22(8): 638-640.
- [21] 黄群成, 俞光荣, 王勤业, 等. 镍钛记忆钩钉和四种内固定治疗股骨粗隆间骨折的生物力学比较[J]. 骨与关节损伤杂志, 2001, 16(5): 352-353.
- [22] 刘安庆, 张银光, 王春生, 等. 股骨转子间骨折的治疗及生物力学研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2000, 7(9): 856-858.

(2010-05-12 收稿 2010-10-28 修回)

· 作者须知 ·

关键词的书写要求

论文需标引 3~8 个关键词。关键词是为了便于进行文献标引工作而选用的可表达文章主题内容的词或短语。关键词尽量从中国医学科学院信息研究所编译的最新版《中文医学主题词表》(CMeSH)中选取。未被词表收录的新的专业术语(自由词)可直接作为关键词使用,建议排在最后。关键词中的第 1 个词必须来自 CMeSH,每个关键词之间留一个汉字空。有英文摘要的文章,应标注与中文对应的英文关键词。关键词中的缩写词应按 CMeSH 还原为全称;每个英文关键词的第一个单词首字母大写,各词汇之间用“;”分隔。