

文章编号:1004-7220(2013)01-0103-06

改良中空加压螺钉内固定治疗股骨颈骨折的有限元分析

姚琦¹, 倪杰¹, 胡磊², 张里程³, 张立海³, 唐佩福³

(1. 首都医科大学附属北京世纪坛医院 骨科, 北京 100038; 2. 北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100083;
3. 中国人民解放军总医院 骨科, 北京 100853)

摘要: **目的** 建立中空加压螺钉固定股骨颈骨折的三维有限元模型, 研究3枚中空加压螺钉的受力情况及改良螺钉内固定治疗股骨颈骨折时能否提供所需的力学强度。**方法** 三维有限元模型采取三钉倒三角并与股骨干成127°的内固定方式, 并模拟单腿站立时的受载情况; 在Pauwels角分别为50°、60°、70°、80°时, 计算3枚螺钉在不同位置(下面螺钉为1号, 前上螺钉为2号, 后上螺钉为3号)所受应力; 选择受力最大的螺钉开侧孔, 研究孔径大小、开孔方向对螺钉固定股骨颈骨折模型的影响。**结果** 随着Pauwels角度的增加, 每个中空加压螺钉上的应力增大; Pauwels角为80°时各个中空加压螺钉的应力达到最大值, 1、2、3号螺钉所受应力分别为304、515和154 MPa; 当受力最大的2号螺钉开孔直径为1 mm, 开孔方向避开150°~195°时, 3枚螺钉所受应力均在安全范围内。**结论** 从力学角度看, 3枚螺钉受到不同应力, 开侧孔设计的中空加压螺钉具有良好的生物力学性能, 治疗股骨颈骨折手术安全可靠, 而且可以通过中空和侧孔管道向骨折端注入药物, 为促进股骨颈骨折愈合创造有利条件。

关键词: 有限元分析; 股骨颈骨折; 内固定; 应力; 中空加压螺钉

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

Finite element analysis on a modified cannulated screw for fixation of femoral neck fracture

YAO Qi¹, NI Jie¹, HU Lei², ZHANG Li-cheng³, ZHANG Li-hai³, TANG Pei-fu³

(1. Department of Orthopedics, Beijing Shijitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100038, China;
2. School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing 100083, China; 3. Department of Orthopedics, General Hospital of Chinese PLA, Beijing 100853, China)

Abstract: Objective To establish the three-dimensional finite element model of the cannulated screws for fixing the femoral neck fracture, and investigate stress distributions on three cannulated screws as well as determine whether internal fixation by a modified cannulated screw can provide sufficient stiffness and strength for the fixation. **Methods** The 3D finite element model was internal-fixed at the angle of 127° with femoral shaft under the inverted triangle mode to simulate loading on single legged standing condition. Stresses on three screws (No 1: the underneath screw, No 2: the anterosuperior screw, No 3: the posterosuperior screw) were calculated at different Pauwels angle (50°, 60°, 70°, 80°), respectively. A bore was drilled in the screw with the largest stress to study the effect of bore size and bore direction on the femoral neck fracture model with screw fixation. **Results** The stresses of three screws increased with the Pauwels angle increasing and reached the maximum value at 80°. The maximum stresses on No. 1, No. 2 and No. 3 screw were 304, 515 and 154 MPa, respectively. When the No 2 screw had an opening bore with 1 mm in diameter, and the direction of the bore was not between 150° and 195°,

收稿日期:2012-04-25; 修回日期:2012-07-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81000796), 北京科技新星资助项目(2011085)。

通信作者:唐佩福, 教授, 主任医师, Tel:(010)66936619; E-mail:peifutang301@126.com。

the stresses on three screws were all within the safe limits. **Conclusions** From the mechanical point of view, three screws are subject to different stresses. The cannulated screws with side bore have good biomechanical properties for fixing the femoral neck fracture with safety and reliability, which can provide advantages for accelerating fracture healing by injecting drugs through the central and side bore into the fracture side.

Key words: Finite element analysis; Femoral neck fracture; Internal fixation; Stress; Cannulated screw

股骨颈骨折是临床上常见的一种骨折,约占全身骨折的3.6%。股骨颈骨折后极易损伤股骨头、颈的血运,使股骨头血供减少,不但使骨折不易愈合,而且容易发生股骨头缺血性坏死。股骨颈骨折继发骨不连的发病率为20%,继发股骨头坏死的发病率高达30%^[1]。由于股骨颈周围解剖学特点和生物力学机制复杂,如何利用有效的内固定使骨折获得理想的力学环境一直是研究的热点;而内植物的种类已超过了100种,并且还在不断改进^[2-5]。

闭合复位空心钉内固定可以使骨折端加压,有利于骨折愈合,目前在国际上已成为治疗股骨颈骨折的首选方法^[6]。近年来,有学者采用有限元方法对空心钉固定股骨颈骨折的生物力学机制进行一系列研究,建立的股骨生物力学模型也更加接近客观实体;一般认为3枚螺钉倒三角布局可以提供足够的稳定性^[7-9],获得较好的临床力学性能。尽管中空加压螺钉在临床应用取得了很好的效果,但是并未完全解决股骨颈折不愈合和股骨头坏死等难题。本研究对中空加压螺钉进行改良设计,根据骨折的常见部位,在空心钉上设计出相应的侧孔结构,以期临床提供一种既具有生物力学性能又能够通过螺钉的中空结构向骨折端注入细胞因子、促进骨折愈合的内固定器械。在中空加压螺钉进行开孔设计,势必影响螺钉的生物力学功能。因此,本文采用有

限元分析的方法研究空心钉在固定股骨颈骨折时各钉的受力情况,并对改良中空加压螺钉内固定股骨颈骨折的受力分布进行研究,为螺钉的设计提供可靠的理论依据。

1 材料和方法

1.1 中空加压螺钉内固定股骨颈骨折有限元模型的建立

选用成人新鲜尸体股骨沿长轴方向作横断面的CT扫描,应用医用三维图形建模系统3D-DOCTOR和逆向工程三维检测软件Geomagic Studio建立股骨三维模型,根据临床股骨颈骨折特点和对股骨近端模型的有限元初步分析结果确定为经颈型骨折模型^[10]。根据股骨颈骨折内固定方式的研究,采用三钉倒三角固定^[7-8](见图1),并对螺钉进行编号(下面螺钉为1号,前上螺钉为2号,后上螺钉为3号),确定螺钉开孔所在平面的角度(见图2)。螺钉进行开孔设计(侧孔与中心加压螺钉中心轴线垂直并与原有的内孔相交,侧孔位于骨折线,见图3),为了受力均匀并尽量减少扭矩,3钉布置尽量与股骨颈骨折面的中心对称,中空加压螺钉螺杆的直径为5 mm,钉尖距软骨下层5 mm内,各钉与骨干长轴成 127° ,各钉体互相平行,建立中空加压螺钉内固定股骨颈骨折的有限元模型。

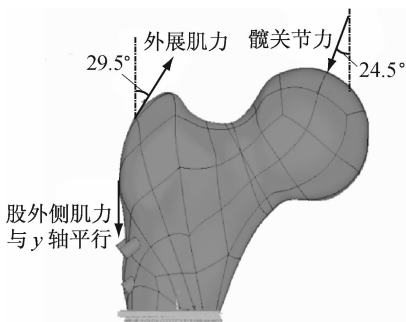


图1 中空钉的加载模型

Fig. 1 Loading model of the cannulated screw

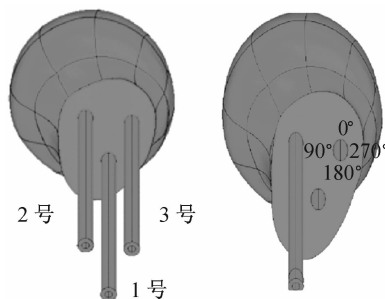


图2 中空钉的布局模型

Fig. 2 Layout of the cannulated screw



图3 侧孔与螺钉垂直,并与内孔相交

Fig. 3 Side bore is perpendicular to the screw and intersected to the internal hole of the screw

1.2 材料的参数设置和网格划分

设定股骨近端为各向同性的线弹性材料,弹性模量为 324.6 MPa,泊松比为 0.3。中空钉为 Ti6Al4V 制成,弹性模量为 116 GPa,泊松比为 0.3,股骨和中空钉均采用 8 节点 6 面体单元。

1.3 假设条件和加载条件

假设条件:骨折完全断裂并处于接触状态;骨折面之间采用的是三维点-面接触单元,假设中空加压螺钉固定牢固,与股骨之间没有相对位移,计算时采用节点位移耦合的方法,耦合股骨与中空加压螺钉接触面上节点所有方向的位移,用此来模拟实际理想的术后情况。加载条件:采用常用的简化模型,设定人体重为 700 N。在单足站立时, $R = 2.35 G$,与纵轴成 24.5° ; $P = 1.54 G$,与纵轴成 28.5° ; $T = 0.25 G$,方向垂直向下,其中 G 为人体体重。

1.4 计算步骤

(1) 按单腿站立状态对 Pauwels 角分别 50° 、 60° 、 70° 、 80° 的骨折模型进行计算,得出不同位置螺钉的受力情况。

(2) 由于各中空加压螺钉的最大应力不同,所有中空加压螺钉都开孔存在开孔位置不同的复杂组合,首先选择受力最大的螺钉进行开孔设计,计算螺钉孔径大小、开孔方向在骨折模型中的受力情况。

1.5 评价指标

中空加压螺钉为钛金属材料,在达到最大屈服强度时并不立即断裂而是进入屈服状态,对于中空加压螺钉的强度分析采用屈服强度理论更符合实际情况。按照此理论,材料的强度条件为:

$$\sigma_{r4} = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} \leq [\sigma]$$

螺钉屈服强度为 896 MPa,通过 Von Mises 应力来衡量螺钉断裂的危险,Von Mises 是根据第 4 强度准则定义的一种综合应力,Von Mises 应力越大,说明螺钉断裂的可能性越大。

2 计算结果与分析

2.1 计算结果

不同 Pauwels 角度时各个中空加压螺钉所受最大应力的计算结果见表 1 和图 4,2 号钉在 Pauwels 角为 80° 时,侧孔不同取向所受的应力见图 5,不同

开孔直径所受的应力值见表 2。2 号钉不同开孔方向各钉所受的应力值见图 6。

表 1 不同 Pauwels 角度时中空加压螺钉的最大应力值(MPa)
 Tab.1 The maximum stress of three cannulated screws at different Pauwels' angles MPa

	1 号螺钉	2 号螺钉	3 号螺钉
50°	223	332	91
60°	247	411	92
70°	278	458	120
80°	304	515	154

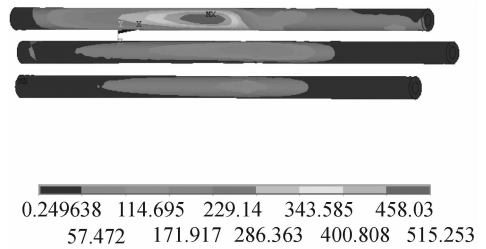


图 4 Pauwels 角为 80° 时 3 号钉应力分布
 Fig.4 Stress distributions of the three screws with Pauwels' angle at 80°

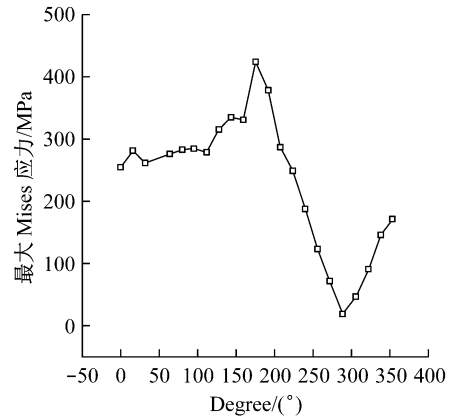


图 5 Pauwels 角为 80° 时 2 号钉在侧孔不同取向的最大应力变化曲线
 Fig.5 The maximum stress of No.2 screw with Pauwels' angle at 80°

2.2 结果分析

(1) 随着骨折 Pauwels 角度的增加,每个中空加压螺钉上的应力增大,Pauwels 角为 80° 时各个中空加压螺钉的应力达到最大值,1、2、3 号螺钉所受应力分别为 304、515 和 154 MPa。在各种不同的

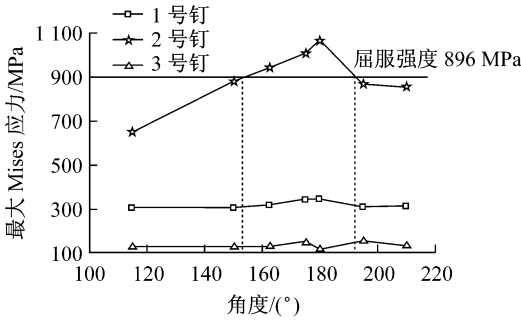


图6 2号钉不同开孔角度时各钉应力变化曲线

Fig.6 Stress of three screws in relation to different opening angle of No.2 screw

表2 2号中空加压螺钉在不同开孔直径的最大应力值

Tab.2 The maximum stress of No.2 screw with different bore diameters

开孔直径/mm	1.0	1.4	1.8	2.0	2.1
应力/MPa	777	779	874	888	979

Pauwels 角度下,2号中空加压螺钉上的应力最大,1号钉的应力次之,3号钉的应力最小。根据图5可以看出,位于骨折面处的2号中空加压螺钉的应力有规律地变化,最大的 Mises 应力为 422 MPa,发生在 175°。

(2) 由于各中空加压螺钉的最大应力不同,首先选择受力最大的2号中空加压螺钉开孔,其余1、3号螺钉不进行开孔设计。开孔直径是影响螺钉应力分布的主要因素,随着开孔直径的增加,中空加压螺钉上的最大应力越趋近于中空加压螺钉的强度极限(896 MPa),根据计算结果确定出开孔的上限值为 $D=2.0$ mm。当孔径 $D=2.1$ mm 时,中空加压螺钉上的最大应力为 979 MPa,从强度方面已超出螺钉的安全范围。

(3) 对受力最大2号钉进行开孔方向分析,设定开孔直径 1.0 mm,根据图6可知无论2号钉在何处开孔,1、3号钉都处于低应力水平,均满足强度要求,且2号钉的开孔对其应力影响都很小,并不明显;而2号钉的最大应力与开孔方向有很大的关系,由于圆孔的应力集中效应,考虑在最大应力的点附近进行开孔分析。当2号钉在 150°~195°之间开孔时,2号钉的最大应力将超过屈服强度而不满足强度要求,而在其他方位开孔都将满足要求;由此可见,2号钉的开孔方向不能处于 150°~195°。

3 讨论

股骨颈骨折主要提倡早期解剖复位,选择合理有效的内固定器材,减少局部血供破坏改善血供灌注促使骨折早期愈合。目前在临床上广泛应用国际内固定学会(AO/ASIF)推荐的纯钛空心螺钉治疗股骨颈骨折,手术操作简单,局部解剖分离较少,手术时间较短,钛金属也具有有良好的组织相容性和稳定性,不容易发生松动和感染,其优点已被大多数学者认可^[11]。无论何种内固定都需要考虑股骨近端的内部结构和生物力学特点,中空加压螺钉是股骨颈骨折内固定后的主要承重结构;近年来,大量研究采用有限元方法对空心螺钉的数量和组合方式进行模拟分析,如王天苗等^[7]和郭鸿书等^[8]分别采用材料力学理论和有限元模型计算证明,3枚空心钉的倒三角布局力学效果优于正三角布局;许瑞杰等^[9]利用有限元模型证明当骨折线 Pauwels 角为 50°时,紧固螺钉固定角度在 30°和 55°均可以取得良好的力学效果。这些研究在临床的应用中也取得了很好的效果,但是还没有很好解决股骨颈骨折不愈合和股骨头坏死等难题。因此,需要进一步研究影响骨折愈合的因素如骨折部位、骨折类型和移位程度、复位质量等,并不断优化设计内固定器械来治疗股骨颈骨折,从而提高临床治疗效果。

目前,促进骨愈合的细胞因子在骨折愈合中发挥的作用也日益受到重视^[12-13],越来越多的研究试图将骨诱导材料与内固定相结合,以期促进成骨,内固定设计已由最初的单纯几何结构逐渐发展到构建具有生物活性物质的内固定。蔡胥等^[14]设计了髋关节多孔中空假体,并利用有限元分析的方法对假体植入后的受力分布改变进行研究,假体植入后的在体实验研究证实可以增加骨量,减少术后假体松动。有研究者^[15-17]应用空心椎弓根螺钉治疗骨质疏松脊椎疾病,螺钉前部分有多个侧孔,螺钉尾部与注射器相连,注入的骨水泥沿椎弓根螺钉空心、侧孔向钉道溢出,形成骨水泥柱,类似钉道使用骨水泥,从而提高螺钉的稳定性。Moroni 等^[18]用羟基磷灰石涂层螺钉治疗股骨转子间骨折,固定充分,复位维持久,能够降低骨质疏松骨折固定失败率。本文对目前临床常用的中空加压螺钉进行改良设计,根据骨折的常见部位,在空心钉螺杆部位设计相应的侧

孔结构,通过螺钉的中空结构向骨折端注入细胞因子,从而促进骨折愈合的内固定器械。

本文利用有限元分析软件 ANSYS 9.0 进行中空加压螺钉内固定治疗股骨颈骨折,结果发现随着骨折的 Pauwels 角度增加,每个中空加压螺钉上的应力都在增大;Pauwels 角为 80° 时各个中空加压螺钉的应力均达到最大值;3 枚螺钉受力不同,2 号中空加压螺钉上的应力最大,1 号钉的应力次之,3 号钉的应力最小;在开孔中空加压螺钉和股骨耦合情况下,无论处于何种 Pauwels 角,各中空加压螺钉的最大应力处于骨折面附近;开孔只对 2 号钉的应力有明显影响,而对其余中空加压螺钉影响较小;2 号钉开孔直径 1 mm,开孔方向避开 $150^\circ \sim 195^\circ$ 时对股骨近段力学特性影响不显著。如何在不同的前倾角情况下选择不同直径的螺钉固定股骨颈骨折,增加力学强度,防止退钉和断钉,将在以后的实验中进一步研究。改良中空加压螺钉既符合股骨颈的解剖及生物力学特点,使骨折断面之间各点应力均匀一致,又能够通过螺钉的中空结构并经过微孔注入缓释细胞因子,利于骨折愈合,提高股骨颈骨折的治疗水平;但在中空加压螺钉螺杆处打孔,一定是应力集中的部位,由于骨的各向异性的材料特性和骨小梁的分布,使应力分担不均,从而造成开孔钉的应力较大,疲劳折断。通过有限元模型对改良中空加压螺钉固定股骨颈骨折进行力学分析,使其所受应力不超过材料的强度极限。

综上所述,本模型的计算结果合理,并初步分析了空心钉固定股骨颈骨折的受力情况,对中空螺钉改良设计进行了大胆尝试,认为改良的中空钉力学强度能够满足临床的应用,而且已有动物实验证明了改良设计的中空加压螺钉能够复合缓释骨形态发生蛋白、促进股骨颈骨折愈合^[19];但有限元模型与真实情况还有一定差距,分析中不可能考虑到所有临床应用的问题,并加以模拟。总之,改良中空螺钉的设计为股骨颈骨折的治疗提供了一条可以探索的途径,其生物力学和生物学特性以及临床应用前景将需要进一步研究探讨。

参考文献:

- [1] 董天华,卢世璧,吉士俊. 髋关节外科学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2005: 229-251.
- [2] 邵林,张志辉,张志伟,等. 两种不同几何构型穿钉法治疗股骨颈骨折的生物力学研究 [J]. 医用生物力学, 2001, 16(3): 165-168.
- [3] Gao L, Zhang ZH, Zhang ZW, et al. Biomechanical research of two different geometric configuration cannulated screw fixation in treating of femoral neck fracture [J]. J Med Biomech, 2001, 16(3): 165-168.
- [4] 黄彰,苏家庆,吴冬雷,等. 膨胀式带锁加压钉治疗股骨颈骨折的生物力学研究 [J]. 医用生物力学, 2002, 17(2): 99-104.
- [5] Huang Z, Su JQ, Wu DL, et al. The biomechanical study on the fixation of the femoral neck fracture with the interlocking expanding compressive screw [J]. J Med Biomech, 2002, 17(2): 99-104.
- [6] Berkes MB, Little MT, Lazaro LE, et al. Catastrophic failure after open reduction internal fixation of femoral neck fractures with a novel locking plate implant [J]. J Orthop Trauma, 2012: Epub ahead of print.
- [7] 张扬,雷伟,吴子祥,等. 膨胀式松质骨螺钉用于股骨颈骨折内固定的生物力学测试 [J]. 医用生物力学, 2009, 20(1): 50-53.
- [8] Zhang Y, Lei W, Wu ZX, et al. Biomechanical evaluation of an expansion cancellous screw in fixation of Femoral neck fracture [J]. J Med Biomech, 2009, 24(1): 50-53.
- [9] Asnis SE, Wanek-Sgaglione L. Intracapsular fractures of the femoral neck. Results of cannulated screw fixation [J]. J Bone Joint Surg AM, 1994, 76(12): 1793-1803.
- [10] 王田苗,裴葆青,周力,等. 股骨颈骨折手术空心钉内固定的生物力学综合分析 [J]. 北京生物医学工程, 2007, 25(6): 561-564.
- [11] 王沐楠,郭鸿书. 基于非线性材料股骨颈骨折固定方式 [J]. 医用生物力学, 2012, 27(2): 152-158.
- [12] Wang MN, Guo HS. Fixation for femoral neck fracture based on nonlinear materials [J]. J Med Biomech, 2012, 27(2): 152-158.
- [13] 许瑞杰,李涤尘,孙明林,等. 股骨颈骨折内固定方式的有限元分析 [J]. 医用生物力学, 2004, 19(2): 88-92.
- [14] Xu RJ, Li DC, Sun ML, et al. FEA of different internal fixations for femoral neck fractures [J]. J Med Biomech, 2004, 19(2): 88-92.
- [15] 苏雁飞,王奇志,胡磊,等. 单钉固定股骨颈骨折的应力分析 [J]. 北京生物医学工程, 2008, 27(4): 355-357.
- [16] 王满宜,危杰. 股骨颈骨折临床研究的若干问题与新概念 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2003, 5(1): 5-9.
- [17] 陆斌,汤亭亭,岳冰,等. BMP-2 基因转染的自体骨髓间充质干细胞修复羊股骨头坏死的生物力学研究 [J]. 医用生物力学, 2005, 20(2): 71-75.
- [18] Lu B, Tang TT, Yue B, et al. Biomechanical study on the

- repair of femoral head necrosis in goat with the BMP-2 gene transfected autologous bone marrow derived mesenchymal stem cells [J]. *J Med Biomech*, 2005, 20(2): 71-75.
- [13] 章军辉, 陈永强, 汤亭亭, 等. 透明质酸复合 BMP-2 转染骨髓基质干细胞修复兔桡骨干缺损的生物力学研究[J]. *医用生物力学*, 2008, 23(2): 163-166.
- Zhang JH, Chen YQ, Tang TT, *et al.* Biomechanical study on repairing of radial diaphyseal defect in rabbits with hyaluronic acid mixed with BMP-2 gene transfected bone marrow derived mesenchymal stem cells in rabbits [J]. *J Med Biomech*, 2008, 23(2): 163-166.
- [14] 吕大伟, 蔡胥, 王岩. 基于 CT 的股骨有限元模型的建立及髋关节中空多孔假体植入后受力分布的初步研究[J]. *生物化学与生物物理进展*, 2012, 38(11): 1072-1078.
- [15] Frankel BM, Jones T, Wang C, *et al.* Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: A clinical evaluation [J]. *Neurosurgery*, 2007, 61(3): 531-537.
- [16] Fransen P. Increasing pedicle screw anchoring in the osteoporotic spine by cement injection through the implant. Technical note and report of three cases [J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 7(3): 366-369.
- [17] 杨述华, 胡勇, 陈中海. 空心侧孔椎弓根螺钉添加聚甲基丙烯酸酯骨水泥的生物力学研究[J]. *中华创伤杂志*, 2002, 18(1): 17-22.
- [18] Moroni A, Faldini C, Pegreff F, *et al.* HA-coated screws decrease the incidence of fixation failure in osteoporotic trochanteric fractures [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2004, 425: 87-92.
- [19] Tang P, Yao Q, Zhang W, *et al.* A study of femoral neck fracture repair using a recombinant human bone morphogenetic protein-2 directional release system [J]. *Tissue Eng Part A*, 2009, 15(12): 3971-3978.

· 致读者 ·

论文写作中的注意事项

论文的写作前言主要概述研究的背景、目的、研究思路、理论依据等。有些研究还应说明该研究开始的具体时间。前方必须开门见、简要、清楚,切忌套话、空话、牵涉面过宽、详述历史过程或复习文献过多等。不要涉及本研究中的数据或结论。不要与摘要雷同。未经检索,前言中不可写“国内外未曾报道”等字样,也不可自我评价达到“xx 水平”或“填补 xx 空白”等。前言通常不需要标题。论著文稿的前言一般不超过 250 字;比较短的论文可以只用小段文字起前言作用。

方法主要介绍研究对象(人或实验动物,包括对照组)的选择及其基本情况,以及研究所采用的方法及观察指标。常用标题有“材料与方法”、“对象与方法”、“资料与方法”等。

临床研究需交代病例和对照者的来源、选择标准及研究对象的年龄、性别和其他重要特征等,并注明参与研究者是否知情同意。临床随机对照组研究应交代干预方法(随机方法)和所采用的盲法。实验研究需注明动物的名称、种系、等级、数量、来源、性别、年龄、体重、饲养条件和健康状况等。

个人创造的方法应详细说明“方法”的细节,以备他人重复。改进的方法应详述改进之外,并以引用文献的方式给出原方法的出处。原封不动地使用他人方法,应以引用文献的方式给出方法的出处,无须展开描述。

药品、试剂应使用化学名,并注明剂量、单位、纯度、批号、生产单位和生产时间。仪器、设备应注明名称、型号、规格、生产单位、精密度或误差范围。无须描述其工作原理。

统计学处理项应说明统计分析方法及其选择依据。

结果的叙述应客观真实、简洁明了、重点突出、层次分明、合乎逻辑,不应与讨论内容混淆。若文稿设有图表,则正文不需重述其全数据,只需摘述其主要发现或数据。若使用文字描述,内容冗长烦琐不易读懂,则应改用图或表来表达数据,以收到一目了然的效果。应认真核对正文和图表的数据,达到准确、统一。统计学分析应交代统计方法、统计值,仅有 P 值不能体现重要的定量信息。

讨论应着重讨论研究中的新发现及从中得出的结论,包括发现的意义及其限度,以及对进一步研究的启示。若不能导出结论,出可以进行必要的讨论,提出建议、设想、改进的意见或待解决的问题。应将研究结果与其他有关的研究相联系,并将本研究的结论与目的相关联。不必重述已在前言和结果部分详述过的数据或资料。不要过多罗列文献。避免作不成熟的主观推断。讨论中一般不应设置图或表。