

老年骨质疏松症与股骨颈骨折及髋关节生物力学

赵 琪 刘叶莹 刘伯亮

随着人们寿命的增长,老年性骨质疏松症日益增多,随之股骨颈骨折亦逐渐增加。二者均与髋关节生物力学密切相关。

髋关节生物力学是运用力学原理研究和解释作用于髋关节的各种力及由其引起的髋关节结构力学特征性变化的科学^[1]。老年性骨质疏松症及以其为内因所造成的股骨颈骨折的发生机理、类型、移位、整复、手术、术后康复治疗无不与髋关节生物力学有关。本文对髋关节生物力学特点与骨质疏松性股骨颈骨折的若干问题进行探讨。

1 作用于髋关节的力及其生物力学特征

作用于髋关节的力可分为张应力、压缩应力、弯曲应力和剪切应力四种^[8]。人类髋关节为适应直立行走、劳动的需要,力学性能优良,具有以下生物力学特点:

1.1 股骨上端形成多平面弯曲角(颈干角、前倾角),与骨盆和下肢呈多曲拱结构。其骨小梁又呈多层网络状构造。应力分布合理,受力性能最佳,自重轻而负重大。

1.2 具有自动反馈控制的特点^[2,5]。按照Wolff's定律:骨功能的每一互变,都有与数学法则一致的确定的内部结构和外部形态的变化^[5,11]。股骨上端骨小梁循此定律在受力最大部位密集排列,形成了独特的扇形压力骨小梁系统和弓形横行的张力骨小梁系统;在转子平面形成第3骨小梁系统(转子间弓)。并根据受力大小通过人体自动反馈系统作用增加或降低骨小梁之密度。

1.3 髋关节生物力学结构具有变异性。骨小梁

组织的数量和质量受个体、职业、活动状况、内分泌、物质代谢、营养、年龄、疾病等诸多因素的影响。老年人可因为上述因素的不利的改变而发生不同程度不同类型的骨质疏松,成为老人易发生股骨颈骨折的基本因素。

1.4 髋关节生物力学体系处于动态平衡状态,随时可以保持身体重心的稳定。骨小梁的分布和骨截面形状均适应外力作用的需要,特别能最大限度地防止弯曲应力的作用^[4,12]。

2 作用于髋关节各种应力的分析

髋关节日常受力颇大,往往远远超过体重重量。动、静时又大不相同。为稳定身体重心,又随时受着大小和方向各不相同的外力的作用。其合力由体重和髋关节周围的作用于它的22块肌肉不同程度的舒缩组合所产生的肌力两部分所构成。

2.1 身体重心^[5,6,12]为分析髋关节受力情况,假定整个身体集中一点,称之为身体重心。静止站立时,重心与双髋的共同轴在同一冠状平面上。位于第二骶椎的前方^[3,5]。作者测量尸体及正常人X线骨盆平片得知国人髋关节股骨头负重点到第二骶椎椎体前方与双髋冠状面交会点之平均距离为13cm。后者交会点位于髋关节上方平均3cm。正常行走时,髋关节双侧轮流负重,重心左右来回移动。

2.2 髋关节负重静力学^[3,4,12]

2.2.1 双足对称站立时,体重平均分布到双下肢。每髋承担除下肢重量之外体重的1/2。

2.2.2 一侧下肢负重,髋关节负担为除去一侧下肢重量的体重加上外展肌肌力。此时在负重

髋关节股骨头上部一处形成类似平衡杠杆系统中的支点。受力为部分体重与外展肌力之合力。因为为了保持身体平衡,需要外展肌紧张,发挥抗衡作用。此时髋关节所受的作用力可以用力的合成方法,用平衡方程式求出。设 W 为体重; R 为作用于髋关节的合力; M 为肌力。地面反作用力为 W 。利用力的三角合成图求出 R 和 M ;利用平衡方程式,可进一步求出髋关节所受的合力。国外应用这种方法研究髋关节所受合力为 1.8~6 倍体重^[12];我们应用此方法观测计算,国人单足静立时髋关节所受合力 R 为体重的 2.83 倍。

若重心远离负重之髋关节,则承力增加;若重心移向负重之髋关节,则承力减少;重心全部移到负重的髋关节上,则外展肌力为零。髋仅承受部分体重之压力^[2,4]。

合力的方向,按照生物力学观点,应与股骨头过中心压力骨小梁方向一致。据我们对 310 根成人股骨上端 X 线观测,其方向与股骨干呈平均 23°角的方向^[9,12]。

合力 R 的大小和方向时刻在变换,其取决于:(1)髋关节外展肌群的紧张度和方向;(2)骨盆的倾斜度;(3)负重下肢的姿势和长度。

2.3 髋关节的动力学

正常行走时髋关节的动作平衡且有节奏。耗能最低。双髋轮流负重,重心左右来回移动约 4~4.5cm,最后计算出关节合力,可见髋关节负重呈双峰曲线变化。

缓慢行走时,惯性力作用可不计,视与静力学相同。但髋关节在快速运动时,受加速和减速的作用,受力会增加。合力 R 等于体重加惯性力,包括地面反冲力、重力、加速度、肌力等。一般认为体重的 3.9~6 倍^[12]。

Rydell (1966)^[1,18]设计了一种内放压力感受装置的 Moore 型人工股骨头,置入两位患者(男女各一)髋关节内。术后半年无跛行之后测定髋关节受力情况:单腿静立时负重合力为体重的 2.6 倍;缓行时为 1.4 倍;以 1.4m/秒速度快走时:抬腿期为 3.3 倍、迈腿期为 1.2 倍;奔

跑时抬腿期为 5 倍、迈腿期为 3 倍。使用手杖时,患髋承重仅为体重的 0.3 倍。屈髋 10°时受力为体重的 1~1.2 倍、屈髋 60°时为 0.96 倍;伸髋 15°时为 1.22~2.07 倍。

以上生物力学观测结果对老年人骨质疏松症的防治、康复运动活动量的把握具有指导意义。

2.4 髋关节的负重面积及应力分布

髋关节为球形关节,通过头、臼软骨面相互接触传导重力。负重面为以负重中心 R 为极点的股骨头上半球与半球形的臼的重叠部分,称之为“球面双角”^[1,4,5]。具有弹性的关节软骨将应力分散传递到各作用点去。

正常的股骨颈的应力分布:合力 R 通过颈中心的偏下方。内侧有较高的压应力;外侧有较高的张应力。通过经典的梁测试原理计算、光弹性试验、有限元力学分析结合数学分析^[5,12]、应变仪或骨表面涂布应变敏感物质后测定等均证明股骨颈上部头颈交界处所受张应力最大。当髋关节畸形时应力分布改变:髋内翻时内侧压力、外侧张力均增大;髋外翻时,随外翻程度增加而张应力逐渐减小以至消失。当合力 R 通过颈中央时,内外侧承受平均压力。

3 老年性骨质疏松与髋关节生物力学

3.1 按照 Wolff's 定律,髋关节受力最大的区域亦即骨小梁密集排列的区域。骨的生物力学性能与骨小梁的数量和质量有关;与骨小梁的排列方式有关^[5,15]。当由于各种原因致使骨小梁的数量和质量下降时,会形成骨质疏松症,会使髋关节的生物力学结构和性能下降,致使因抵抗不了髋关节所承受的内、外生物力而致骨折,最常见的为股骨颈骨折。由于髋关节的生物力学特点、独特的骨小梁结构,老年性骨质疏松症在髋关节的骨小梁结构变化上反应颇为敏感和突出。一般根据 X 线片上骨小梁的变化可以大致了解老年性骨质疏松的程度。Singh(1970)按股骨上端骨小梁疏松程度,从正常到张力骨小梁消失、压力骨小梁也减少,分为 6 级:(1)正

常骨小梁密度;在股骨上端冠状切面或 X 线正位片上可见;与内侧股骨距相接的内板层系统即压力骨小梁系统,呈扇形;起自外侧骨皮质的外板层系统即张力骨小梁系统,向上向内弯曲通过股骨颈上部,与股骨头部压力骨小梁系统相交叉;在转子平面形成的第 3 骨小梁系统(转子间弓),起自股骨外侧骨皮质,在颈干结合部与张力骨小梁相交叉;(2)第 3 骨小梁系统减少;(3)第 3 骨小梁系统消失;(4)张力骨小梁系统减少;(5)张力骨小梁系统接近消失;(6)压力骨小梁系统也减少^[12]。

3.2 骨质疏松、生物力学变化与骨折发生的关系

作用于股骨颈部的力超过骨结构所能承受的极限应力变应而达屈服点时即发生骨折。骨组织抗张应力能力较弱,故骨折多发生在承受张应力最大的部位。当老年人骨质疏松时,骨的生物力学性能急骤下降,首先是抗张应力能力减弱,故老年性股骨颈骨折首先发生在承受张力最大的股骨颈外上头颈交界处。往往骨折线顺压力骨小梁而下在 Adams 弓处折断,形成典型的鸟嘴型骨折块^[10]。另外,在老年骨质疏松症的基础上,日常生活中多次跌闪,于股骨头颈交界处上外侧张应力集中处往往先产生骨小梁的疲劳骨折,同时可被修复。骨小梁骨折和修复可反复发生、同时发生。但压力骨小梁系统仍保持支持作用,临床上可仅有髋痛。若此时期突然失足跌绊。股骨颈受力骤增,可以形成在 X 线片上易被发现并有临床典型症状的股骨颈骨折,另一方面,在适量的一定方向的生物力的作用下又可以促进骨痂生长,有利于骨小梁修复骨折愈合。但不适宜的旋转力、剪切力则可使之畸形愈合。

3.3 生物力学与股骨颈骨折及骨质疏松症的治疗

当老年人股骨颈骨折时,对轻度移位的应力争解剖复位或功能复位;并按生物力学结构特点顺压力骨小梁方向强斜位呈与股骨干接近 30°角的方向用内固定器械加以固定保护。对无

均匀位骨折最好也这样固定。并在不影响骨折部稳定的情况下使髋关节获得适宜的生物力刺激,才真正有利于骨折愈合。

老人股骨颈骨折的内因是骨质疏松症,骨折后治疗中又需长期卧床制动,又加速了骨小梁数量减少和质量的下降。为了促进骨小梁的重建,男性患者应适当运用雄性激素、活性维生素 D、钙、蛋白质等;女性应适量补充雌性激素^[15]。另外必需在不影响骨折内固定的前提下给予适量的髋关节活动,在适宜的生物力刺激下促进骨小梁的重建功能,防止进一步废用性萎缩。

3.4 老年性骨质疏松症患者的康复治疗与手杖的使用

对老年性骨质疏松患者应常规给予药物治疗;应用骨吸收抑制剂、骨形成刺激剂、骨矿化刺激剂等三类药物^[16~18]。如可选用雄、雌性激素、雷洛昔芬类、降钙素、磷酸盐类、氟化物类、钙剂、维生素 D 类、异丙氧黄酮及中药类等。除此之外尚应在医师的指导下经常给予理疗、体疗进行保健活动。给予髋关节及全身以适量的生物力学刺激,促进骨小梁结构的重建和修复。

为防突然跌绊摔倒引起股骨颈骨折,老人平时行走应使用手杖保护之。持杖行走能抵消髋关节外展肌肌力,大大减轻髋关节承重,防止骤然受力;防止疲劳骨折,给已断裂的骨小梁以新生重建的机会,并在适宜的生物力作用下重新排列组合成坚强的阵容,亦起防塌陷、防产生创伤性关节炎的作用。

若手杖支重为体重的 1/5,手杖距身体重心的距离为患髋股骨头负重点到身体重心距离的 5 倍,外展肌肌力为体重的 2 倍,设 W 为体重则:

$$\frac{W}{5} \times 5 \times 2 = 2W, \frac{W}{5} \times 5 \times 2 - 2W = 0$$

故老年性骨质疏松症,及由其引起的骨折治疗后,其它髋关节疾患的康复治疗期,老年人保健均可使用拐杖或手杖,用来消除外展肌肌力,减轻髋关节承重,减少跛行,促进康复。

总之,由于各种应力的作用,髋关节股骨上端骨小梁结构形成独特的生物力学体系。人到老年其性能减弱产生不同程度的骨质疏松,严重者可继发骨折和其它骨关节病^[16,18]。在普通X线片上根据不同的骨小梁系统丧失的先后和多少、大致可判断出患者骨质疏松的严重程度。髋关节的生物力学特点及骨质疏松症与股骨颈骨折发生的原因、机制、正确治疗、术后康复均密切相关。老人扶杖行走应大力提倡。

参 考 文 献

- 1 伊藤铁夫编集. 肌關節外科学. 东京:金芳堂,1976:111~120.
- 2 王以进. 骨的生物力学及其临床意义. 中华外科杂志, 1982;5:307.
- 3 Morris JM. B,omechanis the hip joint, orthop cline, 1971;2 (1):33-53.
- 4 邢鑑湖译. 髋关节和膝关节的生物力学及人工关节的设计. 国外医学(外科分册), 1978;4:209.
- 5 王以进,王介麟编著. 骨科生物力学. 北京:人民军医出版社,1989;1991,267~278.
- 6 上野良三. 整形外科与生物力学. 整形外科科学, 1974;25 (4):353.
- 7 董天华,唐天驷主编. 髋关节外科学. 南京:江苏科学技术出版社,1992,29~32.
- 8 赵钟岳编译. 骨科实用生物力学. 北京:人民卫生出版社, 1983;113~114.
- 9 刘伯亮,程达人,陈昌富. 国人股骨上端力干角测量及其临床意义. 南通医学院学报, 1983,3(3):5.
- 10 刘伯亮,程达人. 老年人股骨颈骨折的类型原因机制的探讨. 中国中医骨伤科杂志, 1986,4(2):12.
- 11 夏志道,陈璐璐,刘忠厚. 骨质疏松症治疗的生物物理学基础. 中国骨质疏松杂志, 1998,4(1):48.
- 12 赵炬才,张铁良主编. 髋关节外科学. 北京:中国医药科技出版社,1992,56;110~120.
- 13 顾志华,高瑞亭主编. 骨伤生物力学基础. 天津:天津大学出版社,1990:192~194.
- 14 孟和,顾志华主编. 骨伤科生物力学. 北京:人民卫生出版社,1991:192~193.
- 15 曹建中主编. 老年骨骼疾病治疗学. 北京:中国医药科技出版社,1993:37~42.
- 16 何郁泉,潘子昂,刘京萍,等. 男性骨质疏松. 中国骨质疏松杂志, 1995,1:63.
- 17 阎德文. 骨质疏松的药物治疗. 中国骨质疏松杂志, 1997, 3(2):56.
- 18 刘忠厚主编. 骨质疏松学. 北京:科学出版社,1998,226~228;535~541.

如何计算有效数字

作者在撰写论文时,应注意每一组中的平均值±标准差($\bar{x} \pm s$),应考虑到个体的变异,一般以标准差的三分之一来定位数。如 $3.60 \pm 0.42\text{kg}$,其标准差的 $1/3=0.14$,标准差波动在小数点后第一位,故应保留至小数点后第一位,即 $3.6 \pm 0.4\text{kg}$,过多的位数并无意义。又如 $8.61 \pm 0.27\text{cm}$,其 $1/3=0.09\text{cm}$,达小数点后第二位,故平均数也应写至小数点后第二位,为 $8.61 \pm 0.27\text{cm}$ 。整个表各栏数值的小数点后位数不要求统一,但同一检测项目其数值有效位数的保留应一致。有效位数以后的数字是无效的,应舍去;抹尾数;有效位数后第一数值小于5则舍,大于5则进;如恰等于5(5后各位数均为0),则前一位逢奇则进,逢偶(包括“0”)则舍。抹尾时只可一次完成,例如17.48若不要小数点后数字,则应为17,而不应是 $17.48 \rightarrow 17.5 \rightarrow 18$ 。

本刊编辑部