

手拉锁膝关节矫形器设计机理及应用

唐端阳¹, 张晓玉²

【关键词】 摩擦角; 自锁; 膝矫形器; 截瘫矫形器

【中图分类号】 R49; R496 【DOI】 10.3870/zgkf.2013.04.012

下肢矫形器的主要作用之一是固定病变关节, 代偿失去的肌肉功能, 改善步态^[1]。手拉锁矫形器铰链应用于膝关节伸肌无力或大腿免荷患者以及 T₁₀ 以下的截瘫患者使用在截瘫行走器上, 在开锁方式上患者只需保持站立单手提起就能实现开锁, 方便了患者使用。

1 手拉锁矫形器铰链设计的理论基础

手拉锁下肢膝关节矫形器铰链锁紧机构是利用力学中摩擦角—自锁原理, 为满足上述患者站立和行走之需而设计的新产品, 以解决一次同时解开两边锁的问题, 简化下肢矫形器使用者的操作过程, 增强矫形器的安全性、稳定性和美观性。根据理论力学的原理, 对斜面自锁与摩擦角概念作以下分析。

1.1 摩擦角 物体处于滑动的临界状态时, 静摩擦力 F_S 达到最大值 F_{max} , 此时 F_r 与 F_n 的夹角最大, 此时的 φ_m 称为摩擦角^[2]。由图 1 可见: $\tan\varphi_m = F_{max}/F_n = f F_n/F_n = f$ 。即摩擦角的正切等于静摩擦因数。根据摩擦角可以确定静摩擦因数。当运动趋势方向改变时, F_{max} 及支撑面的全反力 F_r 的方向也将改变。当全反力 F_r 的作用线在空间连续改变时, 将描出一空间锥面, 称为摩擦锥。滑行物体的摩擦角: 在斜面上端 A 处有一个物体自静止起滑下, 滑至水平面 C 点停止, 若物体与斜面、平面间的摩擦因数均为 μ , A 与 C 之间水平距离为 S, 物体开始下滑的高度 AD=h, 滑动摩擦因数 $\mu = h/S$ 。设斜面 AB 与水平面夹角为 α , 根据功能关系, 物体克服摩擦力所做的功等于物体机械能的减少。即 $mgh = F_1 \cdot AB + F_2 \cdot BC$, F_1 、 F_2 为摩擦力, 分别等于 $\mu mg \cos\alpha$ 和 μmg , 代入后可得 $mgh = \mu mg \cos\alpha \cdot AB + \mu mg \cdot BC$, 因为 $AB \cos\alpha = DB$, 上式可以写作 $h = \mu(DB + BC)$ 式中 $DB + BC = S$, 所以 $\mu = h/S$ 。

S, 故有 $\mu = \tan\theta$ 。

1.2 自锁 自锁现象是力学中的一种特有现象, 当自锁条件满足时, 外力越大, 物体保持静止的能力越强, 由于静摩擦力不可能超过最大值, 因此全约束力的作用线也不可能超出摩擦角以外, 即全约束反力必在摩擦角之内。由此可知, 如果作用于物块的全部主动力的合力的作用线在摩擦角之内, 则无论这个力怎样大, 物块必保持静止, 这种现象称为自锁现象^[3]。见图 2。

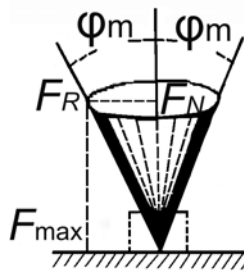


图 1 摩擦角

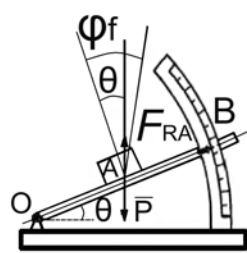


图 2 平衡条件

2 手拉锁矫形器铰链的结构设计

2.1 夹角 β 小于摩擦角 θ 从以上分析得知, 物体受力斜面的夹角 $\beta < \text{摩擦角 } \theta$ ($\mu = \tan\theta$, μ 为摩擦系数), 物体才能静止。产品设计和受力分析如图 3 所示, 为站立锁定状态下的受力分析, F 为锁头所受合力 (保持站立抗弯屈力), F_1 径向力 (锁紧力), F_2 为轴向力 (开锁方向的力), 弹簧力 $> F_2$; 当 $F_2/F_1 = \tan\beta < \tan\theta$ 时, 作用于锁头 F 全部主动力的合力作用线在摩擦角之内, 则无论 F 力怎样大, 锁头必保持静止。

2.2 材料选择和结构设计 手拉锁下肢膝关节矫形器铰链所用材料选择的是马氏体沉淀硬化不锈钢, 其耐酸性、抗腐蚀性好、强度高、铸造性能和加工性能好^[4]。主要由下片、锁头、弹簧、锁头固定、拉绳、上片、轴 1、调节块、调节螺钉、轴 2 组成。上、下片两端分别与支条用螺钉固定, 锁头与拉绳连接, 当人体站立或行走时, 锁头在弹簧力的作用下, 向下插入下片斜口端, 膝矫形器关节锁定, 见图 4。在设计中锁头给予一定的角度 (根据材料摩擦系数 μ 计算的角度), 在弹簧力

收稿日期: 2013-04-16

作者单位: 1. 湖北省康复辅具技术中心, 武汉 430079; 2. 国家康复辅具研究中心, 北京 100028

作者简介: 唐端阳 (1960-), 男, 工程师, 主要从事假肢、矫形器产品的研发、制作方面的研究。

的作用下沿斜面向下,锁头的底端与下片留有一定的余量进行补偿,以保证锁定的可靠性。另外在设计中,上、下之间安装了调节块,调节块与上片用轴1连接,在装配过程中,因调节块有一开口,当调节螺钉拧紧时,调节块张开,可消除间隙以保证锁头与下片之间有足够的预留量。当患者需坐下时,只需将拉绳向上拉起解锁,膝关节铰链弯曲(膝关节铰链是两个为一副同时使用,解锁同时打开),见图5。

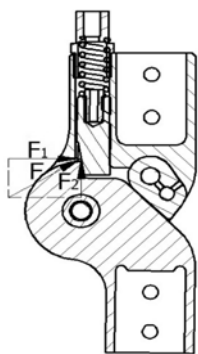


图3 锁定受力分析图

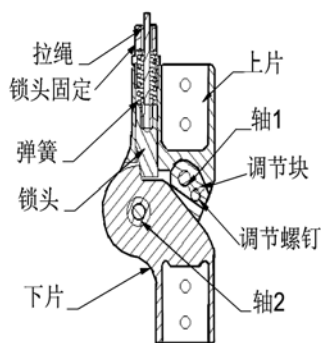


图4 矫形器关节锁

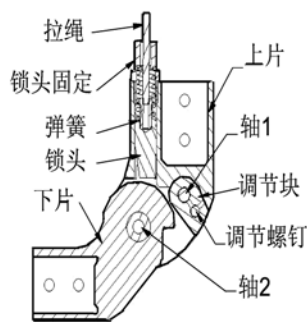


图5 矫形器开锁

3 手拉锁膝关节铰链的应用范围

3.1 应用于金属支条式膝踝足矫形器 此类矫形器适用于脑卒中引起的偏瘫、脊髓损伤后的截瘫、脑性瘫痪、儿麻后遗症、肌肉营养不良、吉兰巴雷综合症、脊柱裂等原因引起的下肢肌肉广泛无力等,作用是稳定膝、踝关节,改善站立行走功能;也适用于预防和矫正由于各种原因引起的膝关节外翻畸形、内翻畸形、过伸畸形、屈曲挛缩畸形以及各种踝部、足部畸形;还可用于股骨骨折或胫腓骨近端骨折患者康复期的免荷(或减负)行走^[5-6]。

3.2 应用于膝踝足矫形器 此类应用在解锁方式上改变了以前膝关节铰链开锁方式,方便了患者操作使用。患者使用时,只要保持站立状态锁头便自动落位

锁定;需坐下时,只需用单手将拉绳向上提起解锁,膝关节铰链就可弯曲,改变了上代产品需要弯腰并要用两手解锁的麻烦。

3.3 应用于截瘫患者行走器 此类应用使截瘫患者由站立位转为坐位时的稳定性和安全性大大提高。国内原来使用的截瘫病人行走器,开锁方式是先解开髋关节铰链锁,患者需一只手扶固定物稳定身体重心,另一只手去打开膝关节铰链锁,膝关节还要保持微屈维持开锁状态,再换手重复操作一次,去打开另一侧膝关节铰链锁,之后还需双手扶固定物稳定身体重心之后,才能屈髋屈膝坐下^[7]。操作过程既复杂,又耗时、费力。运用了手拉锁膝关节铰链后,在先解开髋关节铰链锁之后,一只手扶固定物稳定身体,另一只手将拉绳向上提起,同时可解开双侧膝关节铰链锁,膝关节微屈,双手扶固定物,屈髋屈膝即可坐下。新的膝关节铰链用于截瘫患者矫形器不仅简化了开锁程序,更增加了稳定性、提高了安全性。

4 小结

手拉锁下肢膝关节铰链自问世以来,在国内矫形器界获得一致好评,目前国内外有近20多家厂和公司在临床中应用,并且出口欧洲、亚洲、南美洲等国家和地区,在临床应用中反映良好,至今未收到无不良信息反映,产生了良好社会效益和经济效益。手拉锁下肢膝关节矫形器的临床应用,为膝关节伸肌无力或大腿免荷患者以及T₁₀以下的截瘫等类患者,提供了性能更好、质量更优的膝踝足矫形器和行走器。

【参考文献】

- [1] 肖晓鸿,方新. 康复工程技术[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2011,220-239.
- [2] 郭应征. 理论力学[M]. 北京:中国电力出版社,2005,74-83.
- [3] 孙恒,陈作模,葛文杰. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2006,68-71.
- [4] 荆秀芝,陈文,杨武鸣. 金属材料应用手册[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2005,298-344.
- [5] 张碧玉. 人体生物力学与矫形器设计原理[M]. 武汉:武汉大学出版社,1989,59-67,148-154,240-247.
- [6] 李高峰,方新. 矫形器产品的功能考量[J]. 中国组织工程研究与临床康复,2006,10(37):13-13.
- [7] 苏强,赵正全. 新型截瘫行走器在临床中的应用[J]. 中国康复,2001,16(3):176-176.