

文章编号: 1004-7220(2023)04-0756-07

不同坐姿对背部形态与臀压的影响

刘 杨¹, 韩宗萍¹, 陈晓生^{2,3}, 汝首杭¹, 颜 滨^{1,2,3}

(1. 深圳市青少年脊柱健康中心, 广东 深圳 518000; 2. 深圳大学附属第一医院 脊柱外科, 广东 深圳 518035;

3. 深圳市第二人民医院 脊柱外科, 广东 深圳 518035)

摘要:目的 探讨不同坐姿对脊柱和骨盆代偿特征的影响, 为寻找出一个理想的坐姿姿势提供理论依据, 减少不良坐姿给人体带来的姿势代偿。**方法** 使用 Diers formetric 及 Pedscan 模块进行 20 名健康青年直立坐、跷腿坐、盘腿坐坐姿下表面形态学参数和臀压参数测量。**结果** 相对直立坐姿, 跷腿坐导致骨盆后倾、侧倾和相对扭转 ($P < 0.05$), 跷腿侧臀压面积减少 ($P < 0.05$), 最大压力和平均压力显著增加 ($P < 0.05$)。双臀最大压力比、平均压力比 ($P < 0.05$) 及臀压面积 ($P < 0.05$) 的对称性降低; 相对直立坐姿, 盘腿坐姿下矢状面偏移角度增加 ($P < 0.05$), 躯干前屈、腰椎后凸 ($P < 0.05$) 的同时伴随骨盆后倾 ($P < 0.05$), 臀压面积减少 ($P < 0.05$)。**结论** 3 种坐姿中, 直立坐姿下臀两侧受力均匀, 背部表形态学参数最优, 腰椎和骨盆代偿最少, 可认为是理想的坐姿。

关键词: 脊柱; 臀压; 跷腿坐; 盘腿坐; 直立坐

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2023.04.018

Effects of Different Sitting Postures on Back Shape and Hip Pressure

LIU Yang¹, HAN Zongping¹, CHEN Xiaosheng^{2,3}, RU Shouhang¹, YAN Bin^{1,2,3}

(1. Shenzhen Youth Spine Health Center, Shenzhen 518000, Guangdong, China; 2. Department of Spine Surgery, the First Affiliated Hospital of Shenzhen University, Shenzhen 518035, Guangdong, China; 3. Department of Spine Surgery, Shenzhen Second People's Hospital, Shenzhen 518035, Guangdong, China)

Abstract: Objective To explore the effects of different sitting postures on compensatory characteristics of the spine and pelvis, and provide the theoretical basis for finding an ideal sitting posture, reduce posture compensation caused by inappropriate sitting posture. **Methods** The parameters of surface morphology and hip pressure from 20 healthy young adults in upright sitting, cocke-legged sitting and cross-legged sitting were measured using Diers formetric and Pedscan modules. **Results** Compared with upright sitting, cocke-legged sitting led to pelvic posterior tilt, lateral tilt and relative torsion ($P < 0.05$). The pressure area of the cocke-legged hip decreased ($P < 0.05$), the maximum pressure and average pressure significantly increased ($P < 0.05$). The maximum pressure ratio, average pressure ratio of both hips ($P < 0.05$) as well as symmetry of pressure areas ($P < 0.05$) for both hips were reduced. Compared with upright sitting, the sagittal plane deviation angle in cross-legged sitting increased ($P < 0.05$), with the trunk flexion, the lumbar kyphosis ($P < 0.05$), accompanied by pelvic posterior tilt ($P < 0.05$), and pressure areas of both hips decreased ($P < 0.05$). **Conclusions** Among three kinds of sitting postures, the upright sitting can be considered as an ideal sitting posture with the uniform force on both hips, the optimal surface morphological parameters of the back, and the least compensation in the lumbar and pelvis.

Key words: spine; hip pressure; cocke-legged sitting; cross-legged sitting; upright sitting

收稿日期: 2022-08-17; 修回日期: 2022-09-22

基金项目: 深圳市第二人民医院临床研究项目 (20193357005), 汕尾市科技计划项目 (210602106340524), 深圳市自然科学基金项目 (JCYJ20210324103010029)

通信作者: 颜滨, 主任医师, 硕士生导师, E-mail: yanbinzhiyou@163.com

近年来,有关脊柱和骨盆的生物力学研究呈现多元化和精细化特点^[1-2]。但针对脊柱和骨盆特定姿态下的联动研究,会更有助于了解脊柱-骨盆的协调运动机制。其中,对坐姿下脊柱和骨盆变化规律的分析,可以视为了解两者协作代偿的基础。

现代的生活方式需要人们长时间保持坐姿来进行工作和学习^[3]。成人和青少年平均每天需要保持坐立 7.7 h^[4]。研究表明,久坐是导致腰痛的重要因素之一,且坐位时间与腰痛呈正相关,久坐时间超过 10 h/d 人群比久坐小于 5 h/d 人群患腰痛的风险更大^[5-7]。长期保持坐立会增加脊柱周围椎间盘、韧带和肌肉的机械应力,不良坐姿更会影响双臀及脊柱的对称性,进而导致臀部形态和压力不对称、脊柱侧弯和下背部疼痛的发生^[8-9]。

直立坐姿下人体的骨盆前倾、腰椎前凸,椎间盘压力相对较小^[10-12]。该坐姿下腰背部肌肉和脊柱共同维持躯干直立,但长期保持直立坐姿需要良好的平衡能力和肌肉耐力^[13]。因此,人们通常会通过调整坐姿来缓解长期直立坐姿带来的躯干肌肉酸痛和不适。

跷二郎腿坐姿是一种可以减少竖脊肌,多裂肌主动收缩的坐姿。跷腿侧大腿会更多地屈曲和内收,梨状肌被动拉长,有助于在盘腿坐姿中骶髻关节的稳定性^[14-16]。该姿态下身体稳定更多是靠脊柱的被动支撑和软组织的被动牵拉。但长时间的非中立位跷腿会增加腰部和骨盆肌肉的疲劳程度和两侧不对称发力,导致左右骨盆发生相对旋转的可能性增加^[17-18];同时会提高腰椎的横向剪切力,进而增加下背部疼痛的可能性^[19]。跷二郎腿动作也可能影响骨盆扭转、导致臀部压力不对称性增加和脊柱侧弯的发生^[9,18]。研究表明,跷腿坐姿在交叉腿侧臀肌最大压力会随着坐姿时间的增加而显著增加,非交叉腿侧臀肌最大压力则显著减少^[9]。相对于直立坐姿,跷腿侧臀肌平均压力显著减少,非跷腿侧臀肌平均压力显著增加,两侧臀肌压力的对称性降低^[20]。

盘腿坐被视为是一种休息坐姿,这种坐姿下骨盆会更加后倾,躯干会更加前倾,腰椎前凸减少,肩部会更加内收和屈曲,躯干肌肉主动收缩维持姿势情况大大减少,身体处于被动支撑状态,腰后部软组织负荷增加。根据瑜伽、运动医学和人体生理学

的研究报告,盘腿坐姿能增强体质,延长寿命^[21]。

目前,国内外对于不同坐姿下的节段间角度代偿、肌骨代偿已经有相关研究报道^[16,20]。但针对不同坐姿下脊柱、骨盆及臀部压力进行联动研究,还鲜有报道。因此,本文探讨不同坐姿对脊柱和骨盆代偿特征的影响,并基于生物力学原理找出一个理想的坐姿姿势,以供人们在久坐中选择和应用。

1 材料与方法

1.1 实验对象

共招募 20 名受试者,其中男性 5 人,女性 15 人,平均年龄(26.3±3.86)岁,身高(163.45±7.88)cm,体质量(54.10±9.71)kg,身体质量指数(body mass index, BMI)为(20.13±2.31)kg/m²。受试者入组标准为:①半年内无腰部和下肢外伤史;②无运动功能障碍;③无明显腰痛和下背部疼痛;④无脊柱侧弯。排除标准为:①有任何已知的脊柱疾病、神经疾病;②半年内做过骨盆或腹部手术;③姿势疼痛,或之前进行过特定姿势训练和怀孕人群;④有任何背部皮肤疤痕。所有受试者在参数采集前均被告知实验细节,自愿参与测试并签订知情同意书。

1.2 实验设备

使用三维脊柱形态测评系统(Diers formetric 4D, DIERS 公司,德国)formetric 模块和 Pedscan 压力板同步采集背部、骨盆的形态学参数和臀部力学参数,横向误差小于 0.20 mm,深度误差小于 0.25 mm。采集频率 2 Hz/s,模块固有采集时间 6 s,所有形态学参数均由平均化所得。该系统被证明是采集人体表面形态学参数的有效设备^[22]。

1.3 实验过程

受试者坐在压力板上,压力板下面是 1 个平坦的木质座椅。操作者通过垫高受试者足底高度来调节小腿和大腿、大腿和躯干的角度。受试者双手自然放在大腿上,目视前方,背对摄像头,脱掉衣服,降低裤线,露出骶骨和臀沟,去除耳环、项链等可能遮挡腰背部皮肤或者可能反光的物品,确保头发不会遮挡背部和颈部的皮肤。数据采集时,受试者被要求坐在压力板上并保持相应坐姿,操作人在遮挡室内其他光源后会根据受试者坐姿高度调节升降柱,使基准线对齐肩胛骨下角,确保受试者头

部到臀部全部出现在摄像机内。操作人通过电脑观察到受试者姿势稳定不再移动后进行数据采集(见图1)。

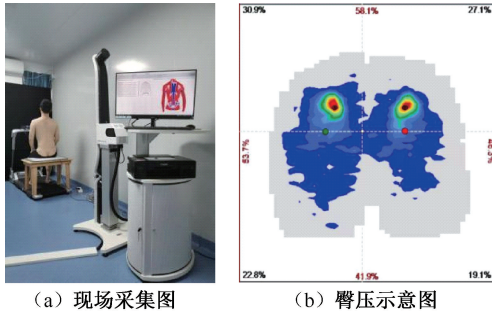


图1 数据采集及臀压示意图

Fig. 1 Data acquisition and hip pressure diagram

(a) Data acquisition diagram, (b) Hip pressure diagram

1.4 数据搜集

3种坐姿的数据采集顺序随机,每种姿势患者需要保持10 s,每2次采集同样的姿势之间有30 s时间休息,不同姿势之间有30 s更换时间。每个姿势重复采集5次。测试者都是经过培训且有1年以上设备操作经验的医务工作者。所有受试者都被要求保持3种坐姿:①直立坐姿。小腿和大腿、大腿和躯干呈 90° ,双脚与肩同宽,身体躯干尽可能垂直于地面;②跷腿坐姿。右腿脚踝放置于左膝之上,身体自然放松;③盘腿坐姿。右踝置于左膝之

下、左踝置于右膝之下,身体自然放松(见图2)。在数据收集前,测试者会对受试者讲解每种坐姿姿势并让受试者练习。直到测试者认为受试者能够正确做出所有测试姿势后再进行拍摄。



图2 不同坐姿下前、后、侧面示意图

Fig. 2 Photographs of different sitting postures in front, back and lateral view (a) Upright sitting, (b) Cocke-legged sitting, (c) Cross-legged sitting

1.5 实验参数

本研究的实验参数包含脊柱、骨盆和臀部压力的相关参数,具体参数及定义详见表1。

表1 脊柱、骨盆、臀压参数

Tab. 1 Spine, pelvis, hip pressure parameters

部位	参数	定义
脊柱	矢状面倾斜角	C7与左右髂后上棘连线中点的连接线和竖直线在矢状面所形成的夹角,正值代表左右髂后上棘连线中点在C7右侧
	额状面倾斜角	C7与左右髂后上棘连线中点连接线和竖直线在额状面所形成的夹角,正值代表C7在左右髂后上棘连线中点右侧
	胸曲角	过颈胸拐点和胸腰拐点两点的切线的夹角
	腰曲角	过胸腰拐点和腰骶拐点两点的切线的夹角
	锥体平均旋转角	所有椎体旋转角度的算术平方根
	锥体最大旋转角	所有椎体旋转角度中的最大值
	锥体平均偏移距离	所有椎体偏移距离的算术平方根
骨盆	骨盆额状面倾斜角	髂后上棘连线和水平线在额状面的夹角,正值代表右髂后上棘高于左侧
	骨盆扭转角	髌骨绕着通过耻骨联合的水平线往相反的方向旋转所成夹角,正值代表矢状面上右髂后上棘法线在左髂后上棘法线之上
	骨盆矢状面倾斜角	过左右髂后上棘表面法线与水平线在矢状面内所形成角度,正值代表右髂后上棘高于左侧
	骨盆水平旋转角	过左右髂后上棘表面法线与前后方向水平线在水平面内所形成角度的平均值,正值代表骨盆右旋
臀	峰值旋转角度	左右臀最大压力点连线与水平面夹角,正值代表右臀最大压力点在前
	最大压力比值	右臀最大压力/左臀最大压力
	平均压力比值	右臀平均压力/左臀平均压力
	面积比值	右臀面积/左臀面积

1.6 统计方法

使用 SPSS 25.0 进行统计分析,使用非参数秩和检验来检验各组之间的组间差异,使用配对样本 t 检验进行组内差异分析。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

与直立坐组相比,跷腿坐组腰曲角和椎体最大旋转角度显著减小($P < 0.05$),椎体平均偏移距离和椎体最大偏移距离显著增加($P < 0.05$)。与直立坐组相比,盘坐组矢状面倾斜角度显著增加($P < 0.05$),腰曲角和椎体最大旋转角度显著减小($P < 0.05$),椎体平均偏移距离和椎体最大偏移距离显著增加($P < 0.05$)。其他各项脊柱参数均无显著性差异(见图 3)。与跷腿坐组相比,盘坐组矢状面倾斜角度显著增加($P < 0.05$),椎体平均旋转显著减少($P < 0.05$)。

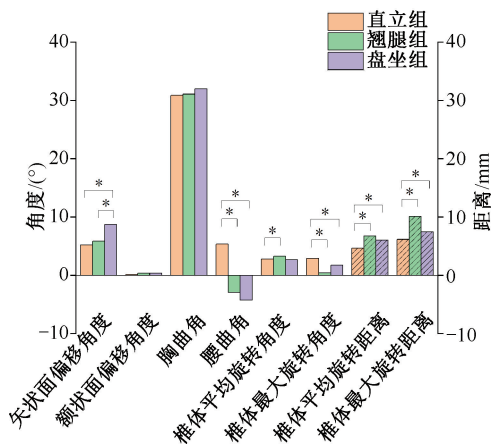


图 3 不同坐姿下受试者脊柱参数比较(* $P < 0.05$)

Fig. 3 Comparison of spine parameters for subjects in different sitting postures

注:非阴影区域看左侧纵轴,阴影区域看右侧纵轴。

与直立坐组相比,跷腿坐组骨盆额状面倾斜角度有显著增加($P < 0.05$),骨盆扭转角度和骨盆矢状面倾斜角度也显著增加($P < 0.05$),骨盆更加旋后。与直立坐组相比,盘坐组只在骨盆矢状面倾斜角度上有显著性变化($P < 0.05$),额状面倾斜、水平面旋转、矢状面扭转角度均无显著性差异。与跷腿坐组相比,盘坐组各个平面参数均无显著性差异(见图 4)。

臀部压力和面积参数方面,与直立坐组相比,跷腿坐组所有参数均有显著性差异。其中跷腿侧

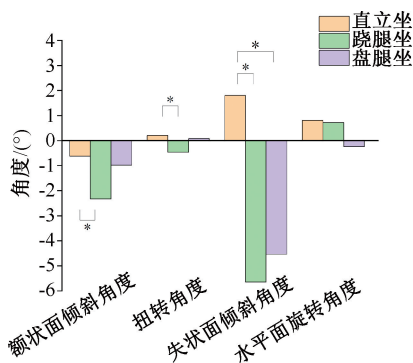


图 4 不同坐姿下受试者骨盆参数比较(* $P < 0.05$)

Fig. 4 Comparison of pelvic parameters for subjects in different sitting postures

臀最大压力、平均压力、峰值旋转角度、最大压力比值、平均压力比值显著增加($P < 0.05$),非跷腿侧臀最大压力、右臀面积、面积比值显著减少($P < 0.05$)。与直立坐组相比,盘坐组左、右臀平均压力显著增加($P < 0.05$),左、右臀面积显著减少($P < 0.05$)。与跷腿坐组相比,盘坐组所有参数均有显著性差异($P < 0.05$),见表 2。

表 2 臀部压力和面积参数对比

Tab. 2 Comparison of hip pressure and area parameters

参数	组别		
	直立坐组	跷腿坐组	盘坐组
左臀最大压力/BW	0.23*	0.12 [△]	0.23
右臀最大压力/BW	0.21*	0.31 [△]	0.23
左臀平均压力/BW	0.02	0.01 [△]	0.02 [#]
右臀平均压力/BW	0.02*	0.03 [△]	0.02 [#]
最大压力比	0.91*	2.59 [△]	0.98
平均压力比	1.01*	1.96 [△]	0.99
峰值旋转角度/(°)	2.56*	9.90 [△]	3.75
左臀面积/cm ²	302.02	320.66 [△]	229.05 [#]
右臀面积/cm ²	300.38*	216.26 [△]	232.50 [#]
面积比值	1.00*	0.67 [△]	1.02

注:直立坐组相比跷腿坐组,* $P < 0.05$;直立坐组相比盘坐组,[#] $P < 0.05$;跷腿坐组相比盘坐组,[△] $P < 0.05$ 。BW 表示体重(body weight)。

左、右臀承重百分比方面,与直立坐组相比,跷腿坐组左臀承重显著增加($P < 0.05$),跷腿侧臀承重显著减少($P < 0.05$)。与跷腿坐组相比,盘坐组左臀承重显著减少($P < 0.05$),右臀承重显著增加($P < 0.05$)。直立坐组和盘坐组左、右臀部承重百分比无显著性差异(见图 5)。

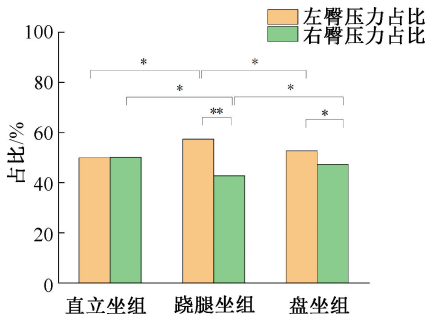


图5 不同坐姿下受试者左、右臀压占比比较

Fig. 5 Proportion comparison of left and right hip pressure for subjects in different sitting postures

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

3 讨论

本文发现,与直立坐相比,跷腿坐姿会使骨盆后倾、骨盆额状面倾斜角度增加,骨盆相对扭转角度增加,但水平面没有出现旋转的现象。骨盆姿态的不对称会导致骨盆力学结构改变,增加关联软组织和骨骼的张力,并可能导致肌肉和骨骼的功能紊乱^[22]。与直立坐姿相比,跷腿坐姿下跷腿侧臀的受力面积减小,平均压力和最大压力显著增加(见表2、图5),这可能与骨盆发生倾斜和扭转导致的空间位置变化有关。同时,非跷腿侧臀的平均压力和面积相较于直立坐并未发生显著变化,但非跷腿侧臀的承重百分比显著增加,跷腿侧臀的承重百分比显著减少。由此可见,跷腿坐改变人体臀部的压力分布,使得重心向左倾斜。臀压中最大压力区域被认为是坐骨结节和压力板接触的部位,跷腿侧侧骨盆的后倾会使同侧坐骨结节相对前移,进而使得峰值旋转角度增加。研究表明,坐骨结节的压力增加可能与脊柱负荷升高密切相关^[23]。本文推断,跷腿姿势可能导致脊柱间的应力增加。跷腿坐姿下腰曲角度显著减小,并出现“反弓”现象,而胸曲角度并未显著变化,表明跷腿坐对于脊柱腰椎的影响要大于胸椎。本文认为,人体由直立坐坐姿到跷腿坐姿过程中,而骨盆在矢状面和额状面的角度变化及腰椎后凸是主要的代偿机制。该机制会破坏臀部压力和支撑面积的对称性,增加椎体平均偏移距离和最大偏移距离,使得脊柱排列在额状面上发生改变,更加远离中立位。椎体在额状面产生的偏移会增加横向的剪切力,而脊柱对于垂直轴的应力抵

抗能力较强,对于横向的剪切力对抗能力很弱^[19]。因此,脊柱横向剪切应力升高会增加腰痛的风险。另一项研究显示,跷腿坐通过影响身体两侧腹外斜肌的不对称发力,进而导致脊柱的“失衡”,并会在髋关节活动度受限的患者中体现出通过骨盆水平旋转来增加力矩的代偿模式^[13]。此外,跷腿坐会减少腹内斜肌和腹外斜肌的激活程度^[15],同时使臀大肌、腘绳肌、梨状肌得到拉伸,这对维持髋髂关节稳定性和缓解腹壁肌肉的疲劳有一定帮助^[16]。但从长远来看,腰腹部核心肌群的主动激活减少会导致腰椎间盘和韧带的负荷增加^[24];长时间的应力累积会刺激腰椎韧带中充当疼痛受体的许多游离神经末梢,进而导致下腰痛的发生^[25-26]。Soonjae等^[27]研究表明,跷腿坐会导致骨盆后倾、腰椎后凸,这与本文的研究结论相互印证;但本文发现,躯干矢状面倾斜角度虽然在均值上有所增加,但统计学上并没有显著性差异,这与其跷腿坐会导致躯干屈曲的结论不一。本文推测,这种结果可能是由于测量方法的不同导致。

相对于直立坐,盘坐组的骨盆后倾,躯干在矢状面上的屈曲角度增加,这与Moon等^[28]研究一致。盘坐姿势下腰曲“反弓”,且角度在3组中表现最大。在脊柱下端屈曲的情况下,腰背部肌肉主动激活减少,此时腰椎骨盆区域更多地依赖被动结构来保持身体姿态的稳定^[29]。坐姿下骨盆后倾的同时伴随着腰椎后凸和躯干屈曲角度增加,这种现象被称为“腰椎-骨盆节律”,可以认为是人体为了防止骨盆后倾引起躯干后倾而失衡产生的脊柱补偿策略^[30]。骨盆参数方面,骨盆额状面倾斜,骨盆矢状面扭转角度、骨盆水平旋转角度均未有显著变化,仅在矢状上变得更加后倾。由此可见,由直立坐到盘坐的过程中,对于骨盆的三维结构影响较小。臀部压力方面,盘坐姿势下双腿相互交叠,并伴随大腿的屈曲和外旋,导致臀腿交界处的承压面积较少。尽管骨盆后旋会增加部分臀上部的接触面积,但总体来看臀部承压面积显著减少。在双侧臀部承重百分比未发生显著变化的情况下,双臀通过平均压力的增加来进行补偿,但并未导致最大压力发生变化。Lee等^[31]研究认为,臀肌压力的增大会引起背痛,腰曲角的大幅度降低会导致下背痛的风险增加。盘坐姿势下,峰值旋转角度和骨盆扭转

角均没有显著变化,说明盘坐姿势下骨盆未发生相对位置的改变。两组对称性指标最大压力、平均压力和面积比值接近数值 1 且未出现差异,表明两种坐姿下两侧臀部的对称性均表现良好。

相对于跷腿坐,盘坐姿势下脊柱相关参数变化较少,仅矢状面偏移角度显著增加,椎体平均旋转角度显著减少。但两种坐姿下骨盆参数差异极大,左右臀部平均压力、最大压力、压力面积、峰值旋转角度、左右臀压比值、左右臀面积比值均出现显著变化。由于骨盆的力学结构由三维形变回归到各维度中立位的过程中,左右臀两侧压力和面积更加趋于对称。

4 结论

直立坐姿下脊柱和骨盆参数最趋于中立位,双臀平均压力、最大压力、受力面积的对称性最佳。跷腿坐姿和盘腿坐姿的身体失平衡区域不一,跷腿坐姿下发生在骨盆和臀压方面,盘腿坐姿下则出现在臀压和脊柱。因此,可认为直立坐姿是“平衡”坐姿,适合在长时间的工作和学习中采用。

参考文献:

[1] 欧阳钧, 钱蕾, 孙培栋. 脊柱生物力学研究的回顾与展望 [J]. 医用生物力学, 2021, 36(2): 169-176.
OUYANG J, QIAN L, SUN PD. Retrospect and prospect on researches of spine biomechanics [J]. J Med Biomech, 2021, 36(2): 169-176.

[2] 张李东, 孟祥俊, 苏云, 等. 骨盆骨折生物力学研究进展 [J]. 医用生物力学, 2022, 37(1): 186-191.
ZHANG LD, MENG JX, SU Y, et al. Progress in biomechanics of pelvic fractures [J]. J Med Biomech, 2022, 37(1): 186-191.

[3] CHURCH TS, THOMAS DM, TUDOR-LOCKE C, et al. Trends over 5 decades in U. S. occupation-related physical activity and their associations with obesity [J]. PLoS One, 2011, 6(5): 19657.

[4] MATTHEWS CE, CHEN KY, FREEDSON PS, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004 [J]. Am J Epidemiol, 2008, 167(7): 875-881.

[5] CHAU JY, MEROM D, GRUNSEIT A, et al. Temporal trends in non-occupational sedentary behaviours from Australian Time Use Surveys 1992, 1997 and 2006 [J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2012, 9(1): 76.

[6] LUNDE LK, KOCH M, KNARDAHL S, et al. Associations of objectively measured sitting and standing with low-back pain intensity: a 6-month follow-up of construction and healthcare workers [J]. Scand J Work Environ Health, 2017, 43(3): 269-278.

[7] MCGILL SM, HUGHSON RL, PARKS K. Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: Implications for prolonged work [J]. Ergonomics, 2000, 43(4): 486-493.

[8] ORTIZ-HERNANDEZ L, TAMEZ-GONZALEZ S, MARTINEZ-ALCANTARA S, et al. Computer use increases the risk of musculoskeletal disorders among newspaper office workers [J]. Arch Med Res, 2003, 34(4): 331-342.

[9] LEE JH, PARK SY, YOO WG. Changes in craniocervical and trunk flexion angles and gluteal pressure during VDT work with continuous cross-legged sitting [J]. J Occup Health, 2011, 53(5): 350-355.

[10] MAC-THIONG JM, ÉRIC B, DIMAR JRI, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.

[11] SUZUKI H, ENDO K, MIZUOCHLI J, et al. Clasped position for measurement of sagittal spinal alignment [J]. Eur Spine J, 2010, 19(5): 782-786.

[12] WILKE H, NEEF P, CAIMI M, et al. New *in vivo* measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life [J]. Spine, 1999, 24(8): 755-762.

[13] ANDERSSON B, ORTENGREN R, NACHEMSON AL, et al. The sitting posture: An electromyographic and discometric study [J]. Orthop Clin N Am, 1975, 6(1): 105-120.

[14] KANG MH, OH JS, PARK BJ, et al. Comparison of the lumbar flexion angle and EMG activity in trunk muscles in individuals with and without limited hip flexion range of motion during visual display terminal work with cross-legged sitting [J]. J Phys Ther Sci, 2013, 25(12): 1537-1539.

[15] SNIJDERS CJ, HERMANS P, KLEINRENSINK GJ. Functional aspects of cross-legged sitting with special attention to piriformis muscles and sacroiliac joints [J]. Clin Biomech, 2006, 21(2): 116-121.

[16] SNIJDERS CJ, SLAGTER AH, STRIK RV, et al. Why leg crossing? The influence of common postures on abdominal muscle activity [J]. Spine, 1995, 20(18): 1989.

[17] HARRISON DD, HARRISON SO, CROFT AC, et al. Sitting biomechanics part I: Review of the literature [J]. J Manip Physiol Ther, 1999, 22(9): 594.

[18] DRUMMOND D, BREED AL, NARECHANIA R. Relationship of spine deformity and pelvic obliquity on

- sitting pressure distributions and decubitus ulceration [J]. J Pediatr Orthop, 1985, 5(4): 396.
- [19] SAHRMANN S, AZEVEDO DC, DILLEN LV. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes [J]. Braz J Phys Ther, 2017, 21(6): 391-399.
- [20] YU JS, AN DH. Differences in lumbar and pelvic angles and gluteal pressure in different sitting postures [J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(5): 1333-1335.
- [21] KOHLI P, PATEL P, WAYBASE H, *et al.* The value of cross legged sitting: Virtue or vice for health. A review from sports medicine, physiology and yoga [J]. Int J Orthop Sci, 2019, 5(3): 607-610.
- [22] EGAN DA, AL-EISA E. Pelvic skeletal asymmetry, postural control, and the association with low back pain: A review of the evidence [J]. Crit Rev Phys Rehab Med, 1999, 11(3): 40.
- [23] POPE MH, GOH KL, MAGNUSSON ML. Spine ergonomics [J]. Annu Rev Biomed Eng, 2002, 4(4): 49-68.
- [24] GOEL VK, KONG W, HAN JS, *et al.* A combined finite element and optimization investigation of lumbar spine mechanics with and without muscles [J]. Spine, 1993, 18(11): 1531-1541.
- [25] CALLAGHAN JP, DUNK NM. Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting [J]. Clin Biomech, 2002, 17(5): 353-360.
- [26] BOGDUK N. The innervations of the lumbar spine [J]. Spine, 1983, 8(3): 286-293.
- [27] SOONJAE ANN, SEUNGHYEON K, SUNYONG K, *et al.* Asymmetrical change in the pelvis and the spine during cross-legged sitting postures [J]. J Mech Sci Technol, 2013, 27(11): 3427-3432.
- [28] MOON MS, LEE H, KIM ST, *et al.* Spinopelvic orientation on radiographs in various body postures: Upright standing, chair sitting, Japanese style kneel sitting, and Korean style cross-legged sitting [J]. Clin Orthop Surg, 2018, 10(3): 322-327.
- [29] O'SULLIVAN PB, GRAHAMSLAW KM, KENDELL M, *et al.* The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population [J]. Spine, 2002, 27(11): 1238-1244.
- [30] MULHOLLAND RC. Low back pain syndrome [J]. Practitioner, 1985, 229(1400): 137-140.
- [31] LEE JH, YOO WG. Changes in gluteal pressure and pelvic inclination angles after continuous cross-legged sitting [J]. Work, 2011, 40(2): 247-252.

(上接第 735 页)

- [12] O'BRIEN S, BENNETT D, DORAN E, *et al.* Comparison of hip and knee arthroplasty outcomes at early and intermediate follow-up [J]. Orthopedics, 2009, 32(3): 168.
- [13] DUDA GN, HELLER M, ALBINGER J, *et al.* Influence of muscle forces on femoral strain distribution [J]. J Biomech, 1998, 31(9): 841-846.
- [14] LIN YC, WALTER JP, BANKS SA, *et al.* Simultaneous prediction of muscle and contact forces in the knee during gait [J]. J Biomech, 2010, 43(5): 945-952.
- [15] MORRISON JB. The mechanics of the knee joint in relation to normal walking [J]. J Biomech, 1970, 3(1): 51-61.
- [16] PEGG EC, WALTER J, MELLON SJ, *et al.* Evaluation of factors affecting tibial bone strain after unicompartmental knee replacement [J]. J Orthop Res, 2013, 31(5): 821-828.
- [17] COMPLETO A, FONSECA F, SIMÕES JA. Finite element and experimental cortex strains of the intact and implanted tibia [J]. J Biomech Eng, 2007, 129(5): 791-797.
- [18] 罗文礼, 王磊, 罗明星, 等. 探讨单髁置换术于膝内侧间室骨关节炎的价值 [J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2021, 15(3): 364-368.
- [19] 李沼, 关振鹏. 单髁置换术治疗膝关节内侧间室骨关节炎 [J]. 中华骨科杂志, 2019, 39(14): 902-908.
- [20] 李立, 徐卫东. 膝关节单髁置换术的并发症及防治 [J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2018, 12(3): 385-389.
- [21] PATTIN CA, CALER WE, CARTER DR. Cyclic mechanical property degradation during fatigue loading of cortical bone [J]. J Biomech, 1996, 29(1): 69-79.
- [22] LYU SR, HSU CC, HUNG JP. Medial abrasion syndrome: A neglected cause of persistent pain after knee arthroplasty [J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 61.
- [23] 马振, 吕林蔚, 刘璐, 等. 膝关节单髁置换界面应力失效分析 [J]. 医用生物力学, 2022, 37(3): 473-478.
- MA Z, LV LW, LIU L, *et al.* Failure analysis on interface stress in unicompartmental knee arthroplasty [J]. J Med Biomech, 2022, 37(3): 473-478.