

面向青年不同体型人群的床垫软硬度设计研究

堵梦丽¹, 申黎明¹, 谈立山², 汪洋²

(1.南京林业大学 家居与工业设计学院, 南京 210037;

2.浙江安吉县产品质量监督检测中心, 安吉 313300)

摘要: **目的** 本研究在对床垫软硬度进行量化分析的基础上, 探究不同体型的青年人群与床垫软硬度之间的关系。**方法** 通过设计不同软硬度的床垫方案, 测试被测试者在床垫上的压陷量, 计算仰卧时脊柱形态曲线与自然脊柱形态曲线的吻合度等数据, 分析体型特征与床垫软硬度的关系。**结果** (1) 男女性的站姿脊柱形态曲线不同, 男性的背部更加突出, 女性则臀部更加突出; (2) 床垫软硬度变化对卧姿脊柱形态中臀部的下陷影响最大, 背部其次; (3) 不同体型人群适合的床垫软硬度不同, 被测试者的 BMI 值与其最佳床垫显著相关并具有统计学意义, 且呈现一定的线性相关性; (4) 在被测试者的 BMI 值相似和性别相同的情况下, 站姿腰背间隙大的被测试者适合综合刚度小的床垫。**结论** 随着体型 BMI 值的增加, 适宜的床垫硬度逐渐增大, 且同体型中, 腰背间隙大的适合稍软的床垫。

关键词: 床垫设计; 床垫软硬度; 体型; 脊柱形态

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)24-0207-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.24.024

Design of Mattress Hardness for Young People with Different Body Types

DU Meng-li¹, SHEN Li-ming¹, TAN Li-shan², WANG Yang²

(1.College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2.Zhejiang Anji Product Quality Supervision and Testing Center, Anji 313300, China)

ABSTRACT: On the basis of quantitative analysis of mattress hardness, this study explores the relationship between different body types of young people and mattress hardness. By designing mattress schemes with different hardness and softness, the amount of compression on the mattress was tested, and the coincidence degree of spinal morphology curve and natural spinal morphology curve in supine position was calculated, and the relationship between body shape characteristics and mattress softness and hardness was analyzed. The results shows that: 1. The standing posture of men and women is different in the spinal morphology curve, the back of men is more prominent while the hips of women is more prominent. 2. The change of softness and hardness of mattress has the greatest influence on the subsidence of hip of the spinal morphology in supine position, followed by that on back. 3. The hardness and softness of mattresses are different for people of different body types, and the BMI value of subjects is significantly correlated with the optimal mattress with statistical significance, and presents a certain linear correlation; 4. Under the condition of similar BMI values and the same gender, subjects with large lumbar interstitial space in standing position are suitable for mattress with small comprehensive stiffness. With the increase of body mass index value, the suitable mattress hardness increases gradually, and in the same body type, the body with large lumbar interstitial space is suitable for a little soft one.

KEY WORDS: mattress design; mattress softness and hardness; body shape; spinal morphology

收稿日期: 2021-08-17

作者简介: 堵梦丽 (1995—), 女, 安徽人, 南京林业大学家居与工业设计学院硕士生, 主攻家具设计与工程。

通信作者: 申黎明 (1960—), 男, 上海人, 博士, 南京林业大学家居与工业设计学院教授, 主要研究方向为家具设计与工程。

睡眠是维持人体生命的极其重要的生理功能,约占人生命 1/3 的时间。据世界卫生组织调查,全球 27%的人存在不同程度的睡眠问题^[1]。随着人们生活水平的提高,以及对高质量睡眠的需求,如何选择适合自己的床垫成为消费者关心的问题。美国有调查研究表明,7%的睡眠障碍问题与床垫的不舒适性有关^[1-3]。床垫软硬度是影响床垫使用舒适性的重要因素^[4-5],其中,过软或过硬的床垫能够对人体卧姿脊柱形态产生影响,脊柱长时间受力不均匀容易导致各种疾病,影响身体健康^[6-7]。

近几年,国内也有一些关于床垫软硬度和人体受力关系方面的研究,例如方菲(2016 年)采用人体体压分布实验,探究不同体型被测试者在分区弹簧床垫上的体压分布情况和影响^[8],实验表明不同体型特征的被测试者在不同软硬度床垫上的压力分布不一样,表明床垫类型和体型特征关系密切;任林燕(2018 年)研究了基于体压分布的床垫硬度对人体舒适性的影响。表明了软硬度适宜的床垫有利于人一床界面压力的分散性,有利于人体腰部支撑^[9]。人一床界面之间的关系还可由卧姿脊柱形态来体现^[10],如魏萌萌(2019 年)探究了床垫芯层弹性分布对仰卧脊柱形态的影响,结果表明不同软硬度床垫相应的卧姿脊柱形态呈现一定的变化规律^[11-12]。陈玉霞等人研究了弹簧床芯对床垫性能及卧姿舒适性的影响^[13]。有国外研究认为软硬度适中的床垫对腰痛效果最好,而不是硬度大的床垫。KOVACS F M 等人^[14]运用荧光标记法记录被测试者在侧卧状态下 4 种体型在 3 种软硬度床垫上的脊柱曲度,中等软硬度的床垫上脊柱曲度最好。DEVOCHT J W 等人^[15]通过对 4 种不同类型的床垫进行生物力学评价,发现人体在各床垫上的压力呈现差异性,其中,根据体型的增加,臀部区域的最大压力呈上升趋势。以上研究成果都是展示了床垫的软硬度和体型特征之间的关系密切,但很少有研究将体型特征和床垫的软硬度之间的关系进行更深入的分析。本研究在对床垫软硬度进行量化分析的基础上,从人体体型的角度考虑,通过测量不同体型人群的卧姿脊柱形态,以探究体型特征与床垫的软硬度之间的关系。为床垫的科学定制化和人性化设计提供科学依据^[16]。

1 材料与方 法

1.1 被测试者

本研究抽取 24 名在校大学生被测试者进行实验,年龄在 22~26 岁。其中,根据《中国成年人人体尺寸(GB/T 10000-1988)》标准对实验人员按照体型特征进行划分:偏瘦体型人群($BMI<18.5\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$),共 7 名;标准体型人群($BMI=18.5\sim23.9\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$),共 11 名;超重体型人群($BMI\geq24\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$),共 6 名。均无肌肉骨骼疾病史,身体健康,状况良好。实验前 24 h 未进行剧烈的体力活动或长时间久坐,无肌肉疲劳现象。被测试者数据统计见表 1。

1.2 实验床垫

以分析不同体型特征与床垫软硬度的对应关系,以及对床垫软硬度进行量化研究为目的,本研究将根据不同床垫材料的透气性、支撑性和稳定性^[17]等特性进行组合搭配,共组合成 21 款实验床垫。将 21 款实验床垫用床垫软硬度测试装置测出各款床垫的综合刚度^[18]。其中,床垫的综合刚度 K 值越小表示床垫越软,K 值越大表示床垫越硬^[18]。21 款实验床垫设计方案,见表 2;21 款床垫对应的综合刚度数值见图 1。

根据不同体型的人一床界面压力分布,实验根据体型特征与床垫综合刚度搭配组合进行实验。随着体型的增加,床垫需要更大的支撑性能来使得人一床界面的最大压力、平均压力达到最低以保证床垫的舒适性^[13]。本实验将 21 款实验床垫按照综合刚度大小分为 7 组,每组 3 款。实验床垫分组与实验被试人员安排见表 3。

1.3 实验方法

1.3.1 站姿脊柱形态测定

本实验采用人体自然脊柱测量仪来测量人体侧立面脊柱曲线。被测试者穿着统一紧身衣物直立背靠测量仪站立,用标尺绘制侧立面脊柱曲线。从颈部的大椎点开始记录标尺长度数据,一直记录到臀部尾骨结束,利用作图软件将图像呈现出来作为实际人体站姿脊柱形态比例尺寸。站姿脊柱形态测定见图 2。

表 1 被测试者数据统计
Tab.1 Subject data statistics

体型 $BMI/\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	性别	人数/人	年龄/岁	身高/mm	体质量/kg
偏瘦体型 $BMI<18.5$	男	3	25.3 (SD=0.58)	1 817 (SD=0.03)	56.7 (SD=3.24)
	女	4	23.7 (SD=0.57)	1 624 (SD=0.05)	47.4 (SD=3.56)
标准体型 $BMI=18.5\sim23.9$	男	4	24.5 (SD=0.57)	1 759 (SD=0.09)	64.5 (SD=10.5)
	女	7	24.1 (SD=0.69)	1 637 (SD=0.04)	54.8 (SD=3.13)
超重体型 $BMI\geq24$	男	3	24.3 (SD=0.57)	1 833 (SD=0.05)	96.3 (SD=5.76)
	女	3	23.3 (SD=0.57)	1 624 (SD=0.03)	84.4 (SD=11.48)

表 2 实验床垫设计方案
Tab.2 Design scheme of experimental mattress

床垫组数	面料层		铺垫层			支撑层
		表面层	I 层	II 层	III 层	
1	复合面料 20 mm		空气纤维 65 kg/m ³ 40 mm	波形海绵 30 kg/m ³ 60 mm		
2			记忆海绵 30 mm	空气纤维 45 kg/m ³ 40 mm		普通海绵 30 kg/m ³ 80 mm
3			空气纤维 65 kg/m ³ 40 mm	乳胶海绵 80% 40 mm		
4			波形海绵 25 kg/m ³ 40 mm	空气纤维 75 kg/m ³ 40mm		
5	复合面料 20 mm	羊毛毡双层	记忆海绵 30 mm	空气纤维 45 kg/m ³ 40 mm	乳胶海绵 80% 40 mm	普通海绵 18 kg/m ³ 60 mm
6					波形海绵 18 kg/m ³ 60 mm	
7	复合面料 20 mm		波形海绵 25 kg/m ³ 40 mm	空气纤维 55 kg/m ³ 40 mm		普通海绵 30 kg/m ³ 80 mm
8				空气纤维 45 kg/m ³ 40 mm		
9	复合面料 20 mm	羊毛毡双层	空气纤维 45 kg/m ³ 20 mm	记忆海绵 30 mm	波形海绵 18 kg/m ³ 60 mm	
10			记忆海绵 30 mm	凝胶海绵 35 mm	空气纤维 65 kg/m ³ 40 mm	普通海绵 18 kg/m ³ 60mm
11			空气纤维 55 kg/m ³ 20 mm	乳胶海绵 40 mm	波形海绵 30 kg/m ³ 40 mm	
12			空气纤维 45 kg/m ³ 20 mm	凝胶海绵 35 mm	波形海绵 18 kg/m ³ 60 mm	
13	复合面料 20 mm	波形海绵 30 kg/m ³ 40 mm	乳胶海绵 20% 40 mm	普通海绵 18 kg/m ³ 60 mm	弹簧层	线径 2.0 中经 60 圈数 6
14		普通海绵 30 kg/m ³ 20 mm	凝胶海绵 40 mm	记忆海绵 40 mm		线径 2.0 中经 60 圈数 5
15	复合面料 20 mm	普通海绵 30 kg/m ³ 20 mm	乳胶海绵 20% 40 mm	空气纤维 75 kg/m ³ 40 mm	弹簧层	普通海绵 30 kg/m ³ 80 mm
16			波形海绵 30kg/m ³ 60 mm	普通海绵 25 kg/m ³ 40 mm		线径 2.0 中经 70 圈数 6
17	复合面料 20 mm		乳胶海绵 20% 40 mm	空气纤维 45 kg/m3 40 mm	弹簧层	普通海绵 30 kg/m ³ 80 mm
18				空气纤维 55 kg/m ³ 40 mm		
19			波形海绵 30 kg/m ³ 40 mm	普通海绵 25 kg/m ³ 60 mm		线径 2.0 中经 70 圈数 6
20			普通海绵 25 kg/m ³ 60 mm			
21			普通海绵 30 kg/m ³ 80 mm			线径 2.0 中经 60 圈数 6

1.3.2 仰卧脊柱形态测定

采用特制的下部有足够测量空间的金属床架(实验室研制的床垫下陷量与脊柱形态测试装置), 下部

悬挂标尺板, 配合标杆穿插到床垫中^[11]。脊柱形态下陷量测定系统见图 3。计算空置床垫与人体仰卧在床垫上时各点标杆伸出床架测得的长度的差值, 即人体

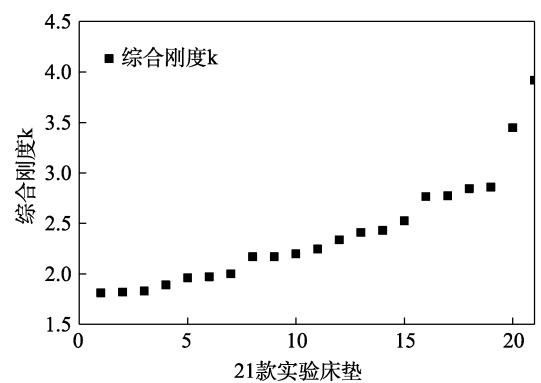


图 1 21 款床垫对应的综合刚度数值
Fig.1 Comprehensive stiffness values of 21 mattresses

表 3 实验床垫分组与实验被试人员安排
Tab.3 Grouping of experimental mattresses and arrangement of experimental subjects

实验组数	体型 BMI/kg·m ⁻²	人数/个	床垫编号
第 1 组	偏瘦体型 BMI<18.5	4	1、2、3
第 2 组	偏瘦体型 BMI<18.5	3	4、5、6
第 3 组	标准体型 BMI=18.5~23.9	4	7、8、9
第 4 组	标准体型 BMI=18.5~23.9	4	10、11、12
第 5 组	标准体型 BMI=18.5~23.9	3	13、14、15
第 6 组	超重体型 BMI≥24	2	16、17、18
第 7 组	超重体型 BMI≥24	4	19、20、21



图 2 站姿脊柱形态测定
Fig.2 Spinal morphology in standing posture



图 3 脊柱形态下陷量测定系统
Fig.3 Measurement system of spinal morphological depression

脊柱对应部分的床垫下陷量。根据下陷量能够绘制出被测试者仰卧在床垫上的脊柱形态,即人体仰卧脊柱形态曲线。

1.3.3 脊柱形态的计算

腰背间隙是脊柱形态中腰部最高点距背部和臀部最低点连线的垂直距离^[12],可以用来反映腰椎弯曲情况。

吻合度表示两个曲线的整体吻合情况,已知两条曲线: $A=(a_1,a_2,...a_n)$, $a_1,a_2,...a_n$ 为曲线 A 上的点, $a_1(x_{1a},y_{1a}),a_2(x_{2a},y_{2a})...a_n(x_{na},y_{na})$, $B=(b_1,b_2,...b_n)$, $b_1,b_2,...b_n$ 为曲线 A_1 上的点, $b_1(x_{1b},y_{1b}),b_2(x_{2b},y_{2b})...b_n(x_{nb},y_{nb})$, 吻合度 W 即为两曲线垂直距离的比:

$$W\left(\frac{A}{B}\right)=\frac{1}{n}\left(\frac{y_{1a}}{y_{1b}}+\frac{y_{2a}}{y_{ab}}+...+\frac{y_{na}}{y_{nb}}\right)$$

$(y_{ia}<y_{ib}$ 时, 采用 $\frac{y_{1a}}{y_{1b}}$; $y_{ia}>y_{ib}$ 时, 采用 $\frac{y_{ib}}{y_{ia}})$ (1)

若吻合度 W 的数值越接近 1,则说明被测试者在实验床垫上的脊柱形态越接近站立时的脊柱形态,则该床垫更加健康、舒适,越适合被测试者^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同体型被测试者的脊柱形态

在实验人员中分别选择 3 组不同体型的男性和女性站姿脊柱形态进行对比分析,不同体型的男性站姿脊柱形态对比见图 4,不同体型的女性站姿脊柱形态对比见图 5。

在性别不同的两组站姿脊柱形态中,男性的站姿脊柱形态曲线长度更长,背部的曲线相较于女性也更加凹凸,臀部则更加平缓;女性的站姿脊柱形态中腰椎向上弯曲明显大于男性,臀部也更加突出。根据 25 名被测试者中男性和女性的腰背间隙数据也可以看出:女性的平均站姿腰背间隙为 3.08,男性的平均站姿腰背间隙为 2.33,且符合正态分布。这和男女性的体型差异有关,一般男性相较于女性身高较高,测量出来的脊柱曲线长度更长;男性肩部较宽,背部更加厚实,身体呈“倒三角形”,所以男性站姿脊柱形态中背部的脊柱曲线凹凸明显;女性的腰部窄,臀部浑圆,身体呈“正三角形”,则背部弯曲不明显,腰臀部的脊柱形态弯曲度较大^[8]。性别对应的腰背间隙正态分布见图 6。

3 种体型下的男女性站姿脊柱形态的弯曲情况不同。男性偏瘦体型的站姿脊柱形态中背部弯曲程度明显大于臀部,而随着体型类型的变化,男性的站姿脊柱形态中臀部的弯曲逐渐明显;女性偏瘦体型的站姿脊柱形态中臀部弯曲程度明显大于背部,随着体型类型的变化,女性的站姿脊柱形态中腰部最高点到背部最低点的直线距离逐渐变大,则说明背部的脊柱形态凹凸更加明显。由于男性的脂肪更加容易囤积在腹部

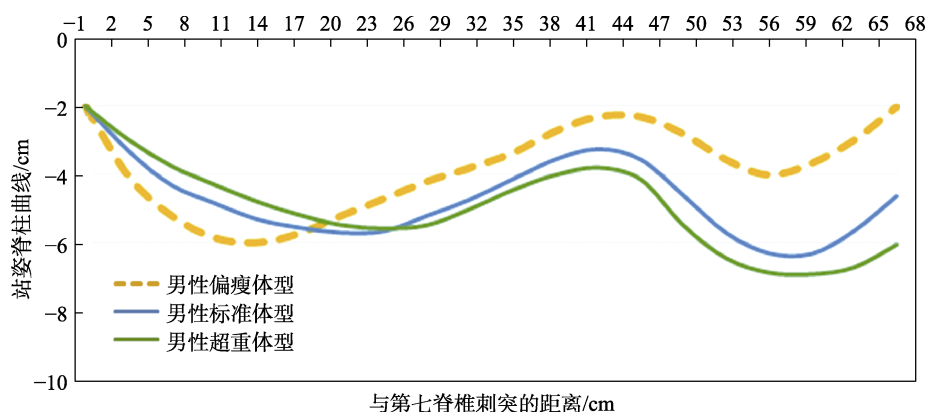


图 4 不同体型的男性站姿脊柱形态对比

Fig.4 Comparison of spinal morphology of men with different body types in standing posture

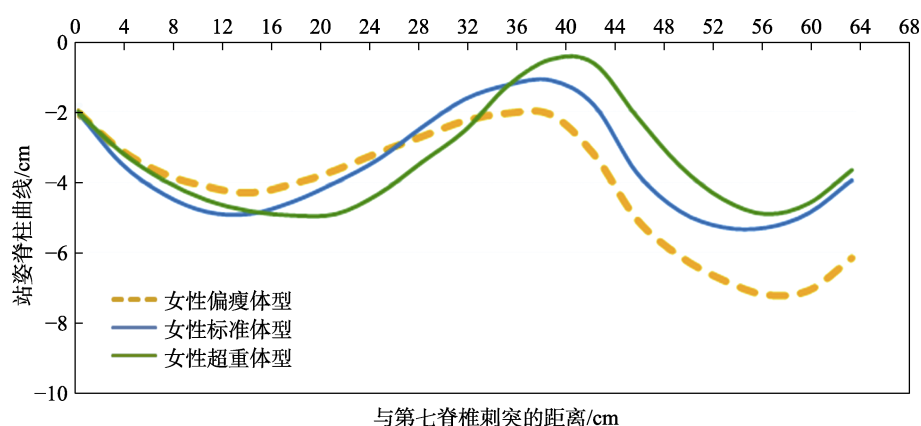


图 5 不同体型的女性站姿脊柱形态对比

Fig.5 Comparison of spinal morphology of women with different body types in standing posture

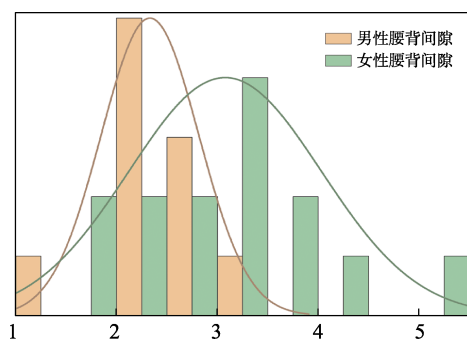


图 6 性别对应的腰背间隙正态分布

Fig.6 Normal distribution of lumbar interstitial space corresponding to sex

和臀部,则超重体型的相较于偏瘦体型臀部形态凹凸更加明显^[11]。女性的脂肪更加容易囤积在腰部和胸部,所以超重体型的相较于偏瘦体型背部脊柱形态凹凸更加明显。

2.2 不同体型被测试者适宜的床垫软硬度

以偏瘦体型被测试者 1 为例,根据站姿脊柱形态和第 1 组测试床垫上的卧姿脊柱形态进行对比,偏瘦体型被测试者 1 的站姿脊柱曲线见图 7,偏瘦体型被测试者 1 的卧姿脊柱曲线见图 8。

被测试者 1 在编号 1~3 的实验床垫上的卧姿脊柱

曲线各不相同,则说明 3 组软硬度不同的床垫对被测试者 1 的卧姿脊柱形态有一定影响。偏瘦体型被测试者 1 的卧姿脊柱曲线见图 8,根据腰部最高点到背部和臀部最低点的垂直距离可以看出:随着床垫 1~3 由软到硬,被测试者在床垫上的下陷量是逐渐变小的。由于身体部位质量的不同,床垫软硬度变化对卧姿脊柱形态中臀部的下陷影响最大,背部其次。

腰椎是全身活动及脊柱承重的主要部位,保证腰椎的正常弯曲也是衡量健康睡姿的标准之一^[14,19]。过硬的床垫会造成肩部和臀部下陷量小,导致腰椎受压向内扣紧,迫使脊椎向上弯曲;过软的床垫容易导致臀部下陷过大,导致腰椎受拉向下扭曲;软硬度适中的床垫能够保证适当的下陷,对腰椎也有很好的支撑性,保持脊柱正常的生理弯曲^[19]。腰背间隙计算结果表明:被测试者 1 站姿时的腰背间隙为 1.72,在床垫编号 1 上的腰背间隙为 2.23,明显大于站姿时的腰背间隙。由图 7、图 8 也可以看出由于床垫 1 较软,被测试者 1 的臀部和背部下陷严重导致腰椎上凸明显,则床垫 1 不利于被测试者 1 的脊柱健康^[20]。

根据被测试者 1 在实验床垫 1~3 上的卧姿脊柱曲线和站姿脊柱曲线进行吻合度计算。综合分析床垫编号 1~3 中编号 3 的床垫是最适合被测试者 1 的床垫,见表 4。

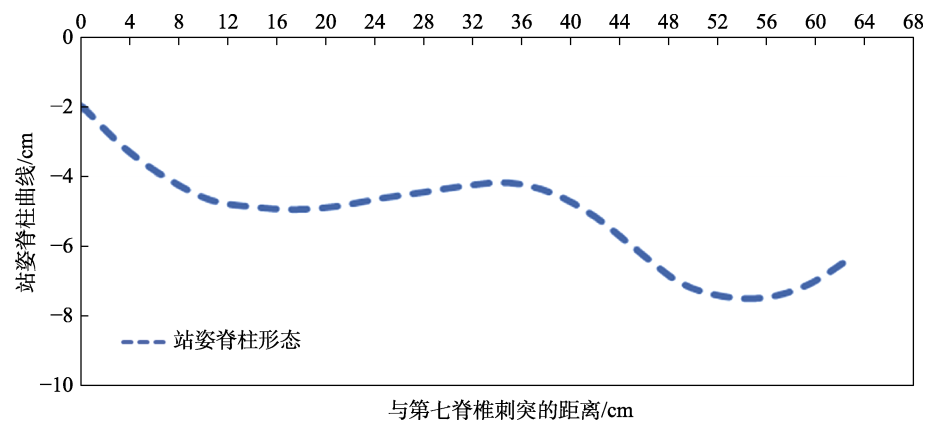


图 7 偏瘦体型被测试者 1 的站姿脊柱曲线
Fig.7 Spinal morphology curve of Subject 1 of standard body size in standing position

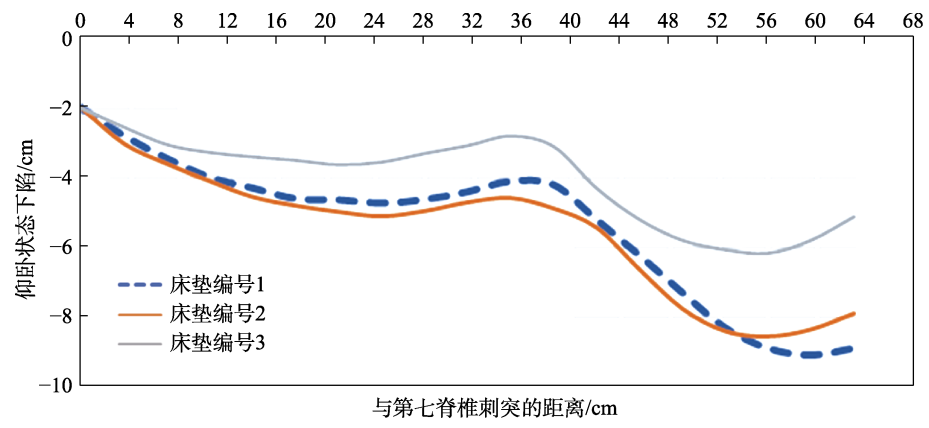


图 8 偏瘦体型被测试者 1 的卧姿脊柱曲线
Fig.8 Spinal morphology curve of Subject 1 of standard body size in supine position

表 4 被测试者 1 的实验方案结果分析
Tab.4 Analysis of experimental protocol results of Subject 1

床垫编号	综合刚度	吻合度	腰背间隙
床垫编号 1	1.81	0.90	2.23
床垫编号 2	1.84	0.93	1.75
床垫编号 3	1.89	0.95	1.68

2.3 不同体型被测试者适宜的床垫软硬度

结合上述分析对 25 名不同体型的被测试者进行数据计算，找到对应实验组的最佳床垫。将 25 名被测试者的 BMI 值和最佳测试床垫的综合刚度数值进行综合分析，显示了不同体型 BMI 值与对应最佳床垫的综合刚度的关系，根据回归分析结果显示，两者存在较为明显的线性关系，最佳床垫的综合刚度随着被测试者 BMI 值的增大而逐渐增大。回归系数的方差分析结果显示，检验统计量 F 值为 0.849, $P < 0.01$ ，具有显著统计学意义。BMI 值和床垫综合刚度的线性关系见图 9。

随着体型 BMI 值的增加，最佳床垫综合刚度的数值也在增加，但由于个体差异，相同体型的被测试

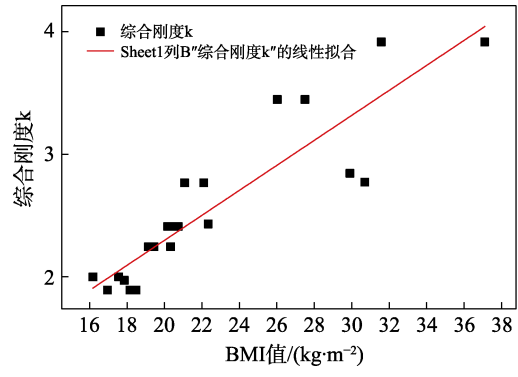


图 9 BMI 值和床垫综合刚度的线性关系
Fig.9 Linear relationship between BMI value and comprehensive mattress stiffness

者脊柱形态各不相同。其中，腰背间隙用于表示脊柱曲线中腰椎的弯曲程度，也能够侧面反映出臀部和背部的下陷情况，是影响最佳床垫综合刚度的重要因素。其中，在表 5 所示的 3 组对比结果中，每组被测试者的 BMI 值相似，性别相同，但由于腰背间隙的不同，适合的床垫软硬度也不同。一般来说，若被测试者 BMI 值相似，性别相同的情况下，站姿腰背间隙大的被测试者适合综合刚度小的床垫。

表 5 腰背间隙对照组分析
Tab.5 Analysis of lumbar interstitial space control group

对照组数	性别	BMI/kg·m ⁻²	站姿腰背间隙	最佳床垫综合刚度
第 1 组	女	17.85	4.03	1.97
	女	17.55	3.05	2.00
第 2 组	女	22.34	3.58	2.43
	女	22.10	2.13	2.76
第 3 组	男	30.70	2.04	2.77
	男	29.91	1.48	2.84

3 结语

随着人们对健康睡眠的日益关注,舒适的床垫不仅能够对睡眠质量和休息效率产生重要影响,更是获得良好卧姿脊柱形态和健康身体的重要条件。在面对不同体型的人群,通过设计不同软硬度的床垫方案,从人体脊柱健康的角度出发,通过实验结果分析可以得出以下结论。

男性的站姿脊柱形态曲线长度更长,背部的曲线相较于女性也更加凹凸,臀部则更加平缓;女性的站姿脊柱形态中腰椎向上弯曲明显大于男性,臀部也更加突出。

男性偏瘦体型的站姿脊柱形态中背部弯曲程度明显大于臀部,而随着体型类型的变化,男性的站姿脊柱形态中臀部的弯曲逐渐明显;女性偏瘦体型的站姿脊柱形态中臀部弯曲程度明显大于背部,随着体型类型的变化,女性的站姿脊柱形态中背部的脊柱形态凹凸更加明显。

不同软硬度床垫对卧姿脊柱形态的影响是根据身体部位质量的不同,导致床垫下陷量的不同,使卧姿脊柱形态产生变化。其中,床垫软硬度变化对卧姿脊柱形态中臀部的下陷影响最大,背部其次。过软的床垫使得臀部和背部下陷严重导致腰椎上凸明显,不利于脊柱健康。

适合不同体型人群的床垫软硬度是不同的,被测试者的 BMI 值与其最佳床垫的综合刚度显著相关并具有统计学意义,即随着被测试者 BMI 值的增大,最佳床垫的综合刚度也逐渐变大,且呈现一定的线性相关性。

腰背间隙能够反映出脊柱曲线中腰椎的弯曲程度,每个人由于体型的不同,腰背间隙的大小也各不相同。实验对比结果发现,若被测试者的 BMI 值相似,性别相同的情况下,站姿腰背间隙大的被测试者适合综合刚度小的床垫。

参考文献:

[1] ABBOTT S M, KNUTSON K L, ZEE P C. Health Implications of Sleep and Circadian Rhythm Research in

2017[J]. Lancet Neurology, 2018, 17(1): 17-18.
[2] ADDISON R G, THORPY M J, Roth T. A Survey of United States Pubic Concerning the Quality of Sleep[J]. Sleep Res, 1986(16): 244
[3] KOBAYASHI D, TAKAHASHI O, DESHPANDE G A, et al. Relation between Metabolic Syndrome and Sleep Duration in Japan: a Large Scale Cross-sectional Study [J]. Intern Med J, 2011, 50(2): 103-107.
[4] 徐伟, 程洛林, 杨国庆, 等. 海绵密度对沙发舒适性影响分析[J]. 家具, 2018, 39(4): 17-21.
XU Wei, CHENG Luo-lin, YANG Guo-qing, et al. Analysis on the Influence of Sponge Density on Sofa Comfort[J]. Furniture, 2018, 39 (4): 17-21.
[5] 蒋长青, 于娜. 沙发的坐感软度[J]. 家具, 2012, 30(4): 104-106.
JIANG Chang-qing, YU Na. Softness of Sofa[J]. Furniture, 2012, 30(4): 104-106.
[6] PARENT S, NEWTON P O, WENGER D R. Adolescent Idiopathic Scoliosis; Etiology, Anatomy, Natural History, and Bracing[J]. Instr Course Lect, 2005, 54(2): 529-536.
[7] 贾旭霞, 王美兰. 人体脊柱健康与办公椅椅背形态舒适性关系初探[J]. 科技创新与应用, 2016(6): 40.
JIA Xu-xia, WANG Mei-lan. Preliminary Study on the Relationship between Human Spine Health and Office Chair back Shape Comfort[J]. Scientific and Technological Innovation and Application, 2016(6): 40.
[8] 方菲, 申黎明, 郭园. 床垫软硬度对不同体型人群体压分布的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(2): 319-324.
FANG Fei, SHEN Li-ming, Guo Yuan. Effect of Mattress Softness and Hardness on Body Pressure Distribution of People with Different Body Sizes[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2016, 43(2): 319-324.
[9] 任林燕, 张凯婷, 苏娜, 等. 基于体压分布的床垫硬度对人体舒适性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(6): 1165-1170.
REN Lin-yan, Zhang Kai-ting, SU Na, et al. Effect of Mattress Hardness Based on Body Pressure Distribution on Human Comfort[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2018, 45(6): 1165-1170.
[10] 陈玉霞, 申黎明, 郭勇, 等. 床垫的人性化设计对睡

- 眠健康的影响[J]. 包装工程, 2012(12): 36-39.
- CHEN Yu-xia, SHEN li-ming, GUO Yong, et al. Effect of Humanized Mattress Design on Sleep Health[J]. Packaging Engineering, 2012(12): 36-39.
- [11] 魏萌萌, 申黎明. 床垫芯层弹性分布对仰卧脊柱形态的影响[J]. 家具, 2019(4): 98-102.
- WEI Meng-meng, SHEN Li-ming. Effect of Elastic Distribution of Mattress Core on the Shape of Supine Spine [J]. Furniture, 2019(4): 98-102.
- [12] 朱芋锭. 分区弹簧床垫几何物理性质对人体脊柱形态及床垫舒适性的影响研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- ZHU Yu-ding. Study on the Influence of Geometric and Physical Properties of Partitioned Spring Mattress on Human Spine Shape and Mattress Comfort[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2013.
- [13] 陈玉霞. 床垫支撑性对卧姿舒适性和睡眠质量影响的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2012.
- CHEN Yu-xia. Study on the Effect of Mattress Support on Lying Comfort and Sleep Quality[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2012.
- [14] KOVACS F M, ABRAIA V, PENA A, et al. Effect of Firmness of Mattress on Chronic Non-specific Low-back Pain: Randomized, Double-blind, Controlled, Multicenter trial[J]. Lancet, 2003, 362(9396): 1599-1604.
- [15] DEVOCHT J W, WILDER D G, BANDSTRA E R, et al. Biomechanical Evaluation of Four Different Mattresses [J]. Applied Ergonomics, 2006, 37(1): 297-304.
- [16] 李慧, 于娜. 人体工程学在婴幼儿床垫设计中的应用[J]. 家具, 2019, 40(2): 99-102.
- LI Hui, YU Na. Application of Ergonomics in Infant Mattress Design[J]. Furniture, 2019, 40(2): 99-102.
- [17] 刘青青, 徐伟. 沙发结构对沙发舒适性的影响[J]. 家具, 2019, 40(5): 28-30.
- LIU Qing-qing, XU Wei. Influence of Sofa Structure on Sofa Comfort[J]. Furniture, 2019, 40 (5): 28-30.
- [18] 姜婷婷, 申黎明. 基于弹簧床垫综合刚度的不同年龄段人群个性化床垫设计[J]. 家具, 2014, 35(5): 37-41.
- JIANG Ting-ting, SHEN Li-ming. Personalized Mattress Design for People of Different Ages Based on the Comprehensive Stiffness of Spring Mattress[J]. Furniture, 2014, 35 (5): 37-41.
- [19] GARFIN S R, PYE S A. Bed Design and Its Effect on Chronic Low Back Pain: a Limited Controlled Trial[J]. Pain, 1981, 10(1): 87-91.
- [20] 张娟, 王文婷, 陈亚平, 等. 两种床垫对非特异性腰痛影响的双盲研究[J]. 中国康复, 2012, 25(5): 390-392.
- ZHANG Juan, WANG Wen-ting, CHEN Ya-ping, et al. Double Blind Study on the Effects of Two Kinds of Mattresses on Nonspecific Low Back Pain[J]. China Rehabilitation, 2012, 25(5): 390-392.