

# 自行车设定对非创伤性运动损伤和骑行表现的影响

陈江西, 白音孟克, 倪维广\*  
(吉林大学 体育学院, 吉林 长春 130012)

**摘要:** 自行车设定(Bike Fitting)是指利用运动生物力学、人体工程学等知识去分析自行车各个部件最匹配骑行者的设定参数,再使用相关工具去调试或优化自行车,主要涉及鞍座高度、鞍座位置角度、鞍座形状、车把和车架、曲柄长度以及脚踏6个方面。适配的自行车设定能有效预防长期骑行中出现的非创伤性运动损伤并提升运动表现。本研究通过对中国知网、Web of Science 和 PubMed 数据库中国内外有关自行车设定对骑行影响的研究进行综述和评价,让更多专业教练、科研人员以及运动员等从业者了解并重视这方面的知识,为减少骑行导致的运动损伤和提升运动员骑行表现提供借鉴和指导。

**关键词:** 骑行; 自行车; 非创伤性; 运动损伤; 骑行表现

**中图分类号:** G818.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-9659(2024)01-0083-14

自行车骑行作为一种绿色健康的交通、娱乐和运动方式越来越受到人们欢迎,但骑行导致的非创伤性运动损伤也在骑行者中频发,如在骑行中或骑行后出现腰、髋关节和膝关节等部位疼痛以及肩颈、手、脚等部位麻木<sup>[1-2]</sup>。根据临床经验,产生这些损伤的原因通常是没有根据骑车人的各类身体参数对自行车各个部件进行正确的设定调整,长期以不科学的姿势骑行等<sup>[3-4]</sup>。此外,不科学的自行车设定还可能会加速疲劳和降低输出功率,最终影响骑行者的运动表现<sup>[5]</sup>。

自行车设定(Bike Fitting)则是以运动生物力学、人体工程学等知识为基础,利用一些工具去调试或优化自行车各个部件从而最匹配骑行者的设定,改善骑行者因长期不正确姿势骑行而导致肌肉骨骼负荷过载的状况,以实现降低非创伤性损伤风险并提高骑行表现的效果<sup>[5-6]</sup>。基于以上背景,拟对已发表的有关自行车设定影响的实验研究进行全面检索,并对不同的自行车设定与骑行效率、疲劳、非创伤性损伤之间的关联进行深入讨论,以期为不同人群的自行车调试提供更科学的建议,从而减少骑行导致的伤病并提升骑行表现。

## 1 资料和方法

### 1.1 检索范围确定

由于国内相关的研究较少,为探究近年来国外主要的研究趋势和应用方向,在 PubMed、Web of Science 数据库中检索与“Bike Fitting”相关的文献,并将其导入 VOSviewer1.6.18 软件进行关键词共现分析(图1)。图1可见自行车设定的应用主要集中在对三个大的方面进行调整,即“脚-鞋-脚踏”体系、“臀部-会阴部-鞍座”体系和“手-车把-车架”体系。近年来的研究大多都在探讨不同姿势骑行时对关节肌肉状态的影响。

### 1.2 文献检索

根据上述检索范围以及基于循证医学 PICO 原则中的三个要素,即参与者(P: Participants)是骑行者,干预(I: Interventions)是自行车的不同设定,结果(O: Outcomes)是自行车设定变化对骑手骑行表现和受伤风险的影响。列出表1的检索词,并运用和(AND)或(OR)组合(主题或题名)连接的布尔逻辑检索形式在中国知

[收稿日期]2023-08-14

[修回日期]2023-09-22

[基金项目]科技部国家重点研发计划科技冬奥专项项目(2020YFF0303801)。

[作者简介]陈江西(1999-),男,重庆彭水人,硕士研究生,主要从事运动损伤与预防方面研究。

\*[通讯作者]倪维广(1976-),男,吉林四平人,副教授,主要从事运动生物力学方面研究。

网、PubMed、Web of Science 数据库中检索相关研究文献。有关鞍座高度设定影响的文献时限为2010年1月至2023年1月(之前的研究可能已被 Bini 等人<sup>[7]</sup>所发表有关鞍座高度影响的综述纳入),其余自行车设定条件的检索文献时限为2000年1月—2023年1月。

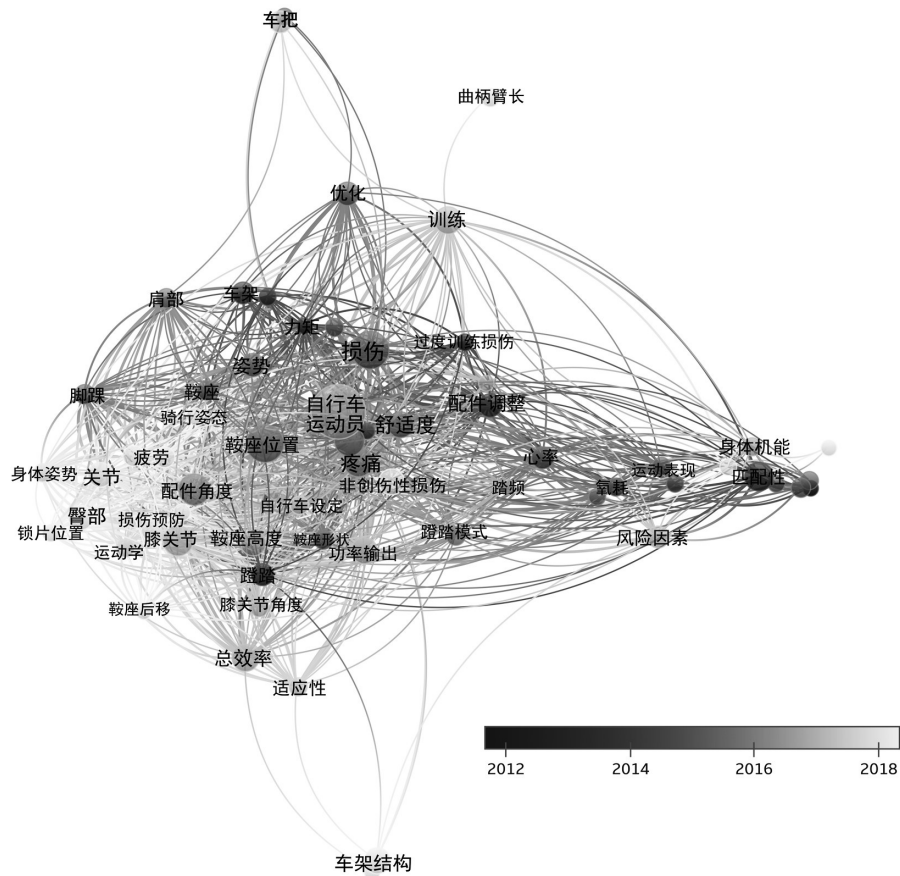


图1 关键词共现时间线可视化图谱

注:1.图中一个节点代表一个关键词;2.节点的大小与关键词出现的频率成正比;  
3.节点间连线表示两个关键词间存在出现关系;4.不同颜色表示不同关键词的出现年份。

表1 检索关键词

类别	主体	设定	骑行表现	损伤
英文检索词	cyclist, rider	bike, bicycle, saddle height, saddle position, saddle angle, pedal, handlebar, frame, configuration, crank arm, fit, fitting, posture	comfort, performance, economy, oxygen uptake, power output, efficiency	muscle, joint, injury, nontraumatic, hand, neck, low back pain
中文检索词	骑行者, 自行车运动员	自行车, 骑行, 自行车车把, 自行车鞍座, 自行车把手, 车架, 曲柄长度, 脚踏, 姿势, 蹬踏	舒适度, 功率, 经济性, 氧耗量	运动损伤, 膝关节, 腰痛, 颈椎疼痛, 手麻

1.3 纳入及排除标准

纳入标准:(1)已公开发表的中、英文文献;(2)以符合人坐立式蹬踏的山地或公路自行车框架为基础的研究;(3)文献内容涉及评估鞍座、车把、车架、曲柄等自行车配件的设定变化对骑行表现或受伤风险的影响;(4)以真实的人为实验受试者的研究;(5)实验设计科学合理、资料收集方法科学、数据分析方法正确。

排除标准:(1)只有定性描述,没有确切实验数据支撑的研究;(2)仅为理论模型计算或模拟仿真进行评

估的研究;(3)有关小轮车、手摇自行车、躺车等类型自行车的研究;(4)调查类、会议摘要和综述类文献。

#### 1.4 质量评估

通过应用于横断面研究的质量评估量表(Axis tool)<sup>[8]</sup>去评估纳入文献的研究质量、研究设计和潜在偏差风险。Axis量表由5个模块(引言、方法、结果、讨论、其他),共计20个问题组成,去除该量表中与此次评估无关的问题,最终通过17个标准去评估文献的总体质量<sup>[9]</sup>。由于Axis量表没有提供文献质量的总体评级。因此,文章选择计算每项研究的得分达到总分的百分比(得分/17)来对该研究进行评级。评级标准定为很高质量(90%~100%)、高质量(80%~90%)、较高质量(70%~80%)、中等质量(60%~70%)、低质量(60%以下)。

## 2 结果

### 2.1 文献检索结果

从中文数据库中得到检索结果473条,英文数据库中得到检索结果3046条,共得到检索结果3519条。文献筛选流程图如图2所示,最终共有46篇有关自行车设定对非创伤性损伤预防以及骑行效率影响的文献被纳入系统评价,其中英文文献有43篇,中文文献有3篇。

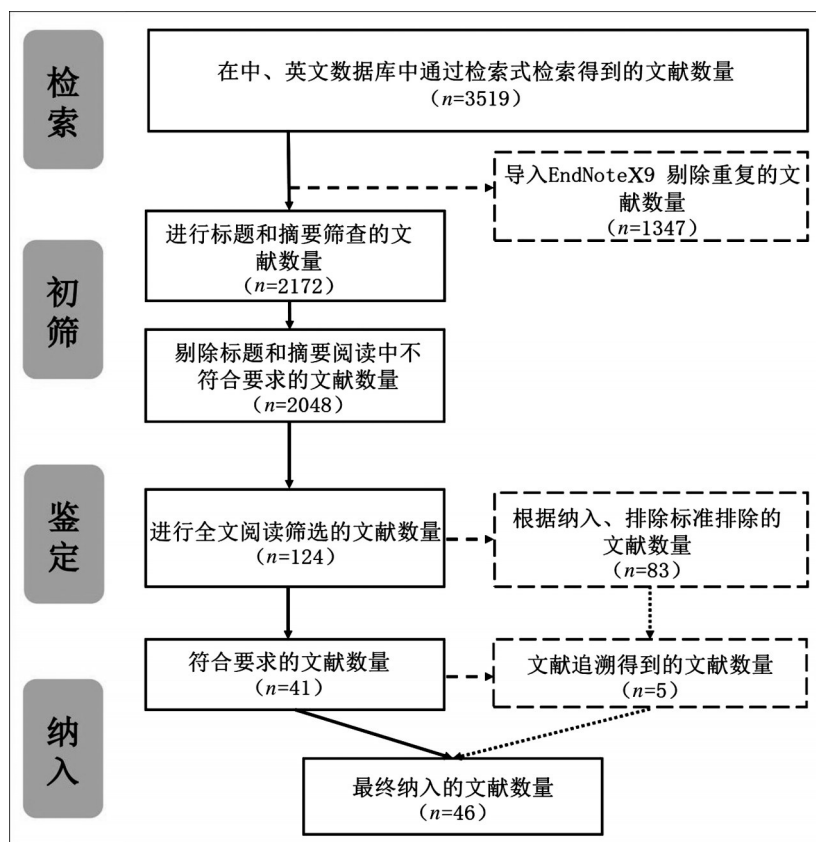


图2 文献筛选流程图

### 2.2 质量评估结果

质量和偏倚风险分析表明,3项研究质量很高,33项研究质量高,7项研究质量较高,2项研究质量中等,1项研究质量低。纳入研究中的薄弱环节主要包括样本量的合理性、样本量相对于目标人群的代表性以及选择过程与目标人群的一致性。整体上,纳入研究的质量比较高。

### 2.3 纳入文献基本特征

对纳入文献进行全文分析,结果表明当前对自行车设定的研究主要集中在5种配件上,即鞍座、车把、车架、曲柄和脚踏。其中鞍座高度的设定(20篇):设定蹬踏下死点(Bottom Dead Center, BDC)时不同膝关节屈曲角度、内缝长度的109%等条件,对比不同鞍座高度蹬踏对下肢运动学、动力学和主观情绪体验的影响(表2)。鞍座位置角度的设定(5篇):调整鞍座前后位置和垂直倾斜角度,对比研究下肢肌肉的激活、关节力和

活动范围、肺通气状况等(表3)。鞍座形状的设置(5篇):对比研究不同鞍座形状(宽窄、中空带孔、长短鞍鼻等)对会阴部压力、血流等的影响(表4)。车把和车架的设置(3篇):研究不同车把高度和车架尺寸对骑行者腰椎、颈椎屈曲和肌肉疲劳的影响(表5)。曲柄的设置(8篇):研究不同曲柄臂长度对下肢关节力矩、输出功率以及能量代谢等的影响(表6)。脚踏的设置(5篇):研究使用自锁脚踏与其他脚踏骑行时的差异,以及自锁脚踏锁片位置变化对骑行的影响(表7)。

表2 鞍座高度设定对于骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[10]	9	男	22~36	休闲	大转子高度及其 $\pm 3\text{cm}$	鞍座高度增加和踏频的增加,踝关节对总机械功的贡献增加	13(76)	较高
[11]	18	男	29.19 $\pm$ 0.28	专业	首选高度+BDC时腿伸直高度+以高度差(伸直-首选)降低	鞍座高度垂直变化会改变关节的平均角度值和运动范围,较高和较低鞍座高度的神经肌肉激活持续时间更长	14(82)	高
[12]	14	男女	57.14 $\pm$ 6.37	休闲	BDC时膝屈角 $40^\circ+30^\circ+20^\circ$	随着鞍座高度降低,膝关节伸展力矩增加,鞍座较低引发膝关节疼痛	15(88)	高
[13]	14	未知	32.6 $\pm$ 5.6	专业	首选及其 $\pm 2\%$	鞍座高度微小变化会影响GE和下肢运动学	14(82)	高
[14]	9	男	22~36	业余	大转子高度和 $\pm 3\%$ 高度	鞍座高度改变时,髌股最大压力以及胫股最大压力和剪切力没有差异	14(82)	高
[15]	12	未知	31.7 $\pm$ 5.9	专业	耻骨联合到地面距离 $\pm 2.5\%$	鞍座高度微小变化会影响最大的峰值功率输出和股外侧肌激活程度	15(88)	高
[16]	10	男	未知	专业	鞍座高度(首选 $\pm 2\%$ )	蹬踏模式的协调和协调变异性在鞍座高度急性较小变化时表现较稳定	15(88)	高
[17]	20	男女	25.4 $\pm$ 1.3	休闲	BDC时膝屈角 $25^\circ$ 、首选高度时膝屈角 $\pm 15^\circ$	低鞍座高度导致膝内收力矩增加,高鞍座高度降低了膝关节力矩和持续时间	15(88)	高
[19]	20	男女	25.4 $\pm$ 1.3	休闲	首选和首选时膝屈角 $\pm 15^\circ$	较低鞍座高度时,具有较大的股四头肌峰值肌力、髌股关节峰值力及髌股关节峰值应力;可能导致髌股疼痛、肌肉疼痛	15(88)	高
[21]	10	未知	22.5 $\pm$ 0.9	业余	BDC时膝屈角 $25^\circ+35^\circ$	$35^\circ$ 膝关节屈曲的鞍座高度时踏频变化高于 $25^\circ$ 时的鞍座高度	13(76)	较高
[22]	20	男女	23.4 $\pm$ 0.5	休闲	BDC时膝屈角 $25^\circ$ 、首选和首选时膝屈角 $\pm 15^\circ$	增加座高可以减少推进时相膝关节做功贡献度,但会增加踝关节做功贡献度,同时也会增加恢复时相膝关节做功贡献度	14(82)	高
[23]	11	男	28 $\pm$ 5	专业	内缝长度的109%和BDC屈膝角 $25^\circ+35^\circ$	使用BDC时 $25^\circ$ 膝屈角可以提供最佳骑行表现	14(82)	高
[24]	10	女	25.2 $\pm$ 1.3	休闲	首选和首选时膝屈角 $\pm 15^\circ$	较高鞍座高度导致股内侧肌活动强度和跨过髌关节的拮抗肌共激活降低,同时踏板力降低,可能导致髌关节疼痛	15(88)	高
[25]	9	男	25 $\pm$ 3.4	专业	首选及其 $\pm 1\text{cm}$	比较最低鞍座高度到最高鞍座时,风阻随着鞍座高度的增加而显著增加	14(82)	高
[26]	16	男	29 $\pm$ 10	业余	BDC时屈膝角为 $20^\circ+30^\circ+40^\circ$	鞍座高度变化不会导致皮肤温度变化	14(82)	高
[27]	9	男	29.55 $\pm$ 5.19	业余	内缝长度109%、 $\pm 2.5\%$	低鞍位置蹬踏时产生的疲劳感和心理不适感更大	14(82)	高

文献	研究对象				设定变量	结论	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[28]	10	男女	24.4±5.9	业余	首选高度膝屈角±10°	较低鞍座蹬踏时的舒适感低于首选高度,较高位置时和首选相比无显著差异	16(94)	很高
[62]	24	未知	36±14	专业	首选和首选高度时膝关节角度±10°	鞍座高度越高,膝关节角度越小,膝关节运动范围和髌关节平均角度越大	15(88)	高
[63]	10	男	23.4±6.6	休闲	内缝长度的109%及其±2 cm	较低鞍座位置影响膝关节运动学,从而降低了作用于膝关节主要肌肉群的力学性能	14(82)	高
[64]	24	男	未知	休闲	首选与首选时膝屈角±10°	在最佳鞍座高度和高鞍座高度时,胫骨股前部受力更大;较高鞍座高度易引发髌胫束综合征	15(88)	高

表3 鞍座位置角度设定对骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论与建议	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[29]	21	男女	24±5	业余	鞍座前后位置	主观不适感在鞍座后移时增加;腓肠肌在鞍座前移时激活减少,在后移时激活增加,前移时鞍座压力减小;前移可能诱发膝关节疼痛	15(88)	高
[30]	11	未知	31.2±7.1	专业	鞍座前后位置	鞍座位置靠后可能会提高蹬踏的效率	15(88)	高
[31]	50	男	30±9	专业	鞍座前后位置+车把高度	较大鞍座后移和较低的车把高度可能会增加峰值功率输出	16(94)	很高
[33]	10	男	30.9±8.6	专业	鞍座前后位置	鞍座前移与髌股关节力的增加无关,胫股平均压力和峰值压力在鞍座后移状态下分别比向前状态下高14%和15%;后移提高髌胫束综合征风险	15(88)	高
[34]	11	男	26±6	专业	0°+3°+6°的鞍座角度	鞍座角度功率输出、心肺变量和曲柄扭矩动力学没有显著影响,对最小和最大髌关节角度以及大转子水平位移有显著影响;向上倾斜易压迫会阴	14(82)	高

表4 鞍座形状选择对骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论与建议	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[37]	48	女	未知	专业	宽+窄+带孔鞍座	鞍座设计不影响平均或峰值总鞍座压力	16(94)	很高
[38]	20	男	23	休闲	宽鞍+窄鞍	使用窄的鞍座比宽的鞍座显示出更明显的阴茎血流减少	13(76)	较高
[39]	33	未知	未知	业余	长鼻窄鞍+短鼻宽鞍+无鼻T形鞍	使用传统长鼻窄鞍座的会阴压力更大	14(82)	高
[40]	22	男女	22±3	休闲	中空鞍座+无孔鞍座	相比于男性,两种设计的鞍座对女性会阴压力影响较小	11(65)	中等
[41]	22	男女	未知	休闲	中空鞍座+无孔鞍座	在两种不同设计的鞍座上蹬踏时会阴压力变化并不显著	14(82)	高

表5 车把和车架设定对骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论与建议	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[42]	26	男	未知	休闲	车把高度	车把高度越低腰椎弯曲和颈椎伸展程度越大	10(59)	低
[44]	未知	未知	22.4±1.4	休闲	车架尺寸+鞍座高度	车架尺寸对骑行表现的影响不显著,更应该注重鞍座高度的调整	13(76)	较高
[45]	9	男	21.6±1.9	休闲	车把高度+车架尺寸	不同强度下骑行时,调整车把高度和车架长度能控制特定肌肉的疲劳程度和缓解手麻	14(82)	高

表6 曲柄长度设定对骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论与建议	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[46]	16	男	29±7	专业	曲柄长度 (120+145+170+195+220) mm	曲柄长度对最大输出功率有显著影响	15(88)	高
[47]	15	男女	19~44	专业	曲柄长度 (150+165+170+175+190) mm	考虑踏频和踏板速度的影响,曲柄长度不会影响相对关节比功率	14(82)	高
[48]	15	男女	19~44	专业	曲柄长度 (150+160+170+175+190) mm	曲柄长度增加,膝关节伸展力矩和力量趋于减少,臀部伸展力量趋于增加;曲柄过长会引发髌关节疼痛	15(88)	高
[49]	7	女	26±3.8	专业	曲柄长度 (170+172.5+175) mm	更短曲柄可能在快速启动时具有优势	13(76)	较高
[50]	12	未知	20.8±2.8	业余	曲柄长度 (172.5~175±5) mm	曲柄较长而引起的生物力学变化并没有改变蹬踏时能量代谢	15(88)	高
[51]	11	男	21.5±3.0	休闲	曲柄长度 (127+140+152+165) mm	曲柄臂长度在127~165 mm范围内的变化不会改变代谢反应	15(88)	高
[52]	11	男	26.6±3.8	休闲	曲柄长度 (110+145+180+230+265) mm	曲柄臂长35 mm的变化会显著改变髌关节和膝关节角度	13(76)	较高
[53]	14	男	25.9±6.9	新手	曲柄长度 (175+145) mm	新手骑车者能够在使用短曲柄的情况下提高经济性和功率输出	14(82)	高

表7 脚踏的设定对骑行的影响

文献	研究对象				设定变量	结论与建议	质量	
	人数(人)	性别	年龄(岁)	类型			总分(%)	评级
[57]	13	男女	男31±8 女28±12	专业	锁踏的锁片位置	锁片位置对骑行中心肺参数指标影响不显著,锁片位置对脚麻、股肌疼痛有关联	14(82)	高
[58]	17	男女	30.4±3.4	休闲	自锁脚踏+脚踏套	相比脚踏套踏板,自锁脚踏产生更高的压力,且能更均匀分散在脚上	14(82)	高
[60]	11	男女	26.8±8.9	专业	锁踏的锁片位置	锁片位置后移时,踝关节跖屈肌的力量大幅下降,但这并没有引起稳态骑行的经济性变化	14(82)	高
[65]	4	男	21.8±2.5	专业	自锁脚踏+脚踏套	使用自锁脚踏比使用脚踏套产生更小的肌电活动	11(65)	中等
[66]	15	男	未知	专业 休闲	普通脚踏+自锁脚踏	锁踏类型在60%最大摄氧量运动期间没有显著影响骑车技术;使用锁踏进行主动提拉动作增加了蹬踏效率,同时降低了净机械效率	13(76)	较高

### 3 讨论

综合上述系统纳入文献的研究结果以及非创伤性运动损伤治疗的临床经验<sup>[4]</sup>,能够发现在骑行者中频发的各部位疼痛或麻木与自行车鞍座、车把、曲柄等配件的设定存在较强关联(图3)。这些配件不同的设定会影响到骑行过程中各个关节、骨骼的载荷以及肌肉的激活、器官的血流和各接触面的压力,进而会影响到骑行者的运动表现,甚至会增加受伤的风险。

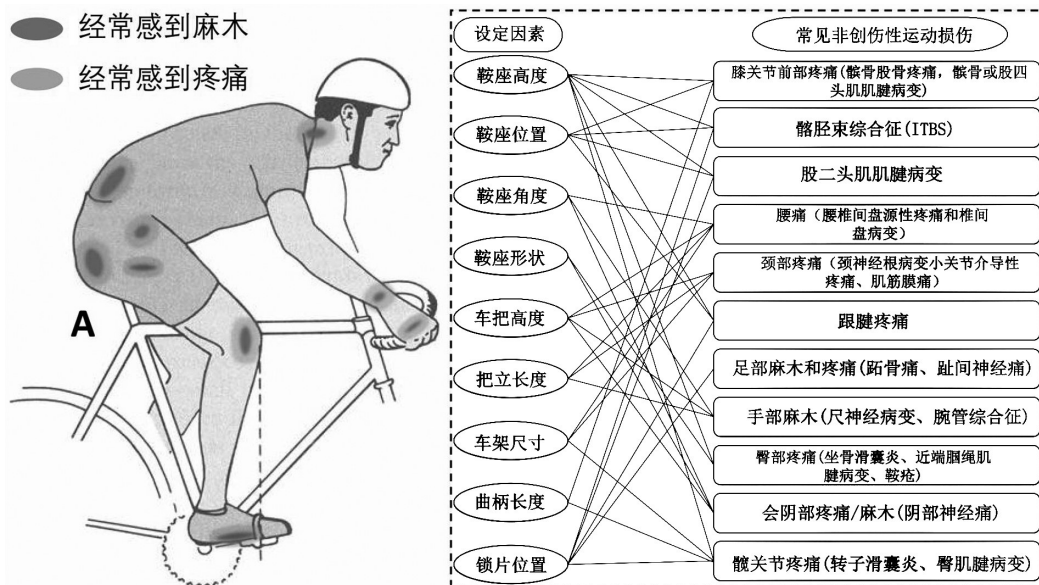


图3 自行车设定因素与非创伤性运动损伤的关联分析

#### 3.1 鞍座高度设定对骑行的影响

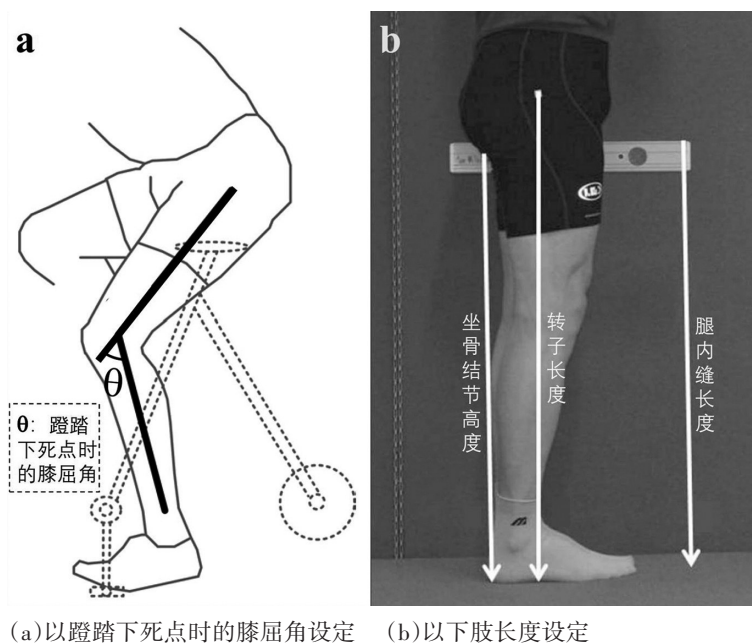
根据100%大转子长度、106%~109%内缝长度以及蹬踏在下死点(BDC)时特定膝关节屈曲角度所处的高度(图4)等方法确定最佳鞍座高度<sup>[10]</sup>。大多数人在日常休闲骑行时鞍座并没有处于最佳高度。与最佳鞍座高度相比,较低和较高鞍座高度在蹬踏时下肢神经肌肉激活会不同<sup>[11]</sup>,下肢运动学也会表现出差异,如髋关节、膝关节和踝关节的活动范围增加<sup>[11-12]</sup>,关节力矩会改变<sup>[13]</sup>。这些变化可能会降低骑行的效率,增加受伤的风险。

对于鞍座高度微小变化的影响,研究发现以大转子长度 $\pm 3\%$ 的高度调整进行蹬踏时,并未影响膝关节载荷(胫股压力、剪切力以及髌股压力)<sup>[14]</sup>。虽然上述研究指出高度微小变化对关节动力学影响并不明显,但只是探讨了休闲骑行者在较低踏频(70rpm)和输出功率(70W)时高度微小变化的影响。Moura等人的研究表明专业运动员在更大负荷下(100W递增),以自选鞍座高度 $\pm 2.5\%$ 的调整进行蹬踏就会改变肌肉激活模式和蹬踏周期推进时相应的肌肉(股外侧肌和股直肌)参与百分比<sup>[15]</sup>。这说明受试者的运动等级或输出功率也是决定鞍座高度变化影响的重要因素<sup>[16]</sup>。因而专业运动员为追求更大功率和更好的表现,比休闲骑行者需要更多的动态测量技术的加入。

Wang等人的研究表明膝关节内收力矩以及产生前膝关节力矩峰值时的矢状面膝关节角度会随着鞍座高度降低而增加<sup>[17]</sup>。这意味着以低鞍座高度骑行时,膝关节在前膝关节力矩峰值出现时会更多处于屈曲位置。而当膝关节处于深屈位置时,压迫股骨上髌骨的矢量力较大,且内收力矩的增大可能导致髌骨-股骨接触力和接触面积增加<sup>[18]</sup>。再加之较低鞍座蹬踏产生较大的股四头肌峰值肌力、髌股关节峰值力及髌股关节峰值应力会造成髌骨软骨的过载<sup>[19]</sup>。这可能会加剧股髌关节疼痛综合征以及增加其他膝关节骨关节炎等可变性和退行性疾病风险<sup>[20]</sup>。此外,Chang等人认为在BDC时膝屈角 $35^\circ$ (较低)的鞍座高度下股四头肌长度被更大程度拉伸以维持较大肌力<sup>[21]</sup>。这可能会更早诱发疲劳,导致踏频相比于BDC屈膝角 $25^\circ$ (较高)时更易不稳定。当把鞍座高度从BDC时 $35^\circ$ 屈膝角调整为 $25^\circ$ 时,推进时相中作为提供主要蹬踏力的髌关节并未受到鞍座高度的影响,膝关节能量输出的减少则被踝关节所代偿。这种策略主要通过踝关节角速度的增加

实现<sup>[10]</sup>,这将有效减少膝关节(如前交叉韧带和髌股软骨)的软组织损伤<sup>[22]</sup>。除了降低受伤风险,在BDC屈膝角处于 $25^{\circ}$ 时鞍座高度的蹬踏经济性(摄氧量指标)也优于BDC屈膝角 $35^{\circ}$ 及109%内缝长度,这可能意味着有更好的运动表现<sup>[23]</sup>。

当鞍座高于最佳高度,蹬踏时股直肌/臀大肌共激活的降低会导致髌关节能量传递下降,同时股四头肌活动下降导致踏板力降低<sup>[24]</sup>。迎面风阻随着高度的升高也会增大<sup>[25]</sup>,导致骑行效率随之下降。较高鞍座下的蹬踏会伴随着肌肉激活顺序的改变,如为了纠正髌股关节功能不稳定,股直肌激活会提前<sup>[11]</sup>。这与更早的疲劳诱发是否有关,值得深入探讨。研究还发现骑行者自己选择的鞍座高度是最舒适的,尽管在不同鞍座高度蹬踏时躯干和下肢特定区域的皮肤温度没有发现显著变化<sup>[26]</sup>,但高于或低于首选鞍座高度会让人通过骑行获得的舒适性更低(feeling scale量表测得)<sup>[27-28]</sup>。然而,自选鞍座高度带来的这种更高舒适性是否由骑行者对该姿势的习惯造成,目前还不清楚。因此,未来的研究可分析长期接触不同姿势后,舒适度是否会发生变化。



(a)以蹬踏下死点时的膝屈角设定 (b)以下肢长度设定

图4 鞍座高度测量方法

### 3.2 鞍座位置设定对骑行的影响

不同的鞍座位置以及倾斜角度对蹬踏也会产生一定影响。鞍座位置前移(靠近车把位置)蹬踏时,腓肠肌的激活程度和踏板力下降,后移时腓肠肌的激活及鞍座压力中心的变化会增加,骑行总体不适感会提高<sup>[29]</sup>。鞍座位置靠后蹬踏的结果还反映了骑手坐姿靠后时施加在曲柄臂的径向力减少,踏板上的有效力增加<sup>[30]</sup>,这可能与跖屈肌力峰值增加有关<sup>[31]</sup>。踝跖屈可解释为骨盆前旋时的继发性改变,当采用骨盆前旋位时,腘绳肌拉伸增加会导致膝关节屈曲的反射性提高,从而增加了踏板上的有效力<sup>[32]</sup>。尽管鞍座靠后时蹬踏对踏板力更有效,但通过逆向动力学计算发现靠后蹬踏时胫股平均压力和峰值压力分别比向前状态下高14%和15%<sup>[33]</sup>。这是否会增加长期骑行中的受伤风险还未知,现有研究对鞍座前后位置调整的具体范围还不明确,普通骑行者对于鞍座前后位置的调整应以骑行舒适感(是否有疼痛、麻木的感觉)为主。此外,鞍座角度向下倾斜对于运动成绩、心肺功能参数、空气动力学的改善并不大,且在倾斜 $6^{\circ}$ 时观察到骨盆向前滑动<sup>[34]</sup>。这种变化可能削弱鞍座的支撑功能从而增加在车把上的代偿用力,长时间骑行会对上肢施加额外的压力。鞍座角度向下倾斜的好处可能在于会降低骑行者的会阴前部压力<sup>[35]</sup>,这还需要更多的研究结果验证。

### 3.3 鞍座形状选择对骑行的影响

因为解剖结构的关系,骑行时会阴压力还会受到鞍座形状的影响(图5)。如正常男性的阴茎总动脉位于耻骨下支内侧,在耻骨联合下方分叉为海绵体动脉和背动脉,而且阴部神经穿过阿尔科克氏管,从耻骨联



合下方出来,为会阴和生殖器提供感觉神经支配<sup>[36]</sup>。骑行时阴茎动脉和阴部神经会在鞍座和耻骨之间长时间受压,可能会导致会阴钝性创伤。

研究发现较宽的鞍座能为骨盆提供足够支撑,减轻会阴组织受到的压力,相比于较窄鞍座能增加阴茎血液流动<sup>[37]</sup>,较窄的鞍座与骑行时臀部疼痛的关联更大<sup>[38]</sup>。对于长鼻和短鼻型鞍座,使用传统鞍座(长鼻)的平均会阴压力在34~41kPa之间,无鼻鞍座的平均会阴压力约为18kPa<sup>[39]</sup>。因而较宽短鼻鞍座可能会降低骑行者在骑行期间会阴区域的压力分布。但女性运动员在使用短鼻鞍座时并没有发现会阴压力分布的显著性差异<sup>[37]</sup>。这也许与专业运动员骑行的姿态更稳定有关,同时鞍座具体设计(鞍鼻长短)以及男女解剖结构不同也会有影响。对于使用短鼻鞍座是否改变蹬踏时踏板、车把上的载荷分布,对车辆的控制是否造成影响,还需要更进一步揭示。

当使用市面上常见的带孔鞍座时,Carpes等人认为鞍座带孔设计对压力几乎没有影响,骑行的姿态对压力的改变会更大<sup>[40]</sup>,会阴平均压力会随着工作负荷的增加而增加<sup>[41]</sup>。此外,同样的压力载荷下,带孔鞍座由于面积减少可能会升高孔边缘接触区域的压力,因而鞍座是否应开孔还需要进一步考虑。由于个体或性别的差异,鞍座形状目前并没有太统一的选择,对于普通骑行者而言,使用裆部带衬垫的专业骑行裤以及通过站立蹬踏也许能更好缓解会阴压力与臀部疼痛。

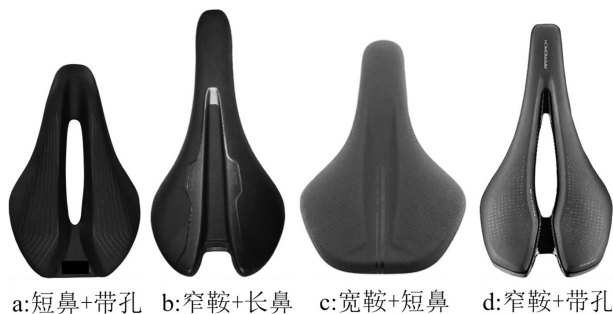


图5 不同形状的鞍座

### 3.4 车把与车架设定对骑行的影响

车把高度与车架尺寸也是骑行舒适性的一个重要影响因素。不同的车把高度会导致不同的躯干屈曲,研究表明躯干倾斜度分别与腰骶角( $r = -0.620, P < 0.01$ )和颈椎矢状角( $r = 0.510, P < 0.01$ )呈负相关和正相关<sup>[42]</sup>。所以车把高度越低,骑行姿态中躯干倾斜越大,颈椎矢状位的伸展程度也就越大<sup>[43]</sup>。而颈椎长时间过度伸展会使颈部伸肌和屈肌群过度紧张,加剧肩颈疲劳的累积,也可能对脊柱造成更大的压力。为缓解这些,应将车把高度调高,但具体的调整范围还需要结合鞍座高度和车架尺寸来确定。对于车架尺寸选择而言,需要与骑行者的身体参数(四肢长度、柔韧性等)相匹配。纳入的研究中没有明显的变化或证据表明运动员的运动表现受到自行车车架尺寸的影响<sup>[44]</sup>,其更显著的影响还是体现在舒适性方面,如车架尺寸可能会影响到车把相对于鞍座的高度设定,进而影响车辆操控性等<sup>[45]</sup>。

目前有关车把、车架设定的相关研究还较少,但采用不同车把高度和车架尺寸骑行时,上肢肌肉、颈部肌肉和躯干肌肉的激活与协同可能会发生改变。不同车把高度会对骑行时手部神经造成不同压迫<sup>[4]</sup>,这与腕管综合征、颈椎疼痛以及腰痛等损伤的关联值得更深入探讨。未来在更多研究验证的基础上,可以利用更优的算法程序将各种影响因素考虑进去,从而利用计算机评估符合个体参数的最佳车架尺寸和车把高度。

### 3.5 曲柄长度设定对骑行的影响

早期研究发现最佳蹬踏速度随着曲柄长度增加而增加,最佳踏频随着曲柄长度的增加会降低,蹬踏速度限制了单关节肌肉的收缩速度,踏频影响肌肉的激活,两者共同限制了蹬踏时的肌肉力量。通过探究两者在不同曲柄长度下的最优比,得到最大功率时的最佳曲柄长度应为腿部长度的20%或胫骨长度的41%<sup>[46]</sup>。目前三大主流自行车配件厂商(Shimano、SRAM、Campagnolo)主要提供165mm、170mm、172.5mm、175mm这四种长度的公路自行车曲柄。如何选择最佳的长度或探究使用更长或更短曲柄的影响则是研究的关注方向。

通常认为在通用曲柄长度(165~175 mm)之间的变化不会影响最大输出功率或改变相应关节功率在踏板动力上的贡献<sup>[47]</sup>,而且关节力矩和力量的分布基本保持不变<sup>[48]</sup>。但也有研究指出与175mm(3.29±0.76s)相比,在相同条件下使用170 mm(2.57±0.79 s)曲柄蹬踏达到最大峰值功率的时间显著缩短<sup>[49]</sup>,意味着使用更短曲柄可能会获得加速优势。较长曲柄(175+mm)会使髌关节和膝关节的最大屈曲和关节活动度显著增加(1.8~3.4°, P<0.05),即使其导致的生物力学变化并没有改变蹬踏的能量代谢成本,但对长期骑行可能有不利影响,如可能会引发髌关节和膝关节疼痛<sup>[50]</sup>。基于以上,常见规格中选择较短的曲柄似乎更具优势,但仍需进一步研究去分析不同曲柄长度对蹬踏时肌肉协调模式的长期影响及其与非创伤性损伤的关系。

对于下肢运动学,研究表明曲柄长度35 mm的变化会显著改变髌关节和膝关节角度<sup>[51-52]</sup>。但对于下肢动力学,Barratt等人认为一旦考虑了蹬踏速度和踏频的影响,使用长度差异较大的曲柄(150~190 mm)也不会影响特定关节产生的最大功率<sup>[47]</sup>。除此之外,Burrus等人发现在相同耗氧量下,新手使用145 mm的曲柄会比175 mm的曲柄获得更高的骑行经济性<sup>[53]</sup>。可能是因为在相同的踏频下,使用145 mm曲柄时的蹬踏速度更慢,从而使肌肉收缩速度变慢以减少收缩时肌肉的黏滞阻力去提高经济性<sup>[54]</sup>,这在实际应用中的表现还未得到验证。当前的研究在针对曲柄长短问题时很少考虑鞍座高度,为了维持更好的膝关节发力角度,曲柄的长度必定伴随着鞍座高度的调整,这又会影响到脊柱的屈曲和伸展等一系列问题。今后研究可以对整体的设定因素进行综合考虑,以及对场地自行车赛中需要在大齿比下急速启动的曲柄长度优化进行探讨。

### 3.6 锁踏与锁鞋设定对骑行的影响

锁鞋与自锁(卡式)脚踏是专业自行车运动员和许多骑行爱好者必备的一套装备。相比于普通的脚踏(即鞋和踏板接触界面不固定),自锁脚踏(简称锁踏)的优势在于能使脚与踏板界面在蹬踏时保持稳定接触<sup>[55]</sup>,能够有效避免在踏频太快时出现踏空或在路面不平时因震荡导致脱脚等现象,从而大幅度提高蹬踏时的安全性。此外,使用锁踏还能维持正确的蹬踏姿势,减少长期不良发力方式对膝关节造成的过载损伤。如在曲柄循环下死点之前的蹬踏阶段,容易导致膝盖外展以及小腿向内侧旋转,从而使膝关节Q角增大,髌骨及整个膝关节稳定性降低。尽管髌关节内收可以减少这种情况,但在旋前或膝关节外展太大而无法代偿的患者中,可能会引发髌骨股骨疼痛,而通过锁踏进行稳定蹬踏则可以预防这种损伤<sup>[56]</sup>。

在锁鞋与锁踏的使用中,因为锁片的位置确定脚在踏板上的位置,最重要的便是调整锁鞋上锁片的位置。尽管研究表明调整脚在踏板上的前后位置不会影响专业自行车运动员的骑行经济性,但却会影响蹬踏力的作用点和作用方式<sup>[57]</sup>。一般为了获得和维持最大功率,锁片位置应该使第一跖骨直接位于踏板轴上(图6)<sup>[58-59]</sup>。而当锁片向后移动时,蹬踏中的踝跖屈肌力会显著减小。Van等人认为这对于运动损伤的临床康复可能会有帮助。因为可以让跟腱或小腿三头肌群肌肉受伤的运动员在骑行中减轻肌肉-肌腱复合体的负荷,同时还会不会由于能量消耗增加而导致稳态运动表现预期下降<sup>[60]</sup>。

锁鞋的选择对于缓解骑行中的足部麻木也很重要。市场上受欢迎的锁鞋大多依据欧美人细长的脚型进行设计,鞋楦偏窄。而亚洲人脚型普遍偏宽,因而在使用同样码数的国外品牌锁鞋时可能会对足部产生挤压,长期骑行会产生麻木。所以在选择锁鞋时应充分了解骑行者足型。关于扁平足,有关研究表明矫正鞋垫会增加跑步者膝关节内收力矩和膝关节内收角,这些都是导致膝关节骨性关节炎的风险因素,还通过影响踝关节的矢状角和力矩,减少踝关节在推进中的作用<sup>[61]</sup>。但矫正鞋垫是否会增加扁平足骑行者损伤风险,还少有研究去探讨。

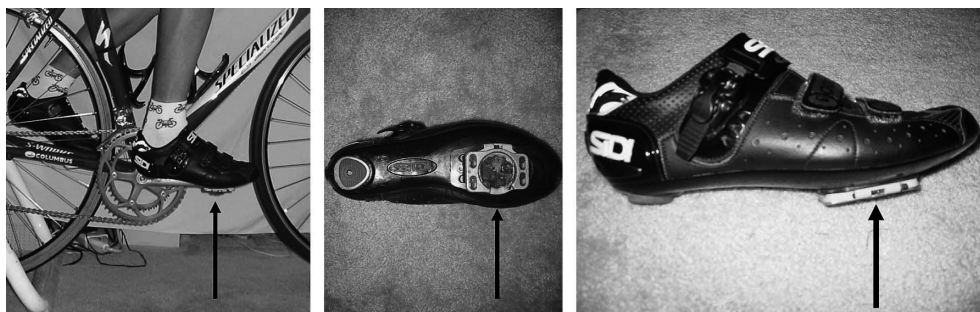


图6 锁片的位置使第一跖骨头直接位于踏板轴上<sup>[59]</sup>

### 3.7 研究局限

关于自行车设定影响的系统综述主要针对自行车设定的三大体系,对于整个骑行而言,未考虑传动齿比、轮组轮胎选择等在内的与骑行效率和舒适性有关联的外界因素;部分被纳入文献方法的质量控制还有待提高,这可能限制此研究结果的推广;即使以严格的文献检索程序进行了文献检索和文献追溯,但仍有相关文献可能被遗漏。

## 4 总结

本研究探讨了自行车设定三大体系中鞍座、车把、车架、曲柄、锁鞋和锁踏的设定对骑行的影响,通过现有文献系统总结了一些常见的设定变量以及自行车设定与非创伤性运动损伤和骑行表现(骑行效率)的关系。目前,以100%大转子高度、106%~109%的内缝长度或BDC膝屈角 $25^{\circ}$ 左右为最佳鞍座高度;过低高度蹬踏会增加膝关节负荷,可能引发膝关节疼痛;过高蹬踏与跟腱、髌关节和股肌等疼痛有较大关联,同时还可能会导致有效踏板力降低,影响运动表现。鞍座前后位置可能与股二头肌和髌股疼痛有关,前移会降低腓肠肌激活和踏板有效力,后移会增加胫股压力。鞍座角度倾斜对骑行效率无影响,但过度的向下或向上倾斜,可能导致手部或会阴麻木。短鼻较宽的鞍座可以降低会阴压力,带孔鞍座的作用并不明显;较窄并缺乏支撑的鞍座易引发臀部疼痛。车把高度越低,骑行姿态中颈椎矢状位伸展程度就越大,容易诱发腰疼和颈部酸痛;高度过高会增加迎面风阻,降低骑行效率。车架尺寸会影响骑行舒适性。曲柄最佳长度设定通常根据自己腿部长度的20%或胫骨长度的41%在主流曲柄长度中进行选择,曲柄过长容易导致髌关节疼痛。锁踏的使用可以带来更高的安全性;锁片的位置对骑行经济性无影响,但会影响力的作用点和作用方式,从而纠正错误的蹬踏方式,对一些运动损伤的康复会有帮助。

这些变量在今后对运动损伤的临床康复中应作为重点干预目标。值得注意的是,大多数评估与运动损伤相关结果的研究都集中在膝关节损伤上,而没有试图探索骑手受伤的其他身体部位。例如,还不清楚在骑行者中频发的腰痛、肩颈疼痛等损伤与整体设定的具体关联,这一点值得在后续研究中进行深入探讨。未来的研究可以探索不同数据的使用(运动学、动力学、神经肌肉激活、舒适性等),以满足自行车设定的个性化需求。此外,自行车设定的应用在国内还缺乏普遍的认知,普通骑行爱好者也经常因为自行车设定不合理而在长期骑行中受到伤病的困扰。后续可以聚焦如何科学有效地将其进一步推广,惠及更多骑行爱好者。

### 参考文献:

- [1] WADSWORTH D J S, WEINRAUCH P. The Role of a Bike Fit in Cyclists with Hip Pain. A Clinical Commentary[J]. International Journal of Sports Physical Therapy, 2019, 14(03):468-486.
- [2] MELLION M B. Common Cycling Injuries[J]. Sports Medicine, 1991, 11(01):52-70.
- [3] SILBERMAN M R, WEBNER D, COLLINA S, et al. Road Bicycle Fit[J]. Clinical Journal of Sport Medicine, 2005, 15(04):269-274.
- [4] KOTLER D H, BABU A N, ROBIDOUX G. Prevention, Evaluation, and Rehabilitation of Cycling-related Injury[J]. Current Sports Medicine Reports, 2016, 15(03):199-206.
- [5] FONDA B, SARABON N, LI F X. Validity and Reliability of Different Kinematics Methods Used for Bike Fitting[J]. Journal of Sports Sciences, 2014, 32(10):940-946.
- [6] VAN DER WALT A, JANSE VAN RENSBURG D C, FLETCHER L, et al. Non-traumatic Injury Profile of Amateur Cyclists[J]. South African Journal of Sports Medicine, 2014, 26(04):119-122.
- [7] BINI R, HUME P A, CROFT J L. Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance[J]. Sports Medicine, 2011, 41(06):463-476.
- [8] DOWNES M J, BRENNAN M L, WILLIAMS H C, et al. Development of a Critical Appraisal Tool to Assess the Quality of Cross-sectional Studies (Axis)[J]. BMJ Open, 2016, 6(12):e011458.
- [9] BINI R, PRIEGO-QUESADA J. Methods to Determine Saddle Height in Cycling and Implications of Changes in Saddle Height in Performance and Injury Risk: A Systematic Review[J]. Journal of Sports Sciences, 2022, 40(04):386-400.

- [10] BINI R R, TAMBORINDEGUY A C, MOTA C B. Effects of Saddle Height, Pedaling Cadence, and Workload on Joint Kinetics and Kinematics During Cycling[J]. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2010, 19(03):301–314.
- [11] DEDIEU P, PELAEZ M, POIRIER É, et al. Effects of Saddle Height on Muscular Pattern and Interlimb Coordination in Cycling[J]. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020, 20(01):222–228.
- [12] HUMMER E, THORSEN T, ZHANG S. Does Saddle Height Influence Knee Frontal-plane Biomechanics During Stationary Cycling?[J]. *The Knee*, 2021, (29):233–240.
- [13] FERRER-ROCA V, BESCOS R, ROIG A, et al. Acute Effects of Small Changes in Bicycle Saddle Height on Gross Efficiency and Lower Limb Kinematics[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(03):784–791.
- [14] TAMBORINDEGUY A C, BINI R. Does Saddle Height Affect Patellofemoral and Tibiofemoral Forces During Bicycling for Rehabilitation?[J]. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2011, 15(02):186–191.
- [15] MOURA B, MORO V, ROSSATO M, et al. Effects of Saddle Height on Performance and Muscular Activity During the Wingate Test[J]. *Journal of Physical Education*, 2017, (28):e2838.
- [16] GARCÍA-LÓPEZ J, FERRER-ROCA V, FLORÍA P. The Effect of Changes in Saddle Height on Coordination and its Variability During Pedalling Cycle[J]. *Sports Biomechanics*, 2022:1–14.
- [17] WANG Y, LIANG L C, WANG D H, et al. Cycling with Low Saddle Height is Related to Increased Knee Adduction Moments in Healthy Recreational Cyclists[J]. *European Journal of Sport Science*, 2020, 20(04):461–467.
- [18] MYER G D, FORD K R, BARBER FOSS K D, et al. The Incidence and Potential Pathomechanics of Patellofemoral Pain in Female Athletes[J]. *Clinical Biomechanics*, 2010, 25(07):700–707.
- [19] 王勇, 梁雷超, 王东海, 等. 鞍座高度对骑行时髌股关节力学特征影响的研究[J]. *体育科学*, 2018, 38(06):60–66.
- [20] TELFER S, LANGE M J, SUDDUTH A S M. Factors Influencing Knee Adduction Moment Measurement: A Systematic Review and Meta-regression Analysis[J]. *Gait & Posture*, 2017, (58):333–339.
- [21] CHANG W D, FAN CHIANG C Y, LAI P T, et al. Relative Variances of the Cadence Frequency of Cycling Under Two Differential Saddle Heights[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2016, 28(02):378–381.
- [22] 王勇, 梁雷超, 汤运启, 等. 鞍座高度对骑行时下肢三关节做功模式的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2019, 38(07):553–560.
- [23] PEVELER W W, GREEN J M. Effects of Saddle Height on Economy and Anaerobic Power in Well-Trained Cyclists[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, 25(03):629–633.
- [24] 王勇, 梁雷超, 汤运启, 等. 鞍座高度对女性休闲骑行中下肢肌肉协调及踏板力的影响[J]. *中国体育科技*, 2022, 58(02):55–61.
- [25] CHABROUX V, BARELLE C, FAVIER D. Aerodynamics of Cyclist Posture, Bicycle and Helmet Characteristics in Time Trial Stage[J]. *Journal of Applied Biomechanics*, 2012, 28(03):317–323.
- [26] QUESADA J I P, CARPES F P, PALMER R S, et al. Effect of Saddle Height on Skin Temperature Measured in Different Days of Cycling[J]. *Springerplus*, 2016, (05):205.
- [27] KRUSCHEWSKY A B, DELLAGRANA R A, ROSSATO M, et al. Saddle Height and Cadence Effects on the Physiological, Perceptual, and Affective Responses of Recreational Cyclists[J]. *Perceptual and Motor Skills*, 2018, 125(05):923–938.
- [28] BINI R R. Acute Effects from Changes in Saddle Height in Perceived Comfort During Cycling[J]. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2020, 15(03):390–397.
- [29] VERMA R, HANSEN E A, DE ZEE M, et al. Effect of Seat Positions on Discomfort, Muscle Activation, Pressure Distribution and Pedal Force During Cycling[J]. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2016, (27):78–86.
- [30] MENARD M, DOMALAIN M, DECATOIRE A, et al. Influence of Saddle Setback on Pedalling Technique Effectiveness in Cycling[J]. *Sports Biomechanics*, 2016, 15(04):462–472.
- [31] HOLLIDAY W, SWART J. Performance Variables Associated with Bicycle Configuration and Flexibility[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2021, 24(03):312–317.
- [32] PEVELER W W, SHEW B, JOHNSON S, et al. A Kinematic Comparison of Alterations to Knee and Ankle Angles From Resting Measures to Active Pedaling During a Graded Exercise Protocol[J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012, 26(11):3004–3009.
- [33] MENARD M, DOMALAIN M, DECATOIRE A, et al. Influence of Saddle Setback on Knee Joint Forces in Cycling[J]. *Sports Biomechanics*, 2020, 19(02):245–257.

- [34] CADDY O. Effects of Saddle Angle on Heavy Intensity Time Trial Cycling: Implications of the Uci Rule 1.3. 014[J]. *Journal of Science and Cycling*, 2016, 5(01): 18–25.
- [35] SPEARS I R, CUMMINS N K, BRENCHELY Z, et al. The Effect of Saddle Design on Stresses in the Perineum During Cycling[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2003, 35(09): 1620–1625.
- [36] MUNARRIZ R M, YAN Q R, ZNEHRA A, et al. Blunt Trauma: The Pathophysiology of Hemodynamic Injury Leading to Erectile Dysfunction[J]. *The Journal of Urology*, 1995, 153(06): 1831–1840.
- [37] GUESS M K, PARTIN S N, SCHRADER S, et al. Women’s bike seats: A Pressing Matter for Competitive Female Cyclists[J]. *Journal of Sexual Medicine*, 2011, 8(11): 3144–3153.
- [38] JEONG S J, PARK K, MOON J D, et al. Bicycle Saddle Shape Affects Penile Blood Flow[J]. *International Journal of Impotence Research*, 2002, 14(06): 513–517.
- [39] LOWE B D, SCHRADER S M, BREITENSTEIN M J. Effect of Bicycle Saddle Designs on the Pressure to the Perineum of the Bicyclist[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(06): 1055–1062.
- [40] CARPES F P, DAGNESE F, KLEINPAUL J F, et al. Bicycle Saddle Pressure: Effects of Trunk Position and Saddle Design on Healthy Subjects[J]. *Urologia Internationalis*, 2009, 82(01): 8–11.
- [41] CARPES F P, DAGNESE F, KLEINPAUL J F, et al. Effects of Workload on Seat Pressure While Cycling with Two Different Saddles[J]. *Journal of Sexual Medicine*, 2009, 6(10): 2728–2735.
- [42] CHEN Y L, HE K C. Changes in Human Cervical and Lumbar Spine Curves While Bicycling with Different Handlebar Heights [J]. *Work*, 2012, 41(Suppl 1): 5826–5827.
- [43] KOLEHMAINEN I, HARMS–RINGDAHL K, LANSHAMMART H. Cervical Spine Positions and Load Moments During Bicycling with Different Handlebar Positions[J]. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 1989, 4(02): 105–110.
- [44] CHAN L C. Significance of Bike–frame Geometric Factors for Cycling Efficiency and Muscle Activation[J]. *International Journal of Sport and Health Sciences*, 2020, 14(05): 118–124.
- [45] CONCEIÇÃO A, MILHEIRO V, PARRACA J A, et al. The Effect of Handlebar Height and Bicycle Frame Length on Muscular Activity During Cycling: A Pilot Study[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(11): e6590.
- [46] MARTIN J C, SPIRDUSO W W. Determinants of Maximal Cycling Power: Crank Length, Pedaling Rate and Pedal Speed[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2001, 84(05): 413–418.
- [47] BARRATT P R, KORFF T, ELMER S J, et al. Effect of Crank Length on Joint–specific Power During Maximal Cycling[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2011, 43(09): 1689–1697.
- [48] BARRATT P R, MARTIN J C, ELMER S J, et al. Effects of Pedal Speed and Crank Length on Pedaling Mechanics During Submaximal Cycling[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2016, 48(04): 705–713.
- [49] MACDERMID P W, EDWARDS A M. Influence of Crank Length on Cycle Ergometry Performance of Well–Trained Female Cross–country Mountain Bike Athletes[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2010, 108(01): 177–182.
- [50] FERRER–ROCA V, RIVERO–PALOMO V, OGUETA–ALDAY A, et al. Acute Effects of Small Changes in Crank Length on Gross Efficiency and Pedalling Technique During Submaximal Cycling[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2017, 35(14): 1328–1335.
- [51] WATANABE K. Effect of Seat Tube Angle and Crank Arm Length on Metabolic and Neuromuscular Responses and Lower Extremity Joint Kinematics During Pedaling with a Relatively Lower Seat Height[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2020, 120(03): 697–706.
- [52] TOO D, LANDWER G E. The Effect of Pedal Crank Arm Length on Joint Angle and Power Production in Upright Cycle Ergometry[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2000, 18(03): 153–161.
- [53] BURRUS B M, ARMENDARIZ J, MOSCICKI B M. Cycling with Short Crank Lengths Improved Economy in Novices[J]. *International Journal of Exercise Science*, 2021, 14(01): 1123–1137.
- [54] ELLIOTT G F, WORTHINGTON C R. Muscle Contraction: Viscous–like Frictional Forces and The Impulsive Model[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2001, 29(03): 213–218.
- [55] KONINCKX E, VAN LEEMPUTTE M, HESPEL P. Effect of a Novel Pedal Design on Maximal Power Output and Mechanical Efficiency in Well–trained Cyclists[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2008, 26(10): 1015–1023.
- [56] GREGOR R J, WHEELER J B. Biomechanical Factors Associated with Shoe/Pedal Interfaces: Implications for Injury[J]. *Sports Medicine*, 1994, (17): 117–131.

- [57] VIKER T, RICHARDSON M X. Shoe Cleat Position During Cycling and Its Effect on Subsequent Running Performance in Triathletes[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2013, 31(09): 1007–1014.
- [58] DAVIS A, PEMBERTON T, GHOSH S, et al. Plantar Pressure of Clipless and Toe-clipped Pedals in Cyclists—A Pilot Study[J]. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 2011, 1(01): e20.
- [59] SILBERMAN M R, WEBNER D, COLLINA S, et al. Road Bicycle Fit[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2005, 15(04): 271–276.
- [60] VAN SICKLE J R, HULL M L. Is Economy of Competitive Cyclists Affected by the Anterior–posterior Foot Position on the Pedal?[J]. *Journal of Biomechanics*, 2007, 40(06): 1262–1267.
- [61] ATAABADI P A, ABBASSI A, LETAFATKAR A, et al. The Effects of Foot Orthosis and Low-Dye Tape on Lower Limb Joint Angles and Moments During Running in Individuals with Pes Planus[J]. *Gait & Posture*, 2022, (96): 154–159.
- [62] BINI R R, HUME P A, KILDING A E. Saddle Height Effects on Pedal Forces, Joint Mechanical Work and Kinematics of Cyclists and Triathletes[J]. *European Journal of Sport Science*, 2014, 14(01): 44–52.
- [63] VRINTS J, KONINCKX E, VAN LEEMPUTTE M, et al. The Effect of Saddle Position on Maximal Power Output and Moment Generating Capacity of Lower Limb Muscles During Isokinetic Cycling[J]. *Journal of Applied Biomechanics*, 2011, 27(01): 1–7.
- [64] BINI R R, HUME P A. Effects of Saddle Height on Knee Forces of Recreational Cyclists with and Without Knee Pain : Original Research Article[J]. *International Sport Med Journal*, 2014, 15(02): 188–199.
- [65] CRUZ C, BANKOFF A. Electromyography in Cycling: Difference Between Clipless Pedal and Toe Clip Pedal[J]. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 2001, (41): 247–252.
- [66] MORNIEUX G, STAPELFELDT B, GOLLHOFER A, et al. Effects of Pedal Type and Pull-up Action During Cycling[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2008, 29(10): 817–822.

## The Effect of Bike Fitting on Non-traumatic Sports Injuries and Cycling Performance

CHEN Jiang-xi, BAIYIN Meng-ke, NI Wei-guang\*

(Physical Education College, Jilin University, Changchun, Jilin, 130012, China)

**Abstract:** Bike Fitting means to use the sports biomechanics, ergonomics, and other knowledge to analyze the various components of the bike to match it with the rider's setup parameters best and then to use the relevant tools to debug/optimize the bike, which mainly involves six aspects: saddle height, saddle position angle, saddle shape, handlebar and frame, crank length and pedals. Adapted bike fitting can effectively prevent non-traumatic sports injuries and enhance sports performance during long-term cycling. By reviewing and evaluating domestic and international studies on the effects of bike fitting on cycling in the China National Knowledge Internet (CNKI), Web of Science, and PubMed databases, let more professional coaches, researchers, and athletes will be able to understand and value this aspect of knowledge, which will help to reduce cycling-induced injuries and improve athletes' cycling performance.

**Keywords:** Cycling; Bike; Non-traumatic; Sports injuries; Cycling performance