



田纳西大学诺克斯维尔分校

TRACE:田纳西州研究 ennessee Research and Creative

交换

---

硕士论文

研究所

---

8-2021

美国的训练特点和力量概况

骑自行车的人

罗伯特·斯罗卡

大学 田纳西州,诺克斯维尔 , rsroka@vols.utk.edu

---

在以下位置关注此和其他作品: [https://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes](https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes)

---

#### 推荐引文

Sroka, Robert, “美国公路自行车骑行者的训练特征和力量曲线。  
" 硕士论文,田纳西大学,2021 年。[https://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes/6159](https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/6159)

本论文由 TRACE 的研究生院免费开放获取:田纳西州研究和创意交流。它已被 TRACE 的授权管理员接受纳入硕士论文:田纳西州研究和创意交流。欲了解更多信息,请联系[trace@utk.edu](mailto:trace@utk.edu)。

研究生委员会：

我在此提交由 Robert Sroka 撰写的论文,题为“美国公路自行车运动员的训练特征和力量曲线”。我有

检查了本论文的最终电子副本的形式和内容,并建议在部分满足理学硕士学位要求的情况下接受它,主修运动学。

David R. Bassett Jr., 主要教授

我们已阅读此论文并建议接受：

杰西卡 L. 库茨弗莱明, 黎明 P. Coe

接受理事会成员 :Dixie L.  
Thompson

副教务长兼研究生院院长

(原始签名与正式学生记录一起存档。)

训练特性和功率配置文件  
美国自行车道骑行者

为  
科学大师  
程度  
田纳西大学诺克斯维尔分校

罗伯特·斯罗卡

2021 年 8 月

© 2021 罗伯特·斯罗卡。

版权所有。

## 致谢

我要感谢我的三位委员会成员;他们每个人都会做任何事

帮助一个学生,所以我感到非常荣幸能有这三个人在我身边。

我要感谢 David R. Bassett, Jr. 博士对我的教育感兴趣,接受我为

一名研究生并投入大量时间来帮助我。虽然你一直是

无数的研究项目,你对运动生理学的持续好奇心是无与伦比的,

传染性。

我要感谢杰西卡·库茨·弗莱明博士在我整个工作期间的指导和指导

时间在田纳西大学。你挑战我批判性思考并提供了一个独特的

总是让我对新想法大开眼界。

我要感谢 Dawn Podulka Coe 博士关于学术世界的课程

研究和调查的整体热情。虽然我只能带走你的一个

课程,它提供了令人难以置信的洞察力,并且在引导我走向现实路线方面非常宝贵

的研究。

我还要感谢 Cary Springer 女士。在统计数据方面你对我的耐心是

有助于这个项目的发生。

感谢我的父母和奶奶,他们为我在这里付出了很多——感谢你们的支持。

我要感谢 Laura Bassett 夫人为您提供了一个家外之家和您的持续

乐观的态度。

最后,特别感谢 Minttu 一路陪伴我,不知道有没有

如果没有您的鼓励,本可以做到这一点。

## 抽象的

自行车仪表和社交媒体应用的新进展使其成为

可以获得关于训练和比赛的定量数据。目的：分析训练数据

(训练量、频率、距离、速度和比赛天数)和公路赛车手的功率分布

USA Cycling,为了比较性别和类别 (专业、1、2、3、4、

5)。方法：第 1 部分：使用 USAC 比赛结果，拥有活跃 Strava® 帐户的赛车手被

选择。使用从自行车 GPS 主机上传的数据,543 名 USAC 赛车手 (279 名男子,264

妇女) ,记录了 2019 年的数据。第 2 部分：显示功率计数据的受试者

联系 Strava® 以获取人口统计信息和峰值功率数据 (5 秒、1 分钟、5 分钟、

20 分钟和 1 小时) 。 92 名业余赛车手 (67 名男性,25 名女性)完成了这部分研究。

年度培训指标、功率数据和调查结果在各个类别之间进行了比较，

使用方差分析的性别。结果：第 1 部分：2019 年,职业女性 (N=20)

$634.7 \pm 135.2$  小时,16,581 $\pm$ 3,562 公里,完成  $304.4 \pm 28.5$  天, $33.2 \pm 7.8$  场比赛；

职业男子 (N=29) 骑行  $864.7 \pm 160.0$  小时,26,103 $\pm$ 5,210 公里,完成  $310.6 \pm 39.3$

骑行天数, $49.9 \pm 17.1$  场比赛。专业人士之间存在显着的性别差异,因为

除骑行天数外的所有变量 ( $p<0.05$ )。在业余爱好者中,训练量、距离、比赛、

和骑行天数都随着类别的增加而下降,但内部没有性别差异

这些变量的类别 2、3、4 和 5。第 2 部分：功率曲线呈指数增长

随着测量周期 (5-s 到 1-h) 的增加,功率输出 (W/kg) 下降。第一类

与其他业余女性相比,女性在 5 秒、5 分钟、

和 20 分钟功率( $p<0.05$ )。 3-5 类女性之间的差异是非

重大。 1 类男性在 5 分钟、20 分钟内的数值显着高于其他业余男性

$\text{min}$  和 1-h 功率( $p<0.05$ ),并且 2 类男性显着高于 5 类男性

20分钟功率( $p<0.05$ )。结论:年度培训数据和

USAC类别和性别之间的权力概况。了解培训特点

USAC男女运动员的力量和力量概况可能对公路赛车手和

教练设计培训计划。

## 目录

第一章:引言 .....	1
介绍.....	2
目的声明.....	5
这些研究的意义.....	5
第二章:文献综述.....	7
抽象的.....	8
介绍.....	10
公路自行车赛事的类型和骑手特征.....	13
公路自行车分类.....	18
影响性能的生理因素.....	19
影响性能的机械因素 .....	23
设备选择.....	29
培训理念和技术进步.....	33
第三章:手稿.....	49
抽象的.....	50
介绍.....	52
方法论:第 1 部分 - USAC 公路赛车手的训练/比赛特征.....	55
1. 参与者 .....	55六

2. 程序.....	56
3. 统计分析.....	56
结果:第 1 部分 - USAC 公路赛车手的训练/比赛特征.....	59
结果:第 2 部分 - USAC 公路赛车手的功率分布.....	61
参考.....	70
附录 A:表格 .....	91
附录 C:招聘信息 .....	114
附录 D:研究参与同意书 .....	116
附录 E:调查 .....	120
生活.....	124

## 表列表

表 1. 职业自行车赛冠军的生理特征.....	92
表 2. 具有受试者特征的业余自行车运动员的有氧和无氧特征。 .....	93
表 3. 年度培训量（小时）。 The Cyclist's Training 的数值比较 在当前研究中获得的圣经 (12) 和经验值（表示为平均值 ± SD） .....	94
表 4. Coggan 的功率曲线表,覆盖了第 2 部分参与者。 (13) .....	95
表 5. 第 1 部分各类别之间 USAC 女性的比较.....	96
表 6. 第 1 部分不同类别之间的 USAC 男性比较.....	97
表 7. 第 2 部分参与者（女性）的描述性特征.....	98
表 8. 第 2 部分参与者（男性）的描述特征.....	100
表 9. 第 2 部分参与者（女性）的权力特征.....	102
表 10. 第 2 部分参与者（男性）的权力特征.....	103

## 数字清单

图 1. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的训练和比赛量.....	105
图 2. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的训练和比赛距离.....	105
图 3. USAC 公路自行车手在 2019 年的平均行驶速度（公里/小时）	
赛车和训练。 .....	106
图 4. USAC 公路自行车手在 2019 年的骑行天数（包括比赛天数） .....	106
图 5. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的比赛天数.....	107
图 6. 1 类女性 5 秒和 20 分钟功率、平均值和选择个体.....	108
图 7. 1 类男子 5 秒和 20 分钟力量, 平均和选择个人.....	109
图 8. 女性骑行者的骑行类别与 5 秒功率.....	110
图 9. 女性骑行者的骑行类别与 1 分钟功率.....	110
图 10. 女性骑行者的骑行类别与 5 分钟功率.....	111
图 11. 女性骑行者的骑行类别与 Coggan-FTP 功率.....	111
图 12. 男子骑行者的骑行类别与 5 秒功率.....	112
图 13. 男子骑车者的骑车类别与 1 分钟功率.....	112
图 14. 男子骑行者的骑行类别与 5 分钟功率.....	113
图 15. 男子骑行者的骑行类别与 Coggan-FTP 功率。 .....	113

## 第一章：引言

## 介绍

1970 年代,美国的公路赛车越来越受欢迎,随着引入这项运动的管理机构,美国自行车联合会,后来成为美国自行车赛 (USAC)。虽然职业公路赛车仍然得到更多认可在欧洲,美国在业余水平上的参与度飙升。 69,684 个独特的 2010 年获得了赛车执照,比 2010 年获得的 42,724 个执照增加了 63% 2002 (1)。在这些 USAC 执照持有者中,每位赛车手都被指定为属于一个类别介于 I 和 V 之间,第 5 类由初学者组成。赛车手可以获得升级积分通过在 USAC 认可的赛事中的排名来提升类别。

竞技公路自行车由三个主要学科组成:公路赛、计时赛和标准。这些活动的长度和形式各有不同,而且各不相同要在各个方面取得成功,都需要精力充沛的需求。不同生理的骑手特征和训练习惯可能更适合某一事件而不是其他事件。许多生理因素决定了赛车手在上述学科中的成功:最大摄氧量(VO<sub>2max</sub>)、乳酸阈值 (LT) 和肌肉纤维类型与所有道路相关赛车场景。最大摄氧量值已在公路自行车手中得到充分记录;这尤其在精英级别 (2-5) 是正确的,但在次精英级别 (6) 则不然。低于 LT 的功率输出可持续相当长的时间,超过 LT 的产出不能长期持续时间段 (7),因此对性能至关重要。需要注意的是,训练出来的肌肉的耐力运动员通常拥有更高百分比的 I 型肌肉纤维 (8) 和这似乎也适用于骑自行车的人 (9)。

尽管这些精确的生理指标最好在实验室中测量,但最近技术的发展基本上允许骑自行车的人拥有一个滚动实验室

他们的自行车——即使是在户外骑行。主机使用全球定位系统 (GPS) 来显示骑手位置的实时地图导航,还可以显示和记录距离、速度、海拔、心率 (HR) 和机械功率输出 (如果连接到功率计)。因为主机和功率计的普及,以及 Strava 等社交媒体应用程序的使用,骑手可以上传 GPS 文件以跟踪路段的进度或竞争 (异步) 与同一路段上的同行竞争。Strava 的使用量显着增加过去五年。在许多情况下,Strava 记录都是公开的;这包括关于距离、持续时间、心率和功率。虽然实验室测量的准确性是运动生理学家更喜欢从头部单元提供的信息加上一个功率计几乎可以为有抱负的公路自行车手提供信息。科学研究有已发表关于专业人员的训练习惯和功率输出 ((2-5, 10, 11)),但远业余水平的可用信息较少 (6),尤其是关于差异的信息类别之间。

文献中概述了培训计划,以指导公路自行车手使用这些头单位和功率计有效。Friel的一本书,骑自行车者的训练圣经(12),有大量的背景信息、案例研究,还包含一个“建议的年度培训时间。”预期的训练量 (以小时为单位)可用于开发一个USAC 内针对专业人员和 IV 类的年度/每周培训计划。这本书建议专业人士进行训练 (在骑自行车和其他形式的训练之间,包括书中建议的力量训练)每年800-1200小时,I类和II类700-1000 小时,III类 500-700 小时,IV类 350-500 小时,V类 200-每年 350 小时 (12)。这些值最初是根据 Friel 的“粗略估计”这本书的早期版本,很可能是基于他自己的个人教练经验。

然而,尽管这些数字经常被引用,但很少有实证研究支持他们。在性别差异方面尤其如此。在弗里尔的训练中建议包括骑自行车的时间、阻力训练和交叉训练,目前的研究将专门收集有关自行车训练的数据。

Coggan 和 Allen 的《使用功率计进行训练和比赛》 (13) ,2006 年出版,是第一本向个人展示如何分析电力数据并有效使用它的书籍之一训练。在内部,Coggan 开发的图表显示了相对于重量 (W/kg) 的功率输出在 5 秒、1 分钟、5 分钟和功能阈值 (95% 的一个人的 20 分钟功率) 。 Coggan 使用插值法构建了这张图表,以估计八类 (国际职业选手、国内职业选手、IV 类、非赛车手) 的值基于有史以来 (由专业人士)记录的最高已知值和由未经训练的平均记录的值人口。这些时间范围 (5 秒、1 分钟、5 分钟和功能阈值 (一个人 20-选择分钟功率) )以产生反映神经肌肉功率的功率输出,无氧容量、 VO<sub>2max</sub> 和 LT。即使没有实验室,骑自行车的人也可以骑自己的自行车配备功率计来获取此信息。编译个人数据这四个时间框架被称为“功率分析”,可用于预测哪种类型的骑自行车的人 (即短跑运动员、登山者、全能者) 。比赛成绩是最好的指标个人与其他公路赛车手或他们受人尊敬的类别相比如何,但这些基准 (W/kg)可以为运动员提供训练参数或目标。科根的原作功率分布表是通过锚定连续体的高端和低端来开发的分别是专业骑手和未经训练的自行车手,然后与业余爱好者进行验证骑手 (13)。但是,可能需要将它们的功率曲线与其他的功率曲线进行比较 USAC 公路赛车手。

因此,本研究的目的是进一步探索训练习惯和力量曲线。

目前的 USAC 公路赛车手。如今,Strava 等在线平台拥有公开可用的数据

可以更仔细地了解专业人士的训练习惯和表现能力,以及

业余爱好者一样。这可以深入了解性别和类别之间的差异,以及

也许可以作为赛车手目前在训练和比赛中所做的事情的实用指南。

#### 问题陈述

很少有关于不同训练量的信息

USAC 公路赛车手的类别。虽然有关于培训量的资源

职业自行车手,业余赛车手不应该试图复制职业选手,因为这可能会导致

倦怠或受伤。虽然自行车功率计在业余自行车运动中很受欢迎,但迄今为止,很少有

已经对 USAC 公路赛车手之间的差异进行了实证研究,作为

类别和性别的功能。

#### 目的声明

本研究的主要目的是分析训练数据（年训练量，

USAC 公路赛车手收集的频率、距离、速度和比赛天数）。关系

还将分析类别和性别之间的差异,以确定差异发生的位置。

次要目的是比较公路赛车手之间的自行车峰值功率数据 (W/kg)

不同类别 (USAC 类别 1-5) ,并确定峰值功率基准是否适用于

类别之间存在不同的持续时间 (即 5 秒、1 分钟、5 分钟、20 分钟、1 小时)。

#### 这些研究的意义

有关 USAC 公路自行车手当前习惯的公开数据；

然而,这些数据的收集和分析尚未在科学文献中记录

文学。这项研究的结果将提供有关当前赛车手的宝贵信息

正在完成,也许可以作为教练和运动员的实用指南。

## 第二章 : 文学评论

抽象的

自行车仪表和社交媒体应用的新进展使其成为

可以获得关于训练和比赛的定量数据。目的：分析训练数据

(训练量、频率、距离、速度和比赛天数)和公路赛车手的功率分布

USA Cycling,为了比较性别和类别(专业、1、2、3、4、

5)。方法：第1部分：使用USAC比赛结果，拥有活跃Strava®帐户的赛车手被

选择。使用从自行车GPS主机上传的数据，543名USAC赛车手(279名男子，264

妇女)，记录了2019年的数据。第2部分：显示功率计数据的受试者

联系Strava®以获取人口统计信息和峰值功率数据(5秒、1分钟、5分钟、

20分钟和1小时)。92名业余赛车手(67名男性，25名女性)完成了这部分研究。

年度培训指标、功率数据和调查结果在各个类别之间进行了比较，

使用方差分析的性别。结果：第1部分：2019年，职业女性(N=20)

634.7±135.2小时，16,581±3,562公里，完成304.4±28.5天，33.2±7.8场比赛；

职业男子(N=29)骑行864.7±160.0小时，26,103±5,210公里，完成310.6±39.3

骑行天数，49.9±17.1场比赛。专业人士之间存在显着的性别差异，因为

除骑行天数外的所有变量( $p<0.05$ )。在业余爱好者中，训练量、距离、比赛、

和骑行天数都随着类别的增加而下降，但内部没有性别差异

这些变量的类别2、3、4和5。第2部分：功率曲线呈指数增长

随着测量周期(5-s到1-h)的增加，功率输出(W/kg)下降。第一类

与其他业余女性相比，女性在5秒、5分钟、

和20分钟功率( $p<0.05$ )。3-5类女性之间的差异是非

重要的。1类男性在5分钟、20分钟内的数值显着高于其他业余男性

min和1-h功率( $p<0.05$ )，并且2类男性显着高于5类男性

20 分钟功率( $p < 0.05$ )。结论：年度培训数据和

USAC 类别和性别之间的权力概况。了解培训特点

USAC 男女运动员的力量和力量概况可能对公路赛车手和

教练设计培训计划。

## 介绍

竞技公路自行车由三个主要学科组成:公路赛、时间

试验和标准。虽然这些活动的长度和形式有所不同，

不同的能量需求是成功的必要条件——这允许骑手

不同的生理构成和训练习惯更适合某一事件而不是其他事件。

公路赛是一项大规模的赛事,对于业余爱好者来说通常在 30 到 80 英里之间,

职业比赛通常要长得多 (14) ;这是最常见的赛车形式

欧洲 (15)。由于骑在另一个滑流中的能量需求减少

骑自行车的人,起草通常在公路比赛的结果中起着重要作用 (16) 。地形也

影响比赛的结果和流程,以及有可能赢得比赛的车手。

在没有太大海拔变化的平坦或轻微丘陵公路比赛中,队友或其他骑手可以

试图脱离群体。一小群骑手将通过利用

起草以克服该地形中的主要障碍-空气阻力 (17) 。团队一般

拥有一两个短跑运动员,如果大部队在群众团体中到达终点,他们会尝试获胜;

这是为无氧能力高的骑手保留的 (18) 。

海拔变化较大的陡峭公路比赛适合相对较高的骑手

最大摄氧量 ( $\text{VO}_2\text{max}$  in  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) 和维持 80-90%  $\text{VO}_2\text{max}$  的能力

超过一个小时 (19) 。在这样的山区,主要障碍从

与克服重力的空气阻力作斗争 (20)。计时赛通常是个人比赛

不允许起草 (团队计时赛除外,其中 6-8 名车手从一个团队开始

一起)。在这些比赛中,车手 (或车队) 开始时间隔 30 或 60 秒。这些种族一般

持续一个小时或更短的时间,舒适性和最佳肌肉效率常常被牺牲

获得空气动力学优势 (21)。已充分证明空气动力学是

受身体姿势和设备选择的影响很大 (22)。计时赛赛事往往有利于具有高比例慢肌纤维的骑手,他们知道如何调整自己的速度满足比赛的要求;在计时赛中偏离可持续步伐的车手倾向于快速积累乳酸并更快地消耗其糖原水平 (23)。

标准是由多圈闭路巡回赛,通常在市区或城市街道上举行以吸引观众;这些在美国自行车赛 (USAC) 制裁下,赛事变得非常受欢迎,这可能是由于观众友好和赞助机会 (15)。这种类型的比赛非常模仿赛道比赛中的刮擦比赛或积分比赛,在弯道外加速很多,而且通常有利于无氧天才骑手 (24)。

与骑行相关的机械因素已得到充分研究,尤其是空气阻力、牵伸、滚动阻力。当骑手将他们的速度增加两倍时,他们有两倍多的空气分子要对抗,空气分子撞击骑手的次数是两倍快速,需要大量的力量来克服它们。时速 40 公里,克服空气阻力占骑自行车者必须克服的所有综合力量的 80% 以上 (25)。

骑手阻力可以通过阻力系数方程量化,可以在风洞,或使用凯尔和巴塞特所做的数学模型计算 (21)。到克服空气阻力,经常看到公路赛车骑手互相牵制和使用“挡风。”凯尔 (Kyle) (25) 指出,一个近距离的骑自行车者有效地将尾随骑自行车的人在来自前骑手的人造顺风中减少尾随骑手的空气阻力超过 40%,或者就功率而言 - 与前骑手相比减少了约 30%。作为坡度增加,速度降低,空气阻力的影响较小,滚动阻力成为影响性能的更大因素 (26)。滚动阻力受

轮胎重量、胎面花纹、轮胎压力、轮胎材料、轮胎的接地面积和路面 (27)。

公路自行车的装备选择包括自行车,以及头盔和衣服骑自行车的人在活动中穿。自行车的大部分重量都在车架组和车轮上,这些通常是最受追捧的升级,并且有明显的原因 - Jeukendrup 和 Martin (28) 开发了一个数学模型来比较标准自行车车架和空气动力学自行车车架展示了更现代的实质性好处空气动力学框架。 Kyle (27) 使用风洞测试同样表明空气动力学车轮比传统车轮快得多; Blocken 和 Malazia (29) 最近有使用计算流体动力学建模来进一步支持这一点。这导致了很多生产具有空气动力学形状的公路赛车车架和轮对的制造商近年来更深的轮廓 (通常由碳纤维制成)。

某些生理特征,如VO<sub>2max</sub>、乳酸阈值 (LT) 和肌纤维类型已在骑自行车者中得到广泛研究,特别是在精英级别。最大摄氧量( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )冠军自行车手的价值是有史以来最高的 (2,3,5,10,30)。虽然很多关于确定与 LT 相关的功率输出的方法存在争议 (31, 32),可以看出,在几乎所有对职业自行车手的研究中,他们的 LT 功率代表了一个他们的VO<sub>2max</sub>功率的百分比极高- 在许多情况下接近 90% (33)。随后的研究还深入研究了不同体型和生理学的概念专业骑手之间存在的特征 (10)。

对竞技公路自行车手的培训建立在特殊性的概念之上,超负荷、进步和恢复 (91),类似于其他耐力运动。训练方案经常分为不同的周期:宏观、中观和微观。大循环一般

包含公路自行车运动员的一年计划并包含运动员的长期目标,而中周期的长度通常在 2-6 周之间,并且在相对于赛车手的特定需求。微循环将训练进一步分解为 3-7 天 (34)。提高最大摄氧量的有效间歇计划,尤其是对于那些训练有素的人并且已经达到了健康水平,可能包括反复进行的剧烈运动,导致 95-最大摄氧量的 100% (35)。虽然许多间隔程序可以引发这一点,但存在争议关于最有效的间歇回合的精确强度和持续时间。

训练负荷的测量受到技术的极大影响进步,特别是主机和功率计。主机显示实时地图骑手的位置通过全球定位系统 (GPS) 帮助他们导航。他们还可以显示和记录其他指标,例如距离、速度、心率、功率和海拔增益。力量长期以来,实验室的自行车测力计都可以得到输出。但是,骑自行车的力量仪表允许骑自行车的人骑自己的自行车,并随时了解他们的工作率这一刻。主机和功率计的可访问性也使得可以对公路赛车手的训练习惯进行研究。而电的准确性实验室中的制动自行车测力计可能更胜一筹,从头部提供的信息与自行车功率计相结合的单元可以为有抱负的道路提供足够的精度

骑自行车的人。

公路自行车赛事的类型和骑手特征  
竞技公路自行车是一项艰苦的活动,需要数小时的训练,战术知识和竞争中的好斗性。然而,这不仅仅是一种类型的事件。在公路自行车中,有一些子学科几乎是完全独立的运动。两个都专业和业余赛车主要包括三个项目:公路赛、计时赛和

标准。由于每项赛事的不同能量需求和特点,骑手  
截然不同的生理构成可能更适合于一个事件而不是其他事件。

### 公路赛。公路赛是欧洲自行车赛中最常见的赛事

(15) 对于业余爱好者来说,这种大规模的起步活动通常在 30 到 80 英里之间,而专业人士则可以  
单日比赛超过 180 英里 (14)。公路赛可以由相同的圈数组成  
循环,远离城镇但以完成电路结束的课程,或 (如在  
stage-race) 它可以是点对点的路线。

长而平坦的公路赛 (或在起伏地形上的比赛)为来自以下地区的团队提供了多种选择  
战略立场;车队可以尝试将有氧运动天赋的骑手安排在突围  
领先于大部队 (即主要骑手) ,或者团队可以尝试保持比赛  
一起引出一个短跑选手。公路赛通常可以包含比赛中的比赛,因为车手  
尝试进入分离。这个关键时刻可能是最需要体力的部分  
比赛 (36)。然后,突围中的队友或其他骑手可以通过利用  
起草以克服该地形中的突出力量:空气阻力 (17) 。由于减少了  
在另一个骑车人的滑流中骑行的能量需求,起草起着巨大的作用  
在比赛的结果 (16) 。同时,没有车手参与的车队将  
试图追赶突破,这样他们就可以让他们的短跑运动员进入正确的位置  
比赛最后几公里的大部队;短跑运动员试图选拔他/她的队友  
(以最小化能量消耗)直到最后,然后在比赛中超越竞争对手  
最后一米。长达数小时的比赛通常以厘米决定。

这些平坦而快速的终点占大环赛 (Giro d'Italia,  
环法自行车赛、环西班牙自行车赛)以及全年在这两个地区的许多其他比赛日  
业余和专业排名 (14) 。尽管以大规模冲刺结束的事件非常

通常,由于所需的独特生理条件,团队通常会指定一名短跑运动员 (18)。

短跑运动员必须在数小时的比赛后拥有出色的最大功率输出,最后

超过 1,000 瓦的专业级 10-15 秒 (37)。此外,短跑运动员必须

也能够产生极高的可重复无氧努力以处于适当的位置

冲刺 (18)。可以减少在最后冲刺前的这些重复的无氧努力

在队友和有效的过弯技巧的帮助下。这最大限度地减少了加速度

比赛的最后十分钟,并为最后一场比赛保留肌肉的能量储存

终点线 (38) 的破折号中的加速度。换句话说,一堆冲刺不仅仅是

峰值功率,之前的文献比较了平路最后5分钟的功率输出

以高节奏、高功率和高速的团队追求的强度进行比赛

努力 (18)。由于大多数公路自行车赛事持续时间较长,Burke 和 Costill (39)

注意到可能不需要极高比例的快肌纤维

自行车冲刺的成功,正如在其他奥林匹克级别的“冲刺”项目中所看到的那样。然而,相比

他们的公路赛车同龄人,短跑运动员可能有更高比例的快肌 (I型)

肌肉纤维 (40)。

与平坦的公路比赛相比,丘陵公路赛偏爱不同类型的骑手,因为主要障碍物从对抗空气阻力转变为克服重力 (20)。山丘出现在哪里

比赛、坡度和总海拔变化都会影响结果。然而,

某些在该地形上表现出色的骑手通常具有某些生理特征:

极低的体脂百分比加上高的最大有氧功率输出 (41)。精英

登山者不仅有较高的相对VO2max (2-5, 41, 42),这些骑手还可以维持 80-90%

他们的VO2max功率超过一个小时 (19)。这种可持续的 1 小时功率输出具有

已证明与 4mM 的血乳酸浓度高度相关 (7)。当有

在公路比赛或上坡完成中是长而持续的坡度,最大功率输出到身体

重量比 (W / kg)被广泛认为是性能中最重要的决定因素

(13)。精英登山者尤其擅长以陡峭、持续的攀登结束的赛马场,因为

他们的技能被放大了。

计时赛。个人计时赛是公路赛中唯一没有赛车手不参加的赛事

集体开始 (一起) ,它通常被称为“真理竞赛”。没有起草

允许;骑手只靠自己的体能,没有别人来破风。在一个

从某种意义上说,计时赛是最简单的比赛形式,但技术进步使它变得相当

错综复杂。大多数计时赛覆盖平坦到起伏的地形,空气阻力是主要因素

在这些事件中反对骑手 (43) 。不允许起草,一般是计时赛

持续一小时或更短时间,通常会牺牲舒适度和最佳肌肉效率 (44) 来获得

空气动力学优势。已充分证明空气动力学受到很大影响

通过身体姿势 (22)。一个水平的上身与靠垫的前臂和

直接在骑手前面的车把延伸用于减少空气动力阻力 (43)。

这种身体姿势由布恩列侬 (空气把的发明者)首创并普及

Greg LeMond 在 1989 年的环法自行车赛中。苏格兰车手 Graham Obree 使用得更多

极端的自行车设置和身体定位,但这些已被禁止

自行车管理机构 (Union Cycliste Internationale) (21)。计时赛赛事往往有利于

有氧运动天赋的骑手,他们知道如何调整自己的速度来满足比赛的要求;

在计时赛中偏离可持续配速并以可变配速骑行的骑手将

更快地积累乳酸,更快地消耗它们的糖原,并且变得容易受到

疲劳 (23)。通过风洞测试也证明,体型较大的赛车手

身材确实比身材矮小的骑手有更多的正面表面积,但他们的增加

气动阻力被它们更大的有氧能力抵消了很多 (20)。因此,更高具有最大绝对有氧功率 (最大摄氧量,单位为 L/min)的骑自行车者比在平坦的计时赛中较小的自行车手。

标准。标准是大规模启动事件 (长度约为 40-90 分钟) ,由许多封闭赛道的圈数,通常在城市的市中心举行以吸引观众 (15) 。

这种类型的比赛非常模仿田径赛或自行车赛中的刮擦赛或积分赛就功率输出而言,是合法的铁人三项赛中的一员 (24)。标准赛车要求重复每圈多个弯角的速度变化和加速。标准竞赛的功率输出也可能类似于试图脱离的力量浪涌,有许多 5-30 年代的高强度努力 (45)在整个活动中不断重复。此外,标准还定期提供赛中奖品 (素数)作为激励措施,这增加了对短期、高强度努力的需求。

在标准中取得成功需要有效的转弯技巧,以降低加速强度并限制无氧努力,但许多标准都归结为最后的冲刺,无论是分离组或整个大集团 (18)。已经表明,改变功率输出促使更多的糖原消耗,尤其是在 II 型肌纤维中 (46)。如果骑手可以保持更恒定的功率输出,这使他能够节省肌糖原并拥有更高水平的三磷酸腺苷 (ATP) 和磷酸肌酸 (PCr) 储存在肌肉中这是完成冲刺所需的燃料 (47) 。因此,具有出色无氧能力的骑手以保存身体能量储存的方式骑行的能力往往是成功的标准赛车手。根据课程的性质,一个有大量机会的平坦课程将适合短跑运动员,而具有显着海拔变化的标准路线适合登山者 (20) 。

舞台比赛。自行车运动中最负盛名的赛事是舞台比赛,结合前面提到的学科的事件。舞台比赛中的一种常见形式是

计算每个赛段上单个骑手的完成时间，并将它们加在一起  
确定总的累积时间 (15)。这些事件的长度从 2 到 21 天不等，并且是  
通常由山顶完成的时间差（长度从 5 到 20 公里）和时间决定  
试验活动（长度约 30-60 公里）(48)。这使得舞台比赛的动态引人注目，因为  
优秀的登山者和优秀的计时赛骑手的生理机能通常是不同的。除了  
上述骑手尺寸的差异，Lucia 等人。(49) 发现“爬  
专家们通常比他们的“计时专家”更有能力招募肌肉纤维  
同行。这可以解释他们在山区改变速度的能力，当等级  
波动需要高达 100% 的 VO<sub>2max</sub> 功率来保持速度。计时赛专家，关于  
另一方面，通常有更有效的踩踏模式和更低的纤维募集  
可比的功率输出 (49)。

## 公路自行车分类

专业的。目前，男子职业公路自行车赛分为三个级别：  
世界巡回赛、职业大陆队和大陆队。女子职业公路自行车是  
由世界巡回赛和大陆级别的团队组成。几乎每场职业比赛都需要  
无论团队的水平如何，赛车手都可以作为团队的一部分参加比赛。这些专业级别的每一个都有  
他们自己为所有专业级别的车手和车队提供的最低工资可以在  
整个赛季的相同事件。这些专业团队通常与培训和/或  
拥有相同或相似赞助商的开发团队，帮助将骑手培养到更高的水平。

业余。业余自行车类别因国家/地区而异。然而，在  
美国是这项运动的管理机构，美国自行车（从 USCF 演变而来）  
将男性和女性的骑手分为 1 到 5 类。新手从第 5 类开始，然后  
可以通过在大规模启动事件中赢得积分来升级类别。强制性和

业余美国自行车运动存在自愿升级。明显优于其他车手  
在他们的类别中的车手可以在获得最大数量的  
在过去 36 个月的受人尊敬类别中获得积分 ,而其他寻求升级的人可以  
达到最低分数并自愿升级 (1)。

#### 影响表现的生理因素

最大摄氧量。最大摄氧量 ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ )被广泛认为是  
心肺健康的准确测量 (50)和能力的最佳测量极限  
心血管系统将氧气输送到肌肉 ,在肌肉中消耗  
线粒体 (51) 。最大摄氧量的增加可能是由于心输出量增加 (即中风  
体积)或增加的 av O<sub>2</sub>差异 (即肌肉血流量或毛细血管密度和大小  
线粒体) 。  $\text{VO}_{2\text{max}}$ 可以用绝对值 ( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$  ) 或相对于一个人的  
体重 ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ) ;后者更常用于公路自行车 ,因为体重  
在性能中扮演着如此重要的角色。  $\text{VO}_{2\text{max}}$ 值已在道路上得到充分记录  
骑自行车的人 (男性) ,尤其是专业人士 (2-5) ,但业余爱好者 (6)则更少。虽然很多  
研究使用分级运动测试 (GXT) 获得了这些值,值得注意的是  
初始功率输出水平和跨协议阶段之间的功率增量  
已使用 (52)。已经建立了一套达到 $\text{VO}_{2\text{max}}$  (53) 的标准 ,并且  
在许多研究中使用 ,但验证达到 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的最可靠方法是允许  
个人在最大摄氧量测试后恢复 ,然后让他们尽可能长时间地踩踏板  
最大工作率 ,看看是否达到了更高的 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 值 (54, 55)。如果不是 ,那就是  
确定达到了最大摄氧量。已创建用于估计 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的预测方程  
并在某些设置中使用 ,但它们不如让受试者发挥最大的准确度  
GXT ,并通过呼吸气体交换测量氧气吸收 (56)。无论如何 ,已经19

接受最大摄氧量是耐力公路自行车性能的一个重要因素,因为它设置了  
稳态 VO<sub>2</sub> 的上限,因此个人通过有氧运动产生能量的能力  
运动比赛中的路径 (57)。乳酸阈值 (LT) 下的 VO<sub>2max</sub> 百分比是  
在血乳酸指数增加之前的增量测试期间的最高功率输出  
浓度开始发生 (58)。话虽如此,高 VO<sub>2max</sub> 是  
精英级别的自行车 (59)。

乳酸阈值。先前的研究表明,LT 可能更重要  
公路自行车性能的决定因素比最大摄氧量。乳酸的积累是指示性的  
运动肌肉内的生理压力,它也表明了运动的程度。  
需要进行无氧代谢。低于 LT 的功率输出可以持续一个  
相当长的时间 (几个小时),因为乳酸的出现率等于  
乳酸消失,乳酸不在血液中蓄积。LT 以上的功率输出为  
长时间不可持续 (出现率 > 消失率)。就像  
跑步者的 LT 与 3,200 米以上的比赛中的跑步表现高度相关  
到马拉松 (60),在自行车比赛中,从 4000 米追逐到 3 周,LT 高度相关  
舞台比赛 (57)。LT 特别适用于骑行,因为它决定了功率输出  
这可以在长距离事件中持续 (13)。具有相同 VO<sub>2</sub> (次最大  
或最大值) 值可以不同的速度行进由于个体间的经济  
然而,当结合功率输出和 LT 时,骑手之间的差异是一个更接近的预测指标  
比赛成绩是确定的 (42)。此外,虽然 VO<sub>2max</sub> 可以通过  
高强度的训练,有人注意到 LT 似乎更“可训练”,并且可以继续  
改变多年的高强度训练。这就是为什么有些运动员达不到巅峰的原因  
表现直到他们 30 多岁;他们的 LTs 继续增加,即使他们的 VO<sub>2max</sub>

已停止上涨 (61)。未经训练的个人可以有大约 50-60% 的 LT

最大摄氧量,而训练有素的个体的 LT 可能要到最大摄氧量的 75-90% 才会出现( 62)。

肌纤维型。骑自行车者的肌肉纤维分布也可能影响在

竞技公路自行车。伯克等人。 (39) 是最早描述运动员如何

与普通人群相比,他们经常具有不同的纤维类型构成。在研究中,

精英耐力跑者被发现有 60-70% 的 I 型 (慢速、有氧、抗疲劳)

纤维,而田径短跑运动员有约 80% 的 II 型 (快速、厌氧) 纤维;未经训练

个人显示 I 型与 II 型纤维的比例为 50/50。也被普遍接受

耐力训练可以改变肌肉纤维的生理机能,IIx 型纤维 (非常快,非常

低抗疲劳性) 向 IIa 型纤维转变 (中等速度,相当高

抗疲劳)。 I 型 (慢

抽搐) 在耐力型活动中募集的纤维。这可能取决于强度

和培训时间。通过阻力训练,会发生 II 型纤维的选择性肥大。

然而,对于大多数强调有氧骑行的自行车训练计划,可以假设

I 型纤维将经历更多的肥大。这个理论成立是因为尺寸原则

运动单位招募 - 小,慢肌运动单位最容易招募,而较大,

快缩运动单位是最后被招募的,这仅在需要时才会发生

产生高功率输出 (63)。耐力运动员训练有素的肌肉组织通常具有

I 型肌肉纤维的百分比要高得多 (8),这似乎在

骑自行车的人也是如此 (9)。一些研究表明,这些人的循环效率更高

股外侧肌 I 型肌纤维百分比较高个体 (64),

可能是由于与 II 型肌肉相比,I 型肌肉纤维的效率更高

纤维,但其他研究与此相矛盾 (65)。在自行车公路赛中,冲刺能力可能

与其他运动（如田径）相比，更少依赖于高比例的快肌纤维  
和领域）。部分原因是公路赛车手可以换档以允许更慢或更快  
在相同的循环速度下，肌肉收缩的速度和或多或少的力量产生。

机械效率。由于循环测力计的便利性，总效率 (GE)  
在自行车运动中得到了广泛的研究； GE是通过除以机械功率来确定的  
(即，以瓦特为单位的功率输出)通过代谢能量消耗（千卡/分钟）。代谢能  
支出通常由间接量热法确定（即呼吸气体交换法  
用于评估 VO<sub>2</sub> 和 VCO<sub>2</sub>）(66)。自行车运动中的 GE 通常在 20-25% 的范围内  
(42)。

踩踏节奏。踏板节奏 (rpm) 已针对 GE 进行了广泛的研究。  
众所周知，高节奏 (> 90 rpm) 的公路自行车可以减少力量  
每个踏板行程所需的 (67) 和 Hagan 等人。 (68) 表明 RER 显着  
骑自行车的人以 90 rpm 的速度骑行低于 60 rpm 的速度。但是，它似乎以高节奏骑行  
确实需要更多的能量消耗 (69) 和许多早期的短期研究 (1-6  
分钟回合)一直倾向于非常低的节奏 (40-50 rpm) (70、71)。但直到  
海岸等。 al (72) 开始与更有经验的骑手进行更长时间的自行车比赛，  
并研究了功率输出的范围，生理学家对  
节奏和 GE 之间的关系。在较高的功率输出较长的时间（很多  
更可与比赛中的努力相媲美），更高的节奏 (80 rpm) 似乎是“最佳”的  
通用电气和感知努力的立场。然而，作者发现在低速骑行  
功率输出仍然倾向于较低的节奏，这与之前的研究一致。  
这些结果倾向于支持节奏可能会影响纤维类型募集的观点。  
随着节奏的增加，更多的 I 型肌纤维被招募 (73)。 I型纤维工作

更有效,从而导致骑手的 GE 更高。无论如何,精英自行车手似乎倾向于更高的节奏 (73)。

曲柄长度和鞍座高度。其他可能影响 GE 的因素是曲柄长度和鞍座高度。自行车合身性不仅从伤害预防的角度来看至关重要,而且对于最大化功率输出。令人惊讶的是,研究表明,即使是非常显着的变化曲柄长度 (最大 50 毫米) 在 GE (74, 75) 引起相对较小的变化,而较小的变化 (<20mm) 鞍座高度促使 GE (75, 76) 发生较大变化。然而,不利的长期使用极端曲柄长度或不合适的自行车骑行的影响 (例如座椅高度 > 50 毫米不同于“正确”的位置) 从没有得到很好的记录。

#### 影响性能的机械因素

空气阻力、滚动阻力和重力等因素都是不可避免的阻碍作用于公路自行车手的力量。这些因素的总和可以描述为功率要求骑手必须通过有氧和无氧贡献产生。这些机械因素已在风洞和户外进行了广泛的研究,特别是自从引入了 SRM 功率计 (直接测量在一个骑车人自己的自行车)。增加骑手的动力并不是那么简单,要降低骑手所需的能量可能是一种更容易使天平向骑手倾斜的方法。

空气阻力。虽然训练和遗传的差异可以解释生理骑手之间的差异,还有很多其他因素,例如骑手的位置和设备可以通过降低功率要求来影响循环性能的选择。甚至未经训练的骑自行车者可能有能力在平地上以 20 公里/小时 (12.4 英里/小时) 的速度骑行。去两次这个速度可能需要四到五倍的功率——因为更大的力量阻碍了骑自行车的人。事实上,空气阻力超过 80% 的自行车手必须承受的合力

以 40 kph (25) 的速度克服。当骑自行车的人将他们的速度增加两倍时 , 有两倍

尽可能多的空气分子来对抗 , 空气分子以两倍的速度撞击骑手 , 需要

强大的力量来克服它们。空气阻力随速度的平方而增加 ;

因此 , 需要巨大的动力来克服骑手和自行车的阻力

(43)。骑手阻力可由包含所有相关阻力的阻力方程 ( $CdA$ ) 决定

关于骑手的信息。虽然大部分关于阻力的初步研究都是在风中完成的

Kyle 和 Bassett (21) 等研究人员构建了基于隧道的数学模型

在  $CdA$  上确定诸如小时记录之类的事件的功率要求。虽然

使用的特定方程与跟踪自行车运动有关 , 并考虑到路堤

赛车场 , 与速度相比 , 在理解空气阻力方面取得的进展仍然存在。“  $Cd$  ”

代表空气动力阻力系数 , “  $A$  ”表示阻力与

尺寸 ; 对于骑自行车的人来说 , “  $A$  ”是额叶面积 (FA) 的代名词。结合自行车和骑手可以

建立 FA ; 这与克服空气阻力 (20) 所需的功率成正比。发可以

通过在赛车位置上的骑手面前的照片拍摄 , 通常  $\square$  的 FA 是

来自骑手 , 另外  $\square$  来自自行车本身。这个过程很难衡量也很难

重新创建 , 因此 Kyle 和 Bassett (21) 能够开发出一个公式 ( $Af = 0.0293H^{0.725} M^{0.425} +$

0.0604) 考虑骑手身高 (米) 和体重 (公斤) (体表面积 (SA) ) 到

近似 FA 。通过将其与功率计的经验测量相结合 , 他们

还能够计算阻力系数。这一发展有助于进一步量化原因

在平坦的地形上骑自行车时 , 较小的自行车手处于劣势 - 增加的能量

较大的自行车手的正面阻力的要求被较大的绝对功率所抵消

输出 (由于更高的绝对  $VO_{2\max}$  ) 。

起草。经常看到骑自行车的人一起努力克服空气阻力

起草过程。起草在所有大规模起步公路比赛中都至关重要，并提供了一个独特的方面

骑自行车，来自不同团队的骑手可以齐心协力。这种凝聚力可以看出

对立的骑手在突围中一起工作，或对立的骑手一起努力

赶上突围。凯尔 (Kyle) (25) 指出，骑自行车的人骑自行车时会受到空气减少的影响

在大部队中阻力高达 40%，在起草单骑手时阻力高达 30%。这

阻力的减少可以推断为 VO<sub>2</sub> 减少 14% 或心脏减少

率 7.5% (77)。麦科尔等。 al (78) 还得出结论，起草的代谢 (VO<sub>2</sub>) 益处

随着速度的增加而变得更大。起草有助于解释公路自行车战术的原因

非常重要，为什么大规模起步比赛并不总是由最伟大的骑手赢得

最大有氧功率。骑手越接近骑手，牵线的效果就越明显

前面谁在“挡”风。然而，重要的是要承认骑手也可以

即使在领先骑手 (25) 之后最多 5 个自行车长度也能获得滑流效果。不起草

在个人计时赛中严格执行规则；当骑手赶上速度较慢的骑手时，他们需要

在使用道路的另一侧通过之前，保持至少 5 个自行车长度的距离

较慢的骑手。执行此规则有助于最大限度地减少起草的好处。此外，骑手

在前面也可以从后面的骑手那里获得上游的好处；这可能导致高达 3%

减少阻力 (79)。虽然在直接逆风的情况下起草可能最容易理解，

如果风从侧面吹来，它也可能非常有效。在侧风中，骑手可以

在背风侧、稍靠后和偏侧骑行时获得最大的牵伸效果

另一个骑手 (27)。在这种情况下，将形成梯队。这是骑手排队的地方

在侧风中寻求最大吃水的对角线方式。

滚动阻力。虽然空气阻力随着速度的平方而增加,但滚动  
尽管速度发生了变化,但阻力似乎保持不变 (25)。应该注意的是  
传动系统 (底部支架、链条和飞轮)和车轮轴承中的摩擦阻力  
也存在,但偶尔会与滚动阻力混为一谈。很难改进  
由于设备范围有限,传动系统和车轮轴承的阻力  
几个主导市场的制造商。因此,轮胎的滚动阻力  
似乎更频繁地研究循环性能。自行车轮胎 (和  
车轮)在路面上的变形是滚动阻力的主要原因。摩擦的  
对轮胎的阻力受轮胎重量、胎面花纹、轮胎的影响  
压力、轮胎材料和路面 (27)。轮胎压力较低时较宽的轮胎 (>25mm)  
在过去的五年里,在公路赛中越来越常见;事实上,没有团队开始  
在 2017 年环法自行车赛 (80) 中轮胎宽度小于 25 毫米。大陆已发布  
内部测试并声称 “20 毫米轮胎在 160 psi,23 毫米轮胎在 123 psi,25 毫米轮胎在  
由于轮胎偏转的方式,94psi 和 28mm 轮胎在 80psi 下都有相同的滚动阻力  
在负载 (81) 下。理论是窄轮胎可能比宽轮胎 “压扁”得更远,所以  
尽管与道路的接触面积相同,但较宽的轮胎具有更圆的轮廓。  
虽然较宽的轮胎在相同的充气压力下滚动阻力较小,但它们也有  
比窄轮胎 (82) 更大的空气阻力。然而,随着现在更宽的轮辋  
生产,使用更宽轮胎的空气动力学损失减少,这解释了他们  
越来越受欢迎。由于道路的原因,在室外测量滚动阻力非常困难  
表面并不总是恒定的并且存在其他混杂变量。例如,  
让骑手保持相同的身体姿势,相同的速度,并且风是完美的  
常数,需要测量滚动阻力 (83)。

高度。高度已经被广泛研究,因为挑战和

它为骑自行车的表现提供了机会。随着海拔的增加,分压

氧气减少,随后空气密度降低。仅风阻的下降

应该导致更快的循环速度;然而,在高氧分压下降

海拔限制VO<sub>2</sub>max和有氧能量的产生。骑固定装置的氧气成本

100 瓦的循环测力计在海平面和高处基本上是 1.5 L/min 的氧气

海拔,但由于海拔对VO<sub>2</sub>max的影响,在海拔上的相对努力要高得多。

海拔每增加 1,000 米,最大摄氧量下降 5-9% (16, 84-86)。这些观察

在较高海拔骑自行车时创造有趣的动态。虽然空气的影响

高空阻力(或气动阻力)比海平面小,相对

运动强度增加,并可能抵消任何抗风的好处。

文学研究的一个常见例子是 1968 年在墨西哥城举行的夏季奥运会

位于 2,300 米 (7,300 英尺)处。虽然在许多无氧短跑跑步和自行车比赛中

这些比赛比之前奥运会的海平面比赛速度更快,耐力赛事如

与上届奥运会相比,男子马拉松减慢了 8 分钟以上 (6.2%)

东京(在海平面举行)。看起来在远距离获得奖牌也是有竞争力的

1968 年奥运会的项目,高海拔本地人或最近完成的运动员

高原训练有明显的优势 (87)。1968 年奥运会帮助带来了高原训练

和竞争到运动科学的最前沿。事实上,他们促使 Eddy Merckx

1972 年在墨西哥城成功地尝试了自行车世界小时纪录。虽然效果

此后,通过进一步的小时记录尝试研究了海拔高度对自行车性能的影响

在赛车场上,关于什么高度最适合创纪录,仍有待商榷。它是

取决于许多因素,例如骑手在高海拔地区花费的时间

以及它们的生理适应程度。2015年,布拉德利·威金斯爵士打破了

伦敦9 m (29

英尺)海拔高度 (asl)。2019年,Victor Campenaerts在

阿瓜斯卡连特斯海拔1,890米(6,200英尺)。虽然凯尔和巴塞特(21)

估计2,500米(8,200英尺)的高度是创纪录的最佳高度(甚至

较高的高度最适合较短的事件),很少有海拔如此之高的赛车场。

室内赛车场也有一个优势,它可以消除可能减慢速度的逆风。

骑士。光滑、有光泽的轨道表面将通过减少“擦洗”来降低滚动阻力

前轮和后轮未完全对齐时会出现在轨道上的轮胎。

虽然很难准确预测海拔高度如何影响大规模公路赛,但它

可以看出,绝对强度的水平确实随着海拔的升高而降低(88)。许多

比赛在1,500 - 2,500米(4,920英尺-8,200英尺)的中等高海拔地区举行

可能有利于更适应环境的骑手。因此,为了补偿没有出生或

生活在高海拔地区,精英骑手经常在高海拔地区逗留或睡在低压环境中

房间。一些运动员使用“海拔帐篷”来模拟高海拔,但百分比较低

吸入氧气。所有这些都可以提供一些通常与海拔高度相关的好处

训练:增加血液中的血红蛋白浓度、血液缓冲能力和

底物利用的改变-减少对脂肪作为底物的依赖并增加葡萄糖

吸收也许可以改善经济(63)。但是由于需要足够的时间

适应发生这些选择并不总是可行的。已经进行了大量的研究

高原训练类型:高地训练、低地训练(LHTL)、高地训练、高地训练(LHTH)和低地训练,

训练高(LLTH)。但是,很难得出结论,哪种方法最有效

关于海拔和海平面的性能。中高海拔训练营

已证明对发生在 1,500 米 (4,920 英尺)以上高度的事件有益

(89) 但文献对高原训练对随后的海平面的好处存在分歧

表现 (90-92)。虽然可以调查许多因素,但原因似乎并非全部

高原训练营成功地提高了运动员的海平面表现

原因如下:适应时间不够或海拔太低

刺激红细胞量增加,训练质量受损 (海拔限制

训练强度),或与训练高度相关的压力增加会导致

过度训练 (88)。由于上述原因,LHTL 范式获得了最多的

关于海平面性能的积极结果 (93)。根据 LHTL 范式,

在 1,500 米 (4,920 英尺)以下进行训练,但生活在 2,500 米 (8,200 英尺)以上应允许

运动员仍然获得生活在高海拔地区的生理优势 (增加

血红蛋白浓度,骨骼肌的适应,缓冲能力,或改变

葡萄糖摄取变得更加突出的底物利用)而不影响

训练强度。然而,LHTL 原则对那些不能参加

高海拔训练营,或无法进入低压舱的人。它应该是

注意到关于使用低压室模拟的有效性存在争议

其他耐力运动中的 LHTL 原则 (94, 95)。

## 设备选型

设备选择是影响骑行性能的另一个重要因素。

除了自行车轮胎的滚动阻力,传动系统和轴承的摩擦损失,以及

骑手在自行车上的位置;自行车车架、车轮、衣服和头盔会影响

表现。任何这些区域的升级都可以通过减少阻力来减少空气阻力

系数,或通过减少骑手和自行车的总重量来提高性能。由于 29

UCI 和 USAC 法规、设备选择（和骑手位置）有些限制。自从  
参加由这些管理机构推动的赛事的赛车手占了相当大的一部分  
自行车装备市场，大部分装备都是为他们设计的  
种族合法。

框架。自行车的车架被 UCI 限制为传统的“双菱形”  
形状 (96)。然而，框架传统上带有完全圆形和钢制的管子，  
UCI 让管子变得流线型，现在最常见的自行车材料是  
碳纤维或合金，并具有一些形状以试图减少阻力。碳的使用  
纤维材料还使自行车车架变得更轻。一些早期的空气动力学  
框架缺乏横向刚度，但这不再是一个问题。有了今天的镜框，  
空气动力学性能的增益超过了刚度降低的任何缺点。  
空气动力学车架成为公路赛车手的标准问题，而不仅仅是在单项赛事中，如  
计时赛，但也在大规模启动事件中。 Jeukendrup 和 Martin (28) 开发了一个数学  
模型将标准自行车车架与空气动力学自行车车架进行比较。他们  
检查了三个级别的骑手，并预测在 40 公里的计时赛中，使用空气动力学  
帧在 1 分到 17 秒和 1 分 44 秒之间保存，具体取决于  
骑手的体能。虽然身体姿势对个人计时赛表现的影响更大，  
自行车的车架可以显着减少集体出发和个人赛事中的阻力。

轮子。车轮可能是最抢手的升级，因为可能  
个人可以从库存设备中获得空气动力学优势和重量优势  
无需重建整辆自行车。然而，为了获得空气动力学和轻量级  
轮对会给骑手带来经济上的损失。旋转重物被认为更为重要  
惯性导致的性能。由于车轮比自行车的其他部分旋转得更多，这使得

在轮辋上减轻重量是有利的 (82)。存在许多由用于赛车的碳纤维复合材料。辐条数、轮辋深度和表面都会影响车轮重量、刚度和空气动力学。辐条和轮辋深度会影响刚度或空气动力学,轮辋和辐条的表面可以凹陷以提供“高尔夫球的效果,完全光滑有光泽,或两者结合达到最大空气动力学优势 (29)。虽然制造商使用这些专有技术进行营销目的,现代几乎每个轮子都遵循两个轮子为622mm的模式由于 UCI 限制 (96),直径 (27”)。专业团队通常有车轮赞助商这为他们提供了各种轮辋轮廓和辐条数量,以最适合地形,如果在比赛中发现的坡度达到陡峭的坡度 (~10%) ,车手通常会选择最轻的车轮速度下降和对抗重力是主要障碍。如果课程是平滚动的,则较深的轮辋虽然较重,但由于其出色的空气动力学特性而经常被选中。事实上,它是在个人计时赛中常见的是完全坚固的后轮 (坚固的前轮是不合法的)事件,即使侧风中的稳定性差最初阻止骑手使用它们(27)。与自行车车架类似,车轮在风洞测试中得到了广泛的研究,计算流体动力学 (CFD) 和实际条件。然而,没有制服测试方法,车轮的直接比较是困难的 (97)。一般来说,可以得出的结论是,空气动力学前轮比空气动力学后轮更有益(28) 因为后轮被车架和骑手部分遮挡。此外,刀片式辐条是比圆形辐条 (78) 更快,并且最佳轮辋深度取决于风速和骑手尺寸 (98)。还需要注意的是,由于光盘的快速发展和普及公路自行车刹车,制造商一直在尝试对车架进行空气动力学优化和车轮可以更好地与这种类型的制动系统配合使用。

头盔和衣服。头盔和衣服对于降低风阻至关重要

也一样,但两者的重量变化都没有框架或车轮那么大。因此,较少强调

放在他们身上。尽管头盔和服装已经变得更加优化

最初考虑个人计时赛,现在可以看到骑手穿着紧身衣和

大规模启动事件中的空气动力学头盔。头盔变得更加符合空气动力学

比 1900 年代初至中期使用的“发网”公路自行车骑行者。圆润的边缘,光滑

在个人计时赛中,经常会在头盔中看到线条和通风很少,因为这些

即使光头不戴头盔,通常也可以将时间每英里缩短一秒

(49)。1990 年代和 2000 年代初的个人计时赛头盔几乎都有长尾

“泪滴”,在最佳位置时会降低阻力,然而,最近的风洞

测试表明,如果骑手从最佳位置中断,尾巴实际上会导致

增加阻力 (99)。这导致许多头盔制造商减少了头盔的长度

仍然保持圆润的边缘和流畅的线条,使头盔更加圆润但整体

使头盔明显变短。这种趋势已经延续到为大规模启动而制造的头盔

比赛,尽管通风更多。

近年来,服装在公路自行车方面也取得了巨大的进步

相对于抗风性的性能——一件不合身的球衣的阻力很容易被辨别出来

肉眼观察,因为针织面料上的皱纹会增加阻力。已经证明

在风洞中的自行车模特和现实世界中的公路自行车手上

合身的纯涤纶莱卡在空气动力学方面几乎与氨纶一样快,大约是 1

在 40 公里的计时赛中,它比羊毛骑行服 (49) 快 1 分钟。虽然一件

紧身连衣裤通常紧贴皮肤,因此更符合空气动力学,但并未针对

让骑手保持凉爽,直到开发出排汗技术。结合轻质氨纶

和弹性体的组合使公路自行车手在保持空气动力学的同时  
让身体的热量散发出去。

### 培训理念和技术进步

耐力训练研究。众所周知,不同的人会做出反应  
不同于耐力训练。一些未经训练的人看到了多达 50% 的改进  
训练计划中的最大摄氧量(VO<sub>2</sub>max) (耐力或间歇训练)  
而其他被归类为无反应者的人则认为VO<sub>2</sub>max (100) 几乎没有增加。研究设计  
对于竞技自行车手,通常涉及 :预测试、随机对照试验 (RCT) 和后期  
测试 (101)。前测试和后测试通常使用相同的协议 (即循环测力计  
VO<sub>2</sub>max测试,斜率相同)。

传统的培训研究通常遵循这些原则的议程,无论是  
是否明确说明 :功能性超范围 (FOR)、非功能性超范围 (NFOR) 和  
极少出现过度训练综合征 (OTS) 设计。 FOR 研究设计是锻炼  
需要很短的时间才能从中恢复——通常是几天; NFOR 研究设计非常重要  
更高的训练负荷或训练量,通常需要数周才能恢复,而 OTS 研究设计  
是最严格的,可能需要几个月才能从 (102) 中完全恢复。这些广  
训练的概念可以应用于阻力和耐力训练,而不仅仅是  
仅限于自行车项目。典型的培训研究设计通常持续 4-12 周  
(101)并且可能遵循骑自行车者在更自然的环境中可能使用的四种方法之一。

这些包括块周期化、线性/传统周期化、非线性/波动  
分期或反向分期。术语的变化可能导致不一致  
研究之间 (103)。无论如何,所有这些研究设计都严重依赖于高强度  
间歇训练 (HIIT)。但是,每个分期模型在不同时间使用 HIIT

在整个计划中。 HIIT 涉及反复进行的高强度运动（功率范围从 90-170% 的VO2max持续 30-240 秒)穿插恢复期（范围为 60-360 秒）。这种间歇训练是改善代谢功能最有效的方法之一，个人的心肺健康（104）。

训练周期。两位教练对训练的阶段和时间进行了激烈的争论 和运动员。运动员和教练都需要根据比赛程序进行调整

赛车手在赛季期间参加。一般来说，在一个典型的周期中有不同的周期

训练季节：大周期、中周期和微周期。大环通常由公路骑行者的一年计划并包含公路骑行者的长期目标，而中周期是通常长度在 2-6 周之间，并在相对于赛车手特定的特定区域工作需要（34）。公路自行车文献中发现的典型且可能是最常见的中循环

可能是 3 周的高要求和特定训练，然后是 1 周的计划恢复，在此期间，音量和强度都故意降低，以便有时间适应先前的三周（12）。微循环将训练进一步分解为 3-7 天。这几天，所有一起，组成一个“块”锻炼，以帮助逐渐超载训练量

（105）。许多培训计划包含从大周期到大周期的所有内容微循环，教练和运动员从广泛的目标开始，然后将它们分解

更具体的绩效目标。构建培训计划的一种方法是针对这些每个中周期后要测试的具体性能目标。例如，教练可能

指定一个为期 4 周的门槛训练块，为即将到来的比赛做准备在比赛结束时延长爬升。在这 4 周的中周期中，骑手可能每周完成 2-3 次锻炼，旨在提高他们的功能阈值力量（即 2x20 在功能阈值功率以下的微小努力）。短暂的休息后，教练会

然后看看运动员是否提高了他们的阈值力量,这取决于分级练习  
测试或 20 分钟的功率测试。

测量训练负荷。体力活动 (PA) 的评估可以使用体力  
活动问卷 (PAQ) 。这些 PAQ 询问某些活动的时间量  
在一定数量的代谢当量 (MET) 下进行,通常用于计算  
每周训练量 (以 MET.分钟为单位) 。虽然对非专业人士有用,但 PAQ 非常有用  
主观的,有些甚至不报告运动强度。这对那些没有什么价值  
从事竞技体育 (106) 。也可以客观地测量训练负荷,  
通过使用心率监测器、GPS 装置、可穿戴设备和功率计。这些  
方法都适用于公路自行车。

心率。当监护仪是胸带设备时,心率 (HR) 非常准确  
无线传输到接收器单元。与心电图仪 (ECG) 相比  
(107) HR 监视器提供了极其有效和可靠的心率估计 (108)。人力资源  
监视器提供了对不同外部施加在身体上的生理负荷的测量  
工作率 (即功率要求) 。此外,HR 值会受到压力变化的影响,  
水合作用、温度和/或高度几乎是瞬时反馈。关于道路  
骑自行车,心率监测器可以轻松显示身体正在努力克服  
重力和上山而不是下山。精准心率等人力资源培训书籍  
Burke (109) 的培训建议将心率值分类为区域以帮助监测  
强度。一个简单的总训练压力指数可以使用每分钟的点数来获得  
区域 (TRIMPS:区域 1 中的一分钟为一分,区域 2 中的一分钟为两分,以帮助  
估计给定骑行或一周的总工作量。此外,如果心率训练区  
是在实验室测试期间确定的 (这是必要的,因为无法测量最大心脏

估计准确),再加上血乳酸检测,这可以提供一个非常可靠的依据  
用于训练区。然而,在公路自行车中看到的强度快速波动是非常困难的  
仅通过使用心率来解释。骑车人增加之间存在时间差  
他/她的权力以及 HR 何时增加。此外,许多因素会影响 HR,包括  
环境温度 (110)、水合作用、海拔、压力和/或自行车位置的变化  
本身 (111)。在训练中仅依靠心率很难测量公路自行车  
进步。

静息心率。静息心率 (RHR) 不是训练负荷的直接衡量标准,而是  
也可以是一个有用的指标。使用 RHR 评估训练压力的最常用方法是  
早上取一个仰卧位和站立位的值,并比较这两个值来监控  
过度训练 (112)。使用这种方法,运动员应该每天进行仰卧和站立 HR-  
这两个值之间的差异越大,个人越有可能  
过度训练。其他研究和方法更简单,需要个人  
获取坐姿静息心率并每天进行比较 (113)。尽管跟踪  
RHR 是一种简单且可能有效的 (114) 测量静息心率的概念  
防止过度训练没有很好的记录。理论上,如果静息心率升高,  
运动员应该休息,如果静息心率正常,运动员可以继续训练  
程序。具有与基线相当的静息心率应该表明  
个人准备好按照规定继续培训计划,同时增加  
基线 (尤其是站立姿势) 被认为是过度训练的指标  
(115)96)。

RHR 作为过度训练的指标有局限性。它并不表示准备好  
比赛或当运动员应该退出激烈的锻炼时。许多研究确实

没有具体的参数来说明什么是与基线的 HR 差异过大  
(116)。此外,训练压力的积累和有目的的过度训练 (与  
FOR 和 NFOR) 最初可能会或可能不会出现生理体征和症状 (102)。  
据我们所知,没有任何训练研究开发出算法来改变  
基于当天测量的 RHR 值的锻炼——所有研究都是“休息”或“训练”  
基于 RHR 指示;没有轻到中度或耐力训练日,如果  
RHR 略有升高。如果仅由 RHR 指导,这可能会限制  
运动员的训练日。

可穿戴设备。在过去的 15 年中,可穿戴设备也发生了翻天覆地的变化  
年。可穿戴设备可以包括与计步器、睡眠跟踪器、脉搏器类似的功能  
血氧仪、心率监测器或 GPS 装置,仅举几个可能的功能。锻炼时佩戴  
WHOOP 表带或OURA 戒指等设备全天记录心率  
变异性 (HRV)。这可以帮助制定“每日压力”评分 (117),该评分已获得  
在运动员和公路自行车手中广受欢迎。运动员或教练可能会  
使用它来根据压力恢复确定一天的运动强度或持续时间  
连续平台记录基于 HRV。HRV 是一种非侵入性指标,用于记录  
相对于个体平均心率的 R 波随时间的差异;那么分数是  
据报道,这是从连续差异的平方根得出的 (118)。心率变异性  
与由某机构确定的 HRV 相比,由这些设备测量的结果也被认为是准确的  
心电图 (119)。HRV 可能在一天中波动,并且据称表明准备就绪  
进行剧烈运动,因为它与自主神经系统有关 (120)。它可能  
还可以想象地表明一个人在晚上恢复得更好并且“准备好表演”  
比早上锻炼。随着这些特定设备整天佩戴,专有算法

用于生成“每日压力”值的最有可能还考虑了 HR 和睡眠。尽管 HRV 是高度个体间的，研究并不完全致力于它的概念，有研究表明，随着 HRV 的增加，个人可以更有能力执行中度到剧烈的 PA (117, 121)。同样，处理反复出现的压力的个人身体或其他方面，可以使用 HRV 作为自主神经系统被破坏的信号。这可能是 HRV 设备作为训练工具最畅销的方式 - 以防止过度训练优化物理性能——而不是作为录音设备。高迷走神经活动直接与身体机能的提高有关 (122)。添加 HRV 的变量允许运动员看他们的迷走神经活动是否高，进一步可以表明之前的程度。天训练压力对他们的身体施加压力 (116, 117, 123)。如果个人的 HRV 是与之前的记录相比非常低，它可能会阻止运动员尝试 HIIT 锻炼，未能完成规定的锻炼，并进一步陷入 NFOR。相反，确定锻炼的运动员或教练可以规定更容易、更易于管理的锻炼为运动员。很少有研究为使用 HRV 治疗的有效性提供证据。指导运动员的训练 (124)。使用提供 HRV 的 WHOOP 表带或 OURAO 环，运动员可以在当天收到适度训练的建议，而不是训练或训练当天不训练 (118)。HRV 设备可以建议中等工作量或 RHR 中不常见的“谨慎行事”元素。

头部单位。在全球定位系统 (GPS) 设备普及之前 2000 年代初期，在大多数道路上仍然可以看到更简单的自行车专用计算机骑自行车的人的自行车。这些称为自行车计的设备根据车轮计算距离周长和转数，用辐条上的简单磁铁和磁簧测量打开前叉，可以显示行程长度、平均速度、最大速度和时间。

自行车计可让公路骑行者捕捉和记录总训练量,而 HR 监测测量的训练强度。结合在一起,公路自行车手能够更好地捕捉训练负荷的波动;然而,由于公路自行车非常依赖条件 (即,风速/风向、路面、设备、起草等)仍有较大错误的余地。

如今,商用 GPS 头戴式设备在公路自行车骑行者中非常流行。

Garmin® (Olathe, KS) 和 Wahoo (Atlanta, GA) 甚至在国际和

有能力捕获许多原始自行车以外的数据点。这些设备是

常见于赛车手的车把上。主机不仅显示实时地图

骑手的位置以帮助他们导航,但也可以显示其他指标,如 HR、力量和

海拔增益。功率计使用应变仪来测量骑车人施加的扭矩,以及

当与角速度相结合时,可以计算以瓦特为单位的功率 (13)。可以显示电量

(就像 HR)从有线或无线连接到主机。 GPS (主机)设备,如

这也增加了社交媒体应用程序的受欢迎程度,例如 Strava®,它允许用户

上传 GPS 文件以跟踪路段的进度或 (异步) 竞争

他们在同一路段的同行。

功率计。自行车功率计现已广泛使用,也许是最常见的

跟踪公路自行车运动员训练负荷的有效方法。当与伴随

在软件中,功率计可以提供有关训练量和强度的信息。力量

仪表可以位于自行车的曲柄组、踏板或后轮毂中。随着更多的选择成为

每年可用,价格开始从数千美元下降到数百美元。

长期以来,自行车测力计就可以进行功率输出测量。然而,自行车

功率计允许骑自行车的人骑自己的自行车,并在

任何时刻。市售功率计可以显示骑手的功率输出  
(以瓦特为单位) ,它们还允许通过 ANT+、蓝牙或  
公司自己的总机。这些数据记录允许运动员和教练员检查  
更详细地完成了培训课程和相关的生理反应。尽管  
功率计以千焦 (kJ) 为单位报告所做的功,能量消耗为  
通常以千卡为单位 (至少在美国) ,必须注意功率  
仪表正在测量外部功 (kJ) -而不是执行该功所需的总能量。经过  
知道外部工作的水平,这可以用来估计代谢能量的量  
用来完成这项工作。根据定义,总效率是外部工作量与  
为完成这项工作而消耗的能量。大多数公路自行车手的总效率通常会下降  
20-25% 之间,取决于许多因素 (125)。 (例如,300kJ 的机械功 /  
 $4.184 = 71.4$  大卡;  $71.4 \text{kcals} * 4$  (效率为 25%)= 285kcals)对于每 1.0 kJ 的机械  
做功,骑自行车的人消耗 4.18 kJ (即 1.0 kcal)的能量。因此,骑自行车的人可以使用  
显示在其头部单元上的 kJ 机械功的数量,以估计代谢能  
他们在骑行过程中使用,这反过来又有助于估计他们有多少大卡  
应该每天食用。

SRM (德国于利希)基于曲柄的功率计是第一款商用  
1980 年代后期可用的功率计,但它既昂贵又笨重  
这甚至让最受数据驱动的运动员感到沮丧。 PowerTap™ (威斯康星州麦迪逊)发布了  
1990 年代后期基于轮毂的功率计,这也是沉重且有限的后轮选项  
对于骑手,但该设备要便宜得多,并开始为业余爱好者打开市场  
和获得赞助的专业人士。 SRM 和 PowerTap™ (现在具有基于踏板的电源)  
仍然是两家顶级功率计公司,但 Quarq (伊利诺伊州芝加哥) 、Stages 等品牌

(Saddleback Ltd.,英国)、Rotor (犹他州盐湖城)、Pioneer (日本东京)和 Power2Max (德国瓦尔杜芬)以更实惠的价格进入市场,进一步推动降低拥有功率计的成本。虽然移动功率计的存在要早得多,很少有人知道如何解释正在记录的数据,特别是由于高度户外骑行的可变性。Hunter Allen 和 Andrew Coggan (13) 发表了一篇第一个用于解释功率计数据的综合指南,标题为Training and Racing,其中包含Power Meter于 2006 年出版。这本书奠定了许多软件公司 (即。TrainingPeaks<sup>®</sup>) 以训练压力为基础,通常严重依赖 Coggan 的归一化幂 (NP) 的概念。Coggan 的运动生理学和个人骑行博士学位背景帮助他认识到,户外骑行的平均功率输出并不充分描述相对努力。在起伏的地形上骑自行车,或者在速度快的地方骑自行车在快慢之间交替,被认为比在平地上骑自行车更费劲具有恒定速度的地形。Coggan 推断生理反应 (例如乳酸生产、糖原利用、激素水平) 与运动强度呈曲线关系,这意味着在乳酸阈值或以上进行的片段对身体。Coggan 还记录了这些生理过程不是瞬时的功率输出,并有 30 秒的半衰期 (例如通气、血浆肾上腺素浓度,人力资源)。考虑到这些因素,Coggan 制定了一个指标,称为归一化功率 (NP),有助于更准确地测量真实生理压力与平均功率相比,给定的训练课程。此外,企业喜欢 TrainingPeaks 现在使用 NP 来测量训练压力并确定强度因子 (IF) 骑行,加上持续时间可以提供训练压力分数 (TSS)。

## 自行车运动员的生理特征和训练习惯。生理学研究

---

骑自行车的人存在;然而,它们通常只在非常精英级别的骑自行车者身上进行 (表 1,

附录A)。男子职业自行车手VO<sub>2</sub>max通常在 5.0-5.5 L/min 或 70-

80 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (19) 有出色的骑手,如前面提到的这些

标记,特别是在赛季高峰期。同样,Burke (82) 报告说,

1984 年美国男子国家队的VO<sub>2</sub>max为 74.0 ± 8.3 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (平均值 + SD) 和 —

业余 I 类男性研究的最大摄氧量为 70.6 ± 9.5 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> .伯克指出

这两组之间的代谢差异相对较小;这进一步促使

研究 (126) 研究了专业公路自行车运动员之间的生理差异

(至少骑过三个 Grand Tour 之一)和同龄的精英自行车手

作为他们的专业同行。有趣的是,这两组之间的差异

在次最大强度下观察到,不一定是最大摄氧量。职业车手的 LT

发生在较高的相对强度,表明对脂肪代谢的高度依赖。尽管

关于用于确定功率输出的方法存在很多争议

对应于 LT (31, 32),可以看出,在几乎所有的研究中,包括专业

骑自行车的人,职业骑手的 LT 功率占最大摄氧量的百分比非常高

功率 - 在许多情况下,它接近 90% (2, 10)。这 90% 的值与所见明显不同

在业余爱好者中,不仅基于这些研究,而且基于过去的证据。 LT是最好的生理

公路自行车性能的指标,甚至超过最大摄氧量(52)。很少有研究同时具备

检查并报告了以下业余自行车手的VO<sub>2</sub>max等生理特征

第一类,在女性自行车运动员之间的类别差异方面更是如此 (6)。

虽然预计 USAC 类别中的VO<sub>2</sub>max会下降,但 Tanaka 等人。

(6) 报告了美国自行车业余爱好者 II、III、IV 类自行车运动员的最大摄氧量

联合会组中男性 II 类骑手的平均 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 为  $69.39 \pm 1.28 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，男子 III 类骑手  $64.98 \pm 1.71 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，男子 IV 类骑手  $63.63 \pm 1.94 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，和女性骑手 II-IV 类为  $52.48 \pm 2.82 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ （表 2,附录一个）。尽管 Tanaka 的女性样本量相对较小 ( $N=6$ )，但有趣的是，进行的分析包括 232 名有竞争力的女自行车手的 20 项研究，最大摄氧量据报道，平均值为几乎相同的  $52.5 \pm 5.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (127)。它也应该是注意到大多数大师赛的公路赛车手，无论性别，都会出现最大摄氧量下降尽管继续培训 (128)。

随着 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 和 LT 等生理特征的获得，数据也得到了在非常精英级别进行收集和分析，以反映比赛的身体需求 - 特别是 Grand Tours (环意自行车赛、环法自行车赛、环西班牙)并进行了讨论广泛 (45,48,129)。更加重视在不同领域表现出色的骑手种族的种类。随后的研究也更深入地研究了不同体型的概念专业骑手之间存在的生理特征；这在专业水平 (10)。这些研究已被转化为业余水平分组骑手进入由自行车队决定的“平坦地形”、“登山者”或“全能骑手”教练 (130)。虽然主要区别是人体测量，如体重指数 (BMI，以  $\text{kg}/\text{m}^2$  为单位)，体脂百分比 (BF%)，体重 (肌肉、骨骼和脂肪量) 和“平坦地形”骑手和“登山者”之间的高度显着不同，后者在这项特定研究中，所有指标的值都较低 (130)。唯一的生理这些组之间的差异在于“登山者”的相对 $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) 与“平坦地形骑手” (130) 相比，最大摄氧量更高。

有关专业人员的具体培训习惯的信息已发布,但

业余水平的信息较少。总训练量估计在

25,000 公里和 35,000 公里的平均 (男子)职业自行车手 (52) ;估计介于

其中 70-80% 用于 (女性)职业自行车手,他们通常参加较短的赛事

(11)范厄普等人。 (11) 还报告了平均训练量和在各种活动中花费的时间

强度区,男性和女性职业自行车手。他们的研究得出的结论是,女性

职业自行车手骑自行车的时间更少,但训练的相对强度比男性高

专业人士。但是,他们没有报告可以持续超过

不同的时间段。这通常被称为赛车手的“功率曲线”,它

使用全年使用的自行车功率计构建。

Coggan 发表了与骑行类别相关的功率曲线的理论模型

(13) 但很少有研究对专业自行车赛车手进行实证研究以记录峰值功率

可以在不同时间段内持续的输出 (21、131、132)。这些数据可以证明

有用,因为它们与不同的生理特征高度相关,例如

神经肌肉力量、无氧能力、最大摄氧量和 LT。虽然存在关于权力的研究

VO<sub>2max</sub> (2, 10) 时的输出,冲刺期间的峰值功率 (18, 38) 和 LT (33) 时的功率

职业自行车手,很少有关于业余爱好者的研究。因此,“电源配置文件”的

业余自行车手可以帮助我们完善关于神经肌肉力量差异的知识,

无氧能力、 VO<sub>2max</sub> 和 LT,无需昂贵的实验室设备。

与训练量和相对强度相关的是不同训练的有效性

制度,这个话题已经在许多级别的自行车运动中进行了研究,尤其是与VO<sub>2max</sub> 相关。

应该注意的是,最大摄氧量的改善归因于氧气输送的增加

由心脏、肺和红细胞 (中枢适应) 和改善的氧摄取

肌肉（外周适应）(63)。文献通常指定两种不同类型的培训，持续训练和间歇训练，许多子类别属于后者。尽管间歇训练和连续训练都可以提高未经训练的人的最大摄氧量，间歇训练训练，特别是 HIIT（重复功率输出范围为 VO<sub>2</sub>max 功率的 90-170% <45-240 s，穿插恢复期）已被证明在增加最大摄氧量(133-135)。有趣的是，在许多研究中，高强度间歇训练也被证明对减肥和改善身体成分更有效，尽管需要实际骑行期间的热量消耗显着减少(135)。然而，简单地说在公路自行车的许多方面，间歇训练比连续训练更有效简化；在许多短期内使用的强度训练是不可能的长时间的培训研究。试图这样做可能会导致烧毁或受伤。

虽然众所周知，间歇训练在增加 VO<sub>2</sub>max 方面更有效与连续训练相比，间隔的相对强度、恢复的时间长度间隔，而间隔的频率要复杂得多，也很难确定什么是对公路自行车手最有效。关于提高 VO<sub>2</sub>max 的有效间隔，尤其是对于那些被认为训练有素且体能稳定的人，包括反复比赛引发 95-100% 的 VO<sub>2</sub>max (35)。虽然许多间隔可以引出这一点，但文学有一些关于什么长度和强度是最有效的争论。有过 VO<sub>2</sub>max 显着增加，间隔短至“Tabata 间隔”(134) 非常短以 170% 最大摄氧量功率进行 20 秒的极高强度训练，仅需 10-几秒钟的恢复重复了七次或更多次。然而，更长的高强度间隔例如 8 分钟以 90% VO<sub>2</sub>max 功率进行四次重复，然后进行 4 分钟的恢复，已证明可有效增加 VO<sub>2</sub>max (136)。间隔超过 8 分钟（尽管仍然

比持续训练更激烈)通常会低于 HIIT 的功率范围

输出 (<90% VO<sub>2</sub>max 功率输出) 并且可能不会导致 VO<sub>2</sub>max 的那么多改善。

但是,这种类型的培训计划会引发其他培训调整,例如:

增加对脂肪氧化的依赖,促进快肌纤维产生慢肌

肌纤维特征,并增加心输出量 (137)。

查看训练强度分布也有助于了解骑手的训练习惯

目前正在完成;然而,体积的重要性往往被忽视

分析强度分布,就像只研究体积或平均强度不

描绘培训计划的全貌。许多来源使用基于不同的训练模型

在三到七个强度区域的任何地方,这使文献复杂化,也许

误导不熟悉的研究人员和骑自行车的人。两个最受欢迎的培训项目

目前基于完成有关“最佳位置”培训 (SST) 的课程 (13) 和

“极化”训练 (138) 在训练强度分布上有显著差异。在 SST 中

基于计划,骑自行车者以 88-94% 的时间间隔训练 (通常为 15-45 分钟)

LT 功率每周多次。理论上,SST 会产生许多生理益处,例如

随着血浆容量的增加、LT 的增加、肌糖原储存的增加,以及

ST 肌纤维肥大。这个想法是在 LT 以下进行训练以避免疲劳和

燃尽。另一方面,通过极化训练,绝大多数 (~85%) 的训练是

远低于他们的 LT 功率 (可能低至 60%),尽可能少的训练

进入 75-100% LT 功率的“灰色地带”,剩余 10-15% 训练处于高位

强度,肯定高于 LT,通常在 100% VO<sub>2</sub>max 左右(138)。职业运动员在

各种运动通常遵循类似于两极分化训练的模式 (139, 140)。在某种程度上,这

可能是因为许多人需要每周骑很多小时（20+）的时间，并且  
在这样的持续时间内，大量的纯有氧训练可能是身体上唯一可行的。

虽然文献中关于不同间隔的有效性存在争议

长度和强度，许多研究认为区块周期化比区块周期化更有效

传统或线性周期化（141, 142）。传统的分期是当运动员

在整个过程中同时发展他/她的训练能力（冲刺、门槛、耐力）

季节，而区块周期由非常集中的周期组成，指向

在一段时间内依次发展运动员的特定能力，通常在 1-

4 周（143）。在单个“块”中，一种常见的策略是逐步加载

有针对性的强度，例如，教练可以指定一个为期 4 周的块来进行阈值训练

为即将到来的比赛做准备，并在比赛结束时延长爬坡。培训

块”中的块”然后被一段恢复期分开，以允许

必要的生理适应，积木相互“构建”，获得更多

随着时间的推移对身体的要求。许多计划在休赛期后重新开始训练

一个或两个以耐力为基础的低强度连续训练模块

尝试建立有氧能力，提高对脂肪代谢的依赖，增加

血浆量。然后程序继续进行基于间隔的训练块。

阻力训练也被证明可以提高骑自行车者的表现，特别是

在峰值功率输出和经济性方面，男性（144-146）和女性（147）。这些

研究已将“最大力量训练”用于包括高负荷在内的下肢锻炼

并且很少重复强调神经适应而不是肌肉肥大。短暂的回合

最大力量训练似乎最适合骑自行车的人，因为阻力训练可确保

激活神经肌肉系统。然而，上述研究均未导致体重

增益（148），这在其他举重计划中很常见。核心稳定性训练  
在提高性能方面的研究较少，但它可能有助于自行车力学  
(149)。从伤害预防的角度来看，核心稳定性训练也可能有用（150）。

### 第三章 : 手稿

抽象的

自行车仪表和社交媒体应用的新进展使其成为

可以获得关于训练和比赛的定量数据。目的：分析训练数据

(训练量、频率、距离、速度和比赛天数)和公路赛车手的功率分布

USA Cycling,为了比较性别和类别(专业、1、2、3、4、

5)。方法：第1部分：使用USAC比赛结果，拥有活跃Strava®帐户的赛车手被

选择。使用从自行车GPS主机上传的数据，543名USAC赛车手(279名男子，264

妇女)，记录了2019年的数据。第2部分：显示功率计数据的受试者

联系Strava®以获取人口统计信息和峰值功率数据(5秒、1分钟、5分钟、

20分钟和1小时)。92名业余赛车手(67名男性，25名女性)完成了这部分研究。

年度培训指标、功率数据和调查结果在各个类别之间进行了比较，

使用方差分析的性别。结果：第1部分：2019年，职业女性(N=20)

634.7±135.2小时，16,581±3,562公里，完成304.4±28.5天，33.2±7.8场比赛；

职业男子(N=29)骑行864.7±160.0小时，26,103±5,210公里，完成310.6±39.3

骑行天数，49.9±17.1场比赛。专业人士之间存在显着的性别差异，因为

除骑行天数外的所有变量( $p<0.05$ )。在业余爱好者中，训练量、距离、比赛、

和骑行天数都随着类别的增加而下降，但内部没有性别差异

这些变量的类别2、3、4和5。第2部分：功率曲线呈指数增长

随着测量周期(5-s到1-h)的增加，功率输出(W/kg)下降。第一类

与其他业余女性相比，女性在5秒、5分钟、

和20分钟功率( $p<0.05$ )。3-5类女性之间的差异是非

重要的。1类男性在5分钟、20分钟内的数值显着高于其他业余男性

min和1-h功率( $p<0.05$ )，并且2类男性显着高于5类男性

20 分钟功率( $p<0.05$ )。结论:年度培训数据和

USAC 类别和性别之间的权力概况。了解培训特点

USAC 男女运动员的力量和力量概况可能对公路赛车手和

教练设计培训计划。

## 介绍

1970 年代,美国的公路赛车越来越受欢迎,随着引入管理机构美国自行车联合会 (USCF) ,后来发展成为美国自行车赛 (USAC) 。虽然职业公路赛仍然远远不止在欧洲得到认可,在美国参加业余自行车比赛的人数有所增加人气。2010 年获得了 69,684 家独特的赛车执照,增长了 63% 来自 2002 年的 42,724 个许可证 (1)。在这些 USAC 执照持有者中,每位赛车手都被指定为属于第 1 到第 5 类,第 5 类由初学者组成。赛车手可以通过在 USAC 认可的赛事中排名来获得升级积分以提升类别。

公路自行车由三个主要学科组成:公路赛、计时赛和标准。这些事件的长度和形式各有不同,并且具有不同的能量需要在各个方面取得成功。这让不同生理的骑手特征和训练习惯更适合某一事件而不是其他事件。一些生理因素决定了赛车手在上述学科中的成功:最大摄氧量(VO<sub>2max</sub>)、乳酸阈值 (LT) 和肌纤维类型与自行车有关。公路赛车。最大摄氧量值已在公路自行车手中得到充分记录;这在专业水平 (2-5) ,但业余水平 (6) 较少。最大摄氧量在骑行中很重要,因为它设定了通过氧化途径产生有氧能量的上限。力量低于 LT 的输出可以维持几个小时,但高于 LT 的输出是不可持续的长时间 (7),因此 LT 对性能至关重要。应该注意的是耐力运动员训练有素的肌肉通常具有更高比例的 I 型肌肉纤维 (8),这似乎也适用于骑自行车的人 (9)。

尽管这些精确的生理指标需要类似实验室的环境来测量，技术的最新发展基本上允许骑自行车的人滚动实验室在他们的自行车上,甚至在户外骑行中。主机使用全球定位系统(GPS)显示骑手位置的实时地图以供导航,还可以显示和记录距离、速度、海拔、心率(HR)和功率输出(如果连接到功率计)。在此外,使用Strava等社交媒体应用程序现在允许骑手将GPS文件上传到跟踪路段的进度并(异步)与他们的同行竞争同一路段。在许多情况下,这些数据(即距离、持续时间、心率和功率)是公开的。虽然实验室测量的准确性更受锻炼的青睐生理学家,从与功率计耦合的主机单元提供的信息可以对有抱负的公路自行车手来说几乎一样有用。科学研究已发表在专业人士的训练习惯和力量输出(2-5,10,11),但信息量要少得多可在业余水平(6)。

文献中概述了培训计划,以指导公路自行车手使用这些头单位和功率计有效。Friel的一本书,骑自行车者的训练圣经(12),提供背景信息、案例研究和“建议的年度培训持续时间”表。这预期的培训量(以小时为单位)可用于为专业人员制定培训计划,以及USAC内IV类的业余爱好者。建议专业人士培训每年800-1200小时,I类和II类700-1000小时,III类500-700小时,IV类每年350-500小时,V类每年200-350小时(12)。这些值根据弗里尔的早期版本,最初是“粗略估计”,很可能根据他个人的执教经验。Friel推荐的培训类型包括骑自行车、阻力训练和其他形式的交叉训练。然而,虽然这些

数字经常被引用,很少有实证研究支持它们。这尤其  
在性别差异方面确实如此。虽然 Friel 的培训建议包括花费的时间  
在自行车、阻力训练和交叉训练方面,目前的研究将收集数据  
专门用于自行车训练。

Coggan 和 Allen 的《使用功率计进行训练和比赛》 (13) ,2006 年出版,  
是第一本向个人展示如何分析电力数据并有效使用它的书籍之一  
训练。在内部,Coggan 开发的图表显示了相对于重量 (W/kg) 的功率输出  
在 5 秒、1 分钟、5 分钟和功能阈值 (95% 的  
一个人的 20 分钟功率) 。 Coggan 使用插值法构建了这张图表,以估计  
八类 (国际职业选手、国内职业选手、IV 类、非赛车手) 的值基于  
有史以来 (由专业人士)记录的最高已知值和由未经训练的平均记录的值  
人口。这些时间范围 (5 秒、1 分钟、5 分钟和功能阈值 (一个人 20-  
选择分钟功率) )以产生反映神经肌肉功率的功率输出,无氧  
容量、 VO<sub>2max</sub> 和 LT。即使没有实验室,骑自行车的人也可以骑自己的自行车  
配备功率计来获取此信息。编译个人数据  
这四个时间框架被称为“功率分析”,可用于预测哪种类型的  
骑自行车的人 (即短跑选手、计时赛选手、登山者、全能选手)。比赛成绩最好  
个人与其他公路赛车手或他们受人尊敬的类别相比的指标,  
但这些基准 (W/kg) 可以为运动员提供训练参数或目标。科根的  
原始功率分布表是通过锚定连续体的高端和低端而开发的  
分别针对专业骑手和未经训练的自行车手,然后针对  
业余车手 (13)。但是,可能需要将它们的功率曲线与  
其他 USAC 公路赛车手。

本研究的目的是进一步分析训练习惯和力量概况

目前的 USAC 公路赛车手。如今,Strava 等在线平台可以作为公共

可用的数据库,可以更仔细地查看训练习惯和表现能力

专业人士和业余爱好者一样。这可以提供对性别差异的洞察力

和类别,也许可以作为赛车手目前正在做什么的实用指南

训练和比赛。

方法论:第 1 部分 - USAC 公路赛车手的训练/比赛特征

### 1. 参与者

研究的第一部分是匿名进行的。纳入标准包括

拥有有效的美国自行车 (USAC) 比赛执照,2019 年在美国参加比赛,拥有公众

Strava 个人资料,并在 2019 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日期间定期上传。

选择了所有地区的 USAC 比赛的结果,然后是参加的自行车手

这些比赛是在 Strava 上搜索的。如果骑车人没有公开的 Strava 个人资料

2019 年 1 月至 2019 年 12 月的每周数据,他们被排除在研究之外。总共,

检查了 543 名受试者的公开数据。对于每个 USAC 类别 2、3、4,

和 5,我们研究了 50 名男性和 50 名女性。对于 I 类男子,研究了 50 名赛车手。然而,

由于符合纳入标准的 I 类女性和职业赛车手数量有限

标准中,只有 44 名 I 类女性、29 名职业男性和 20 名职业女性

研究过。研究方法和程序经田纳西大学批准,

诺克斯维尔机构审查委员会。

## 2. 程序

对于研究的第一部分,使用分层抽样技术选择受试者。

对于该国的每个地区（东北、东南、中西部、西南和西部）,

选择了许多 USAC 种族来代表这项研究。每场比赛的三个名次是

选择使用随机数生成器进行搜索,以帮助确保准确

类别的表示（类别中的高低排名（例如,第 3、

每个项目的每个类别的第 11位和第 27位）。如果因为成绩低而没有第 27名

比赛参与者的数量,或者如果骑手不符合纳入研究的标准,

然后随机生成另一个数字,直到每个赛事每个类别的三个车手

获得。相应骑手的公开数据是在 [www.Strava.com](http://www.Strava.com) 上获得的,

这是一个用于耐力运动的社交媒体应用程序,可以在配对时记录骑行活动

与全球定位系统（GPS）。为了让受试者有资格参加这项研究,他们必须

拥有有效的 USAC 许可证和有效的 Strava® 帐户。如果一个人有一个活跃的美国

自行车比赛许可证,但没有 Strava® 帐户,无法为此收集数据

个人和个人被排除在研究之外。如果个人符合纳入

两年内每周上传的公共 Strava® 个人资料的标准

2019 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日期间,根据其

USAC 中的相应自行车类别。通过使用骑行者的 Strava® 个人资料和美国骑行

页面,他们每年的骑行距离,每年的骑行小时数,每年的比赛天数,每人的总比赛次数

年,并记录每年的骑行天数。所有这些信息都是公开的。

## 3.统计分析

使用 IBM SPSS 统计软件 27.0 版进行统计分析

(IBM,阿蒙克,纽约)。数据使用 2-way ANOVA (USAC 类别 x 性别)分析 56

年持续时间（2019 年骑手平均小时数）的两个主效应和交互效应，年  
距离（2019 年骑手平均公里数）、平均速度（2019 年平均速度）和年度比赛（2019 年）  
车手平均比赛天数）。如果交互作用显着，则首先按类别拆分数据  
并测试每个类别中的性别差异。然后将数据按性别和  
测试类别之间的差异。如果性别之间没有交互作用  
和类别，对数据进行性别分析，对类别进行成对比较。  
在每个循环中使用独立样本 t 检验对数据进行事后分析  
类别，或在每个性别中使用 1-way ANOVA。为了调整多重比较，  
使用了 Tukey 事后程序。简而言之，计算的 p 值乘以  
比较次数（例如，在循环类别的情况下为 6），然后将该值  
与阿尔法水平相比。所有比较的 alpha 水平保持在 0.05。

## 方法论：第 2 部分 - USAC 公路赛车手的功率概况

### 1. 参与者

在研究的第二部分，研究了最初 543 名参与者的一个子集。  
所有上传并显示其功率计数据的人都被联系上了。总共有 346  
联系了潜在参与者（214 名男性，132 名女性）并要求填写调查表  
(附录 E)并将他们的功率计数据提交给研究人员。总共有 92 名 USAC 赛车手（67  
男性，25 名女性）完成了调查并提供了峰值功率数据，并记录在  
匿名。研究方法和程序得到了美国大学的批准  
田纳西州诺克斯维尔机构审查委员会。

### 2. 程序

虽然每个骑车人的功率数据在每次骑行的基础上都是可见的，但几乎  
不可能提取骑自行车者每次骑行的峰值功率数据，因为他们完成了数百次 57

每年的游乐设施。但是,当登录到自己的个人帐户时,可以创建一个“功率曲线”显示选定时间段（例如,一年)内的峰值功率输出。通过 Strava® 联系了拥有功率计数据（这些数据在 Strava 上可见)的自行车手“app” ,看看他们是否愿意提供他们 2019 年的个人峰值功率文件。如果骑自行车的人提供知情同意后,他们被要求填写一份详细说明他们室内骑行的调查,教育水平、工作状态、身高、体重和 USAC 类别。此外,骑自行车的人还要求通过附上有关其最大持续功率的屏幕截图来提供信息从 2019 年开始的 5 秒、1 分钟、5 分钟、20 分钟和 1 小时时段的输出。

### 3.统计分析

使用 IBM SPSS 统计软件 27.0 版进行统计分析 (IBM,阿蒙克,纽约) 。对功率进行了重复测量 3 路 ANOVA 从 92 名参与者获得的数据。性别 x USAC 类别 x 条件 (W/kg 不同时间间隔)进行了比较。所有功率数据均以相对方式分析,功率重量比 (W/kg) 跨越五个不同的时间范围:5 秒、1 分钟、5 分钟、20 分钟 (和 95% 20 分钟)和 1 小时。男性和女性被分开分析,因为显着性别之间的相互作用 ( $p < 0.001$ ) ,以及研究中缺乏第 2 类女性 (0) 。

进行成对比较以测试每个性别的类别之间的差异。为了探索重要的相互作用,我们与 Tukey 进行了类别内的多重比较调整。2 路重复测量方差分析 (Tukey's Post-hoc)是针对男性进行的。到探索重要的相互作用,在每个类别中进行多重比较。为了描述第二部分参与者特征的表格 (表 3 为女性,表 4 为男性) ,已完成卡方检验以查看室内骑行 (以占总数的百分比表示量)在男人、女人和两者之间。使用非参数 1- 分析室内骑行

方法方差分析 (Kruskal-Wallis)。使用卡方检验分析 Zwift 使用。男人和分别对女性进行分析,然后对所有个体进行类似的分析结合。使用 Tukey post-hoc 的 1-way ANOVA 分析年龄和 BMI 以测试类别之间存在显着差异,并且对男性和女性进行了单独的分析。

结果:第 1 部分 - USAC 公路赛车手的训练/比赛特征

总共有 543 名 USAC 赛车手匿名收集了 2019 年自行车赛的数据季节。骑自行车者的训练和比赛习惯的描述性特征在表 1 (女性)和表 2 (男性)。  
女性。女性覆盖的距离明显更长 (公里)并且体积更大 (小时)的训练和比赛比 2019 年的每个业余类别 (均  $p < 0.001$ )。第 1 类和第 2 类在距离( $p = 0.992$ ) 和体积( $p = 0.998$ ) 方面非常相似,但下面的每个类别都彼此显着不同。较少的精英类别骑自行车的距离更短,训练的时间也更少。就平均速度而言,1 类和 2 类赛车手都与他们的专业同行相当 ( $p = 0.952$ ,  $p = 1.000$ ,分别)。较不精英类别 (3、4 和 5)的女性与 1 另一个,但与更高的类别 (pro、1 和 2)显着不同。第 1 类和第 2 类女性在年度训练天数方面没有显着差异 ( $p = 0.775$ ),但每其余类别在培训日之间存在显着差异。一般来说,精英级别越少,2019 年骑行的天数就越少 (所有  $p = 0.001$ )。1 类女性 ( $M = 31.59 \pm 14.50$ ) 参加的比赛日数几乎与职业车手 ( $M = 32.45 \pm 7.86$ ),而其他所有类别的比赛天数都明显少于前一个类别类别。

男士。职业男性显着年轻 ( $M = 26.31 \pm 3.81$  岁) ,骑马

距离 (公里)和体积 (小时)比所有业余类别都多 ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) 。那里

就距离而言 ,第 2 类和第 3 类男性之间没有显着差异 ( $p =$

0.256) 或持续时间( $p = 0.241$ ) 以及第 3 类和第 4 类( $p = 0.409$ ,  $p = 0.373$ ),但所有

其他类别之间的比较有显着差异。专业和类别

1 男性的平均速度没有显着差异 ( $M = 30.15$  公里/小时 , $29.26$ ) ,但这些

两组在第 2、3、4 和 5 类中的速度明显快于赛车手。后四类

组记录几乎相同的平均速度 ( $M = 27.93$ 、 $27.65$ 、 $27.70$  和  $27.48$ kph,

分别) 。从 2019 年的培训天数来看 ,两者之间没有统计学差异

专业和第 1 类男性( $p = 0.439$ )、第 1 类和第 2类( $p = 0.637$ ),也不介于第 3 类和第 4 类之间

赛车手 ( $p = 0.584$ ) ,但类别之间的所有其他比较都有显着差异 ( $p$

$< 0.05$ )。所有男性类别在比赛日方面都存在差异 ( $p < 0.001$ ) ,除了

第 3 类和第 4 类男性( $p = 0.083$ )。

性别和类别。性别之间的比较是在类别内进行的。图1

描绘了每个性别和类别的 2019 年培训量 (小时) 。而男性专业人士

男性 1 类赛车手的骑行时间比女性同行多 ( $p = 0.001$ ,  $p = 0.003$ ,

分别) ,在其余每个类别中 ,男性和女性没有差异。

图 2 显示了关于骑行距离 (km) 的类似模式。精确值

在表 1 和表 2 中显示了每个性别和类别。在每个类别中 ,男性的得分更高

平均速度高于女性( $p < 0.001$ ),如图 3 所示。没有显着差异

在比较性别和类别时发现 2019 年的骑行( $p = 0.523$ ,  $p = 0.310$ ,  $p = 0.379$ ,  $p$

$= 0.985$ ,  $p = 0.838$ ,  $p = 0.545$ ),如图 4 所示。职业男子的比赛频率高于

职业女性 ( $p < 0.001$ ) ;然而,在比赛日没有性别差异

1-5 类的业余爱好者 ( $p = 0.686$ ,  $p = 0.788$ ,  $p = 0.728$ ,  $p = 0.162$ ,  $p = 0.646$ ) (图 5) 。

结果:第 2 部分 - USAC 公路赛车手的功率概况

完成调查的女性的描述性特征显示在

表 3. 完成调查的男性的描述性特征见表

4. 第二部分没有收集到职业自行车手的数据,因为他们都没有返回

调查或提供电源配置文件。在这个竞争性公路赛车手样本中,没有

USAC 类别或性别之间的统计显着差异,关于

室内训练百分比、Zwift 使用率或年龄。体重指数 (BMI) 显示没有

女性的显着差异;然而,第 4 类男性的价值显着高于

1、2 和 3 类男性 ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ ,  $p = 0.004$ ) 。工作状态和教育程度

也报告了,但没有分析主要影响或相互作用。

女性。表 5 展示了样本中 25 名业余女性的力量概况。作为

预期,功率输出与测量周期成反比。第 1 类女性有

比所有其他获得数据的女性 (即-

3、4 和 5 类) ( $p = 0.003$ ,  $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ) 。 1 类的 1 分钟功率是

与第 3 类没有统计学差异( $p = 0.323$ ),但在统计学上高于第 4 类和第 5 类

赛车手 ( $p = 0.021$ ,  $p = 0.002$ ) 。 5 分钟和 20 分钟功率均显着高于 1 类

女性,与第 3、4、5 类赛车手相比,后者之间没有显着差异

类别。在 1 小时功率方面,1 类女性与

第 4 类女性( $p = 0.011$ ),但女性之间不存在其他统计差异。

男士。表 6 展示了样本中 67 名业余男性的力量概况。那里

5 秒功率在任何类别中均无统计学差异。 1 类男子

在功率输出 (1 分钟、5 分钟、20 分钟、1-  
小时) 从所有其他 (男子) 类别的自行车手 ,除了类别 3 的 1 分钟功率 ( $p = 0.397$ ) 。此外 ,2 类赛车手的 20 分钟功率与  
第 5 类 ( $p = 0.020$ ) 。

## 讨论

第 1 部分 :USAC 公路赛车手的训练 / 比赛特点  
这项研究揭示了有关年度培训量和  
公路赛车手每年参加的赛事数量。一般来说 ,更精英的公路赛车手  
类别的训练量更大 ,骑得更远 ,训练和比赛更频繁  
少于精英类别。但是 ,类别之间差异的大小仅  
分析数据后变得明显 ,这可能是最重要的贡献  
本研究的。总体而言 ,2019 年男性和女性之间存在显着差异  
训练量 ( $M = 503$  小时 ; $M = 450$  小时训练和比赛 , 分别 ) 和距离 ( $M = 14,435$  公里 ;  $M = 11,700$  公里 , 分别 ) 。但是 , 第 2 类男性和第 2 类女性  
具有可比的体积和距离 ; 对于第 3 类男性和类别也是如此  
3 名女性 ,4 类男性和女性 , 以及 5 类男性和女性。

虽然范厄普等。 al (11) 比较了职业骑手的训练特点 ,  
关于业余骑手的性别差异的信息很少 ,  
尤其是在训练量方面。我们发现职业男性积累的时间更多  
每年接受培训的人数比职业女性高 , 骑得更快 , 但性别很少  
业余队伍之间的差异 ( 特别是 2-5 类 ) 。理论上可以认为  
业余水平的比赛场地更加公平。我们绝大多数的业余赛车手  
提供人口统计数据的人受雇于自行车以外的其他职业的工资。

然而,职业男子自行车手很少从事自行车以外的工作,因为他们有更好的赞助机会。另一方面,职业女性更有可能参与工作时间或上学,由于工资差异。骑自行车者联盟在 2020 年报告称,25% 职业女性在 2020 年根本没有工资 (152)。在业余比赛中,几乎每个人都有骑自行车以外的有偿职业,或者他们正在上学。这可能解释许多业余类别更具可比性的原因。

Friel 的书《骑自行车者训练圣经》 (12)建议了每个人的训练量 USAC 类别,但这包括重量训练和其他形式的交叉训练以及我们的目前的研究只关注自行车训练 (以及自行车比赛)的数量。没有 Friel 的指南中提到了性别差异,但我们的 543 名骑手样本中的数字为了比较,将其与 Friel 放在一起 (表 3,附录A)。一般来说,Friel 书中建议的训练量超过了目前的研究可以预期,因为弗里尔的图表包括重量训练和其他形式的交叉训练。然而,特别是在第 2 类赛车手中的差异幅度是值得注意的是,尽管如此。

本研究的结果可能对希望升级 USAC 的赛车手有用类别,因为这将使他们对所需的时间承诺有一个现实的想法。虽然目前的研究没有评估训练强度、训练区时间或各种类型的训练 USAC 赛车手正在完成的间隔,它仍然能够提供准确的,关于公路赛车手每年投入多少小时的定量和客观数据训练和比赛。因此,虽然表 3 可以提供训练量的粗略指南,但规定的强度由骑手 (或骑手和教练)自行决定。将来,

获得更多关于平均功率、归一化功率和训练时间区域的数据可能会有所帮助

更好地量化自行车运动的强度要求。

图 3 描绘了平均速度 (kph)。两个不同的组从每个组中分离出来

其他，在每个性别内。平均速度有明显差异

[职业女性,1,2] 和 [女性3,4,5] 类别。同样，有一个大

[职业男子,1] 和 [menv2,3,4,5] 类别之间的平均速度差异。部分

原因可能是更精英级别的自行车手完成了更多的比赛

以更快的速度完成。另一个因素是，由于精英车手可能更多

可能会获得设备赞助，他们可能会使用更轻和/或更符合空气动力学的

自行车装备，让他们跑得更快。

显示 2019 年骑行天数（包括训练天数和比赛天数）

在图 4 中。男性和女性在每个类别中具有可比性（例如，第 3 类女性

在我们的样本中，平均骑行时间为 236.6 天，第 3 类男性平均骑行时间为 236.4 天）。事实上，

每个类别的骑行天数几乎相同。还应该指出，即使

专业骑手请了几天的自行车。在这项研究中，我们无法区分

强制休假（由于受伤、疾病、旅行等）或可选休假。然而出现了

在我们的样本中，大多数专业人士和精英故意连续休 2-4 周

在淡季骑自行车。职业骑手在整个过程中积累的训练量

年可能使这有必要避免慢性疲劳。然而，这在较少的情况下不太普遍

精英类别。同样有趣的是，即使是第 5 类赛车手也有更多的天数

骑自行车而不是骑自行车，进一步证明即使是初学者也需要投入时间

业余水平。

研究的第一部分有几个优点。首先,它捕捉到了自行车训练来自高度可靠的 GPS 主机设备的指标,结果提供了一般指导按类别划分的公路赛车手的训练特征（量、距离和速度）和性别。虽然主机在运动中使用了相当长的一段时间,但很少有研究表明查看了一年内的纵向数据 (11),尤其是在业余类别中或女性。这项研究还有一个独特的设计,可以使来自大样本量的数据从公开可用的“应用程序”中获取;这提供了一种有效且具有成本效益的方法采集数据。在提供功率数据的 92 名赛车手的子集中,这使我们能够建立功率数据,无需访问实验室。

与任何依赖匿名数据收集和自我报告的研究一样,有限制。样本可能在几个方面存在偏差。首先,车手被安置在他们在 2019 赛季参加的每个类别;升级或降级类别可能在一个季节内发生。因此,骑手可能在 2019 年改变了类别在研究团队不知情的情况下。我们在比赛中搜索了不同排名的车手 Strava 和排除没有 Strava 帐户的骑手,这可能会使结果。例如,Strava 的使用可能更偏向于更年轻的人群,这这意味着我们没有得到所有 USAC 赛车手的真正代表性样本。从此研究只搜索了 18 岁及以上的骑手,而青少年占了相当大的比例在某些类别的部分骑手,样本中的年龄可能无法准确描述类别。对于第 2 部分中使用的子样本,参与本研究的人都使用了 Strava,这可能会让他们更倾向于使用虚拟现实平台 Zwift (一个室内训练和比赛的在线平台)。使用自我报告通常会在某种程度上产生

偏见,特别是在回忆身高和体重的精确测量时

(153)。

对于这项研究,假设个人将每次骑行都上传到 Strava。车手是如果他们不是每周上传,则从研究样本中排除,但是,有机会并非每个骑手的所有游乐设施都已发布。由于最流行的 GPS 头单元的方式通过蓝牙直接上传到 Strava 或通过第 3 方应用程序,只要点击“结束骑行”游乐设施通常都已发布。个人将不得不手动返回并删除游乐设施,以免将其汇总到他们的年度总数中。由于 Strava 的这一特性,我们可以有把握地假设,每次骑行都有很大比例的骑手上传。一项挑战确实出现的是多学科或多运动的运动员。即使骑手正在上传每个骑自行车活动到 Strava,如果他们进行大量越野训练(山地自行车、越野摩托车、或砾石)它们的年距离和平均速度可能会受到显着影响。虽然这研究尽一切可能确保那些被研究的人主要是活跃的公路赛车手 USAC,使用其他自行车学科的运动员不被排除在外。训练过的运动员使用其他模式(例如,跑步、举重、游泳)没有记录该音量。

## 第 2 部分:USAC 公路赛车手的功率概况

调查数据表明,该样本中的骑自行车者(N=92)倾向于高度受过教育(82人(89%)拥有大学学历或以上)。他们倾向于使用室内自行车训练并且,在许多情况下,虚拟现实平台(例如 Zwift)及其室内训练。在那里时类别或性别之间没有显着差异,大约 30% 的骑自行车者的训练在室内完成,60-65% 的室内训练是在 Zwift 上完成的。不幸的是,调查并没有参考室内训练和 Zwift 的具体年份,这些值

由于最近室内训练和比赛的激增,可能会被高估

Zwift 在持续的冠状病毒大流行期间,并不能准确反映 2019 年的数据。

我们样本提供的功率数据已被覆盖 (最接近的平均值)

在 Coggan 的 Power Profile 图表上 (改编自Training and Racing with a Power Meter;表

4,附录 A 和图 8-15,附录B)。类别 1 的许多平均值 (W/kg)

从我们的样本中获得的赛车手属于预期的功率输出范围,但较低

类别不太一致。 Coggan 的表格可能低估了权力的相似程度

第 3 类和第 4 类是,类别的差异可能与第 3 类赛车手有关

拥有更多的知识,更好的自行车操控技巧,或者只是比

第 4 类赛车手。

进一步强调个人不一定有等于他们的功率输出

每个时间范围内的分类同行,已注意到来自每个性别的三个示例骑手

在图 6 和图 7 中;骑手的分类是由权力相对于他们的手段决定的

类别 (均为类别 1) 。男子和女子 “短跑运动员”的 5 秒成绩都明显更高

(在这些情况下为 1 分钟)权力相对于他们的绝对同行的手段,妇女的

被选中的短跑运动员与她的同龄人具有可比的 FTP,而被选中的男子短跑运动员

明显低于大多数 1 类男性。男人和女人都是 “登山者”

被选中的人更精通 20 分钟的相对力量,但缺乏无氧天赋

具有明显较低的 5 秒功率输出。 “全能者”是每场比赛中选出的骑手

在收集的所有四个时间范围内,具有高于类别平均值的性别。

目前的研究既有优点也有局限性。主要优势是使用

一种使我们能够收集有关 USAC 公路训练和比赛特征数据的方法

全国各地的赛车手,以及他们的力量概况,而无需将他们带入

实验室。有竞争力的公路自行车手在使用技术来监控上投入巨资  
他们接受过培训,其中许多人拥有带有 GPS 和功率计的主机,可发送无线  
向主机发出信号。此外,Strava 应用程序是一个有用的平台,它聚合了这些  
数据并将其提供给研究人员。

该研究的一个局限性是第 2 部分中女性人数较少。  
联系 (因为他们中很少有人在 Strava 上拥有公开个人资料并显示功率数据)和  
调查的回复率很低。此外,必须承认功率数据  
没有使用结构化的实验室协议收集,并进行一致的预热。培训和  
使用功率计比赛建议在 20 分钟之前完成 5 分钟的全力以赴的努力  
全力以赴 (然后花费这 20 分钟的 95%) 来更准确地描述功能阈值功率,  
但是无法确定所有骑手在  
这些峰值功率输出。尽管如此,骑手的峰值功率输出记录在整个  
整整一年,这在车手中是一致的。另一个限制可能是差异  
在不同制造商生产的功率计获得的值中。大多数功率计  
当今市场上的品牌标榜准确度为 ±1% 或 ±2%,但它们的总体  
许多功率计仅在一侧具有应变仪这一事实可能会影响精度  
(即左曲柄臂)和骑手的腿部力量不平衡会增加误差的幅度。

## 结论

不同 USAC 公路赛之间的年度训练指标存在差异  
类别和性别。本研究中提供的数据可用于指导骑手和教练  
在计划年度培训计划或制定功率输出 (W/kg) 目标时  
不同的条件 (5 秒、1 分钟、5 分钟、20 分钟、1 小时)。未来的研究应该复制

本研究中使用的方法更大规模,更强调获取功率数据

来自女性。

## 参考

1. 美国航空航天局。2020年美国自行车规则和政策 [引自 2021 年 2 月 (3)]。
2. Bell PG, Furber MJ, KA VANS, Anton-Solanas A, Swart J.

多次环法自行车赛冠军自行车手。医学科学运动锻炼。2017;49(1):115-23。电子版

2016 年 8 月 11 日。doi: 10.1249/MSS.0000000000001068。

3. Pinot J, Grappe F. 前 10 名自行车巡回赛的六年监测案例研究

终结者。J体育科学。2015;33(9):907-14。电子版 2014/10/31。土井：

10.1080/02640414.2014.969296。

4. 帕迪拉 S, 穆吉卡一世, 安古洛 F, 戈列耶纳 JJ。1小时自行车世界的科学方法

记录:案例研究。应用生理学杂志 (1985)。2000;89(4):1522-7。电子版 2000/09/28。土井：

10.1152/jappl.2000.89.4.1522。

5. 科伊尔 EF。随着环法自行车赛冠军的成熟,肌肉效率得到提高。

应用生理学杂志 (1985)。2005;98(6):2191-6。电子版 2005/03/19。土井：

10.1152/japplphysiol.00216.2005。

6. Tanaka H, Bassett DR, Jr., Swensen TC, Sampedro RM。有氧和无氧功率

美国自行车联合会竞技自行车运动员的特点。国际 J 运动医学。

1993;14(6):334-8。电子版 1993/08/01。doi: 10.1055/s-2007-1021188。

7. Amann M, Subudhi AW, Foster C. 通气和乳酸的预测有效性

自行车计时赛表现的阈值。Scand J Med Sci 体育。2006;16(1):27-34。电子版

2006 年 1 月 25 日。doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00424.x。

8. Gollnick PD, Armstrong RB, Saubert CWt, Piehl K, Saltin B. 酶活性和纤维

未经训练和训练有素的男性骨骼肌中的成分。J应用生理学。1972;33(3):312-9。

电子版 1972/09/01。doi: 10.1152/jappl.1972.33.3.312。

9. Hopker JG、Coleman DA、Gregson HC、Jobson SA、Von der Haar T、Wiles J 等。这训练状态、年龄和肌纤维类型对骑行效率和耐力的影响表现。应用生理学杂志 (1985)。 2013;115(5):723-9。电子版 2013/07/03。土井：  
10.1152/japplphysiol.00361.2013。
10. Mujika I, Padilla S. 男性职业的生理和表现特征  
公路自行车手。运动医学。 2001;31(7):479-87。电子版 2001/06/29。 doi: 10.2165/00007256-200131070-00003。
11. van Erp T, Sanders D、德科宁 JJ。男女训练特点  
专业公路自行车手：4 年回顾性分析。 Int J Sports Physiol 表演。  
2019;1-7。电子版 2019/11/14。 doi: 10.1123 / ijspp.2019-0320。
12. Friel J. 自行车手的训练圣经。第三版。科罗拉多州博尔德 :VeloPress； 2003. xvii,278 页。  
页。
13. Allen H, Coggan A. 使用功率计进行赛车和训练。科罗拉多州博尔德 :VeloPress；  
2006. 十四,231 页
14. 圣卢西亚 A, 霍约斯 J, 奇查罗 JL。专业公路自行车的生理学。运动医学。  
2001;31(5):325-37。电子版 2001/05/12。 doi: 10.2165/00007256-200131050-00004。
15. Reeth DV, Larson DJ, SpringerLink (在线服务)。专业经济学  
公路自行车。可从 :<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-22312-4> 获得。
16. Olds TS, Norton KI, Lowe EL, Olive S, Reay F, Ly S. 公路自行车建模  
表现。应用生理学杂志 (1985)。 1995;78(4):1596-611。电子版 1995/04/01。土井：  
10.1152/jappl.1995.78.4.1596。

17. Faria EW, Parker DL, Faria IE。自行车科学:影响性能的因素 -

第 2 部分。运动医学。 2005;35 (4): 313-37。电子版 2005/04/16。 doi: 10.2165 / 00007256-200535040-00003。

18. Menaspa P, Quod M, Martin DT, Peiffer JJ, Abbiss CR。短跑的体力要求

在专业公路自行车。国际 J 运动医学。 2015;36(13):1058-62。电子版 2015/08/08。土井:  
10.1055/s-0035-1554697。

19. Lucia A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL。专业道路的心率反应

骑自行车 :环法自行车赛。国际 J 运动医学。 1999;20(3):167-72。电子版 1999/05/20。土井:  
10.1055/s-1999-970284。

20. 斯温 DP。体重对耐力自行车的影响。医学科学运动锻炼。

1994;26(1):58-63。电子版 1994/01/01。

21. Bassett DR, Jr., Kyle CR, Passfield L, Broker JP, Burke ER。比较自行车世界  
小时记录,1967-1996:用经验数据建模。医学科学运动锻炼。

1999;31(11):1665-76。电子版 1999/12/10。 doi: 10.1097/00005768-199911000-00025。

22. 法利亚 IE。自行车运动中的能量消耗、空气动力学和医疗问题。更新。  
运动医学。 1992;14 (1) :43-63。电子版 1992 年 7 月 1 日。 doi: 10.2165 / 00007256-199214010-00004。

23. Abbiss CR, Peiffer JJ, Wall BA, Martin DT, Laursen PB。启动策略的影响

自行车计时赛在高温下的表现。国际 J 运动医学。 2009;30(3):188-93。电子版  
2009 年 2 月 10 日。 doi: 10.1055 / s-0028-1104582。

24. Etxebarria N, Ingham SA, Ferguson RA, Bentley DJ, Pyne DB。吃完后冲刺

冲刺:先前的高强度随机自行车运动会损害金牌的胜利。前沿  
在生理学。 2019;10(100)。 doi:10.3389/fphys.2019.00100。

25. 凯尔 CR。减少赛车手的风阻和功率输出和  
跑步者成群结队旅行。人体工程学。 1979;22:387-97。
26. di Prampero PE, Cortili G, Mognoni P, Saibene F. 骑自行车者的运动方程。应用杂志  
生理学呼吸环境锻炼生理学。 1979;47(1):201-6。电子版 1979/07/01。土井：  
10.1152/jappl.1979.47.1.201。
27. Kyle CRB, ER 改进赛车。机械工业。 1984;106(9):34-  
5.
28. Jeukendrup AE, Martin J. 提高骑行表现：我们应该如何度过我们的  
时间和金钱。运动医学。 2001;31(7):559-69。电子版 2001/06/29。 doi: 10.2165/00007256-  
200131070-00009。
29. Malizia F, Montazeri H, Blocken B. 辐条车轮空气动力学的 CFD 模拟  
循环：计算参数的影响。风能工程与工业杂志  
空气动力学。 2019;194:103988。 doi:<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2019.103988>。
30. Padilla S, Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Goiriena JJ。运动强度和  
在为期 3 周的专业比赛中上坡骑行期间的负载。 Eur J Appl 生理学。 2008;102(4):431-8。  
电子版 2007/11/06。 doi: 10.1007/s00421-007-0602-9。
31. Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M。  
确定通气阈值和乳酸阈值的方法。国际 J 运动医学。  
1992;13(7):518-22。电子版 1992/10/01。 doi: 10.1055/s-2007-1021309。
32. 格雷格 JS, 怀亚特 FB, 基尔戈 JL。通过测定通气阈值  
二次回归分析。 J 强度条件水库。 2010;24(9):2512-5。电子版 2010/08/31。土井：  
10.1519/JSC.0b013e3181e37fe5。

33. 帕迪拉 S、穆吉卡一世、库斯塔 G、戈列耶纳 JJ。平地和上坡骑行能力

专业的公路自行车。医学科学运动锻炼。 1999;31(6):878-85。电子版 1999/06/23。土井：

10.1097/00005768-199906000-00017。

34. Plisk SS,石头 MH。分期策略。力量与调理杂志。

2003;25(6)。

35. Midgley AW,McNaughton LR,Wilkinson M。

提高长跑运动员的最大摄氧量？：实证研究结果，当前

意见、生理原理和实用建议。运动医学。 2006;36(2):117-

32. 电子版 2006/02/09。 doi: 10.2165/00007256-200636020-00003。

36. 阿比斯 CR、梅纳斯帕 P、维勒留斯五世、马丁 DT。功率输出时分布

建立自行车运动的突破口。 Int J Sports Physiol 表演。 2013;8(4):452-5。电子版

2013 年 3 月 30 日。 doi: 10.1123 / ijspp.8.4.452。

37. 马丁 JC、戴维森 CJ,Pardyjak ER。了解短跑循环表现：

肌肉力量、阻力和造型的整合。 Int J Sports Physiol 表演。

2007;2 (1) :5-21。电子版 2007/03/01。 doi: 10.1123 / ijspp.2.1.5。

38. Menaspa P,Abbiss CR,Martin DT。世界级短跑运动员在比赛中的表现分析

自行车盛大之旅。 Int J Sports Physiol 表演。 2013;8(3):336-40。电子版 2012/10/06。土井：

10.1123/icepp.8.3.336。

39. Burke ER,Cerny F,Costill D,Fink W. 竞争中骨骼肌的特征

骑自行车的人。医学科学体育。 1977;9(2):109-12。电子版 1977/01/01。

40. van der Zwaard S, van der Laarse WJ, Weide G, Bloemers FW, Hofmijster MJ, Levels K,

等。冲刺和耐力综合表现的关键决定因素：综合

从肌纤维到人体的分析。FASEB J. 2018;32(4):2110-23。电子版 2017/12/09。

doi: 10.1096/fj.201700827R。

41. 伯克急诊室。竞技自行车运动员的生理特征。物理运动医学。

1980;8(7):78-84。电子版 1980/07/01。 doi: 10.1080/00913847.1980.11710938。

42. Coyle EF、Feltner ME、Kautz SA、Hamilton MT、Montain SJ、Baylor AM 等。

与精英耐力骑行表现相关的生理和生物力学因素。

医学科学运动锻炼。1991;23(1):93-107。电子版 1991/01/01。

43. 凯尔 CR。自行车中的能量和空气动力学。临床运动医学。1994 年;13(1):39-73。

电子版 1994/01/01。

44. Capelli C. 人类运动最佳表现的生理决定因素。欧元杂志

应用生理学占据生理学。1999;80(4):298-307。电子版 1999/09/14。土井：

10.1007/s004210050596。

45. 埃伯特 TR, 马丁 DT, 斯蒂芬斯 B, 威瑟斯 RT。职业男子比赛期间的功率输出

公路自行车之旅。Int J Sports Physiol 表演。2006;1(4):324-35。电子版 2006/12/01。土井：

10.1123/ijsp.1.4.324。

46. Brickley G, Green S, Jenkins DG, McEinery M, Wishart C, Doust JD 等。肌肉

围绕临界功率的恒定和交替强度运动期间的新陈代谢。国际体育

和。2007;28 (4): 300-5。电子版 2006/10/07。doi: 10.1055 / s-2006-924354。

47. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HK。磷酸肌酸的贡献和

反复冲刺运动中的有氧代谢为能量供应。应用生理学杂志 (1985)。

1996;80(3):876-84。电子版 1996/03/01。doi: 10.1152/jappl.1996.80.3.876。

48. Lucia A, Earnest C, Arribas C. 环法自行车赛: 生理学评论。北欧医学杂志

科学体育。2003;13(5):275-83。电子版 2003/09/26。doi: 10.1034/j.1600-0838.2003.00345.x。

49. Burke E. 高科技自行车。第 2 版。伊利诺伊州尚佩恩：人体动力学； 2003. 八,319 页。

页。

50. Saltin B,阿斯特兰德 PO。运动员的最大摄氧量。 J应用生理学。

1967;23(3):353-8。电子版 1967/09/01。 doi: 10.1152/jappl.1967.23.3.353。

51. Rowell LB, Shepherd JT, 美国生理学会 (1887- )。练习:监管

和多个系统的集成。纽约 :为美国生理学杂志出版

牛津大学出版社的社会； 1996. xiii, 1210 页

52. Faria EW,Parker DL,Faria IE。自行车科学:生理学和训练 - 第 1 部分。

运动医学。 2005;35 (4): 285-312。电子版 2005/04/16。 doi: 10.2165 / 00007256-200535040-00002。

53. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG。最大摄氧量标准 :回顾和

评论。医学科学运动锻炼。 1995;27(9):1292-301。电子版 1995/09/01。

54. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ。最大可达到的 VO<sub>2</sub>

在人类运动期间:峰值与最大问题。应用生理学杂志 (1985)。

2003;95(5):1901-7。电子版 2003/07/15。 doi:10.1152/japplphysiol.00024.2003。

55. Rossiter HB,Kowalchuk JM,Whipp BJ。建立最大 O<sub>2</sub> 摄取量的测试,尽管

O<sub>2</sub> 吸收对斜坡增量运动的反应没有平台期。应用生理学杂志 (1985)。

2006;100(3):764-70。电子版 2005/11/12。 doi: 10.1152/japplphysiol.00932.2005。

56. Latin RW, Berg KE, Smith P, Tolle R, Woodby-Brown S. 循环验证

用于预测稳态 VO<sub>2</sub> 的测力方程。医学科学运动锻炼。 1993;25(8):970-4。

电子版 1993/08/01。

57. Hagberg JM,科伊尔 EF,所研究的耐力表现的生理决定因素

在竞技赛跑者中。医学科学运动锻炼。 1983;15(4):287-9。电子版 1983/01/01。土井：

10.1249/00005768-198315040-00006。

58. Weltman A,Weltman JY,Kanaley JA,Rogol AD,Veldhuis JD。反复发作运动改变血乳酸-RPE的关系。医学科学运动锻炼。 1998;30(7):1113-7。电子版  
1998 年 7 月 15 日。 doi: 10.1097 / 00005768-199807000-00014。
59. Barbeau P, Serresse O, Boulay MR。使用最大和次最大有氧变量在一个赛季中监控精英自行车手。医学科学运动锻炼。 1993;25(9):1062-9。电子版  
1993/09/01。
60. Fohrenbach R,Mader A,Hollmann W. 耐力能力的测定和预测马拉松运动员训练和比赛的运动强度。国际体育和。 1987;8 (1) :11-8。电子版 2007 年 1 月 2 日。 doi: 10.1055 / s-2008-1025633。
61. 琼斯上午。奥运选手的五年生理案例研究。 Br J 运动医学。  
1998;32 (1) :39-43。电子版 1998 年 4 月 30 日。 doi: 10.1136 / bjsm.32.1.39。
62. 乔伊纳 MJ,科伊尔 EF。耐力运动表现:冠军的生理。  生理学。 2008;586(1):35-44。电子版 2007/09/29。 doi: 10.1113/jphysiol.2007.143834。
63. McArdle WD,Katch FI,Katch VL。运动生理学:营养、能量和人类性能2015。
64. Coyle EF,Sidossis LS,Horowitz JF,Beltz JD。循环效率与型肌纤维的百分比。医学科学运动锻炼。 1992;24(7):782-8。电子版 1992/07/01。
65. Pedersen PK, Sørensen JB, Jensen K, Johansen L, Levin K. 肌肉纤维类型分布和非线性的 VO<sub>2</sub> - 骑自行车的功率输出关系。医学科学运动锻炼。  
2002;34(4):655-61。电子版 2002/04/05。 doi: 10.1097/00005768-200204000-00015。
66. Hansen EA,Andersen JL,Nielsen JS,Sjøgaard G. 肌肉纤维类型、效率和机械优化会影响骑行期间自由选择的踏板速率。 Acta Physiol Scand.  
2002;176(3):185-94。电子版 2002/10/24。 doi: 10.1046/j.1365-201X.2002.01032.x。

67. Palmer GS,Borghouts LB,Noakes TD,Hawley JA。代谢和性能  
训练有素的自行车运动员对恒定负荷与可变强度运动的反应。应用生理学杂志  
(1985 年)。 1999;87(3):1186-96。电子版 1999/09/14。 doi: 10.1152/jappl.1999.87.3.1186。
68. 哈根 RD WS,乌鸦 PB。踏板频率对心肺反应的影响  
持续锻炼。运动和锻炼中的医学和科学。 1992 (10) :1088-95。
69. 帕特森 RP、皮尔森 JL、费舍尔 SV。飞轮重量和踩踏的影响  
频率对自行车运动的生物力学和生理反应。人体工程学。  
1983;26(7):659-68。电子版 1983/07/01。 doi: 10.1080/00140138308963387。
70. 乔治亚州盖瑟,乔治亚州布鲁克斯。稳定速率运动期间的肌肉效率：  
速度和工作率。 J应用生理学。 1975;38(6):1132-9。电子版 1975/06/01。土井：  
10.1152/jappl.1975.38.6.1132。
71. Böning D,Gönen Y,Maassen N. 工作负荷、踏板频率和  
身体素质。国际 J 运动医学。 1984 年;5(2):92-7。电子版 1984/04/01。 doi: 10.1055/s-2008-  
1025887。
72. 海岸,JR 考克斯 RH,韦尔奇 HG。长时间循环中的最佳踩踏率  
测力计。医学科学运动锻炼。 1986;18(2):225-30。电子版 1986/04/01。
73. 圣卢西亚 A,霍约斯 J,奇查罗 JL。专业骑行中首选的踩踏节奏。  
医学科学运动锻炼。 2001;33(8):1361-6。电子版 2001/07/28。 doi: 10.1097/00005768-  
200108000-00018。
74. McDaniel J,Durstine JL,Hand GA,Martin JC。代谢成本的决定因素  
次最大循环。应用生理学杂志 (1985)。 2002;93(3):823-8。电子版 2002/08/17。土井：  
10.1152/japplphysiol.00982.2001。

75. Ferrer-Roca V,Rivero-Palomo V,Ogueta-Alday A,Rodríguez-Marroyo JA,加西亚

López J. 曲柄长度的微小变化对总效率和踩踏的急性影响

次最大循环期间的技术。 J体育科学。 2017;35(14):1328-35。电子版 2016/08/04。土井：

10.1080/02640414.2016.1215490。

76. Nordeen-Snyder KS。自行车座椅高度变化对氧气的影响

消耗和下肢运动学。医学科学体育。 1977;9(2):113-7。电子版 1977/01/01。

77. Hausswirth C,Lehénaff D,Dréano P,Savonen K. 单独或单车骑行的影响

在铁人三项中对随后的跑步表现有遮挡的位置。医学科学运动锻炼。

1999;31(4):599-604。电子版 1999/04/22。 doi: 10.1097/00005768-199904000-00018。

78. McCole SD,Claney K,Conte JC,Anderson R,Hagberg JM。期间的能量消耗

骑自行车。应用生理学杂志 (1985)。 1990;68(2):748-53。电子版 1990/02/01。土井：

10.1152/jappl.1990.68.2.748。

79. Blocken B,Defraeye T,Koninckx E,Carmeliet J,Hespel P. CFD 模拟

两名骑自行车的人的空气动力阻力。计算机和流体。 2013;71:435-45。土井：

<https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2012.11.012>。

80. Delaney B. 2017 年环法自行车赛 BikeRadar 的轮胎 [引自 2020 年 2 月 (3)]。

81. Brett M. 趋势发现:为什么你需要改用更宽的轮胎。路。 2021 年 1 月 (27 日)。

82. Burke E. 自行车科学。伊利诺伊州尚佩恩:人类动力学出版社; 1986. 八, 215

pp

83. Lim AC,Homestead EP,Edwards AG,Carver TC,Kram R,Byrnes WC。测量

通过安装在自行车上的功率计改变空气动力学/滚动阻力。医学科学运动

锻炼。 2011;43(5):853-60。电子版 2010/10/01。 doi: 10.1249/MSS.0b013e3181fcb140。

84. Robergs RA, Quintana R, Parker DL, Frankel CC。多变量解释  
急性低压缺氧期间最大摄氧量减少的变异性。医学科学运动锻炼。  
1998;30(6):869-79。电子版 1998/06/13。 doi: 10.1097/00005768-199806000-00015。
85. Saltin B, Larsen H, Terrados N, Bangsbo J, Bak T, Kim CK 等。有氧运动  
肯尼亚男孩、初级和高级跑步者在海平面和海拔高度的能力与  
斯堪的纳维亚跑者。 Scand J Med Sci 体育。 1995;5(4):209-21。电子版 1995/08/01。土井：  
10.1111/j.1600-0838.1995.tb00037.x。
86. Ferretti G, Moia C, Thomet JM, Kayser B. 最大氧气的减少  
人体缺氧期间的消耗 : 氧平衡曲线的镜像。这  
生理学杂志。 1997;498 (第 1 篇) (第 1 篇) :231-7。 doi: 10.1113/jphysiol.1997.sp021854。
87. Powers SK, Howley ET。运动生理学 : 理论与健身和应用  
表现 : 麦格劳 - 希尔； 2012 年。
88. Hahn AG, Goll CJ。海拔对骑行表现的影响 : 挑战  
传统观念。运动医学。 2001;31(7):533-57。电子版 2001/06/29。 doi: 10.2165/00007256-  
200131070-00008。
89. Saltin B. 运动与环境 : 关注海拔高度。水库 Q 锻炼运动。 1996;67(3  
增刊) :S1-10。电子版 1996/09/01。 doi: 10.1080/02701367.1996.10608849。
90. Wolski LA, McKenzie DC, Wenger HA。提高海平面的高空训练  
表现。是有益的科学证据吗？运动医学。 1996;22(4):251-63。电子版  
1996 年 10 月 1 日。 doi: 10.2165 / 00007256-199622040-00004。
91. 鲁斯科人力资源部。高原训练的新方面。美国运动医学杂志。  
1996;24(6\_suppl):S48-S52。 doi: 10.1177/036354659602406S15。

92. Bailey DM, Davies B. 高原训练对耐力的生理影响  
海平面性能 :回顾。英国运动医学杂志。 1997;31(3):183-90。土井：  
10.1136/bjsm.31.3.183。
93. Levine BD, Stray-Gundersen J. “高训练低生活” :中等海拔的影响  
适应低海拔训练的表现。应用生理学杂志 (1985)。  
1997;83(1):102-12。电子版 1997/07/01。 doi: 10.1152/jappl.1997.83.1.102。
94. Park HY, Park W, Lim K. 21 天高强度训练低强度运动增强运动  
竞技跑步者的经济性、血流动力学功能和运动表现。 J体育  
科学医学。 2019;18(3):427-37。电子版 2019/08/21。
95. Robach P, Hansen J, Pichon A, Meinild Lundby AK, Dandanell S, Slettaløkken Falch G,  
等。低压活高火车低不比活低更能提高有氧运动  
越野滑雪者的训练量很低。 Scand J Med Sci 体育。 2018;28(6):1636-52。电子版  
2018 年 2 月 23 日。 doi: 10.1111 / 短信.13075。
96. UCI。 2020 年国际自行车联盟技术指南 [引自 2021 年 2 月 (3)]。
97. Malizia F, Blocken B. 自行车空气动力学 :历史、最新技术和未来  
观点。风工程和工业空气动力学杂志。 2020;200:104134。土井：  
<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104134>。
98. Barry N, Burton D, Crouch T, Sheridan J, Luescher R. 侧风和车轮的影响  
选择骑自行车者的空气动力学行为。 Procedia 工程。 2012;34:20-5。土井：  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.005>。
99. Beaumont F, Taiar R, Polidori G, Trenchard H, Grappe F. 时间的空气动力学研究  
使用 CFD 分析在自行车比赛中试用头盔。生物力学杂志。 2018;67:1-8。土井：  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.10.042>。

100. Bouchard C, An P, Rice T, Skinner JS, Wilmore JH, Gagnon J 等。家族的 VO(2max) 对运动训练的反应聚合:来自 HERITAGE 家族的结果  
学习。应用生理学杂志 (1985)。 1999;87(3):1003-8。电子版 1999/09/14。土井:  
10.1152/jappl.1999.87.3.1003。
101. Hecksteden A, Faude O, Meyer T, Donath L. 如何构建、实施和分析  
运动训练研究?前生理学。 2018;9:1007。电子版 2018/08/25。土井:  
10.3389/fphys.2018.01007。
102. Bosquet L, Merkari S, Arvisais D, Aubert AE。心率是一个方便的监测工具吗  
超越?对文献的系统评价。 Br J 运动医学。 2008;42(9):709-14。电子版  
2008 年 3 月 1 日。 doi: 10.1136/bjsm.2007.042200。
103. Afonso J, Nikolaidis PT, Sousa P, Mesquita I. 是关于周期化的实证研究  
值得信赖吗?概念和方法问题的全面审查。 J 体育科学  
和。 2017;16 (1) :27-34。
104. Buchheit M,劳森 PB。高强度间歇训练,编程解决方案  
谜题:第一部分:心肺重点。运动医学。 2013;43(5):313-38。电子版 2013/03/30。  
doi: 10.1007/s40279-013-0029-x。
105. Holmes T. Macrocycles, Mesocycles and Microcycles:了解 3 个循环  
分期 TrainingPeaks.com:TrainingPeaks; 2020 [引自 2021 年 2 月 (3)]。
106. 谢泼德 RJ。通过问卷测量习惯性身体活动的限制。  
英国运动医学杂志。 2003;37(3):197-206。 doi: 10.1136/bjsm.37.3.197。
107. Etiwy M, Akhrass Z, Gillinov L, Alashi A, Wang R, Blackburn G 等人。精度  
心脏康复中的可穿戴心率监测器。心血管诊断治疗。 2019;9(3):262-71。  
doi: 10.21037/cdt.2019.04.08。

108. Karvonen J, Vuorimaa T. 体育活动期间的心率和运动强度。  
实际应用。运动医学。 1988 年;5(5):303-11。电子版 1988/05/01。 doi: 10.2165/00007256-198805050-00002。
109. Burke E. 精确心率训练。伊利诺伊州尚佩恩 :人体动力学； 1998. ix, 211 页。  
页。
110. Leweke F, Brück K, Olschewski H. 温度对换气率、心率的影响，  
和自行车测力期间的首选踏板速率。应用生理学杂志 (1985)。 1995;79(3):781-5。电子版  
1995/09/01。 doi: 10.1152 / jappl.1995.79.3.781。
111. 8s J,Jeukendrup AE。心率监测 :应用和限制。运动的  
和。 2003;33 (7): 517-38。电子版 2003 年 5 月 24 日。 doi: 10.2165 / 00007256-200333070-00004。
112. 哈尔森 SL。监测训练负荷以了解运动员的疲劳情况。运动医学。  
2014;44 增刊 2 (增刊 2) :S139-47。电子版 2014/09/10。 doi: 10.1007/s40279-014-0253-z。
113. Budgett R. 运动员的疲劳和表现不佳 :过度训练综合症。英国  
运动医学杂志。 1998;32(2):107-10。 doi: 10.1136/bjsm.32.2.107。
114. Jeukendrup AE,Hesselink MK,Snyder AC,Kuipers H,Keiser HA。生理  
经过两周的强化训练后 ,男性竞技自行车手的变化。国际 J 运动医学。  
1992;13(7):534-41。电子版 1992/10/01。 doi: 10.1055/s-2007-1021312。
115. Vesterinen V,Nummela A,Heikura I,Laine T,Hynynen E,Botella J 等。个人  
具有心率变异性耐力训练处方。医学科学运动锻炼。  
2016;48(7):1347-54。电子版 2016/02/26。 doi:10.1249/mss.0000000000000910。
116. 梅兰森 EL。男性的静息心率变异性因习惯性体育活动而异。  
医学科学运动锻炼。 2000;32(11):1894-901。电子版 2000/11/18。 doi: 10.1097/00005768-200011000-00012。

117. Sekiguchi Y, Adams WM, Benjamin CL, Curtis RM, Giersch GEW, Casa DJ。

静息心率、心率变异性与睡眠特征的关系

女大学生越野运动员。J睡眠水库。2019;28(6):e12836。电子版 2019/03/08。土井：

10.1111/jsr.12836。

118. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. 训练适应和心脏

精英耐力运动员的心率变异性：打开有效监测的大门。运动医学。

2013;43(9):773-81。电子版 2013/07/16。doi: 10.1007/s40279-013-0071-8。

119. Kinnunen H, Rantanen A, Field T, Koskimäki H。

心血管健康：比较通过环 PPG 评估的夜间 HR 和 HRV 的准确性

医疗级心电图。生理测量。2020;41(4):04nt1。电子版 2020/03/29。doi: 10.1088/1361-6579/ab840a。

120. 认真的 CP, 布莱尔 SN, 教堂 TS。老年女性的心率变异性与运动。□

女性健康 (Larchmt)。2012;21 (3): 334-9。电子版 2011 年 10 月 5 日。doi: 10.1089/jwh.2011.2932。

121. Sandercock GR, Bromley PD, Brodie DA。运动对心率变异性的影响：

来自荟萃分析的推论。医学科学运动锻炼。2005;37(3):433-9。电子版 2005/03/03。土井：  
10.1249/01.mss.0000155388.39002.9d。

122. Botek M, McKune AJ, Krejci J, Stejskal P, Gaba A. 响应中的性能变化

基于自主活动的训练负荷调整。国际 J 运动医学。2014;35(6):482-8。

电子版 2013/10/17。doi: 10.1055/s-0033-1354385。

123. Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P 等。关系

中长跑运动员心率变异性与训练负荷之间的关系。医学科学运动

锻炼。2000;32 (10) :1729-36。电子版 2000/10/20。doi: 10.1097/00005768-200010000-00011。

124. Javaloyes A,Sarabia JM,Lamberts RP,Moya-Ramon M. 指导培训处方

通过骑自行车的心率变异性。 Int J Sports Physiol 表演。 2018;1-28。电子版 2018/05/29。

doi: 10.1123 / ijspp.2018-0122。

125. PŁoszczyca K,Foltyń J,Goliniewski J,Krzychuk J,Poprzeczk S,Ozimek M 等。

训练有素的公路自行车手的总效率和有氧能力的季节性变化。

等速和运动科学。 2019;27:1-10。 doi: 10.3233/IES-192115。

126. Lucia A,Pardo J,Durantez A,Hoyos J,Chicharro JL.生理差异

专业和精英公路自行车手。国际 J 运动医学。 1998;19(5):342-8。电子版 1998/08/28。土井：

10.1055/s-2007-971928。

127. 怀亚特 FBS,Y.;迪马尔,M. 观察到的大学女子自行车运动员与

来自荟萃分析评论的精英女性。运动科学诠释 J。 2016;9(3):368-75。

128. Pimentel AE, Gentile CL, Tanaka H, Seals DR, Gates PE。下降幅度更大

耐力训练者的最大有氧能力随着年龄的增长而超过久坐不动的男性。应用生理学杂志

(1985 年)。 2003;94(6):2406-13。电子版 2003/01/21。 doi: 10.1152/japplphysiol.00774.2002。

129. van Erp T, Sanders D. 职业自行车比赛的需求:比赛类别的影响

和结果。 Eur J 体育科学。 2020;1-12。电子版 2020/06/26。 doi:10.1080/17461391.2020.1788651。

130. Peinado AB,Benito PJ,Díaz V,González C,Zapico AG,Álvarez M 等。判别式

精英自行车手的特长分析。人类运动与锻炼杂志。 2011;6(3):480-9。

doi: 10.4100 / jhse.2011.63.01。

131. Pinot J, Grappe F. 评估精英自行车手表现的创纪录的力量概况。诠释 J

运动医学。 2011;32 (11): 839-44。电子版 2011 年 11 月 5 日。 doi: 10.1055 / s-0031-1279773。

132. Leo P、Spragg J、Simon D、Lawley JS、Mujika I. 训练特征和力量

在整个竞争赛季中职业 U23 自行车手的简介。体育（巴塞尔）。

2020 年;8(12)。电子版 2020/12/23。 doi: 10.3390/sports8120167。

133. Milanović Z、Sporiš G、Weston M. 高强度间歇训练的有效性

(HIT) 和持续耐力训练以提高最大摄氧量：系统回顾

和对照试验的荟萃分析。运动医学。 2015;45(10):1469-81。电子版 2015/08/06。

doi: 10.1007 / s40279-015-0365-0。

134. Tabata I、Nishimura K、Kouzaki M、Hirai Y、Ogita F、Miyachi M 等。的影响

中等强度耐力和高强度间歇性无氧能力训练

最大摄氧量。医学科学运动锻炼。 1996;28(10):1327-30。电子版 1996/10/01。土井：

10.1097/00005768-199610000-00018。

135. 劳森 PB、詹金斯 DG。高强度间歇训练的科学依据：

优化训练计划并最大限度地提高训练有素的耐力表现

运动员。运动医学。 2002;32 (1) :53-73。电子版 2002 年 1 月 2 日。 doi: 10.2165 / 00007256-200232010-00003。

136. Seiler S、Jøranson K、Olesen BV、Hetellid KJ。适应有氧间歇训练：

运动强度和总工作时间的交互作用。 Scand J Med Sci 体育。

2013;23(1):74-83。电子版 2011/08/05。 doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01351.x。

137. Hughes DC、Ellefsen S、Baar K. 适应耐力和力量训练。寒冷的

Spring Harb Perspect Med。 2018 年;8(6)。电子版 2017/05/12。 doi:10.1101/cshperspect.a029769。

138. Seiler S. 耐力训练强度和持续时间分布的最佳实践是什么

运动员？ Int J Sports Physiol 表演。 2010;5(3):276-91。电子版 2010/09/24。土井：

10.1123/ijsspp.5.3.276。

139. Stögg T, Sperlich B. 极化训练对关键耐力变量的影响更大

比阈值、高强度或高容量训练。前生理学。 2014;5:33。电子版

2014年2月20日。 doi: 10.3389 / fphys.2014.00033。

140. Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Larumbe E, Esteve-Lanao J. 极化

训练提高休闲跑者的表现？ Int J Sports Physiol 表演。

2014;9 (2): 265-72。电子版 2013年6月12日。 doi: 10.1123 / ijspp.2012-0350。

141. Ronnestad BR, Ellefsen S, Nygaard H, Zacharoff EE, Vikmoen O, Hansen J 等。

12周区块周期对井内性能和性能指标的影响

训练有素的自行车手。 Scand J Med Sci 体育。 2014;24(2):327-35。电子版 2012/11/09。土井：

10.1111/短信.12016。

142. Mølmen KS, Øfsteng SJ, Rønnestad BR. 耐力训练的块周期化 - a

系统回顾和荟萃分析。开放存取 J Sports Med。 2019;10:145-60。电子版

2019年12月6日。 doi: 10.2147 / oajsm.S180408。

143. 伊苏林 VB. 训练周期化的方法论和生理学的新视野。

运动医学。 2010;40 (3): 189-206。电子版 2010/03/05。 doi: 10.2165 / 11319770-000000000-00000。

144. Minahan C, Wood C. 力量训练可以提高超极限循环，但不能提高无氧运动

容量。 Eur J Appl 生理学。 2008;102(6):659-66。电子版 2007/12/12。 doi: 10.1007/s00421-007-0641-2。

145. Kristoffersen M, Sandbakk Ø, Rønnestad BR, Gundersen H. 短冲刺比较

和骑自行车性能的大强度训练。前生理学。 2019;10:1132。电子版

2019年9月27日。 doi: 10.3389 / fphys.2019.01132。

146. Sunde A, Støren O, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. 最大力量

培训提高了竞技自行车手的自行车经济性。 J 强度条件水库。

2010;24(8):2157-65。电子版 2009/10/27。 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a。

147. Vikmoen O, Rønnestad BR, Ellefsen S, Raastad T。

训练有素的女性在长时间的次最大工作量后的跑步和骑车表现

运动员。生理学代表 2017;5(5)。电子版 2017/03/16。 doi:10.14814/phy2.13149。

148. Støren O, Helgerud J, Støa EM, Hoff J。最大力量训练可以改善跑步

长跑运动员的经济性。医学科学运动锻炼。 2008;40(6):1087-92。电子版 2008/05/08。土井:

10.1249/MSS.0b013e318168da2f。

149. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH。之间的关系

循环力学和核心稳定性。 J 强度条件水库。 2007;21(4):1300-4。电子版 2007/12/14。

doi: 10.1519/r-21846.1。

150. Priego Quesada JI, Kerr ZY, Bertucci WM, Carpes FP。国际回顾

研究与骑自行车者受伤、不适和疼痛感知相关的因素。公共科学图书馆

一。 2019;14(1):e0211197。电子版 2019/01/27。 doi:10.1371/journal.pone.0211197。

151. 科伊尔 EF。重新考虑环法自行车赛的自行车手。应用生理学杂志 (1985)。

2013;114(10):1361。电子版 2013/03/16。 doi:10.1152/japplphysiol.00213.2013。

152. 联盟 TC。骑自行车者联盟可从 :<https://cyclistsalliance.org> 获取。

153. 美林 RM, 理查森 JS。自我报告的身高、体重和体重的有效性

指数:2001-2006 年全国健康和营养调查结果。上一页

慢性病。 2009;6(4):A121-A。电子版 2009/09/15。

## 附录

## 附录 A:表格

表 1 职业自行车赛冠军生理特征

骑士	最大摄氧量(ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	力量输出在4mm乳酸(瓦)	顶峰力量输出(瓦)	年度的距离(公里)	身体胖的(%)	身体重量(公斤)	最大人力资源(每分钟)	休息心率(bpm)	学习作者
蒂博 黑皮诺	85	402	-	29,340	-	65	-	-	皮诺和。第 (3) 段
克里斯 弗鲁姆	84	505	525	-	9.5	67	170	31	贝尔等。人 (2)
迈克尔 英杜兰	88	505	572	24,000	-	76	191	28	穆吉卡等。人 (10)
矛 <u>阿姆斯特朗*</u>	81.2	404	-	-	8.8	72	207	32	科伊尔 (5)

\*运动员承认服用生长激素、睾酮、可的松和 EPO,以及血液兴奋剂 (151)

表 2. 具有受试者特征的业余自行车运动员的有氧和无氧特征。

从田中等人重新创建。人 (1993) (6)

类别	男性 II (n = 7)	男性 III (n = 11)	男性 IV (n = 12)	女性 II-IV (n = 6)
最大摄氧量(ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	69.39 ± 1.28	63.63 ± 4.94	52.48 ± 2.82*	
5秒峰值功率 (重量/公斤)	13.86 ± 0.23	13.55 ± 0.25	12.80 ± 0.41	12.17 ± 0.68*
30 秒平均功率 (重量/公斤)	11.22 ± 0.18	11.06 ± 0.15	10.40 ± 0.30**	9.56 ± 0.46*
% 疲劳	34.25 ± 0.76	33.46 ± 1.53	36.65 ± 1.73	37.80 ± 2.52

所有值均表示为平均值 ± SE。5 秒和 30 秒功率由 Wingate 循环测力计测试确定。

\*与男性 (II、III、IV 类) 显著不同 ( $p < .05$ )

\*\*与 II 类男性显著不同

表 3. 年度培训量（小时）。比较自行车训练圣经(12) 中的值和当前研究中获得的经验值（表示为平均值 ± SD）。

	专业人员 第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类	第 5 类		
建议 训练 全部的 体积* (弗里尔)	800- 1200	700- 1000	700- 1000	500- 700	350- 500	200- 350	
当前的 学习 女性 范围 (N=264)	500- 767	374- 635	360- 626	279- 557	245- 477	141- 441	
当前的 学习 但 范围 (N=279)	704- 1025	413- 803	319- 639	261- 562	231- 473	177- 426	

\*包括重量训练和所有交叉训练,本研究仅查看自行车数据

表 4. Coggan 的功率曲线表, 覆盖了第 2 部分参与者。 (13)

	最大功率输出 (瓦/公斤体重)								N=92 的代码 样本 (最接近均值的值)
	但				女性				
测试时间	5- 第二	1- 分钟	5- 分钟	临界点 力量	5秒	1- 分钟	5- 分钟	临界点 力量	
世界级	24.04	11.5	7.6	6.4	19.42	9.29	6.61	5.69	第 1 类: 男性 N=23, 女性 N=8
(压缩空间)	...	...	...	...	...	...	...	...	第 2 类: 男性 N=22
	20.23	9.89	6.15	5.15	16.4	8.02	5.31	4.54	类别 3: 男性 N=8, 女性 N=7
	19.96	9.78	6.05	5.07	16.19	7.93	5.22	4.46	第 4 类: 男性 N=10, 女性 N=7
优秀的	19.69	9.66	5.95	4.98	15.97	7.84	5.13	4.38	第 5 类: 男子 N=4, 女性 N=3
(例如, 第 1 类)	19.42	9.55	5.84	4.89	15.76	7.75	5.04	4.29	
	19.15	9.43	5.74	4.80	15.54	7.66	4.94	4.21	
	18.87	9.32	5.64	4.71	15.32	7.57	4.85	4.13	
	18.60	9.20	5.53	4.62	15.11	7.48	4.76	4.05	
	18.33	9.09	5.43	4.53	14.89	7.39	4.67	3.97	
非常好	18.06	8.97	5.33	4.44	14.68	7.30	4.57	3.88	
(例如, 第 2 类)	17.79	8.86	5.22	4.35	14.46	7.21	4.48	3.80	
	17.51	8.74	5.12	4.27	14.25	7.11	4.39	3.72	
	17.24	8.63	5.01	4.18	14.03	7.02	4.30	3.64	
	16.97	8.51	4.91	4.09	13.82	6.93	4.20	3.55	
	16.7	8.40	4.81	4.00	13.60	6.84	4.11	3.47	
	16.43	8.28	4.70	3.91	13.39	6.75	4.02	3.39	
好的	16.15	8.17	4.60	3.82	13.17	6.66	3.93	3.31	
(例如, 第 3 类)	15.88	8.05	4.50	3.73	12.95	6.57	3.83	3.23	
	15.61	7.94	4.39	3.64	12.74	6.48	3.74	3.14	
	15.34	7.82	4.29	3.55	12.52	6.39	3.65	3.06	
	15.07	7.71	4.19	3.47	12.31	6.30	3.56	2.98	
	14.79	7.59	4.08	3.38	12.09	6.21	3.46	2.90	
缓和	14.52	7.48	3.98	3.29	11.88	6.12	3.37	2.82	
(例如, 第 4 类)	14.25	7.36	3.88	3.20	11.66	6.03	3.28	2.73	
	13.98	7.25	3.77	3.11	11.45	5.94	3.19	2.65	
	13.71	7.13	3.67	3.02	11.23	5.85	3.09	2.57	
	13.44	7.02	3.57	2.93	11.01	5.76	3.00	2.49	
	13.16	6.90	3.46	2.84	10.80	5.66	2.91	2.40	
公平的	12.89	6.79	3.36	2.75	10.58	5.57	2.82	2.32	
(例如, 第 5 类)	12.62	6.67	3.26	2.66	10.37	5.48	2.72	2.24	
	12.35	6.56	3.15	2.58	10.15	5.39	2.63	2.16	
	12.08	6.44	3.05	2.49	9.94	5.30	2.54	2.08	
	11.80	6.33	2.95	2.40	9.72	5.21	2.45	1.99	
	11.53	6.21	2.84	2.31	9.51	5.12	2.35	1.91	
未经训练	11.26	6.10	2.74	2.22	9.29	5.03	2.26	1.83	
(例如, 非赛车手)	10.99	5.99	2.64	2.13	9.07	4.94	2.17	1.75	

表 5. 第 1 部分各类别之间的 USAC 女性比较。

	专业人员 n=20	第 1 类 n=44	2 类 n=50	类别 3 n=50	第 4 类 n=50	5 类 n=50	结合 N=264
年龄 (岁)	30.9 ± 7.2	34.7±11.8	33.3±9.9	32.2±9.2	31.7±8.1	33.5±8.5	32.9±9.4
2019 年持续时间 (小时)a	634.7±135.2	504.8±130.5	493.1±132.9	418.0±138.8	361.2±115.6	149.6	428.3±161.6
2019 距离 (公里) a	16,581 ± 3,562	13,510 ± 3,759	13,047 ± 4,133	10,617 ± 3,694	8,989 ± 3,310	7,457 ± 4,371	11,105 ± 4,685
2019 速度 (kph)b	26.1±1.8	26.8±2.5	26.3±2.1	25.3±2.5	24.8±3.1	25.0±3.1	25.6±1.8
2019 骑行日		277.7 ± 304.4±28.5	37.8	262.4±48.3	236.6±54.1	216.7±62.2	178.8 ± 76.3
2019 比赛 天数	32.5±7.9	31.6±14.5	22.4±11.0	14.3±8.9	8.2±0.6	3.0±2.2	16.8±14.0
2019 年比赛 (总计)d	33.2±7.8	32.1±14.4	22.8±11.0	16.3±9.8	9.3±7.4	3.1±2.3	17.62±14.2

所有值均表示为平均值 ± SD a表示专业人员与类别

1、2、3、4、5 之间存在显着差异 ( $p < 0.05$ ) ; 第 1 类和第 3、4、5 类; 第 2 类和第 3、4 和 5 类; 第 3 类和第 5 类 b 表示专业人员与第 3、4 和 5 类之间的显着差异; 第 1 类和第 3、4、5 类; 第 2 和类别 3、4 和 5 c 表示专业人员与类别 3、4 和 5 之间的显着差异; 第 1 类和第 3、4、5 类; 第 3 类和第 4 类; 第 4 类和第 5 类 d 表示专业人员和第 2、3、4、5 类之间的显着差异; 第 1 类和第 2、3、4、5 类; 第 3 类和第 4、5 类; 第 4 类和第 5 类。

表6. 第1部分类别之间的 USAC 男性比较。

	专业人员 n=29	第1类 n=50	2类 n=50	类别3 n=50	第4类 n=50	5类 n=50	结合 N=279
年龄 (岁)a	26.3±3.8	31.3±7.3	35.3±12.1	34.7±9.5	34.3±10.1	33.8±10.0	33.1±9.8
2019年持续时间 (小时)b	864.7±160.0	608±195.3	479.2±160.2	411.7±150.5	351.8±121.0	301.2±124.3	475.5±225.9
2019距离 (公里)b	26,103 ± 5,210	17,885 ± 6,391	13,368 ± 4,603	11,380 ± 4,347	9,644 ± 3,127	8,232 ± 3,307	13,557 ± 7,011
2019速度 (kph)c	30.2±1.7	29.3±2.5	27.9 ± 2.5	27.7 ± 2.9	27.7 ± 2.7	27.5±2.6	28.2±2.7
2019骑行日					219.0 ± 51.7	187.3±64.3	247.6±66.5
2019比赛日	49.1±17.2	30.4±12.8	23.0±10.4	14.9±8.3	9.7±4.2	2.8±2.2	19.6±16.7
2019年比赛 (总计)e	49.9±17.1	31.8±13.2	23.8±10.4	16.4±8.9	10.9±5.5	2.9±2.4	20.6±17.0

表示为平均值 ± SD a表示专业人士与 I、II、III、IV、V

类之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ ) b表示专业人士与 I、II、III 类之间存在显著差异, 四、五; I类和 II、III、IV、V 类; II类和 IV、V

类; III类和 V类 c表示专业人员与 II、III、IV、V类之间的显著差异; I类和 II、III、IV、V类 d表示专业人员与 II、III、IV 和 V类之间的显著差异; I类和 III、IV 和 IV类; II类和 IV、V类; III类和 V类; IV类 e表示 I、II、III、IV、V类彼此不同。

表 7. 第 2 部分参与者 (女性)的描述特征。

	第一类 n=8	第 3 类 n=7	第 4 类 n=7	第 5 类 n=3	结合 n=25
年龄 (岁) ,平均值 ± SD	32.5±9.1	33.4±8.1	31.0 ± 7.1	39.3±17.0	33.2±9.1
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) ,平均值土标准差	21.5±1.5	21.6±1.9	21.4±1.6	22.5±1.7	21.6±1.6
教育程度 [n (%)]					
高中文凭/GED	1 (12.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4) 个
一些大学,没有学位	1 (12.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4) 个
副学士学位	0 (0)	0 (0)	1 (14.3)	0 (0)	1 (4) 个
学士学位	3 (37.5)	4 (57.1)	5 (71.4)	0 (0)	12 (48)
硕士	2 (25)	2 (28.6)	0 (0)	0 (0)	4 (16)
博士或专业学位	1 (12.5)	1 (14.3)	1 (14.3)	3 (100)	6 (24)
估计的室内训练 (占总训练的百分比) ,平均值 ± SD	25.0±32.5	37.1±16.0	28.6±24.8	56.6±11.6	33.2±25.3
Zwift 使用情况 [n(%)]					
是的	5 (62.5)	4 (57.1)	3 (42.9)	3 (100)	15 (60)
不	3 (37.5)	3 (42.9)	4 (57.1)	0 (0)	10 (40)

表 7. 续。

---

作业状态 [n (%)]					
受雇于工资	5 (62.5)	5 (71.4)	4 (57.1)	3 (100)	十七 (68)
自雇人士	2 (25)	0 (0)	1 (14.3)	0 (0)	3 (12)
失业和找工作	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
学生	1 (12.5)	2 (28.6)	2 (28.6)	0 (0)	5 (20)
军队	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
退休	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

---

表 8. 第 2 部分参与者 (男性) 的描述特征。

	第一类 n=23	第 2 类 n=22	第 3 类 n=8	第 4 类 n=10	第 5 类 n=4	结合 n=67
年龄 (岁), 平均值 ± SD	32.5±7.6	35.9 ± 11.9	37.3±13.44	31.0±6.4	39.3±4.8	34.4±9.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> ), 平均值土标准差	22.2±2.0	22.2±1.7	22.7±2.2	25.2 ± 1.2*	23.2±1.5	22.8±2.0
教育程度 [n (%)]						
高中毕业证	0 (0)	0 (0)	1 (12.5)	0 (0)	1 (25)	2 (3)
一些大学,没有学位	1 (4.3)	3 (13.6)	0 (0)	1 (10) 个	1 (25)	6 (9)
副学士学位	0 (0)	1 (4.5)	0 (0)	1 (10) 个	0 (0)	2 (3)
学士学位	16 (69.6)	13 (59.1)	5 (62.5)	5 (50)	1 (25)	40 (59.7)
硕士	3 (13)	3 (13.6)	2 (25)	3 (30)	0 (0)	11 (16.4)
博士或专业 程度	3 (13)	2 (9.1)	0 (0)	0 (0)	1 (25)	6 (9)
估计的室内训练 (占总训练的百分比), 平均值 ± SD	25.7±17.8	24.1±18.2	31.3±17.3	41.0±32.1	22.0±12.6	27.9 ± 20.6
Zwift 使用 [n (%)]						
是的	19 (82.6)	12 (54.5)	5 (62.5)	6 (60)	2 (50)	44 (65.7)
不	4 (17.4)	10 (45.5)	3 (37.5)	4 (40)	2 (50)	23 (34.3)

表 8. 续。

## 作业状态 [n (%)]

受雇于工资	16 (69.6)	13 (59.1)	7 (87.5)	7 (70)	2 (50)	45 (67.2)
自雇人士	6 (26.1)	3 (13.6)	0 (0)	1 (10) 个	1 (25)	11 (16.4)
退休	0 (0)	2 (9.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3)
学生	1 (4.3)	3 (13.6)	1 (12.5)	1 (10) 个	0 (0)	6 (9)
军队	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (10) 个	0 (0)	1 (1.5)
失业和找工作	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (25)	1 (1.5)
失业但目前没有找工作	0 (0)	1 (4.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1.5)

\* 表示类别 1、2、3 之间的显著差异 ( $p < 0.05$ )

表9. 第2部分参与者(女性)的权力特征。

	第一类 n=8	第3类 n=7	第4类 n=7	第5类 n=3	结合 n=25
峰值5秒	15.22 ± 2.13*	11.65 ± 1.59	11.22 ± 1.14	9.07 ± 1.71	12.36 ± 2.67
峰值1分钟	7.23 ± 0.79**	6.45±0.88	5.97±0.62	5.07±0.33	6.40 ± 0.99
高峰5分钟	4.83 ± 0.32*	4.13±0.59	3.85±0.42	3.70±0.15	4.22±0.60
Coggan FTP 估计 (20分钟峰值的95%)	4.04 ± 0.36*	3.20 ± 0.29	3.26±0.18	3.07 ± 0.06	3.47 ± 0.48
高峰1小时	3.50 ± 0.38***	3.03±0.34	2.89 ± 0.33	2.92±0.16	3.13±0.41
20分钟	4.26 ± 0.38*	3.37±0.30	3.43±0.18	3.23±0.06	3.65±0.50

所有值均表示为平均值 ± SD,单位为 W/kg

\*与类别3、4和5显着不同 ( $p < 0.05$ )

\*\*与第4类和第5类显着不同

\*\*\*与第4类显着不同

注意: Coggan 建议在获得20分钟FTP估计值之前全力以赴5分钟。

表 10. 第 2 部分参与者 (男性)的权力特征。

	第一类 n=23	第 2 类 n=22	第 3 类 n=8	第 4 类 n=10	第 5 类 n=4	结合 n=67
峰值 5 秒	18.09 ± 2.25	16.62 ± 2.31	16.74 ± 2.86	16.48 ± 1.44	14.80 ± 3.63	17.01 ± 2.44
峰值 1 分钟	9.48 ± 1.14*	8.33±1.09	8.64 ± 1.41	8.15±0.94	6.99 ± 1.46	8.65 ± 1.31
高峰 5 分钟	6.10 ± 0.60**	5.39±0.56	5.30±0.56	5.19±0.65	4.56±0.28	5.54±0.72
Coggan FTP 估计 (20 分钟峰值的 95%)	4.86 ± 0.42**	4.35 ± 0.49***	4.21±0.38	3.99 ± 0.50	3.57±0.42	4.41±0.58
高峰 1 小时	4.49 ± 0.44**	3.96±0.42	3.79 ± 0.30	3.56±0.40	3.38±0.31	4.03±0.54
20 分钟所有值	5.11 ± 0.45**	4.58 ± 0.51***	4.43±0.40	4.20±0.53	3.76±0.44	4.64±0.61

均表示为平均值 ± SD, 单位为 W/kg

\*与类别 2.4 和 5 显着不同 ( $p < 0.05$ )

\*\*与类别 2.3.4 和 5 显着不同

\*\*\*与第 5 类显着不同

注意 :Coggan 建议在获得 20 分钟 FTP 估计值之前全力以赴 5 分钟。

## 附录 B:数字

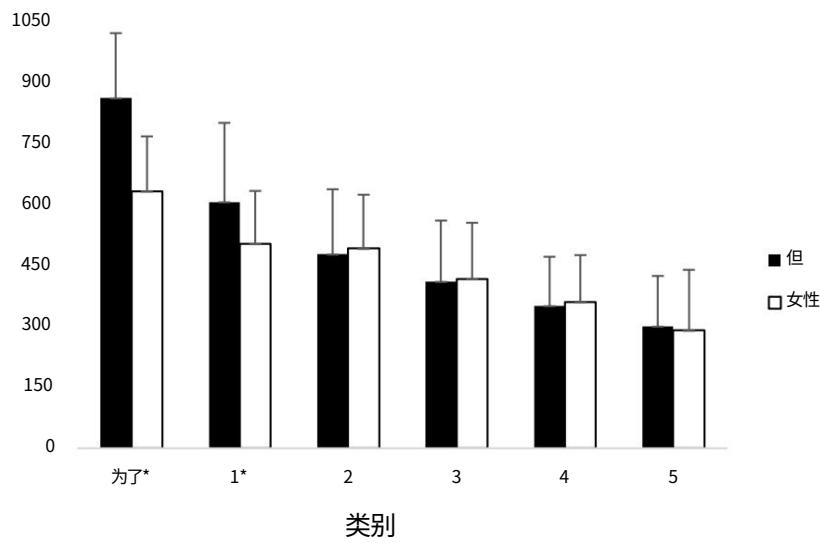


图 1. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的训练和比赛量。

\*表示在受尊重的类别中男性和女性之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。

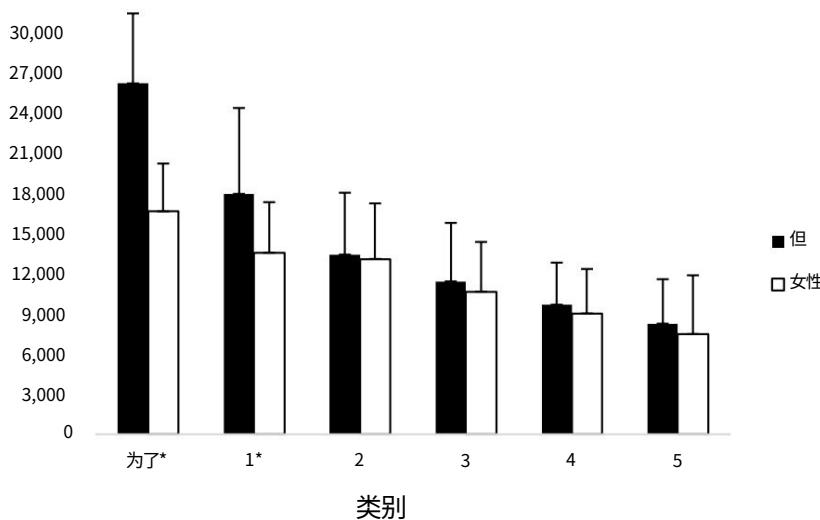


图 2. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的训练和比赛距离。

\*表示在受尊重的类别中男性和女性之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。

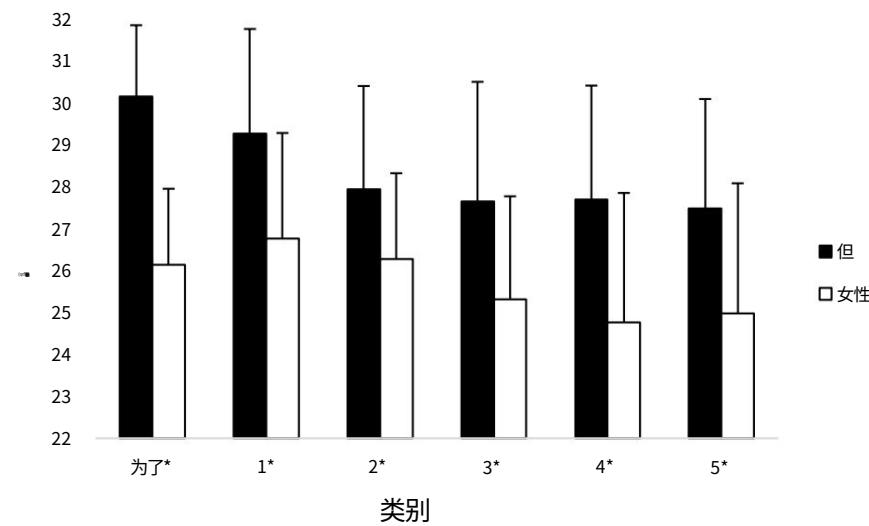


图 3. 2019 年 USAC 公路自行车运动员在比赛和训练中的平均速度（公里/小时）。

\*表示在受尊重的类别中男性和女性之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。

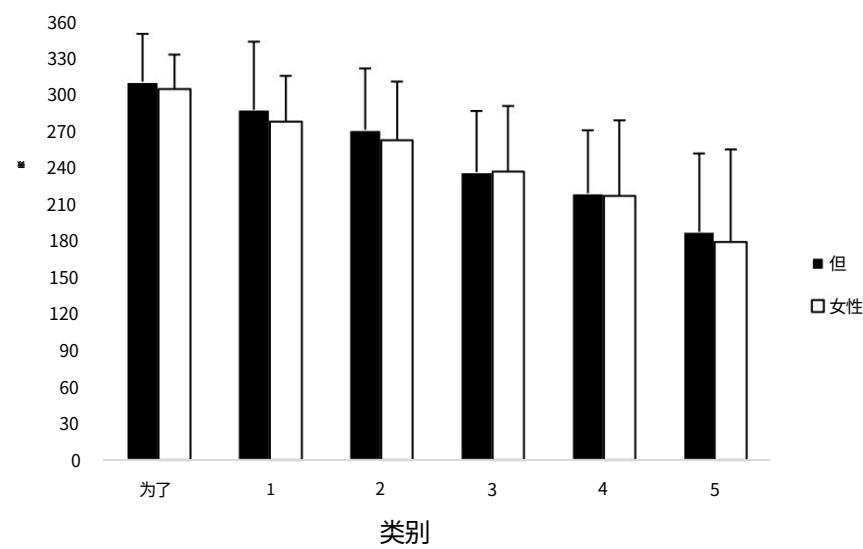


图 4. USAC 公路自行车手在 2019 年的骑行天数（包括比赛天数）。

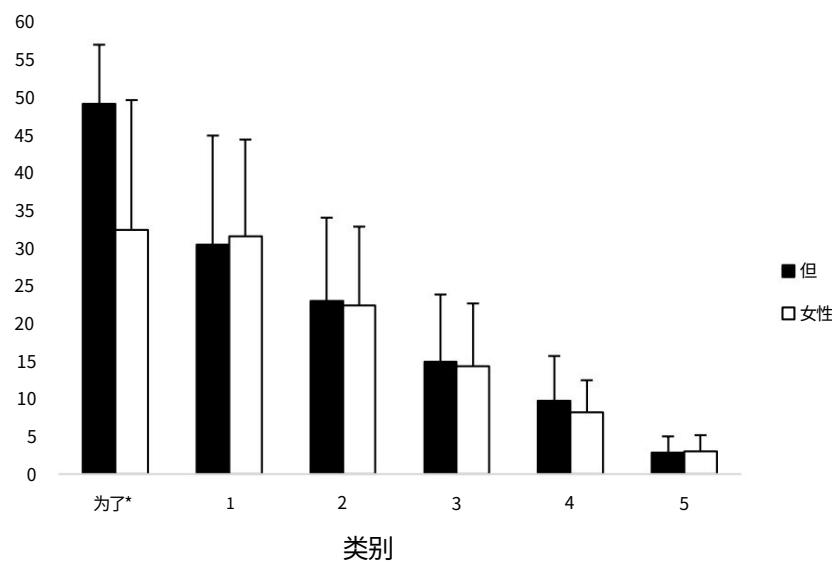
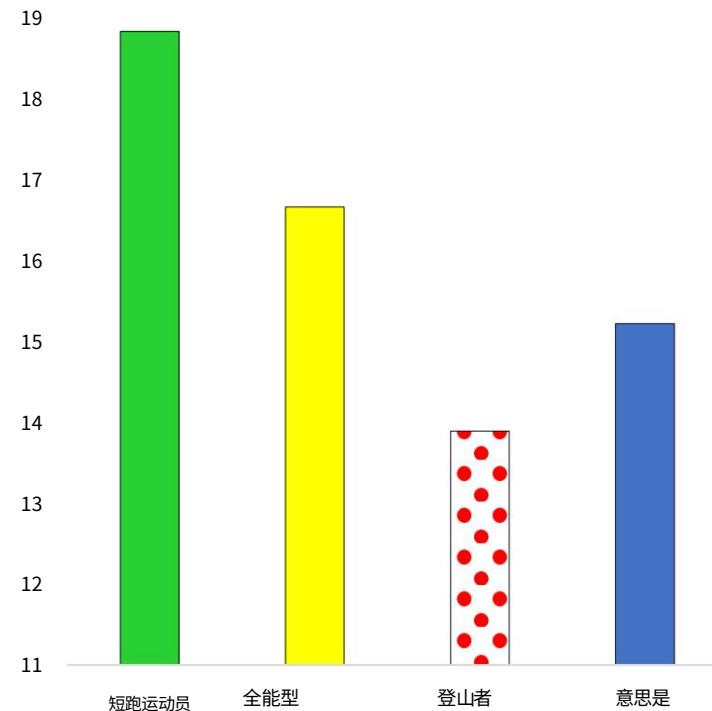


图 5. USAC 公路自行车运动员在 2019 年的比赛天数。

\*表示在受尊重的类别中男性和女性之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。

1类女子5秒力量



1类女子 20 分钟力量

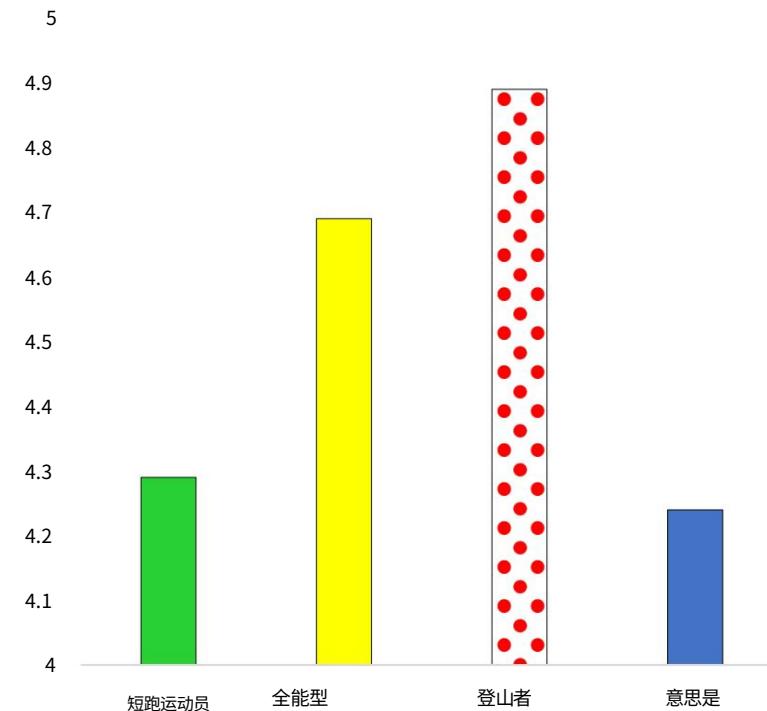


图 6.1 类女性 5 秒和 20 分钟力量、平均值和特定个体。

(选定的短跑选手在两种情况下都是同一名骑手,全能选手在两种情况下都是同一名选手,登山者在两种情况下都是同一名选手)

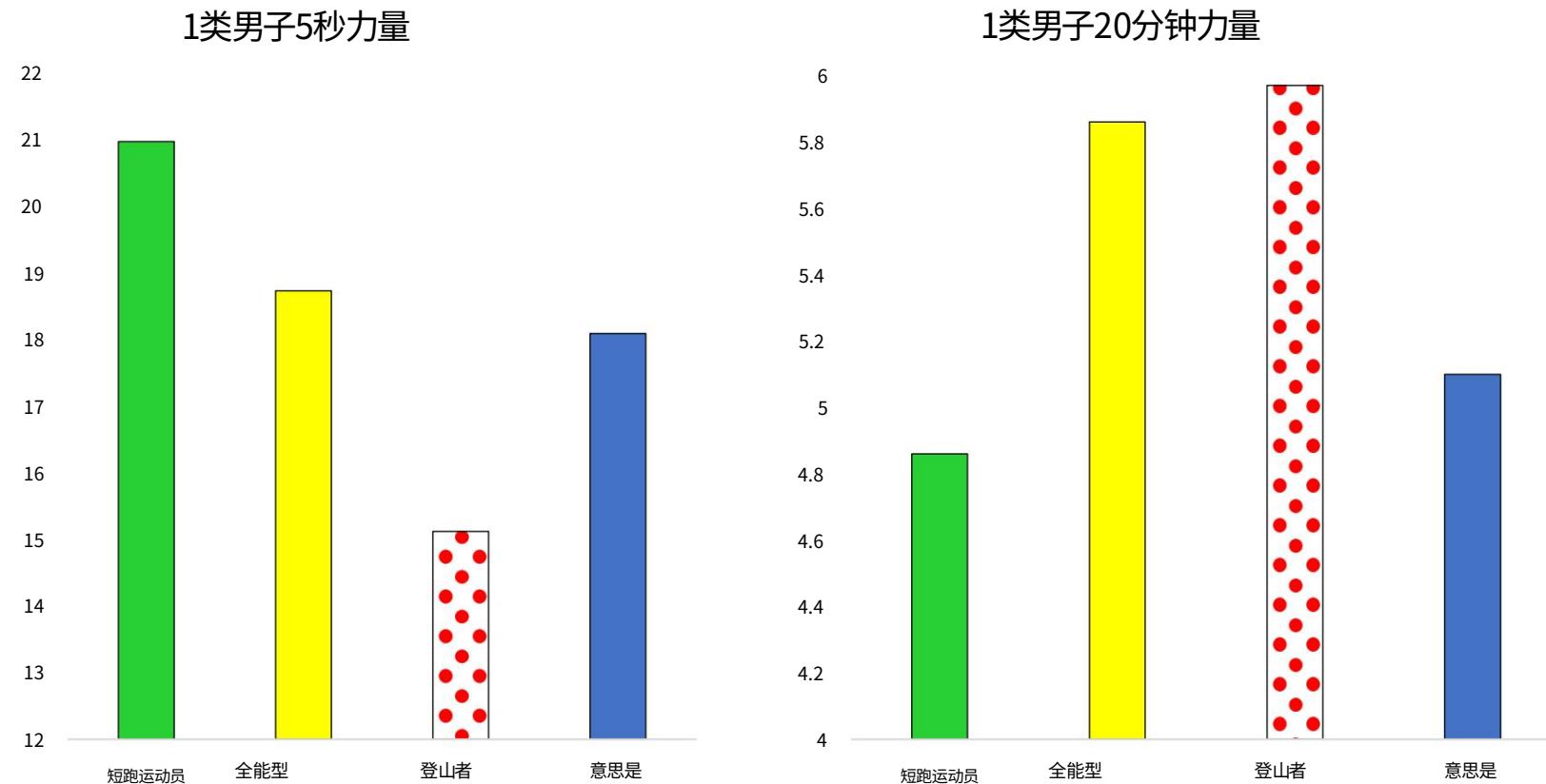


图 7.1 类男子 5 秒和 20 分钟功率、平均值和选定个体。

(选择的短跑选手在两种情况下都是同一名骑手,全能选手在两种情况下都是同一名选手,攀登者在两种情况下都是同一名选手)

女子5秒力量

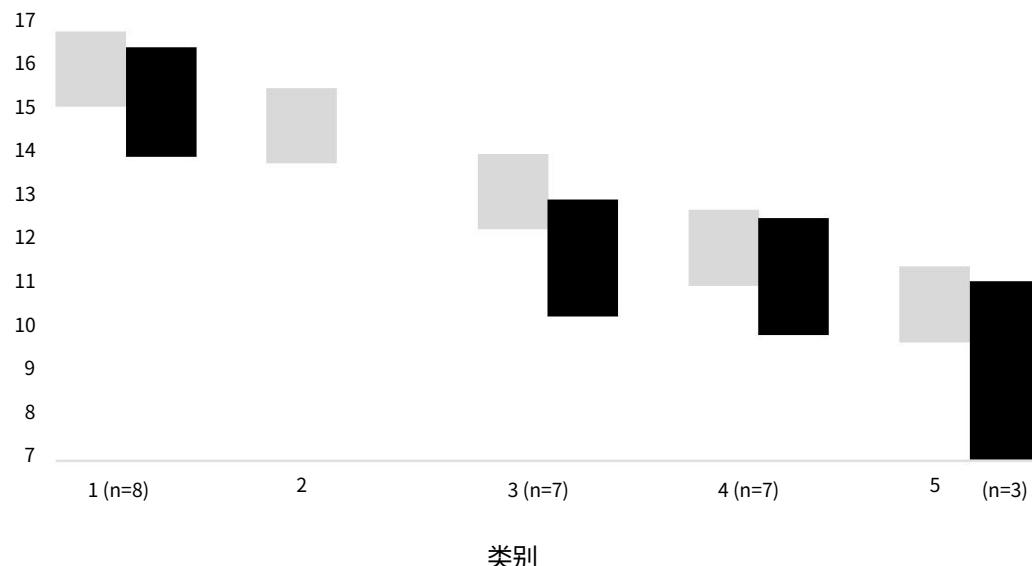


图 8. 女性自行车手的自行车类别与 5 秒功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

女性1分钟力量

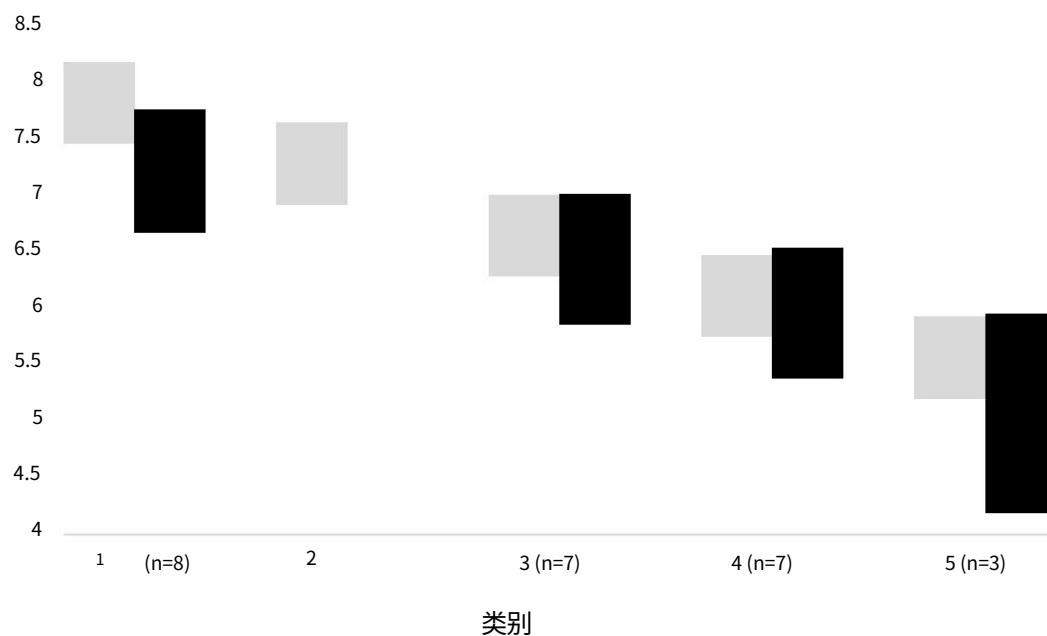


图 9. 女性自行车手的自行车类别与 1 分钟功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

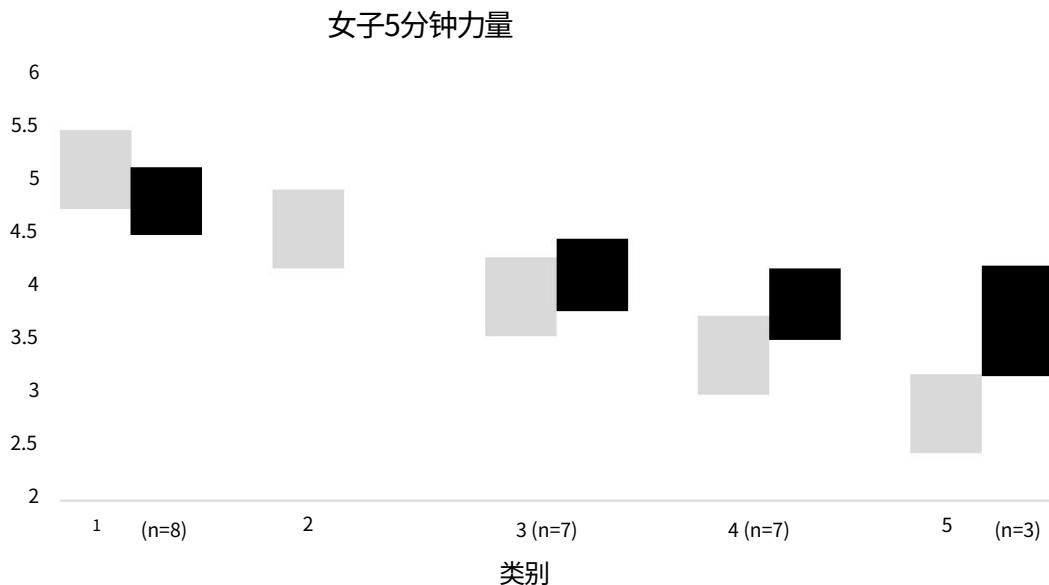


图 10. 女性骑行者的骑行类别与 5 分钟功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

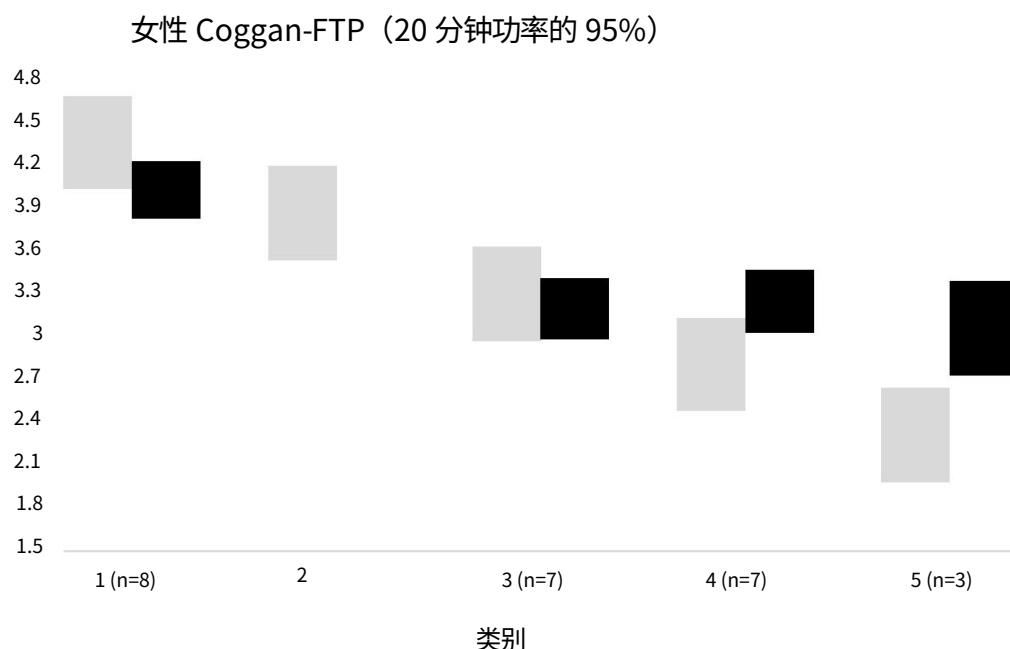


图 11. 女性骑行者的骑行类别与 Coggan-FTP 功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

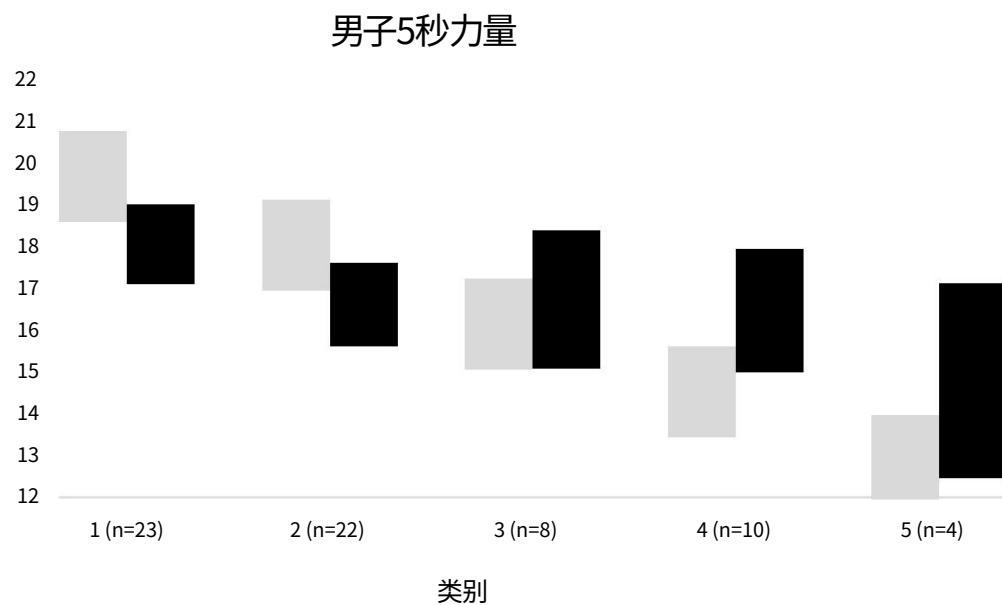


图 12. 男子骑行者的骑行类别与 5 秒功率。  
黑条表示来自当前研究的数据,以平均值土 2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

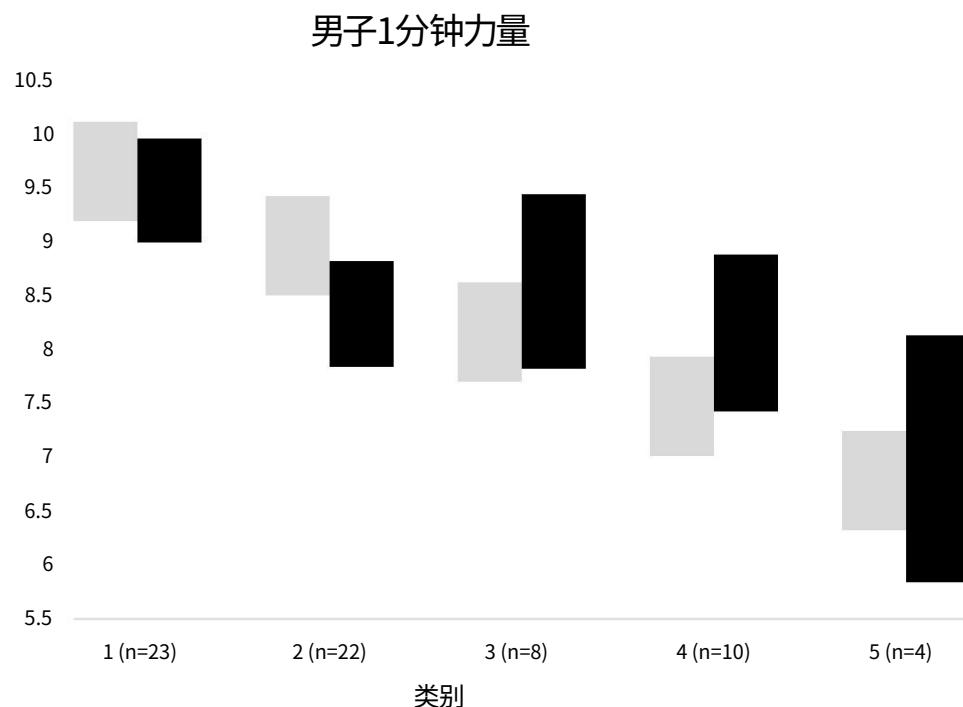


图 13. 男子骑行者的骑行类别与 1 分钟功率。  
黑条表示来自当前研究的数据,以平均值土 2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

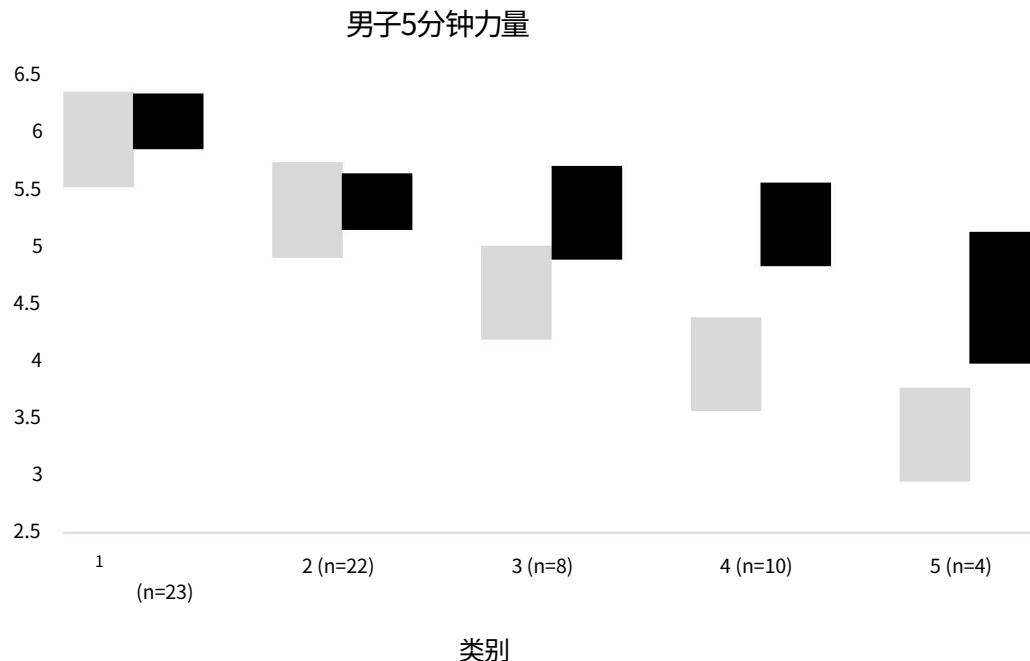


图 14. 男子骑行者的骑行类别与 5 分钟功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

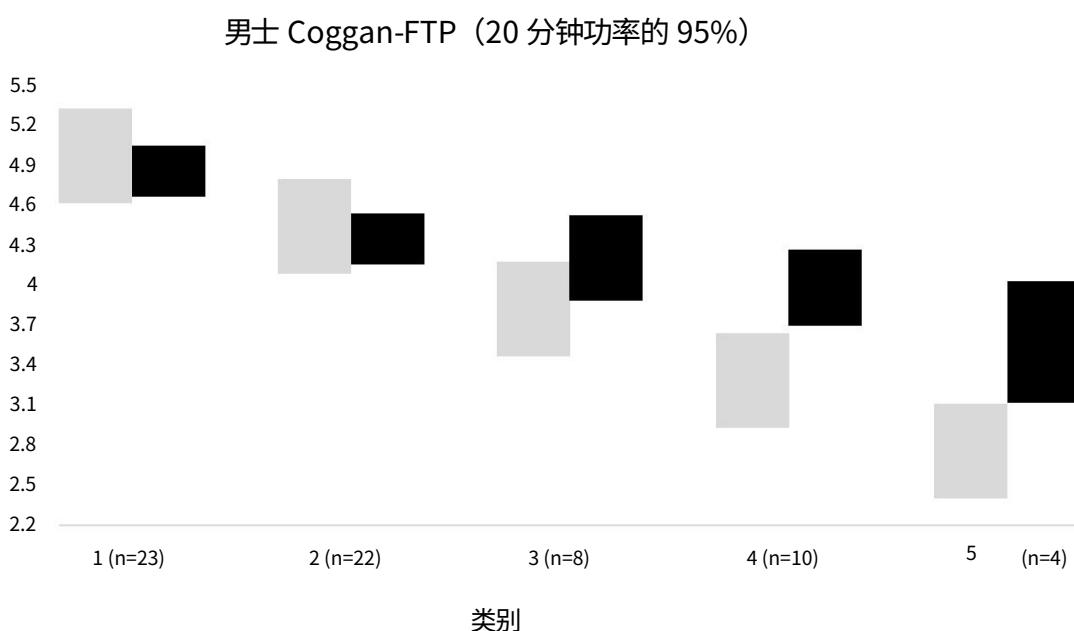


图 15. 男子骑行者的骑行类别与 Coggan-FTP 功率。

黑条表示来自当前研究的数据,以平均值±2 SE 表示,灰条表示来自 Coggan (13) 的参考数据。

## 附录 C:招聘信息

Strava 上的直接消息

你好，

我正在田纳西大学诺克斯维尔分校攻读理学硕士学位，并正在完成一项关于“USACycling 公路自行车手的训练特征和力量概况”的研究。

我注意到您经常使用功率计，想知道您是否愿意为我的项目分享更多功率数据？它应该只需要您几分钟的时间，并且将有助于更好地了解不同类别的骑自行车者的力量概况。如果您同意参加，我会在一年内向您发送一份简短的结果摘要。如果您有兴趣，请对此评论或我的电子邮件 ([rsroka@vols.utk.edu](mailto:rsroka@vols.utk.edu)) 回复“是”谢谢！

---

真挚地，  
罗伯特·斯罗卡

田纳西大学研究生和骑自行车的人

---

Strava 上的直接消息

你好，

我正在田纳西大学诺克斯维尔分校攻读理学硕士学位，并正在完成一项关于“USACycling 公路自行车手的训练特征和力量概况”的研究。

我注意到您经常使用功率计，想知道您是否愿意为我的项目分享更多功率数据？它应该只需要您几分钟的时间，并且将有助于更好地了解不同类别的骑自行车者的力量概况。如果您同意参加，我会在一年内向您发送一份简短的结果摘要。如果您有兴趣，请对此评论或我的电子邮件回复“是” ([ssims15@vols.utk.edu](mailto:ssims15@vols.utk.edu))

---

谢谢！

真挚地，  
看到模拟人生

田纳西大学研究生和骑自行车的人

## 附录 D:研究同意书

### 参与

## 同意研究参与

研究标题:公路赛车手的训练特征和力量概况

美国自行车

研究员:罗伯特·斯罗卡,研究生,田纳西大学,  
诺克斯维尔

David Bassett, Jr. 博士,田纳西大学诺克斯维尔分校

杰西卡·库茨博士,田纳西大学诺克斯维尔分校

Dawn Coe 博士,田纳西大学诺克斯维尔分校



我/我们要求你参加这项研究,因为你是 USAC 的活跃成员,并且使用带有功率计的 Strava。您必须年满 18 岁才能参加研究。本同意书中的信息旨在帮助您决定是否要参与这项研究。如果您有任何不明白的地方,请花点时间阅读此表格并联系研究人员提出问题。

### 为什么要进行这项研究?

这项研究的目的是探索美国每一类自行车公路赛车手的训练习惯和力量概况。在男性和女性赛车手中将观察到总共 10 个类别 (Pro/1、2、3、4 和 5)。将对一小部分骑手进行功率分析。

### 我将在这项研究中做什么?

如果您同意参与本研究,我们会要求您填写本调查并根据您的 Strava 文件创建 2018 年和 2019 年的功率配置文件。本研究将不使用 GPS 数据。

这项研究将完全在线完成,不会发生任何设置会议或活动。您需要填写调查表并按照附件末尾的发送电源文件的说明进行操作

民意调查。

### 我将在研究中学习多长时间?

如果您同意参加研究,您的参与将需要大约 10 分钟。

### 我可以说“不”吗?

是否参加这项研究取决于您。你可以现在说不,或者以后离开书房。无论哪种方式,您的决定都不会影响您与研究人员或田纳西大学的关系。

### 如果说“是”但后来改变主意会怎样?

即使您现在决定参加研究,您也可以随时改变主意并停止。如果您决定在研究完成之前停止,则提供的任何答案都将被删除。

### 对我有任何风险吗?

由于 Strava® 和 USA Cycling 之前出于非研究目的收集了您的训练/比赛数据 (包括功率曲线),因此您参与的风险很小。您的调查回复是唯一正在收集的新数据。虽然失去机密性会带来轻微的风险,但数据将被取消识别,参与者将被分配一个 ID 号以防止这种风险。

对我有什么好处吗?

参加本研究不会向您提供任何经济补偿。但是,收集到的信息将提供有关美国自行车赛车手在各个类别中当前的训练习惯和力量概况的有用信息。您将在一年内收到一份简要的报告摘要。

为本研究收集的信息会发生什么情况?

我们将通过分配一个 ID 号对参与者进行去识别化来保护您的信息的机密性。如果本研究的信息在科学会议上发表或展示,您的姓名和其他个人信息将不会被使用。

我们将尽一切努力防止研究团队以外的任何人知道您向我们提供了信息或哪些信息来自您。尽管不太可能,但有时其他人可能需要查看我们收集的有关您的信息。这些包括:

- 田纳西大学诺克斯维尔分校负责监督研究以确保其正确进行的人员
- 政府机构 (例如美国卫生与公众服务部的人类研究保护办公室)和其他负责监督研究的安全性、有效性和实施的机构 · 如果法律或法院要求我们分享信息,我们必须遵守该法律或最终

#### 法庭决议

本研究结束后,我的信息会怎样?

供研究团队将来使用,我们将保留您的信息以供将来研究使用。您的姓名和其他可以直接识别您的信息将从作为研究的一部分收集的研究数据中删除。我们可能会与其他研究人员共享您的研究数据,而无需再次征得您的同意,但其中不会包含可以直接识别您身份的信息。

谁能回答我关于这项研究的问题?

如果您对本研究有任何疑问或疑虑,或遇到与研究相关的问题或受伤,请联系研究人员:

罗伯特·斯罗卡

[rsroka@vols.utk.edu](mailto:rsroka@vols.utk.edu)

小大卫·巴塞特博士

[dbassett@utk.edu](mailto:dbassett@utk.edu)

有关您的权利的问题或疑虑或与研究团队以外的其他人就研究进行交谈,请联系:机构审查委员会

田纳西大学诺克斯维尔分校

1534白色大道

布朗特大厅,408 室

田纳西州诺克斯维尔 37996-1529

电话:865-974-7697

电子邮件:[utkirb@utk.edu](mailto:utkirb@utk.edu)

同意声明

我已阅读此表格,有机会提问并回答我的问题。如果我有更多问题,我已被告知与谁联系。点击下方的“我同意”按钮,即表示我同意参与这项研究。我可以打印或保存此同意信息的副本以供将来参考。如果我不想参加这项研究,我可以关闭我的互联网浏览器。

## 附录 E:调查

定性

您每年骑行时间 (小时)的大约百分之几用于室内骑行?

- 0
- 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 60
- 70
- 80
- 90
- 100

你在室内骑行时会上传到 STRAVA 吗?

- 是的,一直
- 一些时间
- 不,但我确实在室内骑行
- 不,但我不在室内骑行

您是否定期使用与锻炼相关的应用 Zwift 虚拟现实平台?

- 是的
- 不

如果您确实使用 Zwift,那么平台上的总训练量占多少百分比?

请说明您的教育程度:

- 某高中
- 高中文凭/GED
- 一些大学学分,没有学位
- 副学士学位
- 学士学位
- 硕士
- 博士或专业学位

请说明您的工作状态:

- 受雇于工资
- 自雇人士
- 失业和找工作
- 失业但目前没有找工作

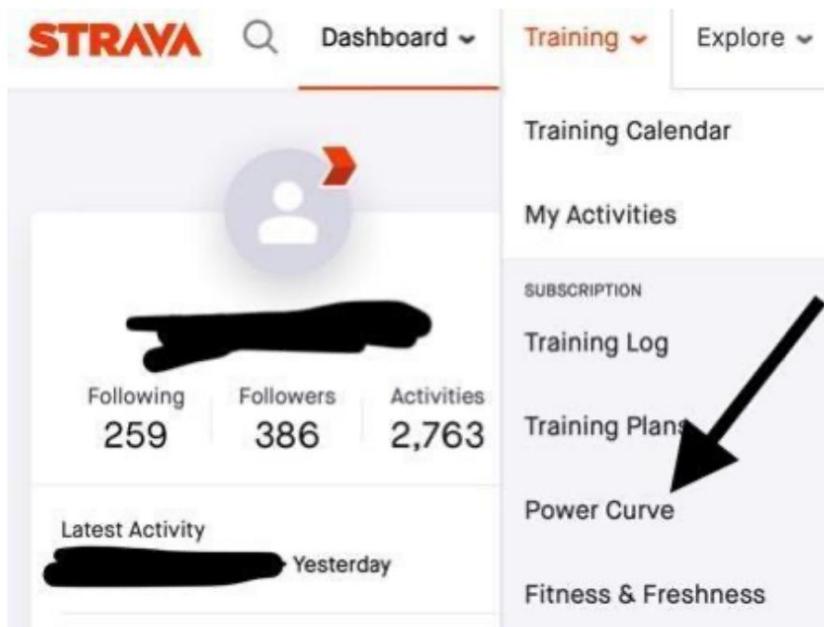
- 一个家庭主妇
- 一个学生
- 军队
- 退休

请以英寸为单位注明您的身高 \_\_\_\_\_ 和体重 (磅) \_\_\_\_\_

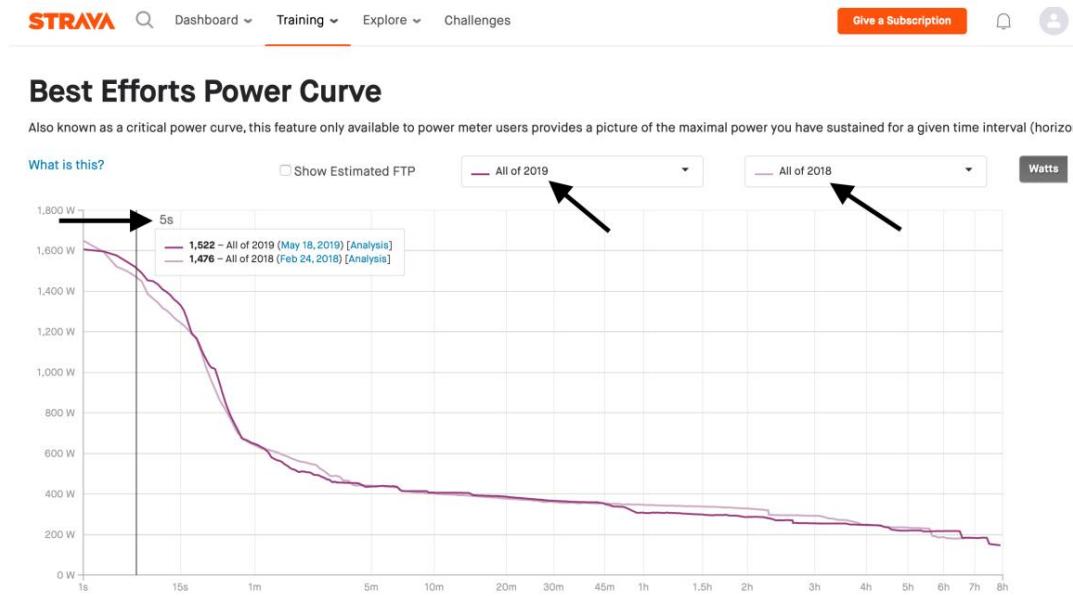
电源配置文件

请提供您在 2018 年和 2019 年的峰值功率数据的屏幕截图。您需要通过电子邮件将 5 个屏幕截图发送给主要研究者，[rsroka@vols.utk.edu](mailto:rsroka@vols.utk.edu)

登录您的个人 Strava 帐户。单击“训练”选项卡下的“功率曲线”。



为时间段选择“All of 2018”和“All of 2019”。



然后,您将截取每个峰值 5 秒、1 分钟、5 分钟、20-分钟和过去两年的 60 分钟功率值,方法是将光标拖到给定的时间间隔上。总共将有五个屏幕截图。

如果您没有在 Strava 上发布您的体重,我们要求您更新该设置,以便我们可以将功率表示为每公斤体重的瓦数,或者在电子邮件中包含您的体重。

## 生活

罗伯特·杰伊·斯罗卡 (Robert Jay Sroka) 于 1995 年 1 月 15 日出生于康涅狄格州新不列颠的鲁道夫·约瑟夫·斯罗卡和洛瑞·安·欧文。他在俄亥俄州北罗亚尔顿长大，2013 年毕业于 North Royalton 高中。2017 年，罗伯特毕业于肯特州立大学（肯特，俄亥俄州），拥有运动科学理学学士学位，辅修在运动医学。罗伯特在四个不同的国家参加了他的自行车比赛。接下来两年，在他接受田纳西大学助教之前，(田纳西州诺克斯维尔) 在运动机能学、娱乐和体育研究系。他于 2021 年 8 月毕业于运动生理学理学硕士学位。罗伯特目前计划从事教练业务，重点是公路自行车手。

