

提高骑行性能

我们应该如何度过我们的时间和金钱

Asker E. Jeukendrup¹和James Martin²

¹ 伯明翰大学运动与运动科学学院人体性能实验室,英格兰埃德巴斯顿

² 美国犹他州盐湖城犹他大学运动与运动科学系

内容

摘要	1. 模型。	.559
2. 比较方法。		.561
3. 内部因素。		.561
3.1 培训。		.561
3.2 高原训练。		.563
3.3 营养。		.564
3.3.1 碳水化合物-电解质溶液。		.564
3.3.2 咖啡因。		.564
4. 外部因素。		.564
4.1 车身和自行车质量。		.464
4.1.1 自行车质量。		.564
4.1.2 体重。		.565
4.1.3 质量对攀爬的影响。		.565
4.2 空气动力学。		.565
4.2.1 身体姿势。		.565
4.2.2 自行车架。		.566
4.2.3 框架和车身位置结合。		.566
4.2.4 轮子。		.567
4.2.5 车轮选择:重量与空气动力学。		.567
5. 公路赛的不同规则。		.567
6. 结论。		.568

抽象的

骑车表现取决于影响生理因素
机械动力生产和机械和环境因素
影响电力需求。本次审查的目的是总结这些因素
并按重要性排列它们。我们使用了 Martin 等人的模型。到
将所有性能变化表示为 40 公里计时赛性能的变化。我们
模拟了从新手到不同能力的骑手的表现
精英自行车手。训练是提高动力生产的一个也是最明显的方法,预计有可能将 40 公
里计时赛的成绩提高 1% 到 10% (1 到 7 分钟)。该模型还预测高原训练

本身可以进一步提高 23 到 34 秒。碳水化合物-电解质

饮料可能会使 40 公里的时间减少 32 到 42 秒。相对低剂量的咖啡因可以将 40 公里计时赛的成绩提高 55 到 84 秒。

提高计时赛性能的另一种方法是减少以一定速度骑行的动力需求。与基准位置相比,手放在制动罩上骑行会改善空气动力学并将表演时间增加约 5 到 7 分钟,手放在车把上下降会增加表演时间 2 到 3 分钟(肘部放在时间轨迹车把上)。相反,以精心优化的姿势骑行可以将表演时间减少 2 到 2.5 分钟。空气动力学框架将建模的骑手节省了 1:17 到 1:44 分秒。此外,与传统轮对相比,空气动力学轮对可以将计时赛性能时间提高 60 至 82 秒。

从本文的分析中可以清楚地看出,与精英自行车手相比,新手自行车手可以从建议的位置、设备、营养和训练改变中受益更多。训练似乎是最重要的因素,但有时身体位置的相对较小的变化可以取得很大的进步。更昂贵的性能改进选择包括高原训练和设备改装(轻型和空气动力学自行车和车轮)。

根据时间和财务资源的可用性,骑自行车的人必须决定如何实现他们的性能改进。此处提供的数据可能会为帮助做出此类决定提供指导。

各种内部和外部因素相互作用以确定循环速度(表 I)。其中最主要的是影响机械功率产生的生理因素(内部因素),以及影响功率需求的机械和环境因素(外部因素)。尽管这些因素总是会影响自行车的表现,但它们最明显地影响计时赛的表现,其中比赛策略不太重要。大多数这些因素已在进行本次审查的文章中进行了详细讨论。^[1,4,10,19,20]本次审查的目的是总结这些发现并按重要性对它们进行排序。换句话说,我们试图确定我们应该在哪里以及如何花费我们的时间或金钱来提高自行车性能。

必须使用每个因素。在本综述中,我们使用了一个数学模型^[18]来比较影响自行车性能的生理、机械和环境因素。对自行车性能的生理方面的研究(例如间歇训练)被用来估计每个因素将如何影响骑自行车者在 40 公里计时赛中可以承受的力量。然后使用该模型来预测这些功率变化对 40 公里计时赛性能的影响。这样,内部和外部因素的影响就得到了综合

例如,购买空气动力学车轮更有效还是我们应该投资高空列车?
嗯?

显然,不能直接对间歇训练、碳水化合物喂养和空气动力学自行车部件等不同因素的相对重要性进行排名。相反,一些常见的衡量标准允许间接比较

表一. 影响骑行性能的因素

内部因素

- 培训[1-3]
- 高原训练[4-8]
- 碳水化合物[9-10]
- 咖啡因[11-15]

外在因素

- 体重[9,16,17]
- 体位[18,19]
- 服装[18,19]
- 自行车[18,19]
- 轮子[18,19]

减少了他们对完成 40 公里计时赛时间的影响。

1. 模型

循环速度源于功率生产和功率需求之间的动态平衡。本综述中使用的数学模型由 Martin 等人报道 [18] 并包括骑自行车者产生的机械动力和所有相关外部因素的术语,包括:空气阻力、风力条件、滚动阻力、轴承摩擦、势能和动能以及机械效率。传递给自行车曲柄的总功率表达式为:

$$\begin{aligned} PTOT = & \{Va^2 VG 1/2\rho(CDA+Fw) \\ & + VGCRRmTgCos[Tan - 1(GR)] + \\ & + VG(91 + 8.7VG) \times 10^{-3} + VGMgTgSin[Tan - 1(GR)] + \\ & 1/2(mT + I/r^2)(vf^2 - vi^2)/(ti - tf)\} / EC \end{aligned}$$

其中: Va 是与自行车和骑手的行进方向相切的自行车空气速度 (取决于风速和自行车的地面速度); VG 是自行车的地面速度; ρ 为空气密度; CD 是自行车和骑手的阻力系数; A 是自行车和骑手的正面区域; Fw 是等效于辐条的阻力区(CDA)的表达式; CRR 为滚动阻力系数; mT 是自行车和骑手的总质量; g 是重力加速度; GR 为路面坡度; $VG(91 + 8.7VG) \times 10^{-3}$ 是车轮轴承摩擦力的表达式; I 是 2 个车轮的总转动惯量; r 是自行车车轮的半径。下标 i 和 f 表示某个区间内的初始条件和最终条件。 EC 是链传动系统的效率。

马丁等人[18]通过将预测功率与户外公路骑行期间测量的功率进行比较来验证该模型,并报告模拟功率与测量功率一致 [模拟功率 = $1.00 \times$ 测量功率, 终止系数(R^2) = 0.97, 估计的标准误差 (SEE) = 2.7W]。因此, 我们相信该模型将成为比较各种内部和外部因素影响的有效工具。

2. 比较方法

在具有相对较短的自行车训练历史[最大摄氧量 (V_{O2max}) 48 ml/kg/min, 乳酸阈值为 65% V_{O2max}]的新手自行车手的背景下, 比较了几种生理因素的影响, 训练有素的自行车手 (V_{O2max} 66 ml/kg/min, 乳酸阈值为 75% V_{O2max}) 和精英公路自行车手 (V_{O2max} 80 ml/kg/min, 乳酸阈值为 80% V_{O2max})。所有 3 名模拟骑手的体重均为 70 公斤, 假设空气密度为 1.2 公斤/立方米。对于内部因素的评估, 假设模拟骑手的阻力面积为 0.269m²。[18] 该模型用于模拟 40 公里路线上的性能, 其中骑手将在 2 米/秒的逆风中以 1% 的坡度行驶 5 公里, 在 2 米/秒的逆风中以 1% 的坡度下降 5 公里, 然后向上行驶 5 公里 1% 坡度, 2 m/sec 顺风和 5km 下降 1% 坡度, 2 m/sec 顺风, 沿平地 10km 进入 2 m/sec 逆风, 沿平地 10km, 有 2 m/sec 顺风。对于指定的模型参数, 40 公里计时赛的基准性能时间分别为: 72:56 (分:秒)、58:35 和 52:02, 分别适用于建模的新手、训练有素的自行车手和精英自行车手。这些值将用于比较各种内部和外部因素的影响。

3. 内部因素

3.1 培训

训练被认为是运动表现的主要调节因素之一。许多先前的研究人员已经描述了培训的绩效效益和潜在机制。

然而, 大多数这些研究的参与者都是未经训练的个人或患者, 很少或没有关于额外或替代训练对已经训练有素的个人 (如精英自行车手) 的影响的信息。[1]

早期报告显示, 未经训练的个体在训练 9 至 12 周后可将其 V_{O2max} 提高 20% 至 38%[21-24] (表 II)。在老年人中观察到 V_{O2max} 的非常大的增加, 而年轻人则表现出一些

表二。具有代表性的研究总结,显示了几周训练对未受过训练、中等训练的人的表现指数的影响
训练有素的自行车手

参与者	V. O _{2max} (毫升/公斤/分钟)	训练	性能改进 (%)			参考
			最大	五最大摄氧量	40公里时间	
未经训练的个人						
年轻人和老年人 (未经训练)		12 周	不适用	28-38	不适用	24
12名未经训练的人		10周 40分钟/天, 6天/周 NA 10周 40分钟/天, 6天/		25	不适用	23
13名未经训练的人	42.3	周 NA 9周 40分钟/天, 6天/周 NA		10-20	不适用	22
9未经训练的人				23	不适用	21
受过中等训练的个人						
16 名受过适度训练的自行车手	56.8	4周混合训练 8周混合训练	不适用	5.5	6.8	25
			不适用	7.0	8.4	
训练有素的个人						
4名训练有素的骑自行车者 vs 4名控制者	61.3	3周, 6次 HIT 课程 (8 × 4分钟 85% Wmax 与 1.5分钟 恢复)	2.4	不适用	2.3	3
8名训练有素的自行车手	≈64	6周, 正常训练的 15% 被HIT取代	5.0	不适用	2.4	26
12 名训练有素的自行车手	65.7	4周, 正常训练的 15% 被HIT取代	4.3	不适用	3.5	2

HIT = 高强度训练； NA = 不适用； V. O_{2max} = 最大摄氧量； Wmax = 峰值功率。

较小的进步。这可能与低初始V. O_{2max}。一般来说,低V. O_{2max}在培训的开始将带来巨大的进步训练后,而初始V. O_{2max}值较高

导致较小的增加。不幸的是, V. O_{2max}并不总是一个很好的运动表现指标,因此很难从这些研究中预测运动表现的改善。然而,

这些培训计划很可能导致不仅在增加的V. O_{2max}中,而且在乳酸阈值的显着变化中。在模型中因此,我们使用V. O_{2max}的变化作为40公里计时赛成绩变化的反映

曼斯。

已在现代进行了多项研究

训练有素的运动员。Norris 和 Petersen [25]调查了8周培训的效果

节目(每周5次,40至55分钟)

16名竞技自行车手的表现(V. O_{2max}

57毫升/公斤/分钟)。性能被评估为五O_{2max}测试和模拟40公里计时赛后

4周和8周。性能改进是

在4周内观察到8

训练V. O_{2max}提高了5%和

40公里时间缩短8.4%。这些大变化可能与低启动有关骑自行车者的水平(即进行了研究在赛季初)。

Westgarth-Taylor 等人[26]调查了修改后的训练方案对8名自行车运动员的影响(V. O_{2max} ≈ 64 ml/kg/min)。他们总共有15%耐力训练被高强度训练取代训练。6周后峰值功率(Wmax)从404 ± 40W增加到424 ± 53W(5.0%)和完成40公里的时间减少了2.4%。在此期间计时自行车运动员在训练后平均为327 ± 51W,而训练前为291 ± 43W(11.3%)。他们不仅在更高的绝对工作量下执行但也有更高的相对强度(78.1对72.6%Wmax),可能表明乳酸阈值发生了变化。当参与者接受类似的训练时,同一研究组也获得了类似的结果

方式为4周。[2] Wmax增加4.3%

40km时间提高了3.5%(见表二)。

Stepto 等人[3]研究了5种不同的效果

20名训练有素的自行车手的间歇训练方案

(V. O_{2max} 61.3毫升/公斤/分钟)。骑自行车的人完成了6次

在 3 周内,以及之前和之后的间隔会议
测量了训练周期 Wmax 和 40 公里计时赛的表现。间隔训练协议范围为 12 次 30 秒,175% Wmax

在 80% Wmax 下 4 次 8 分钟。有趣的是,
表现最深刻的变化 (2.4%
Wmax 增加,40 公里改善 2.3%
计时赛表现;表 II) 观察到
由 8 次 4 分钟 85% 组成的协议
Wmax 穿插着 1.5 分钟的休息。

尽管很少或没有关于训练对已经训练有素的自行车手
的影响的数据,[27]
轶事证据表明,改善
尽管训练量和强度显着增加,但表现却很小。在世界上
竞技赛季中的一流自行车手,40 公里计时赛成绩的这些改
进很可能
在 1% 到 3% 的范围内 (未发表的观察结果)。但是,必
须注意的是,更大
在开始时可以观察到改进
这些骑自行车的人相对未受过训练的季节。

总而言之,对于新手自行车手来说,训练计划包括高强
度间歇和
持续的耐力努力可以提高表现
5% 到 10%。修正训练的效果
已经训练有素的 40 公里计时赛表现
据报道,个人仅占 2% 到 4%。
改进的余地很可能是
精英自行车手的比例较小 (1% 到 3%)。与模型
如上所述,这些变化已转化为表 III 中的 40 公里时间。

3.2 高原训练

Hahn 和 Gore [4] 以及其他地方已经广泛讨论了高
原训练的效果。[5-8]通常,人们认为生活和

中等海拔训练几乎没有效果
在海平面上的表现。[4]然而,有
一些证据表明生活高而训练低
可能会产生积极的影响。[5,8,28,29]在跑步者中,5 公里
跑步性能提高了 2.2% 和 V. O₂max
当他们生活在 2500m 并接受培训时,下降了 3.9%
1250m.[29]在同一研究的后续研究中
训练有素的运动员组[30] (V. O₂max 72 ml/
kg/min)、V. O₂max 和 3km 运行时间提高了
分别为 1.1% 和 2.2%。不幸的是,这项研究
没有对照组。

大多数研究都是在跑步者身上进行的,关于自行车运
动员的信息很少。[31]此外,性能测量

通常从几秒钟开始持续很短的时间
最多约 20 分钟,因此外推至
40 公里的计时赛表现很困难。尽管如此,正如 Hahn
和 Gore [4] 的表现所得出的结论
高原训练带来的改善
非常小 (0 到 2%)。这些改进是否可以外推到骑自行车
的人尚未
证明了。即便如此,假设在跑步者身上观察到的进步似乎是
合理的
与骑自行车的人相似。因此,我们有
据估计,高原训练可能会提高 2% 的表现力。有了这种改
进,模型预测计时赛会减少

新手骑行者的表演时间为 34 秒 (72:22 对 72:56),
训练有素的表演时间为 26 秒

表三。数周训练对新手、训练有素和精英自行车手 40 公里时间的影响。呈现性能时间数据
作为分钟·秒

	40公里前 训练	训练后的效果		
		最低限度	最大限度	平均
消息	72:56	69:21 -3:35	65:38 -7:18	67:29 -5:27
训练有素	58:35	57:25 -1:10	56:15 -2:20	56:50 -1:45
精英	52:02	51:30 -0:32	50:29 -1:33	51:00 -1:02

自行车手 (58:09对58:35)和精英 23 秒
骑自行车的人 (51:39对52:02)。

3.3 营养

3.3.1 碳水化合物-电解质溶液

正如其他地方报道的那样,[10]许多营养补充剂对耐力表现的影响之前已经调查过了。

几项控制良好的调查结果[32-34]表明,摄入水和碳水化合物可以提高运动表现。Jeukendrup 等人[33]据报道,并生产的电力

在模拟 40 公里计时赛中训练有素的自行车手性能提高了 2.3% (297.5 ± 10.3W)通过摄入水和碳水化合物饮料与安慰剂相比 (291.0 ± 10.3W)。同样,el-Sayed 等人 [34]报告摄入 8% 碳水化合物溶液 提高功率与训练有素的自行车手在 1 小时 “全力以赴”的自行车试验中产生的能量相比,增加了 3.0% (277 ± 3W) 与安慰剂 (269 ± 3W)。使用略有不同的协议,Below et al.[32]表明碳水化合物馈电期间功率输出提高了 12% 50 分钟后进行 10 分钟全面锻炼恒定负载循环。这一发现可能与公路赛特别相关,在公路赛中,最后几公里的表现可能决定

成功或失败。关于计时赛的表现,这些结果表明平均功率超过

1 小时的时间至少增加 2%。

综合这些结果表明,摄入液体和碳水化合物可能会增加 40 公里计时赛性能功率提高 2% 到 3%。因此,我们使用我们的模型来预测效果上电时间的 3% 变化来完成一个 40 公里计时赛。该模型预测,功率增加 3% 将使 40 公里的时间减少 42 新手骑行者的秒数 (72:14 vs 72:56) ,36 训练有素的自行车手的秒数 (57:59 vs 58:35) 精英自行车手 32 秒 (51:30对52:02) 。即使总功率增加较少骑自行车的新手 (6比9 和 12W) ,减少在40公里的时间更大。

3.3.2 咖啡因

咖啡因通常被归类为营养素,但大剂量使用时可能有药理作用。咖啡因被国际禁止

奥委会,但只有当注意力集中尿中超过 12 mg/L 浓度低于阈值被认为是允许的。

一些研究人员报告说咖啡因提高运动能力 (筋疲力尽的时间) 或性能 (完成一定数量的时间工作) 。[11-15]然而,据我们所知,只有一项关于摄入咖啡因对 40 公里的影响的研究计时赛表现。科瓦奇等人[14]调查摄入不同水平咖啡因的影响结合碳水化合物电解质饮料对 15 名训练有素的自行车手的表现 ($\approx 67 \text{ ml/kg/分钟}$) 观察到最好的表现最高的咖啡因剂量 (225 和 320 毫克) 和在这些试验中,个体分别产生了 308 ± 9 和 309 ± 10W,与 295 ± 9W 相比在对照试验中;功率增加 5%。它是需要注意的是,咖啡因的剂量在这项研究规模较小,并未导致尿液中咖啡因浓度过高 (低于 5 mg/L)。帕斯曼等人[13]也显示出很大的改进在 80% V. O_{2max} 下用相对低剂量的咖啡因 (5 mg/kg) 及时筋疲力尽。对耐力能力的巨大影响的事实在相当大范围的有氧运动中观察到健康水平表明,咖啡因在相对未经训练的自行车手和精英自行车手中具有相似的效果。[11-15]因此,咖啡因摄入被认为可以将我们所有 3 人的力量提高 5%

模拟参与者。功率增加 5% 节省了 84 秒的时间自行车新手 (71:32对72:56) ,63 秒训练有素的自行车手 (57:32对58:35) 和 55 秒精英自行车手 (51:07对52:02) 。

4. 外部因素

4.1 车身和自行车质量

4.1.1 自行车质量

我们模型中使用的基线参数包括 10 公斤的自行车质量。可以使用更轻的设备,因此,我们使用了我们的

表四。道路坡度（3% 到 12%）和自行车重量（标准或轻型）对上坡 20 公里骑行时间的影响。表演时间数据
表示为 min:sec

	3% 等级标准		6% 等级标准		12% 等级	
		光		光	标准	光
消息	63:48	62:14 -1:34	106:48	103:10 -3:38	202:25	195:00 -7:25
训练有素	42:37	41:53 -0:42	63:48	61:56 -1:52	115:33	111:31 -4:02
精英	35:01	34:32 -0:29	48:56	47:41 -1:15	84:47	81:59 -2:48

模型来估计一辆 7 公斤的自行车对 40 公里计时赛表演时间。和....相比 我们基线计算中使用的 10 公斤自行车， 较轻的自行车将减少 40 公里的计时赛 新手骑行者的表演时间缩短了 13 秒（72:43 对 72:56），训练有素的表演时间缩短了 7 秒 骑自行车的人（58:28 对 58:35）和精英 5 秒 骑自行车的人（51:57 对 52:02）。

4.1.2 体重
准确评估增加的影响或 骑自行车性能降低体重， 质量和由此产生的身体变化 模型中必须考虑表面积 参数。具体来说，体重的任何变化 很可能伴随着身体的变化 表面积，因此，阻力面积的变化。 在此分析中，阻力区域通过比率调整 降低的质量与升高的基线质量的比值 0.425 的幂。[20]因此，减少了 3 公斤 将阻力面积减少 1.84% 至 0.264 平方米。 使用这个关节减少体重和阻力 模型预测的区域将减少 40 公里的时间 新手骑行者的 25 秒（72:31 对 72:56）， 训练有素的自行车手 21 秒（58:14 对 58:35） 精英自行车手 19 秒（51:43 对 52:02）。

4.1.3 质量对攀爬的影响
自行车变化的预测影响和 第 4.1.1 节和第 4.1.2 节中介绍的 40 公里计时赛表现的体重似乎相当低（25 秒或更短）。这种微小的影响是由于，在部分，对模拟课程的简介，但也事实上，任何额外的重量都会在下降部分提供额外的推进力 课程。但是，在某些情况下，广告

下降过程中额外重量的优势将被其他因素抵消。例如，如果骑自行车的人必须使用刹车来协商下降，这一优势大大降低。同样，在一个大规模起跑比赛，如果骑手没有保持联系在攀登过程中，他或她可能无法恢复在下降过程中与小组联系，因为集体下降的速度可能比个人快。因此，我们进行了额外的分析 估计自行车质量减少 3 公斤对 20 公里爬升 3%、6% 和 12% 坡度的影响。这些模型条件旨在模拟质量对速度的影响 因为下降受到处理问题的限制而不是权力。如表四所示，模型预计 7 公斤自行车的使用会减少 20 公里爬升所需时间 29 秒 超过 7 分钟。新手骑行者将受益大部分来自减少的质量，但对精英的影响表演（几乎 3 分钟）也很戏剧化。的确，节省 3 分钟几乎肯定会对结果产生重大影响。

专业的公路或舞台比赛。

4.2 空气动力学

4.2.1 身体姿势
身体姿势对计时赛成绩的影响在 4 个典型姿势中进行了分析： 手放在刹车罩上的骑手（阻力区 0.358 平方米），一位骑手双手放在水滴上 公路车把（0.307m²），手肘骑手 在计时赛车把（0.269 平方米；基线条件）和风洞优化后的骑手

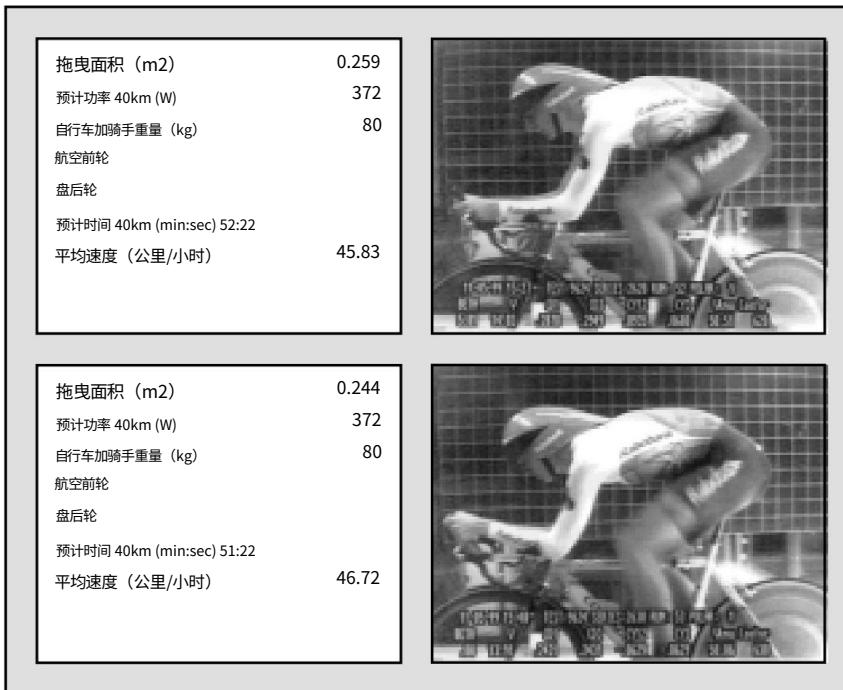


图 1. 风洞实验示例和位置变化对 40 公里计时赛性能的理论优势。

在此过程中,骑车人的车把降低 18 毫米,肘垫向后移动 190 毫米,双手移动向上 ($\approx 6\text{cm}$)。在 0 到 15° 的角度范围内测量风阻。这种相对较小的位置变化不太可能以影响发电量,但导致阻力面积从 0.259 减少到 0.244 平方米,减少了 5.9%。阻力面积的减少应该会导致这名骑车人在 40 公里的时间里缩短 60 秒(来自荷兰合作银行专业自行车队的许可)。

位置 (0.240m²) [个人交流,John E. 科布] (图 1)。

显示了这 4 个位置对我们 3 名建模参与者的计时赛表现的影响
在表 V 中。双手放在制动罩上骑行
会增加大约 5 到 7 分钟的表演时间,手放在车把上下
降会增加表演时间 2 到

与我们的基线位置相比 3 分钟。相反,以精心优化的姿势骑行
可以将表演时间减少 2 到 2.5 分钟。

4.2.2 车架

使用空气动力学计时赛的效果
自行车车架与普通(圆钢管)框架为每个模拟骑手进行了评估。
空气动力学框架(例如 Cervelo 或 Lotus)是

假设阻力面积比 0.02 平方米
常规框架,但假定骑手的身体
保持在标准位置。因此,总阻力
空气动力学自行车和骑手的面积为 0.249 平方米。有了这个拖动区域,我们的模型
预计 40 公里计时赛时间为 71:12
新手自行车手,57:09 训练有素的自行车手,50:45
对于精英自行车手,保存的空气动力学框架
建模的车手分别为 1:44、1:26 和 1:17。

4.2.3 框架和车身位置结合

如果自行车和车身阻力区域的影响是
添加剂(即如果自行车和骑手占用
额区的不同部分),然后总计
阻力区域可以通过使用显着减少
空气动力学框架和优化的骑手位置。根据上面介绍的
阻力面积值,

阻力面积可以减少到 $\approx 0.22\text{m}^2$ 。如果这样一个达到阻力区,计时性能时间将减少到 68:33.54:57 和 48:47,分别适用于新手、训练有素和精英自行车手;与使用标准车架和位置的性能相比,我们的模型骑手节省了 4:24、3:38 和 3:15 的时间。确实,如此低的阻力

面积可能正是世界所取得的今天的顶级计时赛车手。

4.2.4 车轮

我们模型的基线参数假设使用空气动力车轮。因此,为了评估空气动力车轮的影响,我们确定了 40 公里计时赛性能的提高

当总阻力面积为

通过使用具有 36 的传统轮对增加圆线辐条。这些标准的拖动区域据报道,车轮大 $\approx 0.0042\text{m}^2$ 比最好的空气动力学车轮。^[35]为了真实地模拟 2 个轮子的影响,我们假设后轮被部分屏蔽自行车车架,配备标准车轮的自行车的总阻力面积为 0.0063m²

大于空气动力轮组(即 1.5 倍与一个车轮相关的增加)。

与空气动力轮组相比,传统轮组增加了计时赛性能

新手骑车人用时 82 秒 (74:18 vs 72:56),训练有素的自行车手 67 秒 (59:42 对 58:35) 和 60 秒的精英自行车手 (53:02 vs 52:02)。

4.2.5 车轮选择:重量与空气动力学

在为特定比赛选择轮组时,骑自行车的人通常必须在灯之间进行选择非空气动力学车轮和更重的空气动力学车轮。当课程包括陡峭的成绩时,这个决定可能特别重要。到

确定适合各种条件的选择,我们模拟了 2 个轮组对

爬坡性能。轻型轮组的重量减少了 500 克,重量增加了 0.0063 平方米比空气动力轮组的阻力区。正如在上一节关于攀登,我们模拟了道路 3.6 和 12% 的等级。如表六所示,空气动力学车轮提供卓越的性能在所有 3 名建模骑手的 3% 道路坡度上。为了 6% 的等级,更轻的非空气动力学车轮对于新手和训练有素的骑自行车的人来说是优越的,但是空气动力轮略胜一筹精英自行车手。最后,在 12% 时,较轻的车轮为所有 3 名骑手提供了优势。就这样最佳车轮交互取决于适应度或骑手的功率输出和坡度爬。

5. 公路赛的不同规则

所描述和使用的模型可能适用于计时赛,但使用该模型预测公路比赛性能可能不准确。这是

主要是因为在公路比赛中还有许多其他因素将决定表现,包括比赛战术。在公路比赛中,并不总是个人

表 V. 身体姿势对新手、训练有素和精英自行车手的 40 公里计时赛表现时间的影响。a 展示了表现时间数据
作为分钟:秒

职位建模	消息	训练有素	精英
刹车罩	79:45	64:11	57:03
车把掉落	75:59 -3:46	61:05 -3:06	54:16 -2:47
标准空气动力学	72:56 -6:49	58:35 -5:36	52:02 -4:59
优化的空气动力学	70:24 -9:21	56:29 -7:42	50:09 -6:54

a 与标准位置(骑手的手放在刹车罩上)相比,性能变化以时间增益表示。

刹车罩=骑手的手放在刹车罩上(阻力面积 0.358 平方米); Handlebar Drops = 车手的手放在标准赛车车把上下降(拖动面积 0.307m²);优化的空气动力学=精心优化的空气动力学位置(阻力面积 0.240 平方米);标准空气动力学=典型的计时赛姿势,肘部靠在支架上(阻力面积 0.269 平方米)。

表六。车轮重量、车轮阻力面积和道路坡度（3% 到 12%）对新手骑行 20 公里上坡时间的交互影响，训练有素和精英自行车手。性能时间数据显示为 min:sec

	3% 等级空气		6% 等级空气		12% 等级	
	动力学	光	动力学	光	空气动力学	光
消息	63:48	63:58 +0:10	106:48	106:23 -0:25	202:25	201:13 -1:12
训练有素	42:37	42:57 +0:20	63:48	63:45 -0:03	115:33	114:58 -0:35
精英	35:01	35:22 +0:21	48:56	49:02 +0:06	84:47	84:25 -0:22

产生最大的权力,或谁拥有最好的权力
重量比或最佳空气动力学谁获胜。在
公路赛技巧、队友位置和战术
是主要的性能决定因素。我们最近描述了一个世界的例子

参加环法自行车赛的班级自行车手。
在小风的水平阶段之一（6小时）
平均速度为40公里/小时。这位骑自行车的人
出色的绘图技巧设法将他的平均功率输出降低到仅98W。[16]
可以计算,在无风和无风的最佳条件下,

平坦的道路,并具有良好的空气动力学位置,
以这种速度骑行需要≈275W。[18]它是,
因此,重要的是要意识到骑自行车的人将进入公路比
赛的最后一个小时内,在这个时间里,比赛是
经常输赢,表现非常不同
总工作量,因此可能在
不同程度的疲劳。

六,结论

从这个分析中可以看出,
新手骑自行车的人有更多的空间
比训练有素的精英运动员有进步。这
效果在内部和外部都很明显
因素。当以绝对值(秒)表示时,对于新手骑行者的改进更大
或相对术语。然而,效果并不总是相加的。例如,车身位置的变化
可能会导致气动阻力减小

但可能会导致关节角度欠佳并影响功率。另一方面,训练和碳
水化合物喂养或训练的影响和变化
在适当的位置可能会导致附加性能 ef

影响。此外,高原训练的效果
可能会增加正常训练的效果。
区分防止性能下降的因素也很重要,例如
例如在炎热的环境中饮用,或热适应(此处未讨论)或真正
提高性能,例如培训,改进
空气动力学和咖啡因。
在这篇评论中,我们只选择了一小部分
影响运动的潜在因素
表现。然而,我们认为这些是
最重要的因素基于当前的科学文献。对其他假定的(合法的)
增效助剂的性能增强效果的支持不太稳健,因此这些因素

未纳入本次分析。
从这篇评论的分析中可以清楚地看出
培训可能是最重要的因素
提高骑行性能,但有时
较大的改进可以通过相对较小的
身体姿势的变化。更昂贵的选择
性能改进包括高原训练和设备改造(轻型和气动自行车和车
轮)。取决于

时间和财政资源的可用性。骑自行车的人
必须决定如何实现他们的目标
性能改进。此处提供的数据
可以提供指导以帮助做出此类决定。

致谢

作者要感谢骑手和工作人员
感谢荷兰合作银行专业自行车队在编写本手稿过程中的友好合作。我们也想

感谢 John E Cobb 的善意输入和数据分享,以及他在风洞中的宝贵经验和帮助。

参考文献1.

- Hawley JA,Stepto NK.适应骑自行车者的耐力训练。运动医学 2001; 31 (7): 511-20 2. Lindsay FH,Hawley JA,Myburgh KH 等。间歇训练后,训练有素的自行车手的运动表现得到改善。
- 医学科学体育锻炼 1996; 28 (11): 1427-34 3. Stepto NK,Hawley JA,Dennis SC 等。不同间歇训练计划对自行车计时赛表现的影响。
- 医学科学体育锻炼 1999; 31 (5): 736-41 4. Hahn A,戈尔 CJ.海拔对骑行表现的影响:对传统概念的挑战。运动医学 2001; 31 (7): 533-57
5. Bailey DM, Davies B. 高原训练对海平面耐力表现的生理影响:综述。 Br J Sports Med 1997; 31 (3) :183-90
6. Saltin B. 运动与环境。专注于高度。 Res Q 运动 1996; 67 (3 增刊) :S1-S10 7. Wolski LA,McKenzie DW,Wenger HA. 提高海平面表现的高空训练:是否有科学证据表明有益?运动医学 1996; 22 (4): 251-63 8. Fulco CS, Rock PB,Cymerman A. 提高运动表现:运动训练或高原训练有帮助吗?航空航天环境医学 2000; 71 (2): 162-71 9. Jeukendrup AE. 骑自行车。在: Maughan RJ 编辑。国际奥委会运动医学百科全书:运动中的营养。牛津:布莱克井科学,2000:S62-73 10. Burke LM. 男性和女性耐力自行车运动员的营养实践。运动医学 2001; 31 (7): 521-32 11. Costill DL,Dalsky GP,Fink WJ. 摄入咖啡因对新陈代谢和运动表现的影响。1978 年医学科学体育锻炼; 10 (3): 155-8 12. Graham TE, Spriet LL. 长时间运动期间对高剂量咖啡因的表现和代谢反应。应用生理学杂志 1991; 71 (6): 2292-8 13. Pasman WJ,van Baak MA,Jeukendrup AE 等。不同剂量的咖啡因对耐力表现时间的影响。 Int J Sports Med 1995; 16 (4): 225-30 14. Kovacs EMR, Stegen JHCH, Brouns F. 含咖啡因饮料对底物代谢、咖啡因排泄和表现的影响。应用生理学杂志 1998; 85: 709-15 15. Spriet LL,McLean DA,Dyck DJ 等。人类长时间运动期间的咖啡因摄入和肌肉代谢。美国生理学杂志 1992; 262 (6 分 1) :E891-E898 16. Jeukendrup AE,Craig N,Hawley JA. 世界级自行车的生物能量学。 J Sci Med Sport 2000; 3: 400-19 17. Padilla S,Mujika I,Cuesta G 等人。专业公路自行车的平整地面和上坡骑行能力。医学科学体育锻炼 1999; 31 (6): 878-85 18. Martin JC,Milliken DL, Cobb JE 等。道路循环动力学模型的验证。 J 应用生物力学 1998 年; 14: 276-91 19. Olds T. 自行车数学建模。运动医学 2001; 31 (7): 497-509
20. Olds TS,Norton KI,Lowe EL 等人。模拟公路骑行性能。应用生理学杂志 1995; 78 (4): 1596-611 21. Hickson RC,Hagberg JM,Ehsani AA 等。有氧功率和心率对训练的适应性反应的时间过程。 1981 年医学科学体育锻炼; 13 (1): 17-20 22. Hickson RC,Kanakis C,Davis JR 等。减少训练持续时间对有氧力量、耐力和心脏发育的影响。 应用生理学杂志 1982; 53 (1): 225-9 23. Hickson RC,Rosenkoetter MA. 减少训练频率并维持增加的有氧运动。 1981 年医学科学体育锻炼; 13 (1): 13-6 24. Jones NL,McCartney N. 肌肉力量对有氧运动和训练效果的影响。 Acta Med Scand Suppl 1986; 711: 115-22 25. 诺里斯 SR,彼得森 SR. 耐力训练对骑自行车者瞬时摄氧反应的影响。体育科学杂志 1998; 16:733-8
26. Westgarth-Taylor C,Hawley JA,Rickard S 等人。耐力训练的自行车手对间歇训练的代谢和表现适应。 Eur J Physiol Occup Physiol 1997; 75 (4): 298-304
27. Jeukendrup AE, Van Diemen A. 自行车训练和比赛期间的心率监测。体育科学杂志 1998; 16 增刊:S91-S99
28. Rusko H. 高原训练的新方面。 Am J Sports Med 1996; 24 (6 增补) :S48-S52
29. Levine B,Stray-Gundersen J. “低海拔高训练生活”:中海拔适应和低海拔训练对表现的影响。应用生理学杂志 1997; 83: 102-12 30. Stray-Gundersen J,查普曼 R,莱文 BD. Hilo 训练证明了精英跑者的表现[摘要]。 1998 年医学科学体育锻炼; 30 (5): S35 31. Mattila V, Rusko H. 高生活和低训练对骑自行车者海平面表现的影响[摘要]。医学科学体育锻炼 1996; 28 (5) :S156
32. 在 PR 以下,Mora-Rodríguez R,González Alonso J 等人。在 1 小时的剧烈运动中,液体和碳水化合物的摄入独立地提高了运动表现。医学科学体育锻炼 1995; 27 (2): 200-10 33. Jeukendrup AE,Brouns F,Wagenmakers AJM 等。碳水化合物饲料可提高 1 小时计时循环性能。 Int J Sports Med 1997; 18 (2) :125-9
34. el-Sayed MS,Balmer J,Rattu AJ. 在 1 小时的模拟计时赛中,碳水化合物的摄入提高了耐力表现。体育科学杂志 1997; 15 (2): 223-30 35. 格林威尔 EA. 低阻力自行车车轮的空气动力学特性。航天员 J 1995; 99 (983): 109-20

通信和副刊: Asker E. Jeukendrup 博士,人类表现实验室,伯明翰大学运动与运动科学学院,埃德巴斯顿,伯明翰 B15 2TT,英格兰。

电子邮件:AEJeukendrup@BHAM.AC.UK