

J Appl Physiol
89: 1522-1527, 2000.

1小时自行车世界纪录的科学方法：一个案例研究

SABINO PADILLA, ^{1,2,3}INIGO MUJIKA, ^{1,2,3}FRANCISCO ANGULO, ¹AND
JAN JOSE GOIRIENA³

¹毕尔巴鄂竞技俱乐部研究与发展部, 医务服务部。

²Mediplan Sport, Vitoria-Gasteiz; 和³Instituto Médico Basurto, Universidad del
País Vasco (UPV-EHU), Leioa, Basque Country, Spain

1999年1129月收到；51月接受最终形式。2000

Padilla, Sabino, Inigo Mujika, Francisco Angulo, and Juan Jose Goiriena.1小时自行车世界纪录的科学方法：一个案例研究。*J Appl Physiol* 89: 1522-1527, 2000. 本研究的目的是描述生理和空气动力学特征以及为成功尝试打破1小时自行车世界纪录所做的准备。一名精英职业公路自行车运动员（30岁，188厘米。81公斤）进行了增量实验室测试，以评估最大功率输出（ \dot{W}_{max} ）和功率输出（ \dot{W}_{OBLA} ），估计速度（ V_{OBLA} ），以及血乳酸积累开始时的心率（ HR_{OBLA} ）。他还对参加了增量速度场（自行车道）测试（VT1），期间测量了 $V_{OBLAVT1}$ 和 $HR_{OBLAVT1}$ ，估计了 $\dot{W}_{OBLAVT1}$ 。 \dot{W}_{max} 为W572， \dot{W}_{OBLA} 为W505。 V_{OBLA} 为52.88/小时，以及 HR_{OBLA} 183/分钟。 $V_{OBLAVT1}$ 和 $\dot{W}_{OBLAVT1}$ 为52.7/小时， $HR_{OBLAVT1}$ 和 $\dot{W}_{OBLAVT1}$ 为500.6，分别。阻力系数和形状系数在风洞中测得的平均功率为0.244和0.65米²。该自行车手创造了53,040米的世界纪录，估计平均功率输出为W509.5。根据该自行车手的功率与摄氧量关系的直接实验室数据，这比他在OBLA（5.65升/分钟）时的摄氧量所对应的497.25W略高。总之，1）1小时自行车世界纪录是生理和空气动力学特征相互作用的结果；并且2）可以使用数学模型来预测这一事件中的表现，该模型整合了决定性能的主要变量。功率输出；血乳酸积累的开始；稳定状态；空气动力学；性能；建模

被认为是最终的有氧耐力骑行测试，因为骑行者在稳态条件下以其最大限度的百分比进行测试。

摄氧量（ $\dot{V}O_{2max}$ ），就像他的工作一样。任何其他类似时间的耐力活动（10, 11, 36）。在骑车过程中，骑车人产生的机械动力输出一方面用于克服空气动力阻力，空气动力阻力占骑车人以高于公里30/小时的速度向前运动时遇到的总阻力的90%以上（25），另一方面用于克服空气动力阻力。另一方面，滚动阻力（12, 24）。

因此，1小时骑行记录需要在骑行者的生理和心理状况之间达成最佳妥协的能力（基本上是代谢变量 $\dot{V}O_{2max}$

和 $\dot{V}O_{2max}$ 的百分比）和要求。世界纪录。从新陈代谢的角度来看，这个事件可以是

1小时自行车世界纪录是一项相当独特的赛事，因为它是唯一一个在标准条件下进行的自行车赛事，直到最近十年。根据定义，1小时自行车记录代表了一个无人陪伴的自行车运动员在60分钟的努力中在自行车场（自行车赛道）所能达到的最长距离。从历史的角度来看，值得注意的是，无论是场地自行车运动员（如Boardman的1968, Ritter和1994年的1993 Obree 1996,）还是公路自行车运动员（如1942年的Coppi、1962年的Anquetil、1972年的Merckx和1984年的Moser）都能够打破这一

任务，这反映在空气动力和滚动阻力上，高度依赖于人体测量[即身体质量和正面面积 (FA)] 和环境 (如空气密度和温度) 变量 (12, 35, 46)。因此，骑车人的速度是这种妥协的结果。七位作者 (12, 23, 36, 39) 开发的数学模型整合了决定自行车运动员运动速度的不同变量，表明空气动力阻力是速度超过公里 50/小时时最决定性能的变量 (24)。

本研究的目的是描述生理和空气动力学特征，以及一名精英公路自行车运动员为成功打破1小时自行

车世界纪录所做的准备。

方法

课题。试图创造1小时自行车世界纪录的受试者是一名30岁的精英职业公路自行车运动员。在研究进行时，受试者已经参加了数年18的自行车比赛，他在赛季中骑了~24,000公里的自行车，把训练和比赛的时间加起来，他已经骑了~公里。机会。然而，他的自行车赛场经验仅仅是在他的整个职业生涯中~10小时。受试者收到了关于目的、程序的口头和书面解释。

要求重印和其他通信地址。I. Mujika, Mediplan Sport, Obdulio Epez de Uralde bajo4, Vitoria01008- Gasteiz, Basque Country, Spain (电子邮件: imujika@grn.es)。

这篇文章的出版费用部分由以下方面支付。支付版面费。因此，根据18 U.S.C.第1734条，该文章必须在此标明 "广告"，以表明这一事实。

15228750-7587/00\$5.00 Copyright © 2000 American Physiological Society

<http://www.jap.org>

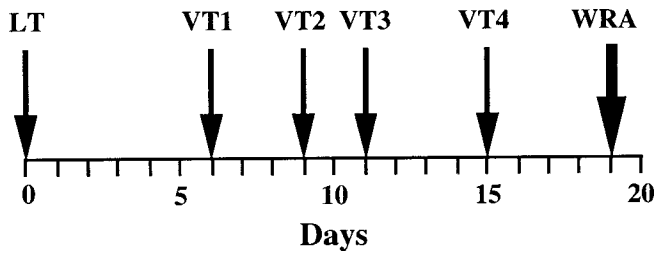


图1.自行车运动员为创造1小时自行车世界纪录所做的准备概述。LT，实验室测试；VT1、VT2、VT3和VT4，1,2,3,分别4,为自行车场测试和；WRA，世界纪录尝试。

在给予书面同意参与之前，必须了解该研究的潜在风险。所有的实验程序都得到了Pa's Vasco大学伦理委员会的批准。

人体测量变量。自行车运动员的体表面积（BSA，单位：米²）是根据体重和身高估算出来的，使用Du Bois和Du Bois的公式（13）。

$$BSA = X0.007184 BM^{0.425} X H^{0.725}$$

其中BM是骑车人的身体质量（公斤），H是他的身高（厘米）。

骑自行车的人和他的自行车的正面面积（FA）是按以下方法估计的（4，45）：拍摄骑自行车的人的照片和一个已知面积的参考矩形。然后将骑车人-自行车的轮廓和长方形的轮廓剪下来并进行称重。通过比较合奏者-自行车的照片和参考区域的照片的质量来估计受试者的FA。

实验室测试。在尝试世界纪录的19天前（图1），受试者在机械制动的自行车测力计（Monark E818, Varberg, 瑞典）上进行了增量的最大限度的实验室测试，该测力计配有一个赛车座垫、下拉式车把和夹式踏板。最初的工作量被设定为110瓦，每分钟增加35瓦4，工作负荷之间有1分钟的恢复时间。用节拍器保持节奏，在整个测试过程中，踏板速度保持恒定在rpm75。测试继续进行，直到受试者不能再保持所需的踏板速率。在整个测试过程中，每隔5秒钟记录一次心率（Sport Tester PE 3000, Polar Electro Oy, Kempele, Finland）。在每个工作量完成后，立即采集血样以测定血乳酸浓度（[Lac]）。在最后一个工作量中达到的[Lac]值被认为是最大的（37）。

最大功率输出（ \dot{W}_{max} ）被确定为骑士在整个4分钟内保持的最高工作量。根据制造商的建议，在最终计算 \dot{W}_{max} 时，由于Monark传动系统的摩擦力，在这个数值上加了9%。

循环测力计（1）。

在[Lac]-功率输出曲线上通过直线插值确定与血乳酸积累开始时（OBLA）相对应的运动强度。

以两个最接近的点作为引起[Lac]为mmol/l的功率输出（41）。OBLA的功率输出和心率值（分别为 \dot{W}_{OBLA} 和心率 $OBLA$ ）通过直线内插法确定。

本实验室没有测量吸氧量（ $\dot{V}O_2$ ）。测试是为了避免气体分析设备对受试者的骑行表现产生任何可能的干扰。然而，以前的实验室测试使用相同的协议，引

起了

$\dot{V}O_{2max}$ 为16.4/min，OBLA₂时的 $\dot{V}O_2$ 为15.65/min，而平均真正的效率（28）为26%。

自行车场测试。受试者在尝试世界纪录之前进行了四次自行车场测试（图1）。第一次测试（VT1）是在位于海平面的285米室内跑道上进行的最大增量测试。测试包括2850米（10圈）的工作量，其中穿插有1分钟的恢复期。在每个工作负荷中，受试者在前两圈中逐渐达到目标速度，然后在其余8圈中保持这一速度。初始速度为31.2公里/小时，每次工作负荷后速度增加2.6公里/小时，直到耗尽。骑行者在每个骑行速度下选择自己喜欢的齿轮比。VT1使用计时赛公路自行车（Pinarello, Treviso, Italy）进行。自行车的重量为公斤9.0；前后轮的直径为0.7米。前轮有19根平辐条，后轮有4根碳纤维辐条。无内胎轮胎（Vittoria, Bergamo, 意大利）的充气压力为6.0公斤/厘米²。齿轮比从X55到18X不等55，11踏板率从70rpm到112。

随后的自行车场测试（VT2、VT3和VT4）是在同一室内250米跑道上进行的，也是在海平面上尝试世界纪录。VT2包括五次重复5,250米（21圈），中间穿插6分钟的恢复时间。VT3包括4次9,000米（36圈）的重复，重复之间有8分钟的恢复时间。在VT4期间，受试者进行了两次16,000米（64圈）的重复，两次重复之间恢复了10分钟。在VT2、VT3和VT4期间，自行车手骑着自行车，穿着空气动力学设计的衣服（85% Coolmax, 15%弹性纤维, Nalini Sport, Vicenza, 意大利）和头盔（Ruddy Project, Treviso, 意大利），他将用这些衣服尝试世界纪录。这辆自行车的总重量为7.280公斤。前后盘轮（Campagnolo, 意大利维琴察）由Kev-lar制成，前者的直径为66厘米，后者的直径为71.2厘米。前后无内胎轮胎的20宽度分别为19毫米；它们由丝绸制成，充气压力为6.0公斤/厘米²（Vittoria, Bergamo, 意大利）。曲柄臂的长度为毫米180。

在所有的速度赛场测试中，受试者的自行车都配备了用于速度、踏板率和心率监测的车把微机（Polar Cyclovantage, Polar Electro Oy）。在VT1中，稳态心率值被确定为每个工作负荷的最后一分钟的平均值。在VT2、VT3和VT4中，分别计算了每次重复的最后3、4和6分钟内达到的平均心率和速度。在每次工作负荷或重复后，都要采集血样进行[Lac]测定。

在VT1之后，OBLA的速度和心率值（分别为VOBLAVT1和HROBLAVT1）是由[Lac]-速度曲线上的直线插值确定的。

风洞测试。进行风洞测试（意大利米兰的奥古斯塔直升飞机）是为了确定阻力系数（C_x），该系数已被提议作为空气动力效率的一个衡量标准。也有人认为，物体的大小对空气动力效率具有重要意义，因为它决定了运动物体的FA（15，22）。这两个变量被整合在以下公式中

$$C_x = \frac{FA}{C_d}$$

其中C_x和FA的单位是m²，C_d是形状系数（单位是m²）。

测试是在50公里/小时的速度下进行的，空气温度为20.4°C，空气压力为1,000mbar，空气密度为kg1.186151/m³。就速度而言，测力系统的精度在0.05公里/小时的范围内

，每一个拖动点（1个点对应于一个C_x of 0.001² m）。从测量的角度来看，这相当于在公里50/小时时的阻力为g12。

表 受试者在不同的速度场测试中的速度1、心率
和血乳酸浓度值

自行车馆 测试	速度 , 公 里/小 时	人力资 源。 次/分钟	[Lac], mmol/l
VT2			
重复性1	53.30.5	1801	6.1
重复性2	53.00.5	1831	5.1
重复性3	53.20.6	1891	5.3
重复性4	53.30.5	1912	6.7
重复性5	53.60.7	1961	7.7
VT3			
重复性1	53.10.3	1823	7.5
重复性2	53.00.5	1861	5.4
重复性3	53.40.5	1842	3.0
重复性4	54.20.5	1941	5.3
VT4			
重复性1	53.00.3	1822	4.5
重复性2	53.00.3	1861	4.5

速度(HR)值是平均值±SD, 分别为VT2, VT3和VT4测试中最后3、4和6分钟的记录。VT2, X5米5,250, 6恢复分钟; VT3, X5米9,000, 8恢复分钟; VT4, X2米16,000, 10恢复分钟。[Lac], 血乳酸浓度。

估算自行车的功率输出。骑车时的功率输出是通过以下公式估计的(31)

$$\dot{W}_T = FA \times C_d \times (p/2) \times V^3 + (C_R \times M \times g \times V)$$

其中, \dot{W}_T 为输出功率(单位:瓦), FA为米², C_d 为米², p为空气密度(海平面为1.225公斤/米³), V为运动速度(米/秒), C_R 为滚动阻力系数

[0.0025 (30, 32)], M是骑车人和他的自行车的质量(公斤), g是重力(9.81米/秒²)。

血液乳酸。在实验室和速度场的测试过程中, 在每个工作量或重复动作后恢复的第一秒内, 从先前过度的耳垂(Finalgon, Laborato- rios FHER, Barcelona, Spain)抽取毛细血管血样(25微升)。同时, 血液

在尝试创造世界纪录(3)后的3和5分钟内获得样本。使用自动分析仪(YSI Sport1500, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH), 用制造商推荐的已知[Lac] (0、5和15 mmol/l)的标准溶液进行校准, 立即测定[Lac]。

结果

人体测量学变量。骑自行车的人的身高和体重分别为188厘米和81公斤。他的估计BSA为2.0713米², 骑车人和他的自行车的FA为米0.3755²。

实验室数据。受试者的实验室 $\dot{W}_{\text{最大值}}$ 为572而他的 \dot{W}_{OBLA} 则达到了 \dot{W}_{505} 。max和心率 \dot{W}_{OBLA} 分别为和次/195183分。

根据 \dot{W}_{OBLA} 估计, 实验室测试期间OBLA运动强度(V_{OBLA})对应的速度为公里52.88/小时。在这个测试中最大的[Lac]是7.4mmol/l。

自行车场数据。在VT1期间, 受试者能够完成九个工作负荷, 达到最终的稳态速度公里/54.6小时, 峰

和次/180分。VT1期间OBLA的功率输出(\dot{W}_{OBLAVT1}), 由 \dot{W}_{OBLAVT1} 估计, 为 $\dot{W}_{500.6}$ 。VT1结束时的峰值[Lac]为mmol8.5/l。

表中显示1的是平均速度和HR值。受试者在VT2、VT3和VT4期间分别进行的每次重复的最后3、4和6分钟, 以及每次重复后的[Lac]值。

风洞数据。考虑到上面提到的FA值为m0.3755², 受试者的C测量在风洞是m0.244², 而他的 \dot{W}_{OBLAVT1} 和 $\dot{W}_{\text{HROBLAVT1}}$ 分别为: km/52.7h

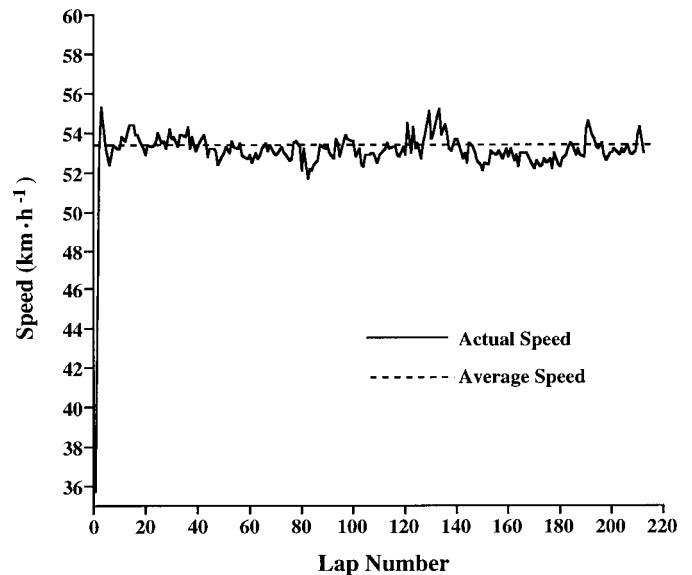
C_d was $m0.65$.

世界纪录的尝试数据。成功的世界纪录尝试发生在VT4（图1）4天后的下午3点，地点是位于海平面的250米自行车场。环境温度为20°C，相对湿度为75%。骑车人走了53.040公里，比之前的世界纪录多了327米。图2显示了自行车手每一圈所保持的速度。根据平均记录速度估计的平均机械输出功率为W509.53。在记录骑行过程中，自行车手使用的齿轮比为X（59148.77米），和的平均踏板速度为rpm101。在和3分钟5在完成世界纪录后，[Lac]分别为5.2和mmol/5.1l。

讨论

从表2可以看出，这位自行车运动员（188厘米，81公斤）的人体测量特征与过去打破世界纪录的Merckx（184厘米，72公斤）和Moser（182厘米，76公斤）不同，但与最近的世界纪录保持者如Rominger（175厘米，65公斤）和Boardman（177厘米，69公斤）更加不同。后两位自行车运动员的形态使他们的FA值相对较小，分别为和 $m0.32200.3342^2$ 。这些导致了非常低的 C_x 值，这可以在很大程度上解释这些自行车运动员所达到的创纪录的速度，即：”。55.291罗明格的公里/小时和董事会的公里/小时56.375

图：在1小时的自行车世界纪录表演中，自行车手的实际2.（逐圈）和平均速度。



近期1小时自行车世界纪录保持者的特征2.表

		记录, 日期	高度, 厘米	质量, 公斤	BSA, m ²	FA, m ²	C _d , m ²	C _x , m ²	功率, W
km/hmo/day/yr	骑车人								
默克思	49.432	10/25/72	184	72	1.940	0.3491	0.75	0.2618	380
モスター	51.151	01/21/84	182	76	1.969	0.3544	0.70	0.2481	400
奥布里	52.713	04/27/94	182	71	1.912	0.3441	0.50	0.1720	359
因杜兰恩	53.040	09/02/94	188	81	2.076	0.3755	0.65	0.2441	510
罗敏儿	55.291	11/05/94	175	65	1.791	0.3220	0.60	0.1932	456
博德曼	56.375	09/06/96	177	69	1.857	0.3342	0.55	0.1838	462

BSA, 体表面积, 用Du Bois和Du Bois的公式估算 (13) ; FA, 正面面积, 将其视为BSA的18%的恒定部分 (12, 4636,) ; C_d, 形状系数, 根据文献中不同骑行姿势和装备的数值估算 (4, 365,10,22,32,33,) ; C_x, 阻力系数, 为Moser (9) 和Indurain测量, 并根据FA和C_d对其他自行车运动员进行估算 ; Power, 记录骑行期间的机械功率输出, 用Menard的模型估算 (31) 。

人。事实上, 空气动力效率在时速超过50公里时是一个决定性能的变量 (15, 25) 。本研究中受试者的FA值 (0.3755米²) 占其BSA的18.1%, 这与以前的报告一致, 认为FA是BSA的一个恒定部分 (12) 。目前的数值也与Swain等人(45)观察到的那些具有以下特征的骑手一致。

类似的物理特征 (0.378米²和17.8%的BSA) , 但略低于Capelli等人报告的数值[0.393米²和20% (4) 以及米0.42²和22% (5)]和Sjogaard等人[BSA的25% (43)]。

在增量测试中确定的OBLA强度作为预测所有个体在长期运动中可持续的最大稳态强度的有效性受到了质疑。有七位作者报告了在运动强度下的稳态条件下引起的血乳酸值与对应于OBLA的固定4mmol/l值不同 (14, 44) 。然而, 选择这个运动强度是因为有报道说这是可以长时间保持的最高的稳态工作强度, 因此被认为是一个很好的耐力指标 (41, 42, 44, 47) 。这与引言中对1小时自行车记录的元代谢描述完全一致。因此, 鉴于从实验室功率测量得出的V_{OBLA}值 (52.88公里/小时) 和V_{OBLAVT1} (52.7公里/小时) 非常接近奥布里创造的世界纪录 (52.713公里) , 我们决定该受试者可以尝试创造世界纪录。V_{OBLA}和V_{OBLAVT1}之间的微小差异可能是由于两个渐进方案中使用的方法不同 (估计与测量, 以及恒定时间与恒定距离) 和/或主体内的变异性 (18) 。除上述情况外, 受试者的OBLA强度为其最大有氧功率的88.2%, 类似于以前报道的耐力跑者的87.7% (27) 和87.9% (42) 的数值, 或报道的精英自行车运动员在稳态长时间骑行期间的88.7% (7) 和89.7% (8) 的数值。

这些观察结果促使我们将1目标速度设定为53.0公里/小时, 该速度一方面是考虑到现有的记录, 另一方面是考虑到自行车手的V_{OBLA}和V_{OBLAVT1} ; 以及2) 进

在稳态条件下。这是通过测量VT2、VT3和VT4的速度、心率和[Lac]来实现的。从表中可以看出, VT2和VT3的1,第一次重复所引起的心率和[Lac]值比增量测试所预期的以及在随后的重复中所测量的要高。这可能是由于速度的原因, 它高于 V_{OBLA}

和V_{OBLA}以及 "早期乳酸 "现象
行几次自行车场测试, 以评估受试者是否能保持这样的速度。

[事实上, 在VT4的第一次重复中并没有观察到这些升高的心率和[Lac]值, VT4的速度更接近 V_{OBLA} 和 $V_{OBLAVT1}$ (53.0公里/小时), 持续时间更长 (18分钟)。此外, 在VT2期间可以观察到心率和[Lac]值的漂移, 很可能是由于重复2和5之间的速度增加, 以及只有在VT2期间, 受试者从静止的位置开始每次重复的事实。这可能是在五次重复中引起了累积的缺氧 (30)。此后, VT3和VT4期间的目标速度是在一辆摩托车后面达到的, 因此避免了心率和[Lac]漂移 (表1)。只有在第四次重复VT3时, 由于骑行速度明显提高 (54.2公里/小时), 这些数值才会增加。尽管速度提高了, 但心率和[Lac]都没有达到VT2最后一次重复时的数值。这似乎证实了从静止状态开始努力的消极影响。

在VT4的两次重复中, 速度保持不变, 心率和[Lac]值稳定, 非常接近于实验室测量的预测值。然而, 在第1次和第2次之间有轻微的心血管漂移, 其他作者也观察到类似于受试者所保持的运动强度 (19, 3421,)。在本例中, 这种漂移可能是由轻微的高热引起的 (16), 因为测试是在室内自行车场进行的, 环境温度为22°C, 相对湿度为70%, 和/或由于受试者一直处于轻度脱水状态。

锻炼了大约50分钟 (17)。在任何情况下, 观察到的漂移都不是由于未检测到的速度增量造成的, 因为测试期间使用的测量系统

是相当可靠的(26), 手动计时也是模拟进行的。

在风洞中为受试者确定的 C_x 值 (0.244 m^2) 与 Dal Monte 等人 (9) 报告的 Moser (0.246 m^2) 和 Menard (31) 观察到的专业自行车运动员 (0.250 m^2) 相似。另一方面, 它比 Obree (0.1720 m^2)、Boardman (0.1838 m^2) 或 Rominger (0.1932 m^2) 的数值要高得多, 这些数值是根据他们的人类特征和骑行记录中的 C_d 值估计的 (表2)。这些估计值与以前归属于 Obree (0.1800 m^2)、Boardman (0.207 m^2) 和 Rominger (0.2017 m^2) 的值没有太大差别 (Menard, 个人通信, 34)。受试者的 C_d 值 (0.65 m^2) 与最近报道的公路自行车运动员的 0.654 和 0.660 m^2 (4, 5) 以及室内自行车运动员的 0.592 m^2 (36) 相一致。所有这些数值都远远低于《中国青年报》和 $0.75, 0.80$, 《中国青年报》的数值。

0.83^2 在使用非空气动力学设计的设备和以空气动力学效率较低的姿势骑行的自行车运动员中, Di Prampero (10)、Kyle (22) 和 Gross 等人 (15) 分别描述了空气动力学阻力的变化。事实上, 七位作者已经报告了由设备和姿势变化引起的空气动力阻力降低, 从而降低了FA和/或 C_d , 因此也降低了 C_x (24, 25, 29, 31, 33)。虽然受试者的 C_d 可以被认为是好的, 但由于他的体型较大, 在风洞中测得的 C_x 是相当高的, 这决定了他的FA比最近的世界纪录保持者要高得多, 导致空气动力效率相对较差。事实上, 考虑到FA是BSA (12) 的一个恒定的18%的分数, 这也是本研究对象的情况, 其他记录保持者的估计FA值要低得多 (表2)。所有上述情况表明, 受试者只有以更高的功率输出骑行, 才能成功打破世界纪录

和比其竞争对手高得多的 $\dot{V}O_2$ 。作为一个事实上, 受试者能够骑行数公里53.040。

估计平均功率输出为509.5瓦, 而罗明格和博德曼则分别骑自行车。

4.24和6.29%, 功率输出降低11.84和10.39% (表2)

。根据直接的实验数据, 该机的功率与 $\dot{V}O_2$ 的关系为

骑士, 在OBLA下的 $\dot{V}O_2$ 的功率输出为 5.65

这是一个略微低的功率497.25。

根据他的骑行记录估计的产出。

本研究中使用的从机械功率输出估计骑行速度的模型或反之亦然 (31), 考虑了决定骑行者向前运动的最重要的变量, 与文献中发表的其他骑行运动模型一致 (5, 12, 24, 35, 36)。与Bassett等人 (2) 最近发表的功率输出估计不同, 可能与以下事实有关, 即在这次调查中精确测量了决定骑行速度的重要因素, 如FA、 C_x 和 C_d , 而上述作者使用的估计和假设意味着更大的误差可能性, 包括更大的骑行者具有

的FA与BM的比例要小得多, 而 C_d 的比例也是类似的。

所有骑自行车的人。这就导致了低估力量

较大的自行车运动员的输出。事实上, 我们的功率输出估计与Bassett等人对较小的自行车运动员的估计相似, 但对像正在调查的较大的自行车运动员来说则相当高。

从 V_{OBLA} 和 $V_{OBLAVT1}$ 估计的1小时内的188米差距非常接近于 V_{OBLA} 和自行车手实际记录的距离之间的160米差距。最近已经讨论了分析实验室和实际性能测定之间的关系的兴趣 (18)。目前的结果表明, 这些测量结果与自行车运动之间存在着密切的关系。如果保持标准化的环境和设备条件, 使用适当的模型来整合所有主要的性能决定性变量, 并在现场验证基于实验室的假设, 那么自行车实验室测试可以有很高的预测价值。此外, 在骑行记录中获得的性能和代谢值证实了OBLA的有效性, 即受试者在1小时的活动中处于代谢稳定状态的强度, 正如在骑行后测量的[Lac]值和3分钟5内的恢复所表明的。

总之, 本研究结果表明, 1小时自行车世界纪录是一项在人类特征 (决定 C_x) 和代谢能力 (在本研究

中用C来评估) 之间存在密切互动的赛事。

的手段, 以及可用于生产的 \dot{W}_{max} 的百分比。

长期保持的), 该记录

速度或骑行距离是这种相互作用的结果。因此, 正如以前所建议的那样 (20, 37, 38, 46), 这项赛事中的表现是自行车运动员生理逻辑能力的结果, 也意味着需要对其进行调整。此外, 本研究结果显示了几个数学模型的有效性, 这些模型整合了主要的骑行成绩决定性变量来预测自行车场的骑行成绩。

我们感谢Miguel Indurain的努力和合作以及Aldo Sassi的出色协助。这项调查得到了IBERDROLA的研究经费支持。

参考文献

1. Åstrand PO. 用自行车测力计进行工作测试。瓦尔贝里, 瑞典。Monark-Crescent, 1970.
2. Bassett DR Jr, Kyle CR, Passfield L, Broker JP, and Burke ER. 比较1967-1996年的自行车世界小时记录: 用经验数据建模。Med Sci Sports Exerc 31: 1665-1676, 1999.
3. Bishop P和Martino M. 在恢复期测量血乳酸作为训练的辅助手段: 实际考虑。运动医学》16: 5-13. 1993.
4. Capelli C, Rosa G, Butti F, Ferretti G, Veicsteinas A, and di Prampero PE. 骑空气动力自行车的能量成本和效率。Eur J Appl Physiol 67: 144-149, 1993.
5. Capelli C, Schena F, Zamparo P, Dal Monte A, Faina M, and di Prampero PE. 场地自行车赛中最佳表现的能量学。Med Sci Sports Exerc 30: 614-624, 1998.
6. Cerretelli P, Pendergast DP, Paganelli WC, and Rennie DW. 特定肌肉训练对 $\dot{V}O_2$ 反应和早期血乳酸的影响。J Appl Physiol 47: 761-769, 1979.
7. Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK, and Walters TJ. 阻止训练有素的自行车运动员的耐力的微小因素。J Appl Physiol 64: 2622-2630, 1988.

8. Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, Abraham LD, and Petrek GW. 与精英耐力赛表现相关的生理和生物力学因素。 *Med Sci Sports Exerc* 23: 93-107, 1991.
9. Dal Monte A, Menchinelli C, and Marini C. Una nuova bicicletta per l'alta prestazione e un disegno di ruote quale risultato di avanzati studi biomeccanici et tecnologici. *International Conf Cycling Bio- mech San Sebastián, Spain 1992, Document 6*, p. 1-15.
10. Di Prampero PE. 人类在陆地和水中运动的能量成本。 *Int J Sports Med* 7: 55-72, 1986.
11. Di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P, and Soule RG. 中长跑最佳表现的能量学。 *J Appl Physiol* 74: 2318-2324, 1993.
12. Di Prampero PE, Cortilli G, Mognoni P, and Saibene F. 自行车运动员的运动方程式。 *J Appl Physiol* 47: 201-206, 1979.
13. Du Bois D 和 Du Bois EF. 临床热量计：如果知道身高和体重，可以用一个公式来估计近似的表面积。 *内科医学档案* 17: 863-871. 1916.
14. Ehrenbach R, Mader A, and Hollmann W. 马拉松运动员耐力能力的测定以及训练和比赛中运动强度的预测。 *Int J Sports Med* 8: 11-18, 1987.
15. Gross AC, Kyle CR, and Malewicki DJ. 以人类为动力的陆地车辆的空气动力学。 *Sci Am* 249: 142-152, 1983.
16. Hagberg JM, Mullin JP, and Nagle FJ. 恒定负荷运动中的耗氧量。 *J Appl Physiol* 45: 381-384, 1978.
17. Hamilton MT, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, and Coyle EF. 运动中的液体补充和葡萄糖输注可以防止心血管的漂移。 *J Appl Physiol* 71: 871-877, 1991.
18. Hopkins WG, Hawley JA, and Burke LM. 设计和分析关于提高运动表现的研究。 *Med Sci Sports Exerc* 31: 472-485, 1999.
19. Jeukendrup A 和 Van Diemen A. 自行车运动员训练和比赛期间的心率监测。 *J Sports Sci* 16: S91-S99, 1998.
20. Jones JH 和 Lindstedt SL. 最大性能的限制。 *Annu Rev Physiol* 55: 547-569, 1993.
21. Kindermann W, Simon G, and Keul J. 有氧-无氧转换对确定耐力训练期间工作负荷强度的意义。 *Eur J Appl Physiol* 42: 25-34, 1979.
22. Kyle CR. 减少竞赛用自行车和跑步者集体旅行的风阻和功率输出。 *人体工程学* 22: 387-397, 1979.
23. Kyle CR. 影响循环速度的机械因素。在。 *骑行科学*，由 Burke ER 编著。伊利诺斯州香槟市：人类运动学，第 1986, 133-135 页。
24. Kyle CR. 自行车运动的力学和空气动力学。在。 *自行车运动的医学和科学方面*，由 Burke ER 和 Newsom MM 编辑。伊利诺伊州香槟市：Human Kinetics, 1988 年，第 235-235 页。 251.
25. Kyle CR. 自行车运动的人体机能学。在。 *运动科学和运动医学的观点。人体机能学。增强运动和体育中的表现*，由 Lamb D 和 Williams 编辑。M. Indianapolis, IN: Brown & Benchmark, pp1991, 373-413.
26. Kyle CR. 自行车训练器的功率输出。 *Cycling Sci* June: 4-10, 1991.
27. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthelemy JC, and Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol* 60: 38-43, 1990.
28. Luhtanen P, Rahkila P, Rusko H, and Viitasalo JT. 有氧和无氧阈值下测力计自行车运动的体力劳动和效率。 *Acta Physiol Scand* 131: 331-337, 1987.
29. McCole SD, Claney K, Conte J-C, Anderson R, and Hagberg JM. 骑自行车时的能量消耗。 *J Appl Physiol* 68: 748-753, 1990.
30. Medbø JJ, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, and Sejersted OM. 无氧能力由最大 accumulated O₂ deficit 决定。 *J Appl Physiol* 64: 50-60, 1988.
31. Menard M. L'airodynamique et le cyclisme. *International Conf Cycling Biomech San Sebastián, Spain 1992, Document 5*, p. -123.
32. Menard M. Duel pour un record. *Velo* 杂志 10 月。 28-32, 1994.
33. Menard M. Comparaison des records de l'heure de Rominger. *Institut Aérotechnique de Saint-Cyr, Paris, France*, p1996, 1-13.
34. Mognoni P, Sirtori MD, Lorenzelli F, and Cerretelli P. 在与血乳酸阈值相对应的功率输出下的长时间运动中的生理反应。 *Eur J Appl Physiol* 60: 239-243, 1990.
35. Olds TS, Norton KI, and Craig NP. 自行车运动性能的数学模型。 *J Appl Physiol* 75: 730-737, 1993.
36. Olds TS, Norton KI, Lowe ELA, Olive S, Reay F, and Ly S. 公路自行车运动性能建模。 *J Appl Physiol* 78: 1596-1611, 1995.
37. Padilla S, Mujika I, Cuesta G, and Goiriena JJ. 专业公路自行车运动中的平地 and 上坡骑行能力。 *Med Sci Sports Exerc* 31: 878-885, 1999.
38. Padilla S, Mujika I, Cuesta G, Polo JM, and Chatard JC. 竞技公路自行车运动员的速度场测试的有效性。 *Eur J Appl Physiol* 73: 446-451, 1996.
39. Peronnet F, Bouissou P, Perrault H, and Ricci J. 海平面和高海拔地区的一小时自行车记录。 *自行车科学* 3: 16-22, 1991.
40. Rieu M, Milady J, Ferry A, and Duvallet A. 亚马逊运动中的血乳酸：间歇性增量运动和独立运动的比较。 *Eur J Appl Physiol* 59: 73-79, 1989.
41. Sæviin B 和 Jacobs I. 血乳酸积累的起始和马拉松跑步的表现。 *Int J Sports Med* 2: 23-26, 1981.
42. Sæviin B 和 Svedenhag J. 马拉松跑步的应用生理学。 *运动医学* 2: 83-99, 1985.
43. Sjøgaard G, Nielsen B, Mikkelsen F, Saltin B, and Burke ER. *自行车运动中的生理学*。伊萨卡，纽约：运动出版物。 1985.
44. Stegman H 和 Kindermann W. 在个人无氧阈值和固定无氧阈值（4 mmol l⁻¹ 乳酸）下的长时间运动测试的比较。 *Int J Sports Med* 3: 105-110, 1982.
45. Swain DP, Coast JR, Clifford PS, Milliken MC, and Stray-Gundersen J. 身体大小对骑车时氧气消耗的影响。 *J Appl Physiol* 62: 668-672, 1987.
46. Swain DP. 耐力自行车运动中身体质量的影响。 *Med Sci Sports Exercise* 26: 58-63, 1994.
47. Tanaka K 和 Matsuura Y. 马拉松成绩、无氧阈值和血乳酸积累的起始。 *J Appl Physiol* 57: 640-643, 1984.