

运动生物力学部门为精英运动项目提供的服务和研究

**The Services and Researches of
Sport Biomechanics Unit
for Elite Sports**

运动生物力学是一门研究运动中人体内力与外力的相互作用而产生出来的运动效果的学科。

Biomechanics is the study of internal and external force that effect on human movement.

方法 Method

运动学：研究运动的现象。位移，速度，加速度，角度，角速度等。

Kinematics: Description of movements in time and space.

e.g. Displacement, Speed, Acceleration, Angle of the segments, Angle velocity etc.

动力学：研究运动的原因。身体与外界（地面，水，单车，浆，帆板）之间的力，冲量，功率等。

Kinetics: Causes of the movement.

e.g. Force, Power, Momentum between body and surrounding (Ground , Cycling , Oar , Sailing boat etc) .

运动生物力学在香港精英训练中的应用

（理论的单一性和服务研究的多样性）

生物力学部门服务基本情况Biomechanics Unit Service Reports

	1992-1997	1998-2004
田径Athletic	24	40
铁人三项Triathlon	1	42
单车Cycling	1	16
游泳Swimming	4	16
武术Wushu	1	9
乒乓球Table tennis	0	10
击剑Fencing	0	7
羽毛球Badminton	3	4
网球Tennis	1	3
风帆Windsurfing	0	1
划艇Rowing	2	2
壁球Squash	4	2
保龄球Tenpin Bowling	2	1
体操Gymnastic	2	0
总计Total	45	153
年平均Mean/year	9/year	25.5/year

本演讲的目的 希望教练了解并提出更多训练比赛中的生物力学问题

The presentation provides ideas for coaches on biomechanics services and hope that they can more effectively use of biomechanics services to solve problems in training and competition.

1. 单车

*對不同自行车场地阻力，
速度和场地条件关系的探讨

*团体换位技术分析

*场地自行车在直弯道的速度波动研究

*對不同自行车场地阻力，速度和场地条件关系的探讨

研究目的

本研究通过香港自行车队在南京，深圳，昆明，秦皇岛，香港，科罗拉多(美国)，卡里（哥伦比亚）等7个不同自行车场地训练和比赛中收集的生物力学数据总结运动员的骑行阻力与场地条件，与骑行速度，与领骑尾随状态之间的关系。

国外关于在实验室用功率自行车做的报道很多，但是在如此多的实际场地上的测试数据，我们是第一次做。

仪器

德国产自行车数据收集分析仪器（Schoberer Rad Messtechnik Training System）简称SRM仪器。

以0.2s采样频率同步收集运动员在实际骑行状态下的输出功率，骑行速度，踏蹬频率。功率数据精度为0.1w，速度数据精度为0.01km/h。

另用一台SONY TRV-900E的摄象机(频率为0.02s)拍摄运动员在场上的骑行状态。训练前将摄象机时标与SRM系统时标同步，以便在SRM文件上找到运动员领骑或尾随时时的相应数。

SRM仪器



数据采集和处理

从2001年开始，在1年时间内收集了在南京，深圳，昆明，秦皇岛，香港，科罗拉多(美国)，卡里（哥伦比亚）多个场地个人和团体训练和比赛中的功率和速度值等数据。

在7个场地中共收集到5名运动员在110次场地训练或比赛的数据。在对原始数据进行筛选时的原则为当运动员的领骑或尾随状态稳定在一圈以上时该数据才被作为有效数据。

速度取值范围在46-56km/h之间。

结果和讨论

不同场地的平均阻力变化

空气阻力主要是随速度和海拔高度而变化，它占总阻力的85%以上。

高速骑行时车轮与地面的摩擦力主要由场地表面材质决定，它的比重占第二位。

系统内部的摩擦力比重较小，一般不会随外界环境发生明显变化。

香港场地：

*地处海平面。

*空气阻力大。

*水泥地面粗糙，

运动员的领骑/尾随阻力明显超过其它场地（ $P < 0.01$ ）。

场地的基本情况，领骑，尾随和牵引的阻力

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科罗拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

香港场地：

*尾随阻力与昆明和科罗拉多的领骑阻力没有明显差异
($P > 0.05$)。

在香港场地训练,尾随位置运动员付出的体能和在高原训练领骑时的体能要求几乎一样。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科罗拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

250米场地：

*随着表面材质，海拔高度的变化，南京，深圳和卡里场地的骑行阻力逐渐减少。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科罗拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

333米场地：

- * 昆明，秦皇岛和科落拉多3个场地同是333m的水泥场地，它们之间的差别主要在于海拔的不同。
- * 科落拉多和昆明的阻力没有显著性差异（ $P>0.05$ ），说明两地的阻力特征非常相似。
- * 而秦皇岛场地阻力明显大于科落拉多和昆明场地（ $P<0.05$ ），这显然是高原和平原的差别所在。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科落拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

水泥场地：

- * 昆明场地虽然与南京场地同是水泥跑道，但是昆明1900m的高原的稀薄空气又使得空气阻力低于南京场地。
- * 南京场地阻力低于香港场地阻力的原因是南京场地比较新其表面平滑度好于香港场地。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科罗拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

木质场地：

*深圳场地和卡里场地都是250m的木质场地。而数据显示深圳场地的阻力大于卡里场地阻力($P < 0.01$)，显然是卡里1200m的亚高原条件使得那里的空气阻力小于深圳的缘故。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	牵引(N)
南京	250	海平面	水泥	27.36	19.48	
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	6.67
秦皇岛	333	海平面	水泥	24.37		
香港	250	海平面	水泥	29.74	22.34	
科罗拉多	333	2000m	水泥	22.28		
卡里	250	1200m	木质	23.18		

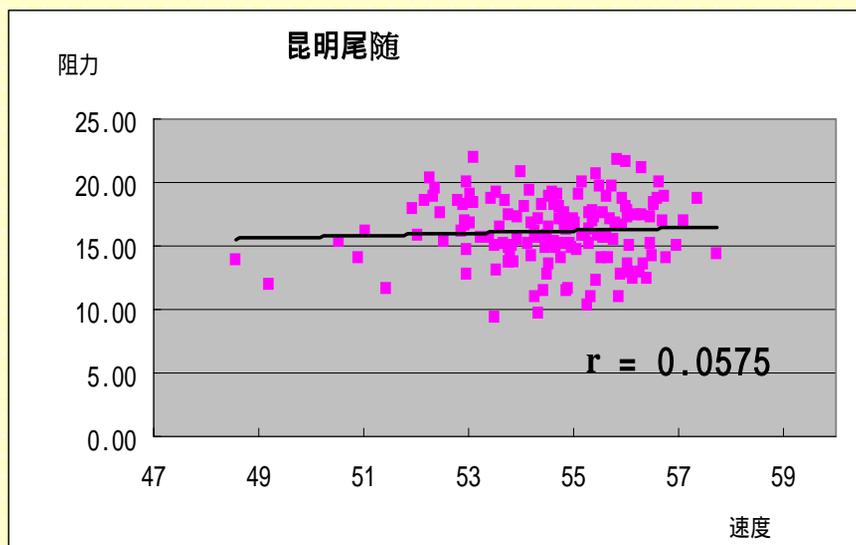
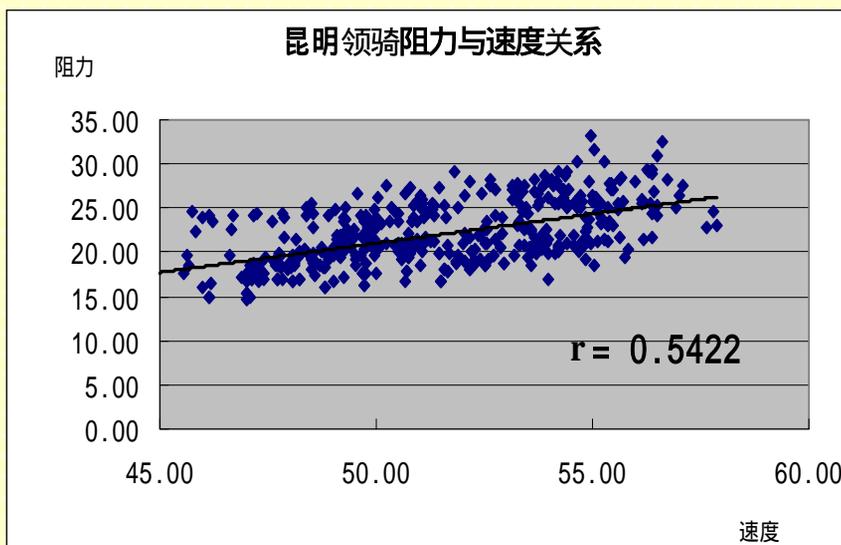
场地条件（木质/水泥）和领骑/尾随阻力的变化

*在木质跑道上，空气阻力是主导因素，领骑是重点，尾随可能得到较好调整。

*在高原水泥跑道上，场地摩擦力是主导因素，空气阻力变化不明显，领骑后的尾随相对不轻松。

骑行状态	周长(m)	海拔	表面材质	领骑(N)	尾随(N)	尾随百分比
深圳	250	海平面	木质	25.24	16.24	64.3%
昆明	333	1900m	水泥	22.00	16.16	73.5%

阻力随速度的变化



领骑状态阻力与速度呈**强相关**，运动员所受到的阻力随速度的增加而增加。

尾随状态阻力与速度呈**弱相关**，运动员的速度增加，其所受到的阻力变化较温和。

对同一场地而言，不论是高速还是低速，速度的改变对尾随体能消耗的影响不像速度改变对领骑的体能消耗影响那样敏感。

速度与阻力的相关系数（*显著性相关 $P < 0.01$ ）

场地	领骑	尾随
南京	0.3474*	0.0575
深圳	0.7813*	0.6362*
昆明	0.5422*	0.0575
香港	0.5945*	0.1760
秦皇岛	0.8736*	
科罗拉多	0.6781*	
卡里	0.9580*	

结论

就平均阻力而言，高海拔场地的空气阻力小与低海拔场地。

木质跑道的摩擦阻力小于水泥跑道。

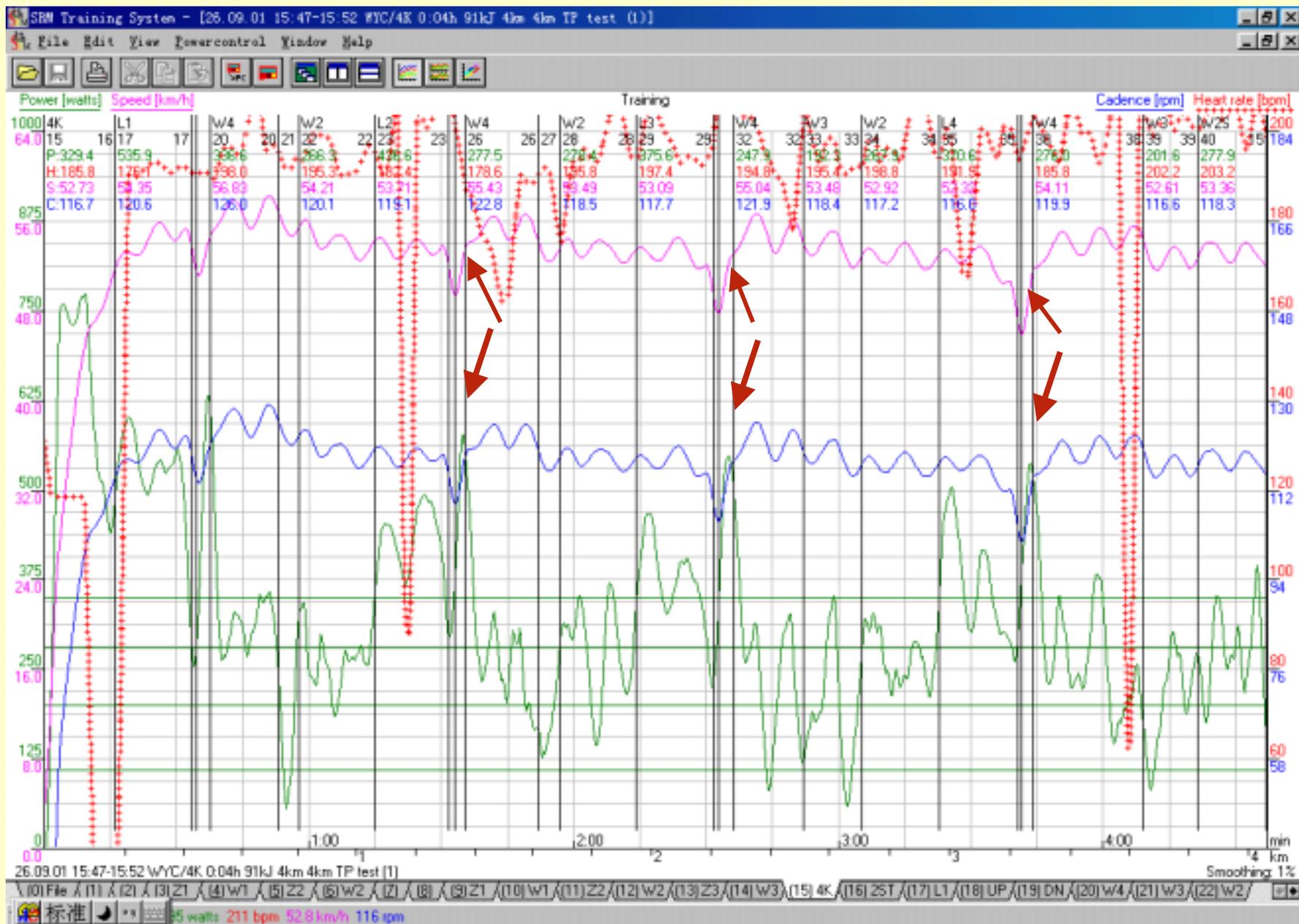
木质跑道上领骑阻力与尾随阻力的变化幅度较大，水泥场地上领骑阻力与尾随阻力的变化幅度较小。

领骑状态阻力与速度呈强相关，在尾随状态阻力与速度呈弱相关。

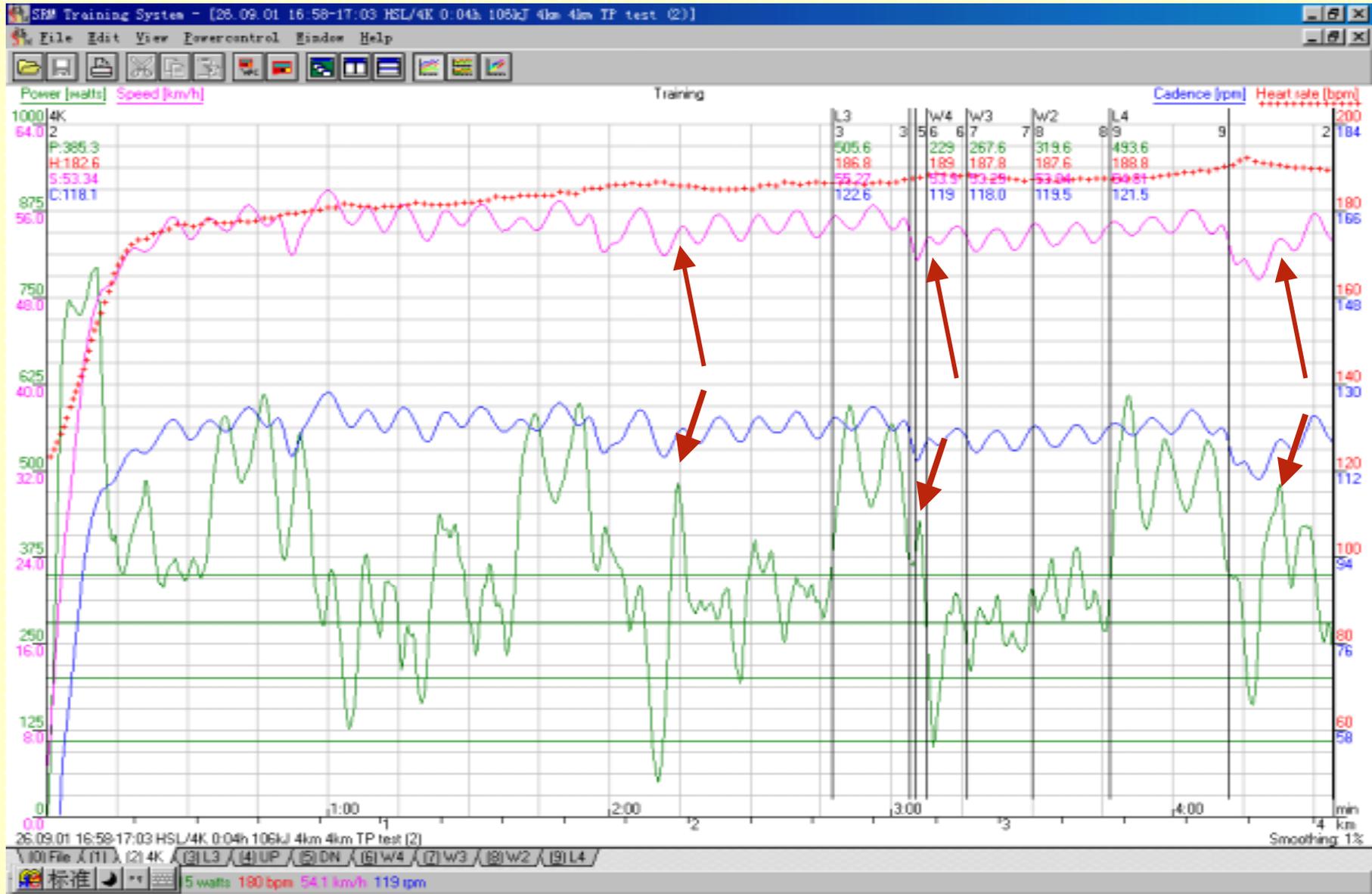
团体骑行的换位技术



回位不好的技术:下换位功率高,速度波动大



回位好的技术：下换位功率低，速度波动小



团体骑行中（南京）不同位子的功率消耗

- * 领骑功率：505瓦
- * 尾随4功率：229瓦
- * 尾随3功率：267瓦
- * 尾随2功率：320瓦
- * 上换位功率：298瓦
- * 下换位功率：438瓦

好与差的换位技术功率差别比较 (单位：瓦)

	好技术	差技术
上换位：	298	233
下换位：	438	571
换位差：	140	338
百分比：	146%	254%

一般而言，上换位功率较小，下换位功率较大。

上换位功率大，上下换位功率差较小；上换位功率小，上下换位功率差较大。上下换位功率的差别可以判别换位技术的合理性。

建议：上换位不可以太过放松。

场地自行车在直弯道的速度波动研究

THE STUDY ON THE VELOCITY FLUCTUATION OF THE TRACK CYCLING

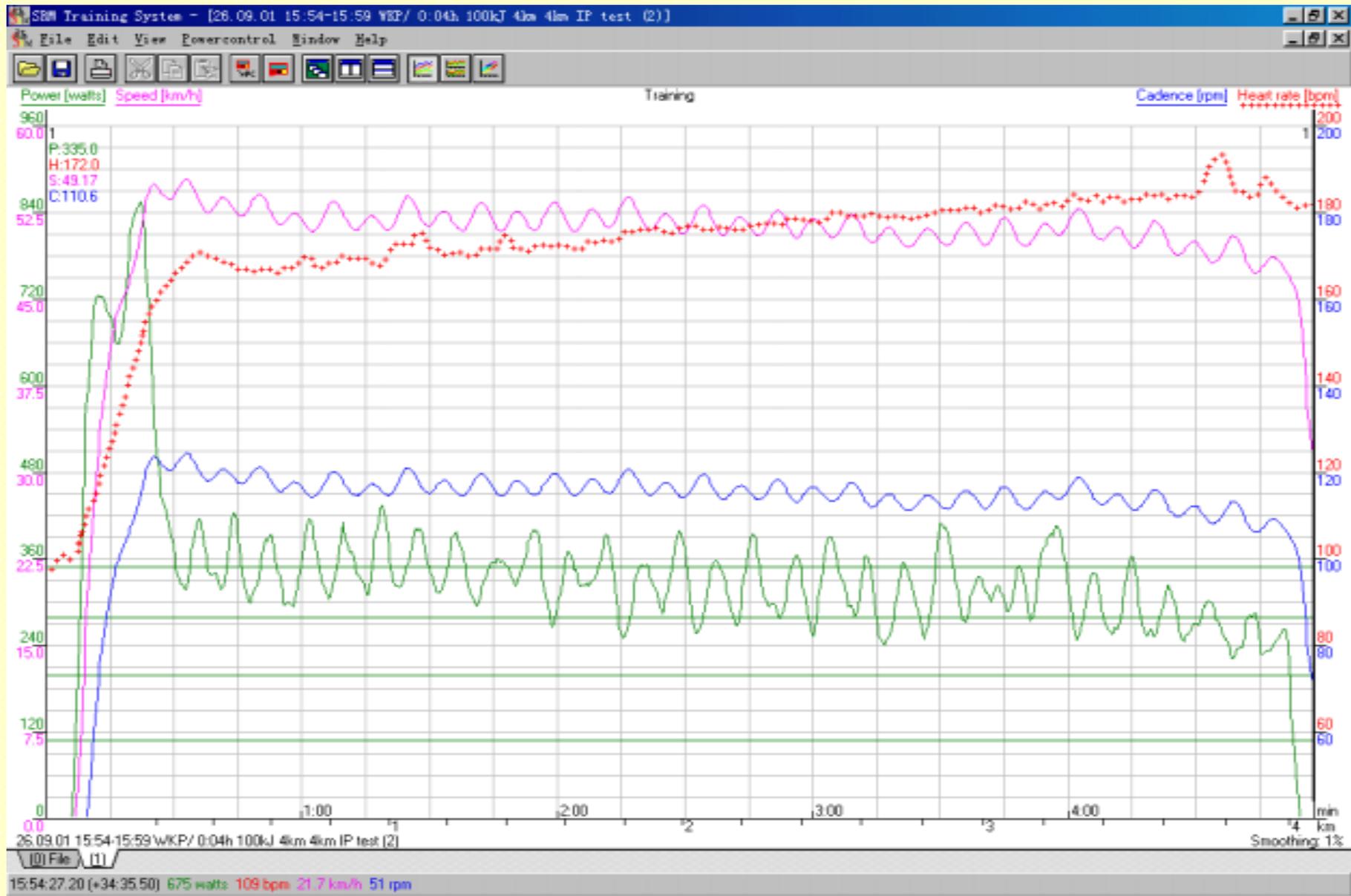


问题的提出

训练中我们发现场地单车运动员在单车场内骑行时其速度会随着跑道的弯直改变而变化。在与教练员和运动员的交流中我们得知这样的速度改变并非是教练员或运动员的有意行为。运动员通常是以均匀的速度感觉去完成每一圈的骑行，他们没有意识到在每一圈的骑行中存在着速度的波动。



SRM文件中速度波动的现象



国外有关速度波动的研究

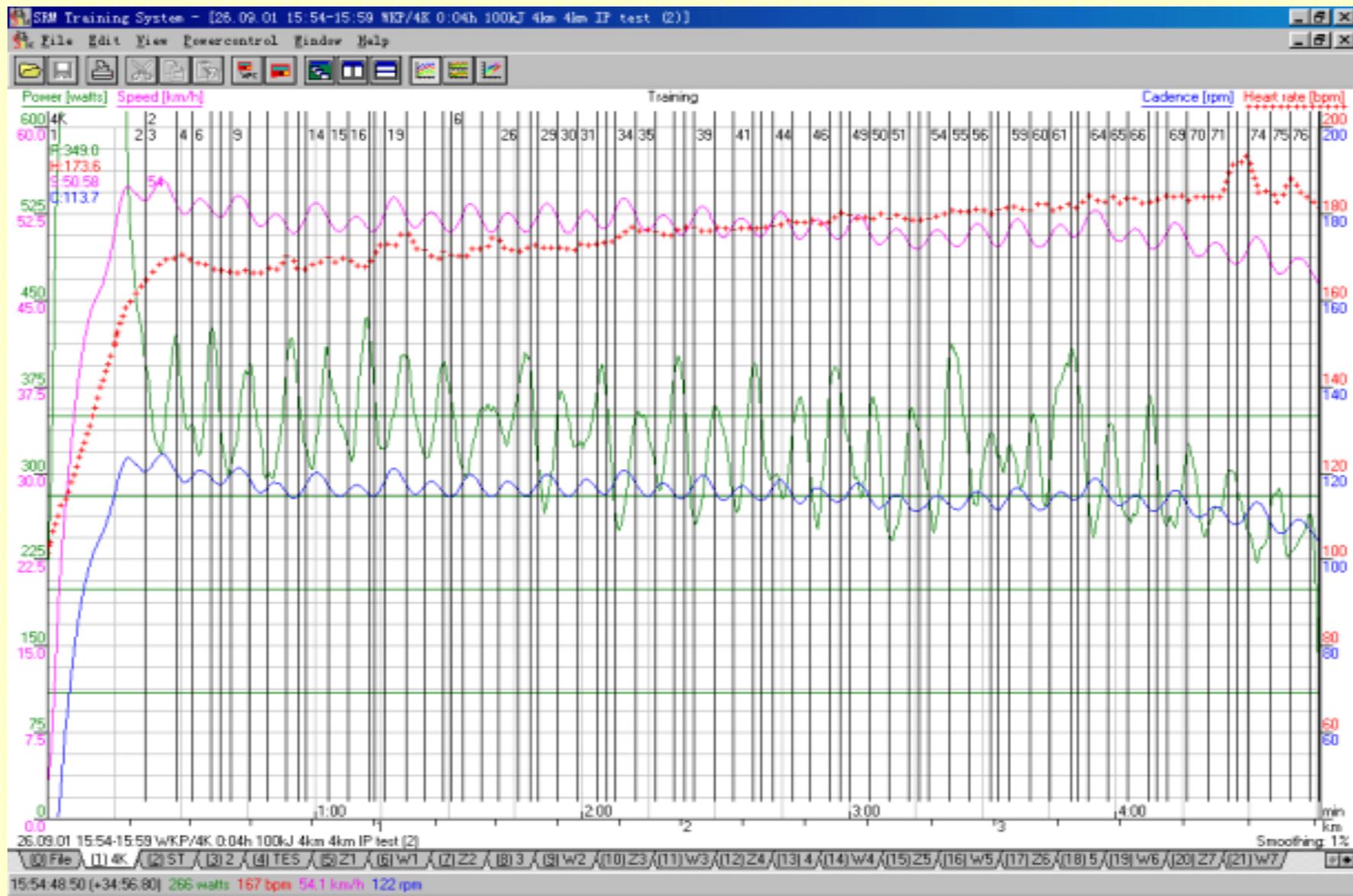
在文献中只发现Neil P. Craig (2001) 曾经报告在男子个人4公里场地追逐赛和女子个人3公里场地追逐赛中速度的波动为3公里/时。但是他没有报告运动员的骑行速度是多少, 也没有说明是在对多少运动员的实验基础上统计出的数据。Neil P. Craig 还提到在场地单车骑行时, 功率达到最大值时速度处于最小值。

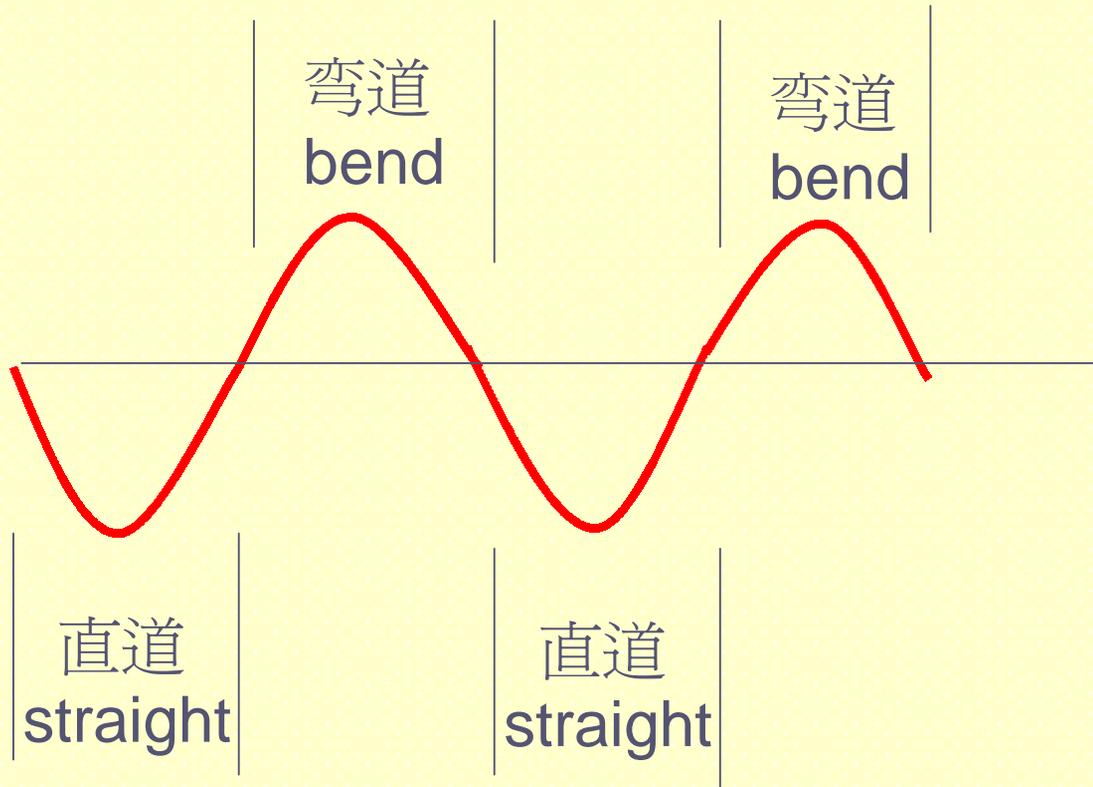
研究目的



速度的波动幅度与骑行速度是什么关系？在250米场地与333.3米场地的速度波动有什么差别？以及在4公里IP骑行时功率的变化与速度变化的关系，是本文希望研究的问题。

SRM数据读取划分图







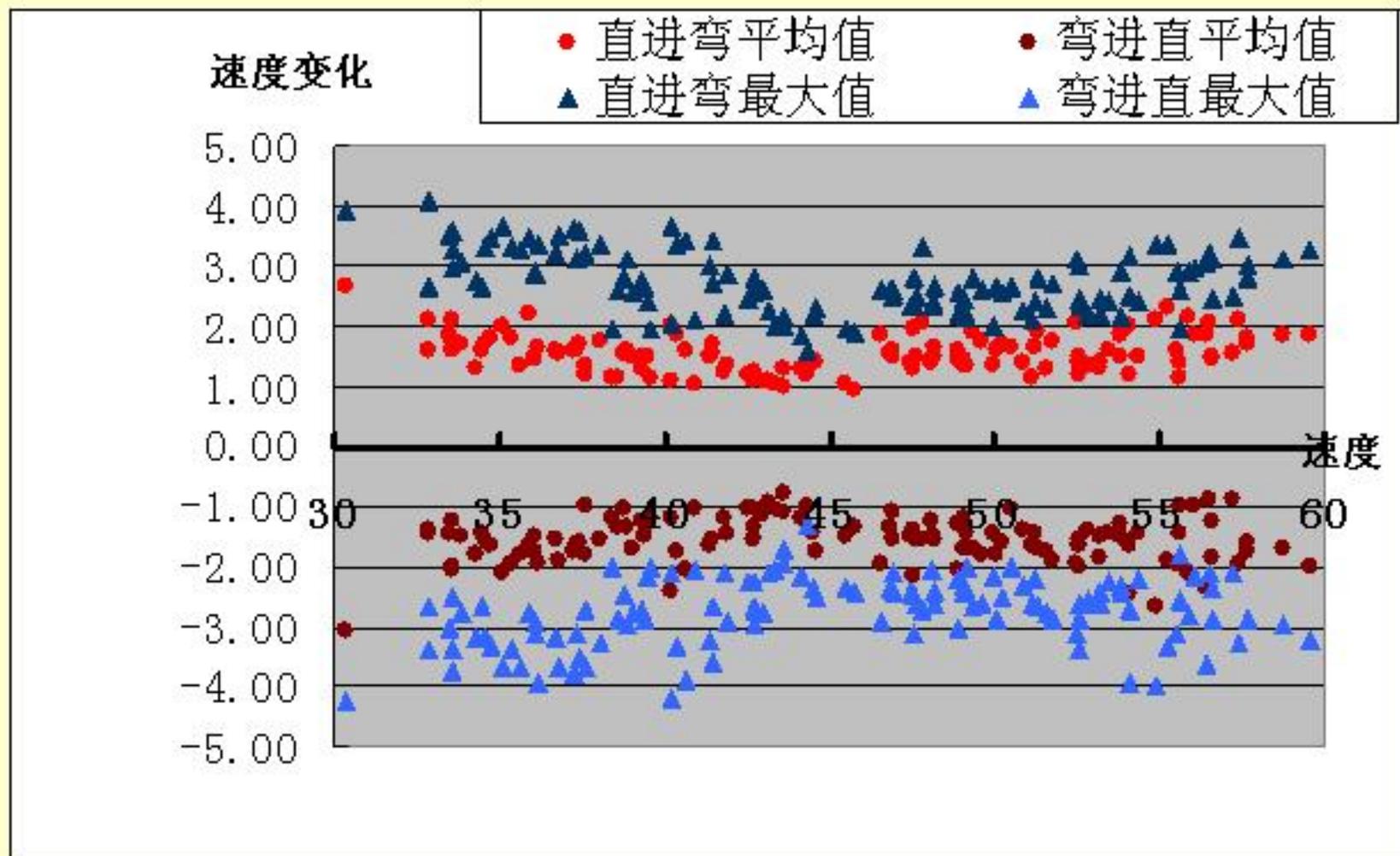
结果和讨论

表1 三个场地的速度波动数据 (N=122) (km/h)

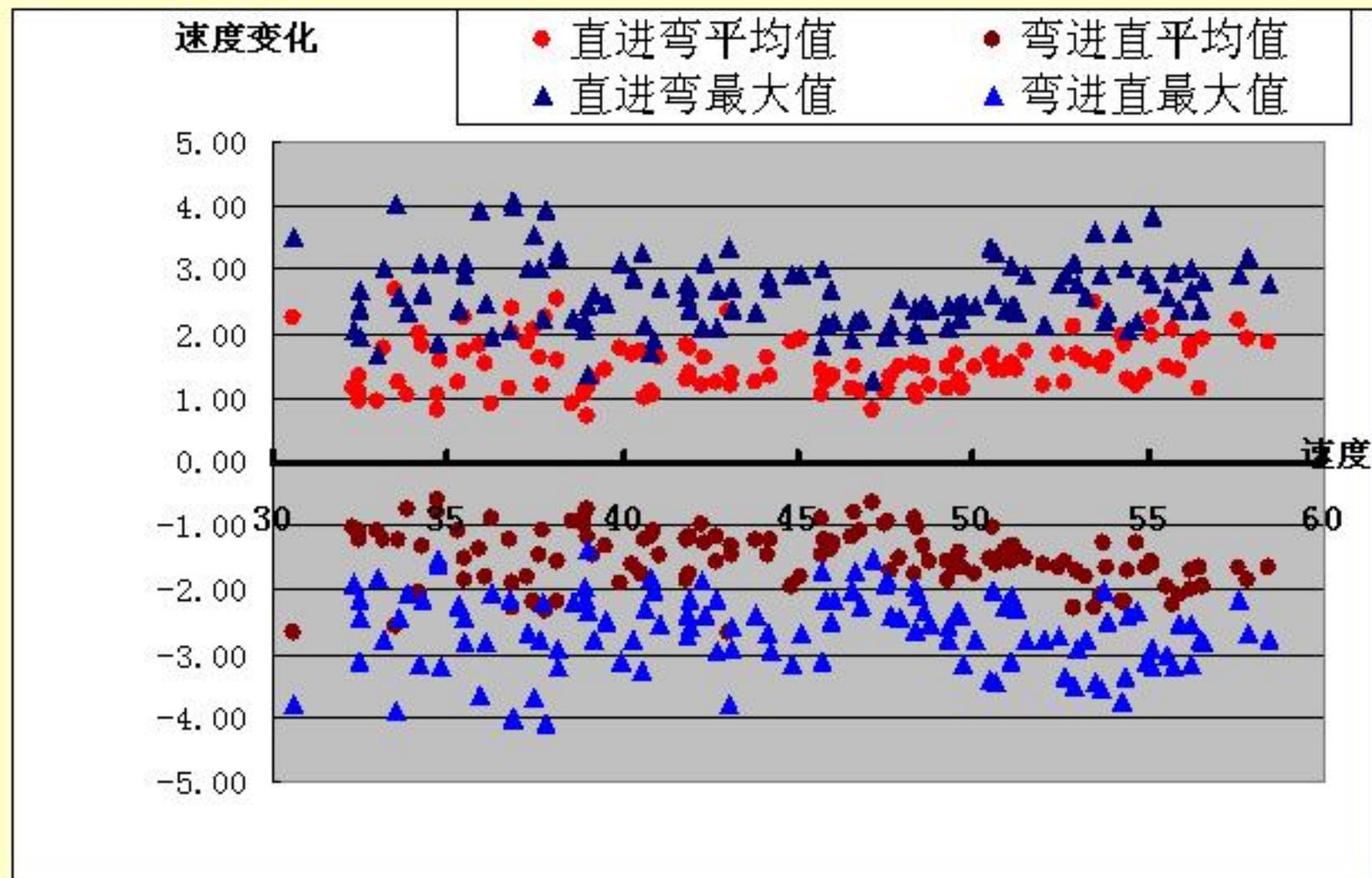
	直道进弯道		弯道进直道	
	平均值	最大值	平均值	最大值
深圳	1.54 ± 0.32	2.76 ± 0.53	-1.56 ± 0.41	-2.78 ± 0.61
南京	1.49 ± 0.41	2.60 ± 0.55	-1.50 ± 0.44	-2.59 ± 0.59
昆明	$0.93 \pm 0.37^*$	$1.91 \pm 0.53^*$	$-0.92 \pm 0.38^*$	$-1.91 \pm 0.53^*$

直道进弯道加速，弯道进直道减速。
弯道速度快，直道速度慢。

深圳场地数据



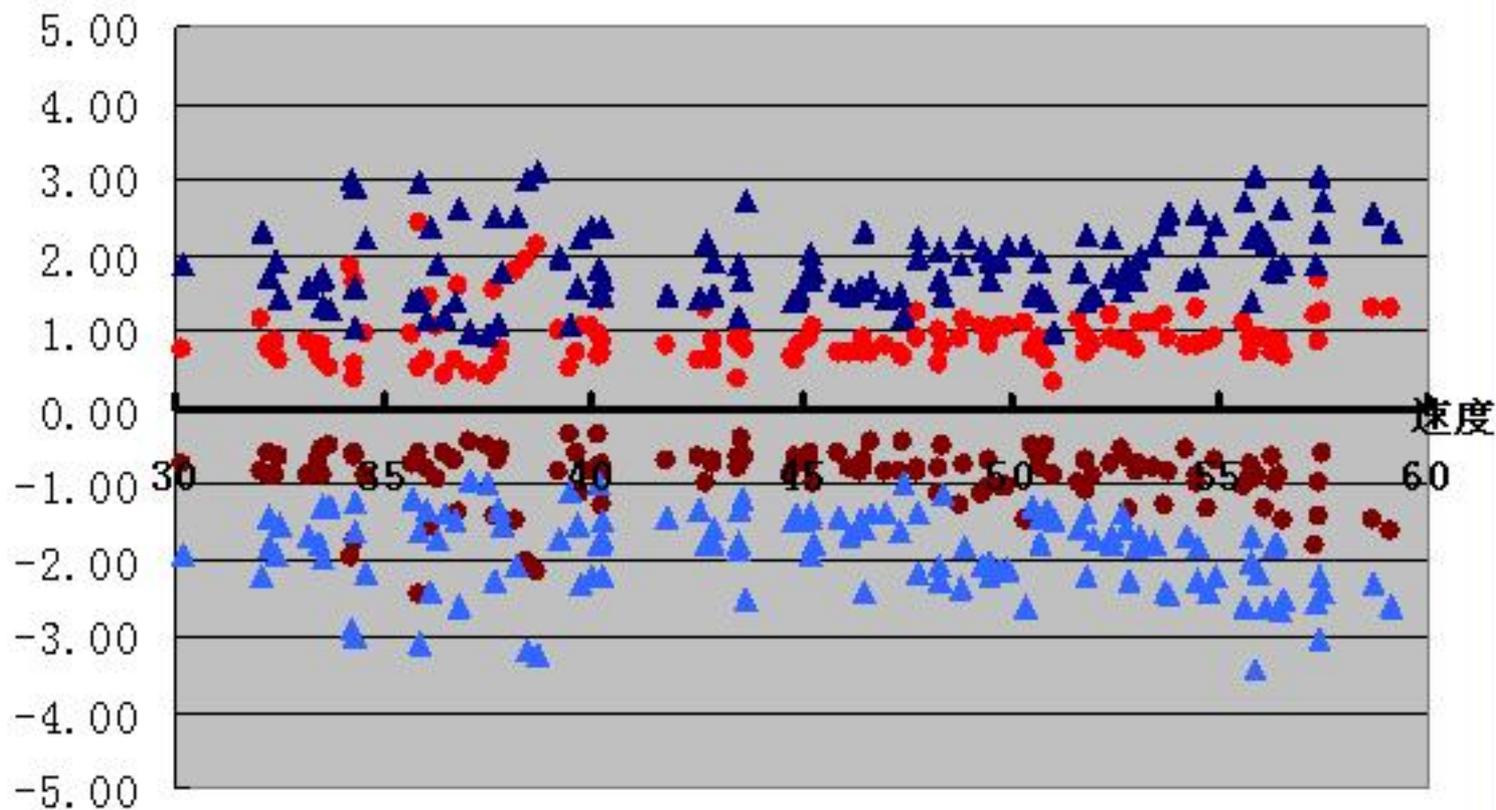
南京场地数据



昆明场地数据

速度变化

- 直进弯平均值
- 弯进直平均值
- ▲ 直进弯最大值
- ▲ 弯进直最大值



3个场地之间的速度变化关系：

运动员从直道进入弯道时速度全部增加，从弯道进入直道，速度全部减小。也就是说，当运动员在场地地上以稳定的速度骑行时，不论在250米的场地，还是在333.3米的场地，所有运动员的速度都会波动，并且一定是直道进弯道时速度增加，弯道进直道时速度减少，也无一例外。



*我们的实验结果在数量上与Neil P. Craig的结果是一致的。

*速度波动与场地弯道的半径有显著性关系，而与场地**表面材质**无显著性关系。**场地半径**的大小决定了速度波动幅度，场地半径越小，速度波动越大。



- *直道进弯道的速度差与弯道进直道的速度差之间没有显著性差异。
- *在30-60公里/时的骑行速度范围内，平均速度波动与骑行速度无关。



4公里个人骑行同一场地直道功率与弯道功率之间的关系：

表3 单位时速功率 (N=106)

	直道功率 (W/km/h)	弯道功率 (W/km/h)	P
深圳	6.92 ± 1.06	6.33 ± 1.18	0.000
南京	8.04 ± 0.85	7.02 ± 0.62	0.000
昆明	6.29 ± 1.24	6.10 ± 1.09	0.007

直道功率大，弯道功率小。

*功率与速度有一个相位差，在直道骑行时速度慢，功率大；在弯道骑行时，速度快，功率小。

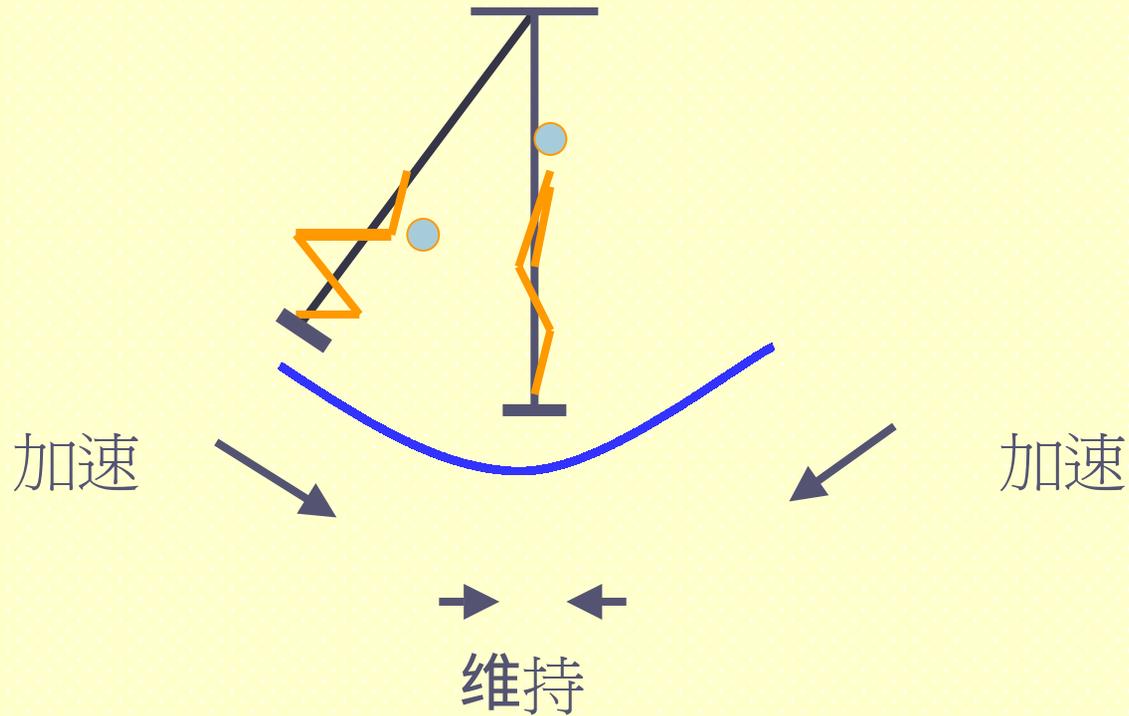


数据反映这样一个现象：**直道发力，弯道受益；弯道发不出力，直道受损。** 弯道的高速度是直道加速的结果，直道的低速度是弯道减速的结果。



特别建

弯道 骑行不要刻意加速，直道骑行应该刻意加速。
(加速过程就象
维持。)



结论

- 不论在250米的场地，还是在333.3米的场地，所有运动员的速度都会波动，并且一定是直道进弯道时速度增加，弯道进直道时速度减少，
- 场地半径的大小决定了他的速度波动幅度，场地半径越小，速度波动越大。
- 在30-60公里/时的骑行速度范围内，平均速度波动与骑行速度无关。
- 功率与速度有一个相位差，在直道骑行时速度慢，功率大；在弯道骑行时，速度快，功率小。
- 由此建议运动员采用在直道有意识的加速，在弯道维持速度的骑行方法。

2. 田径

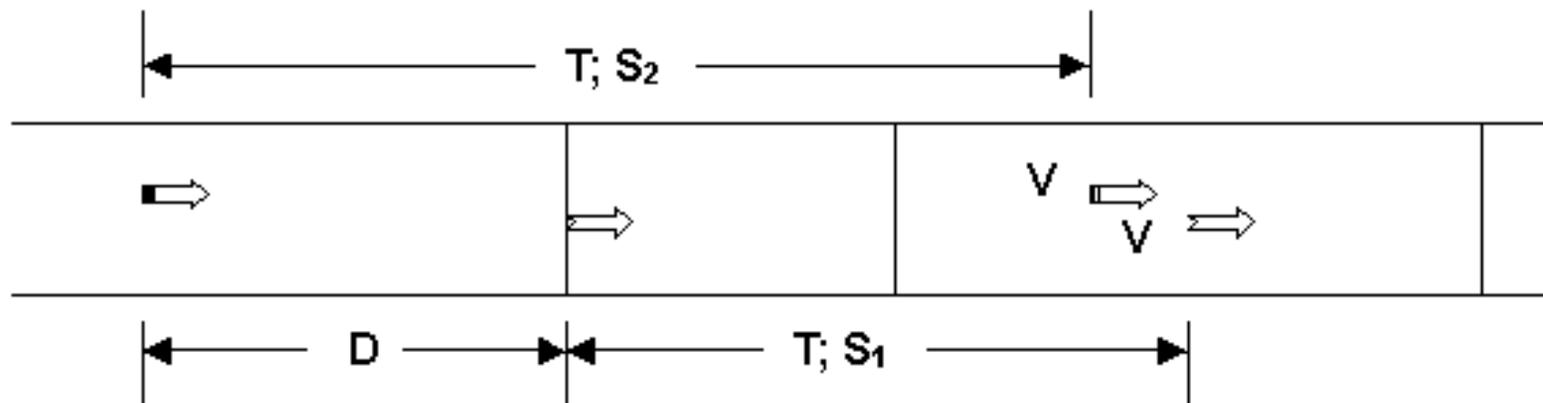
对4X100米接力最佳化的计算

*香港4X100米接力成绩变化的回顾

日期	比赛	新记录	参赛者
98年4月	田径之王第二回合	41.40	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，陈展云
98年5月	田径之王第三回合	41.27	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，陈展云
98年5月	台湾邀请赛	41.01	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，陈展云
98年6月	香港黄昏赛	40.97	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，陈展云

98年6月	会际田径赛	40.73	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，黄文龙
98年11月	亚运热身赛	40.72	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，何君龙
98年11月	亚运热身赛	40.68	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，何君龙
99年6月	香港黄昏赛	40.29	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，梁俊杰

00年5月	成都大奖赛	39.97	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，何君龙
01年11月	9届全运会	39.95	蒋伟洪，杜伟诺， 邓汉升，何君龙

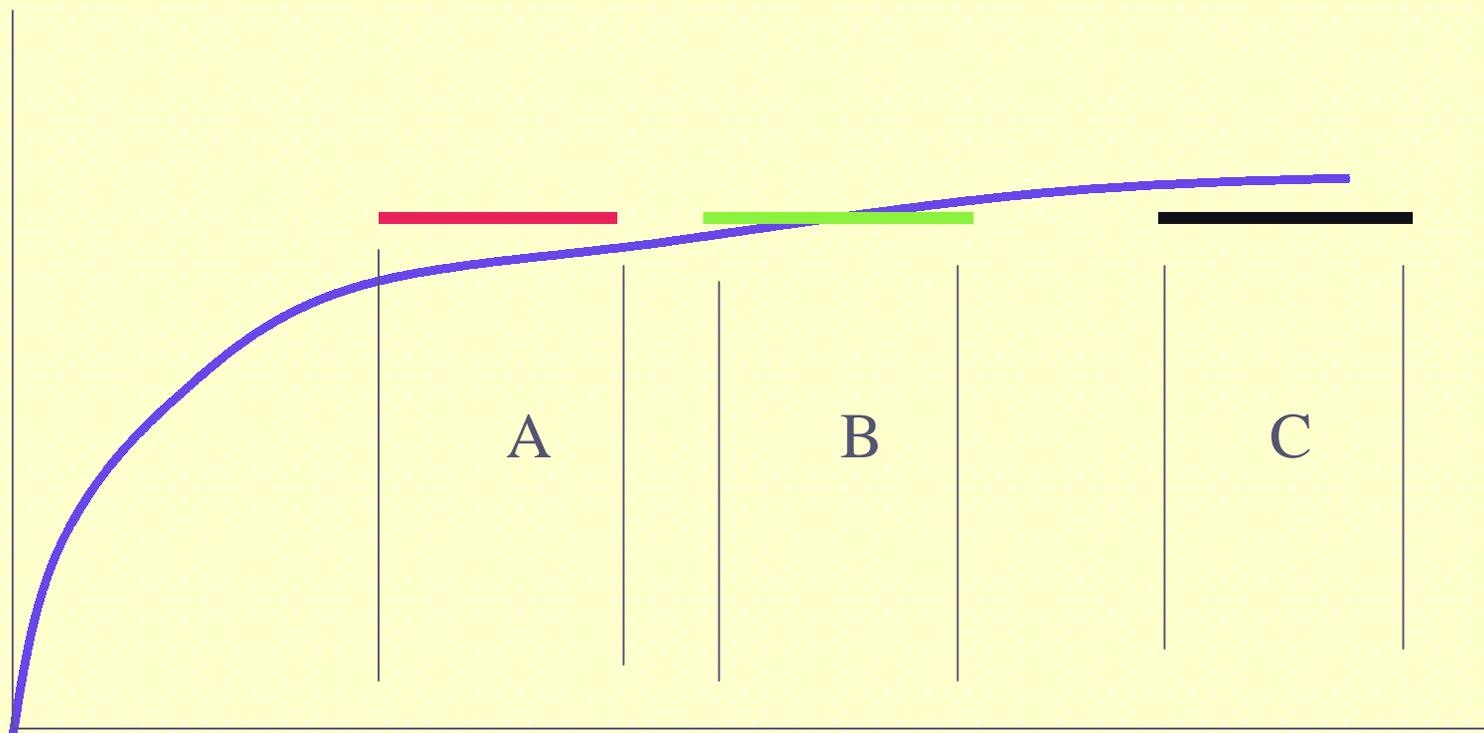


The diagram explanation of kinematic parameter in baton exchange of the 4X100m relay

在交接棒时有**3**种情况出现在**4X100**米接力中

- (1) 交棒运动员的速度大于接棒运动员，交接棒可以完成，但是浪费时间。
- (2) 交棒运动员的速度小于接棒运动员，交接棒不能完成。
- (3) 交棒运动员的速度等于接棒运动员，这是最佳的交接棒技术。

我们的训练目标是实现第三种交接棒技术。

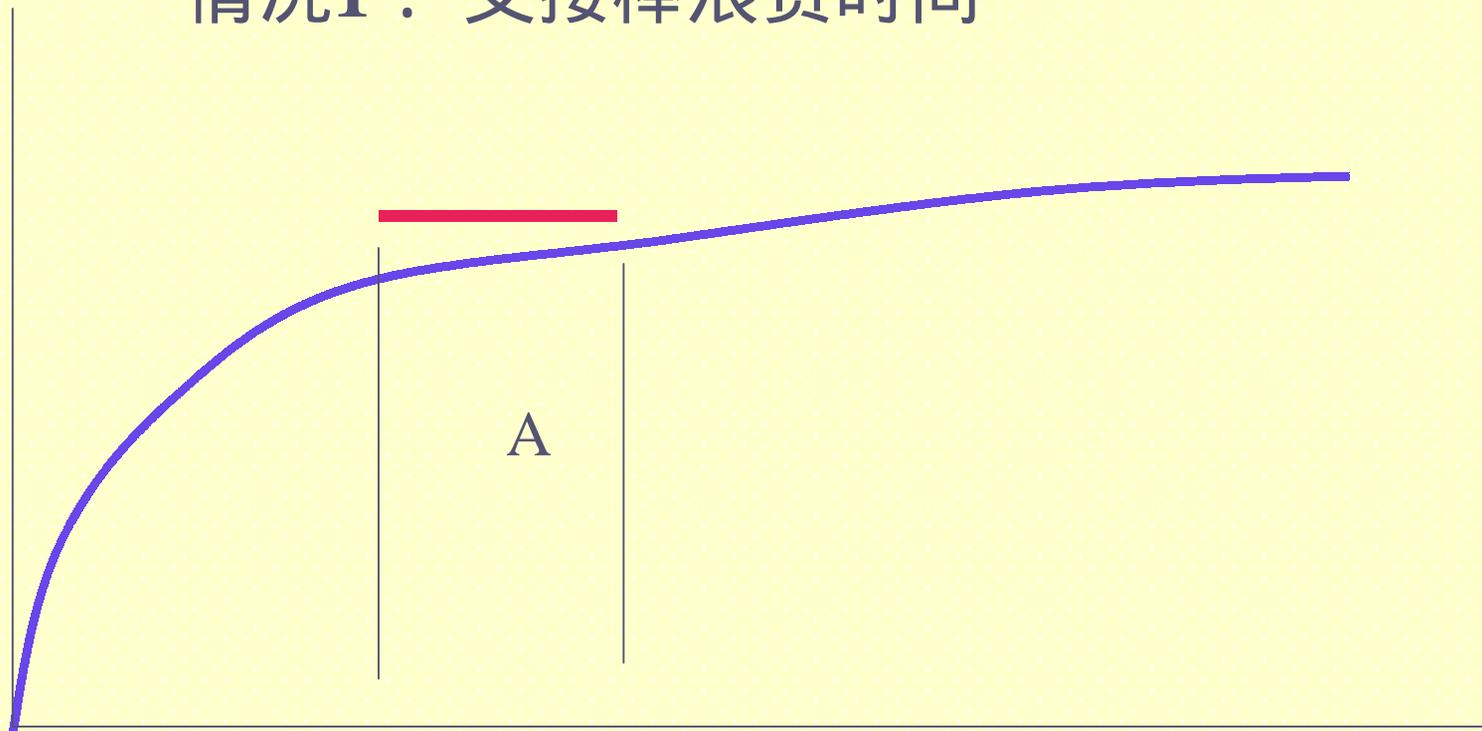


A : 起步太晚

B : 起步正好

C : 起步太早

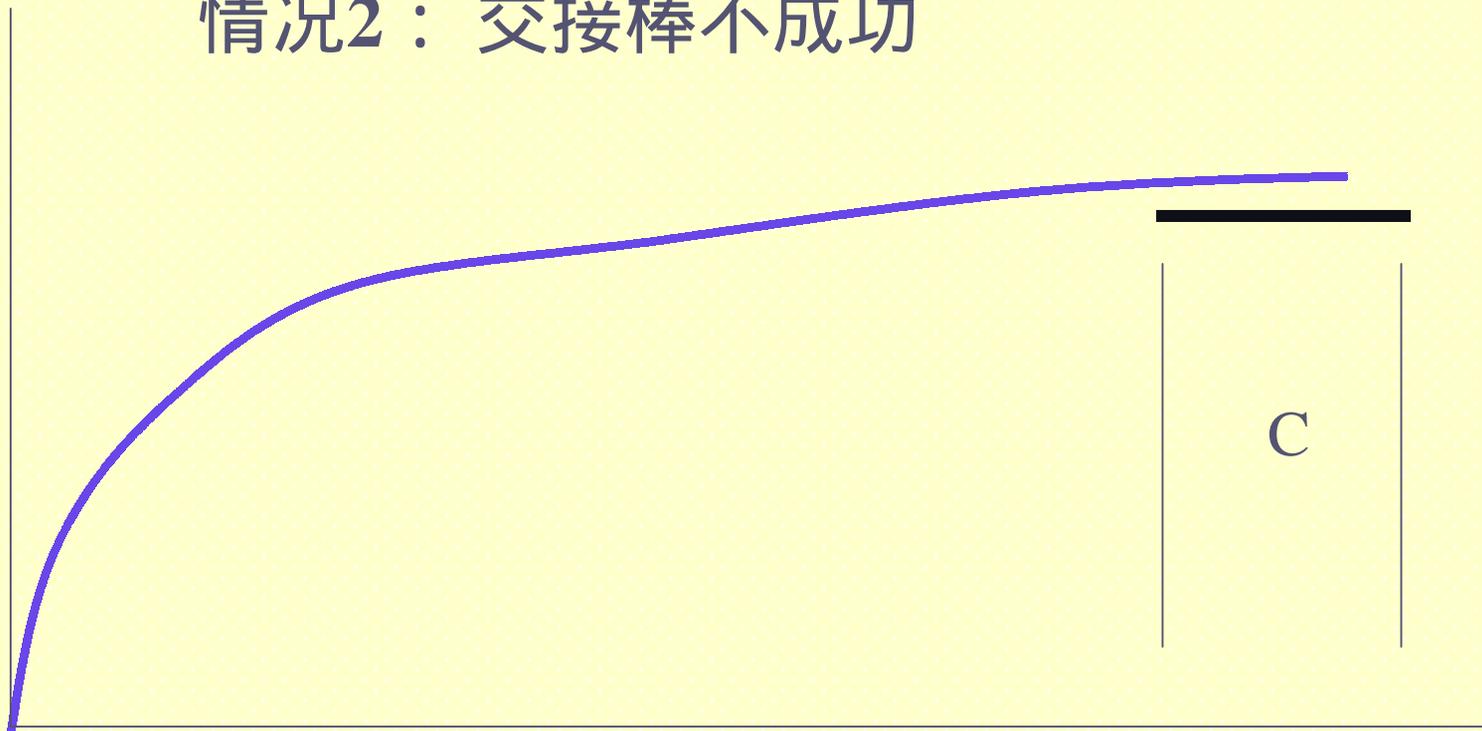
情况1：交接棒浪费时间



A：起步太晚

原因：1. 起跑标记点太近
2. 判断时机晚了

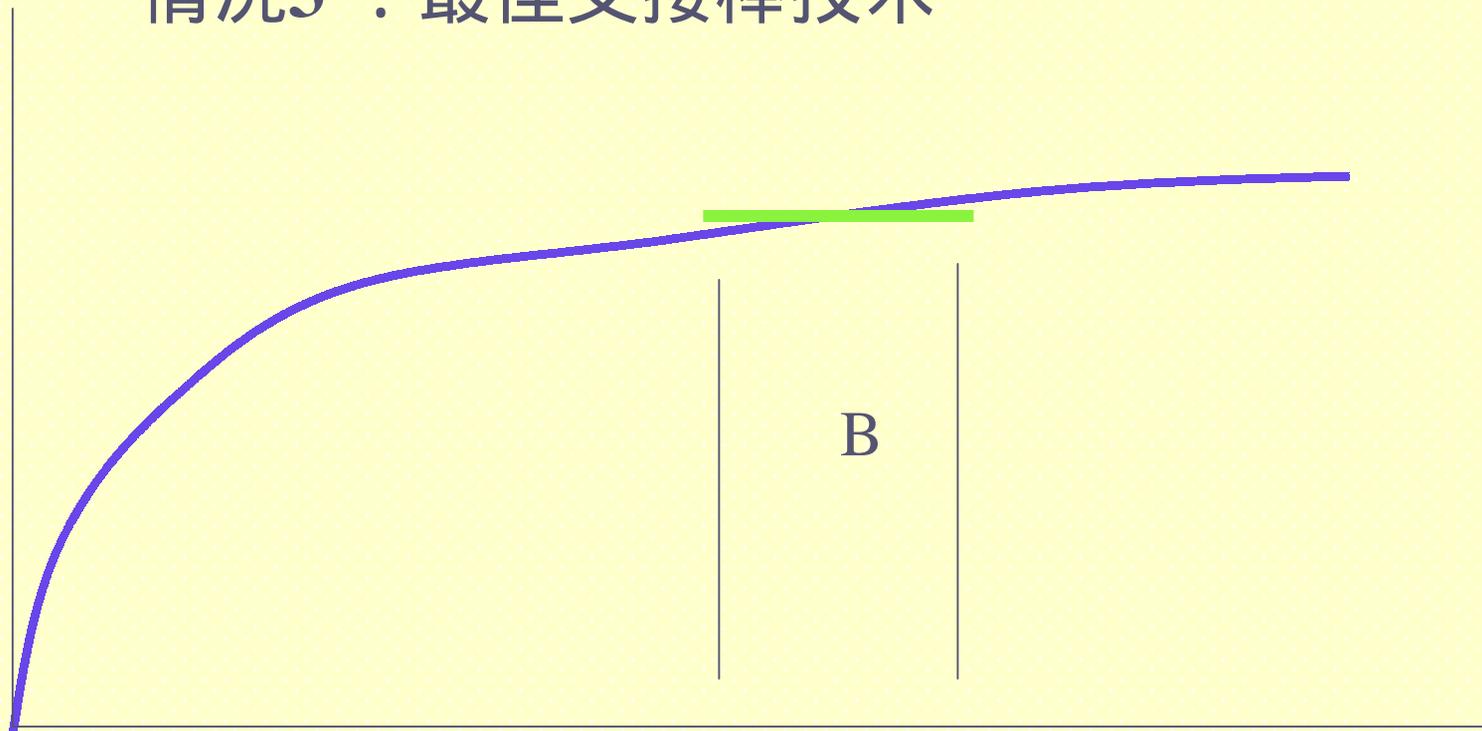
情况2：交接棒不成功



C：起步太早

原因：判断时机早了

情况3：最佳交接棒技术



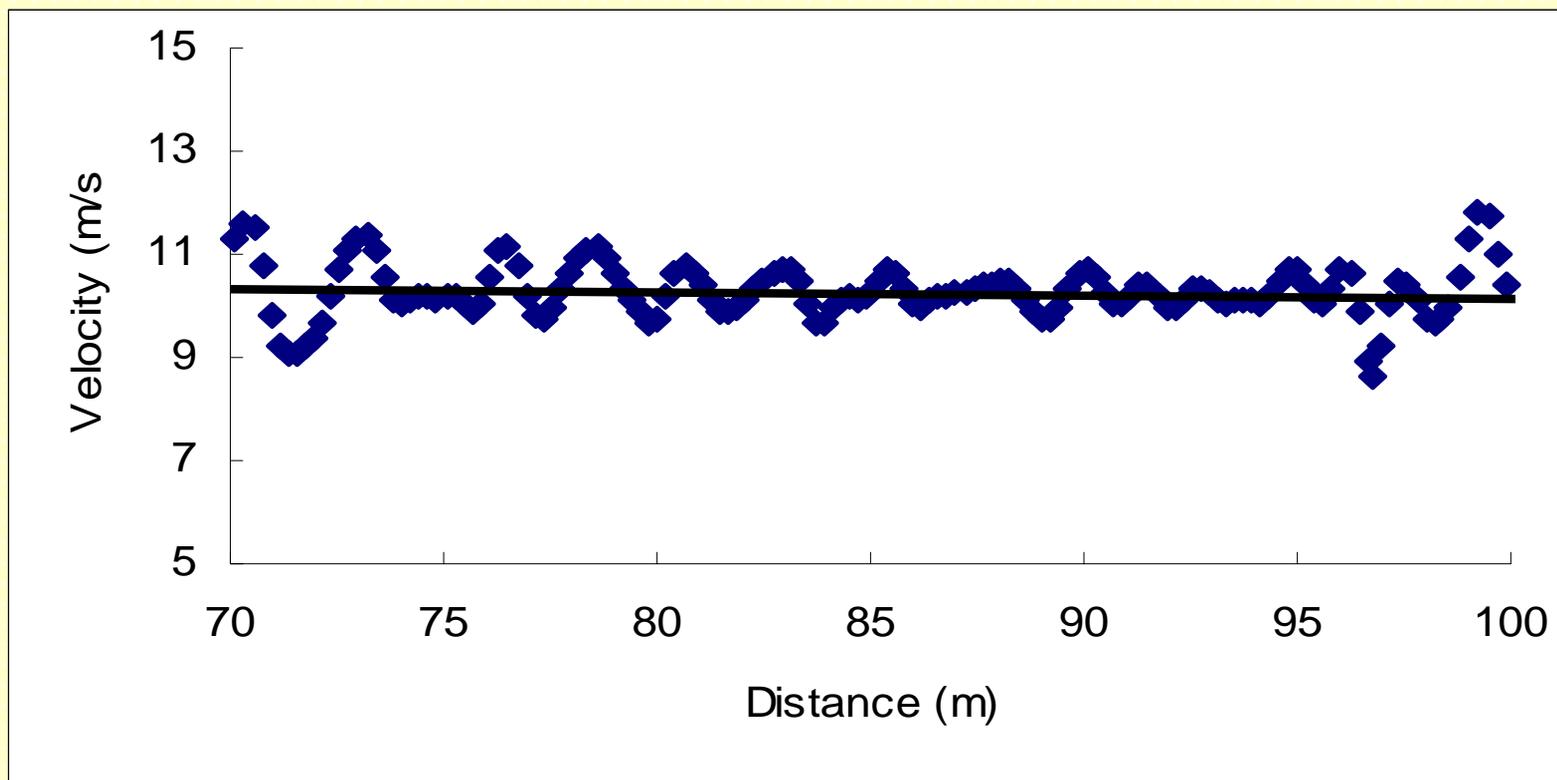
B：起步正好

起跑标记点和判断时机全部准确无误！

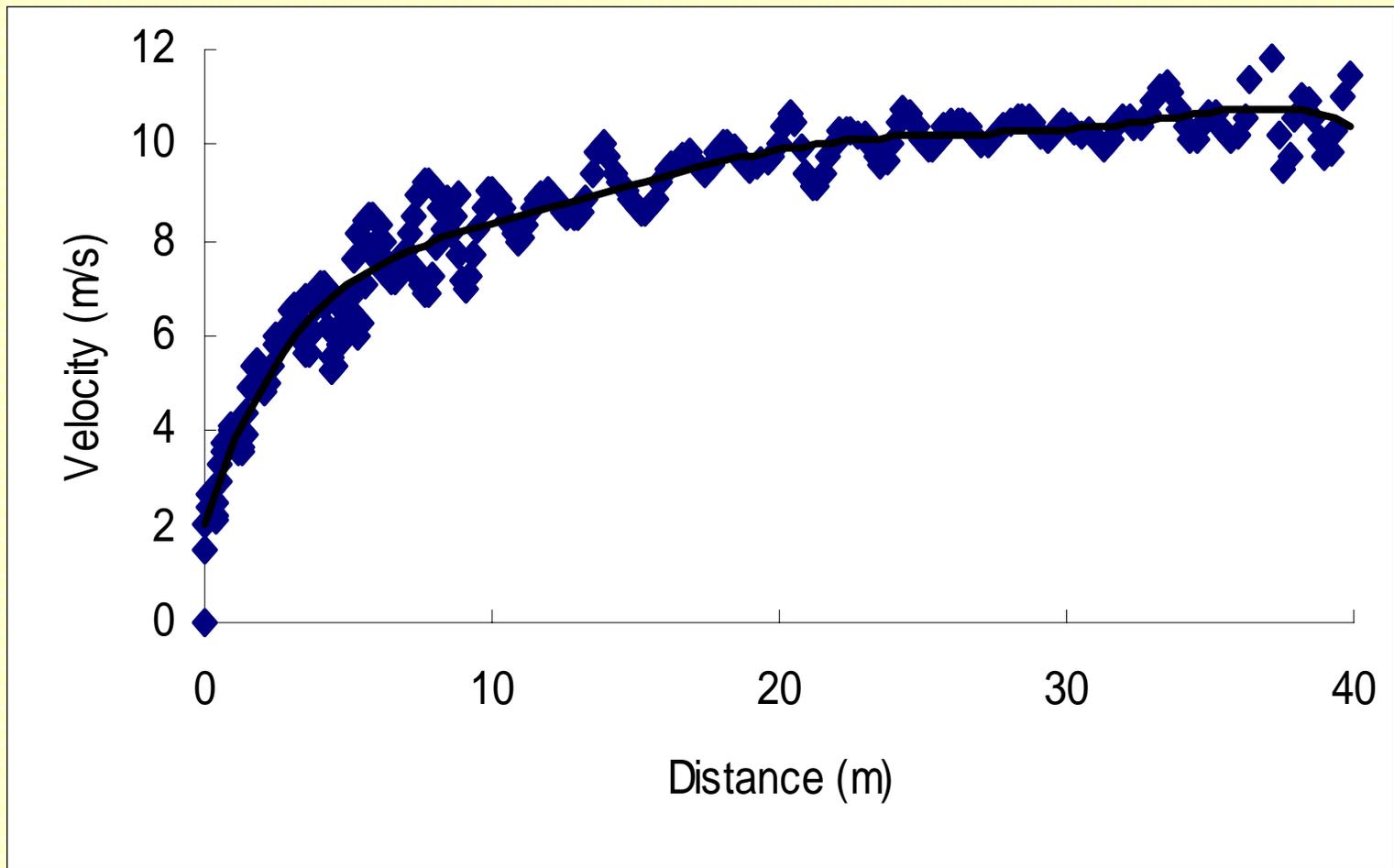


速度匹配方法：

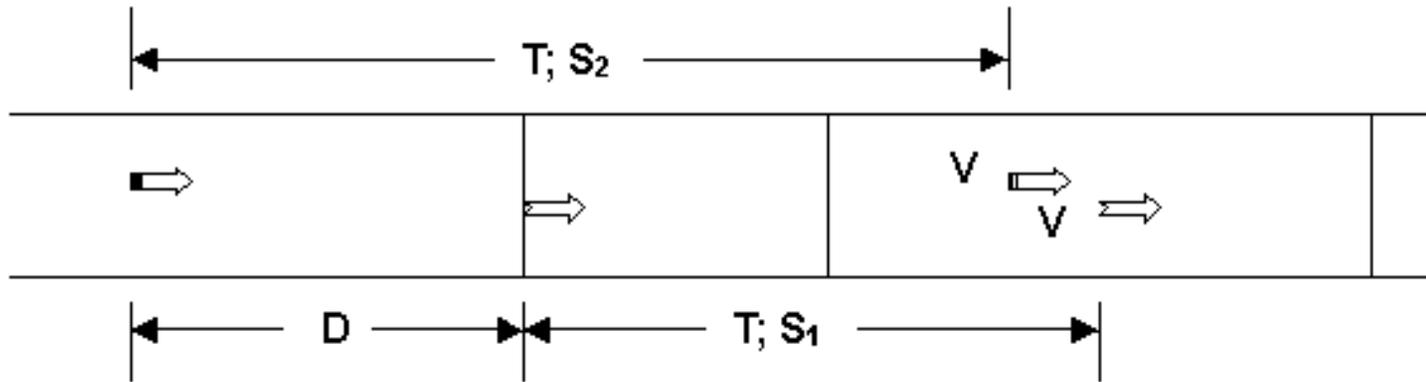
(1) 作出交棒运动员冲刺速度曲线



(2) 作出接棒运动员起跑速度曲线



- (3) 以交棒运动员冲刺时刻的速度为基准，找出接棒运动员在起跑后达到这个速度($v_1=v_2$)所跑过的距离(S_1)和时间(T)。
- (4) 利用时间(T)反过来推算交棒运动员在时间(T)之前的位子和速度，以确定接棒运动员的起跑标记点。



The diagram explanation of kinematic parameter in baton exchange of the 4X100m relay

交接棒运动学指标	第一棒	第二棒	第三棒
起跑标记点到接棒运动员之间的距离： D	9.90	9.40	9.19
交接棒时接棒运动员跑过的距离： S_1	20.70	18.90	19.12
交接棒时交棒运动员从起跑点跑过的距离： S_2	29.40	27.10	26.66
交接棒时接棒运动员已经跑过的时间： T	2.80	2.54	2.72
交接棒时运动员颈部之间的距离： d	1.60	1.65	1.65
交接棒时运动员的速度： V	9.76	9.66	9.80

交接棒技术指标的总结

交接棒技术指标的定义：4个人100米跑的成绩总和减去4X100米的成绩

98年4月：个人成绩总和（10.45+10.50+10.80+10.96）=42.71秒
接力成绩 41.40秒
技术指标 42.71-41.40=1.31秒

01年11月：个人成绩总和（10.39+10.50+10.80+10.81）=42.5秒
接力成绩 39.95秒
技术指标 42.5-39.95=2.55秒

4人个人成绩提高总和： $42.71-42.5=0.21$ 秒

技术提高幅度： $2.55-1.31=1.24$ 秒

接力成绩提高总和： $0.21+1.24=1.45$ 秒（ $=41.40-39.95$ ）

个人成绩提高占成绩提高的百分比：
 $0.21/1.45=14.5\%$

技术水平提高占成绩提高的百分比：
 $1.24/1.45=85.5\%$

COUNTRY	TIME	DIFFERENT BETWEEN THE TIME SCORED AT THE RELAY RACE AND THE TOTAL OF INDIVIDUAL BEST RESULT
USA	38.19"	1.91"
USSR	38.50"	2.10"
FRG	38.79"	2.21"
CSSR	38.82"	1.88"
GDR	38.90"	1.60"
POL	39.03"	1.87"
HK	39.95"	2.55"

3. Rowing

- *The relationship between foot reaction force and pulling tension on ergometer.**
- *What is the major power come from ?**
- * Foot reaction force pattern.**

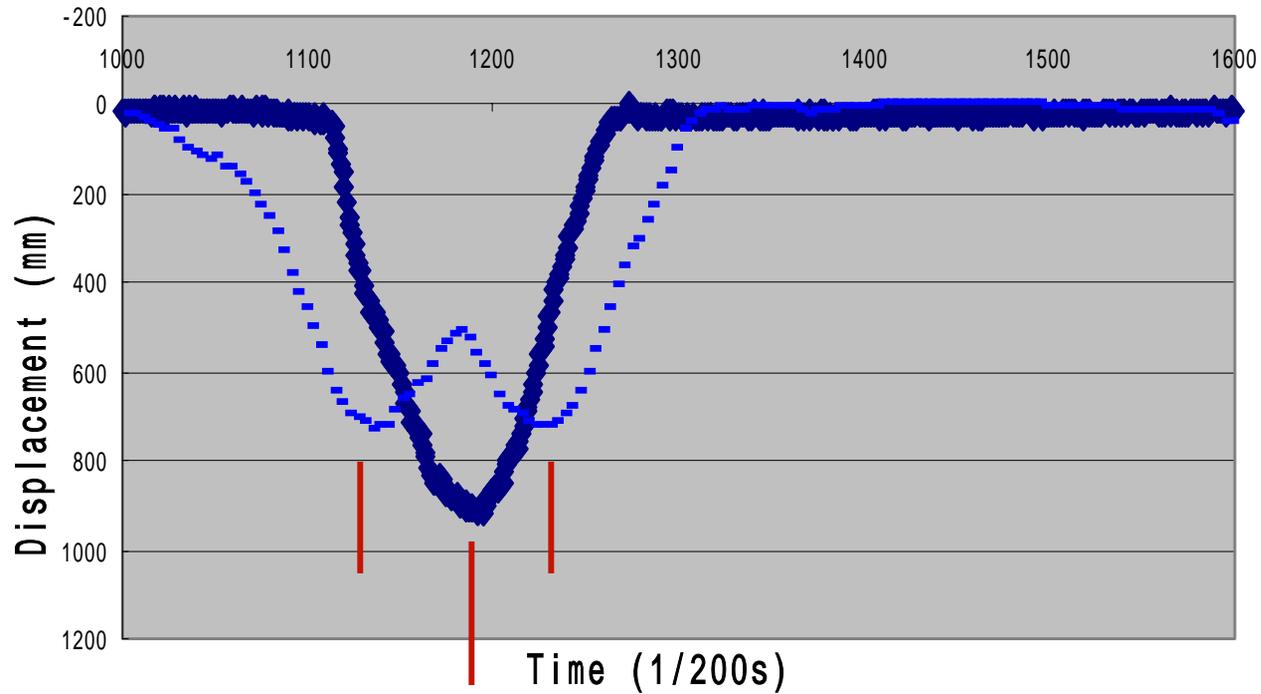
Video

***The relationship between foot reaction and force:**

The optimal technique is that the foot reaction peak is closed to the pulling force peak.

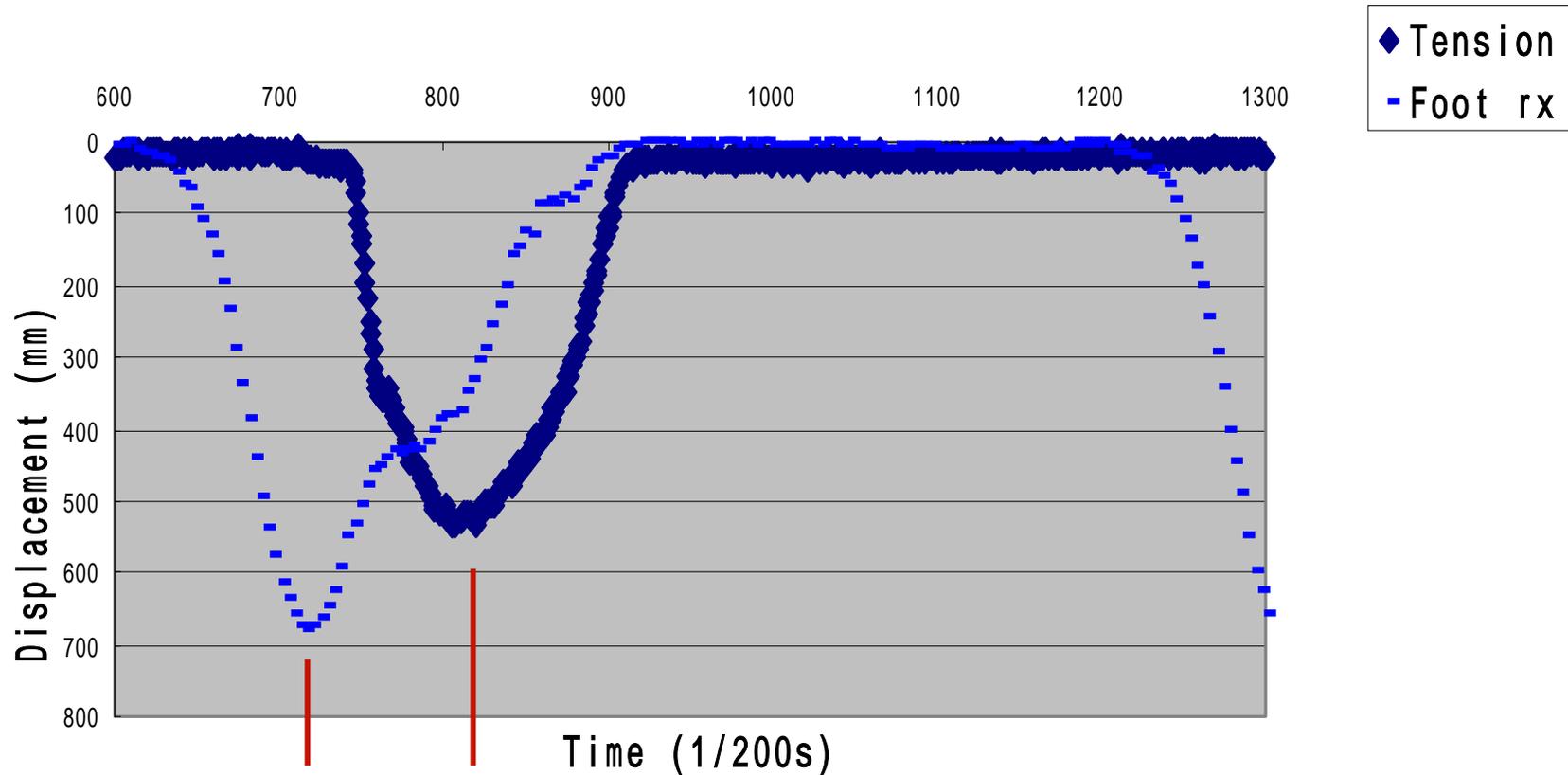
A- Linear displacement

◆ Tension
- Foot rx



Foot reaction involves knee and trunk movements.

B - Linear displacement

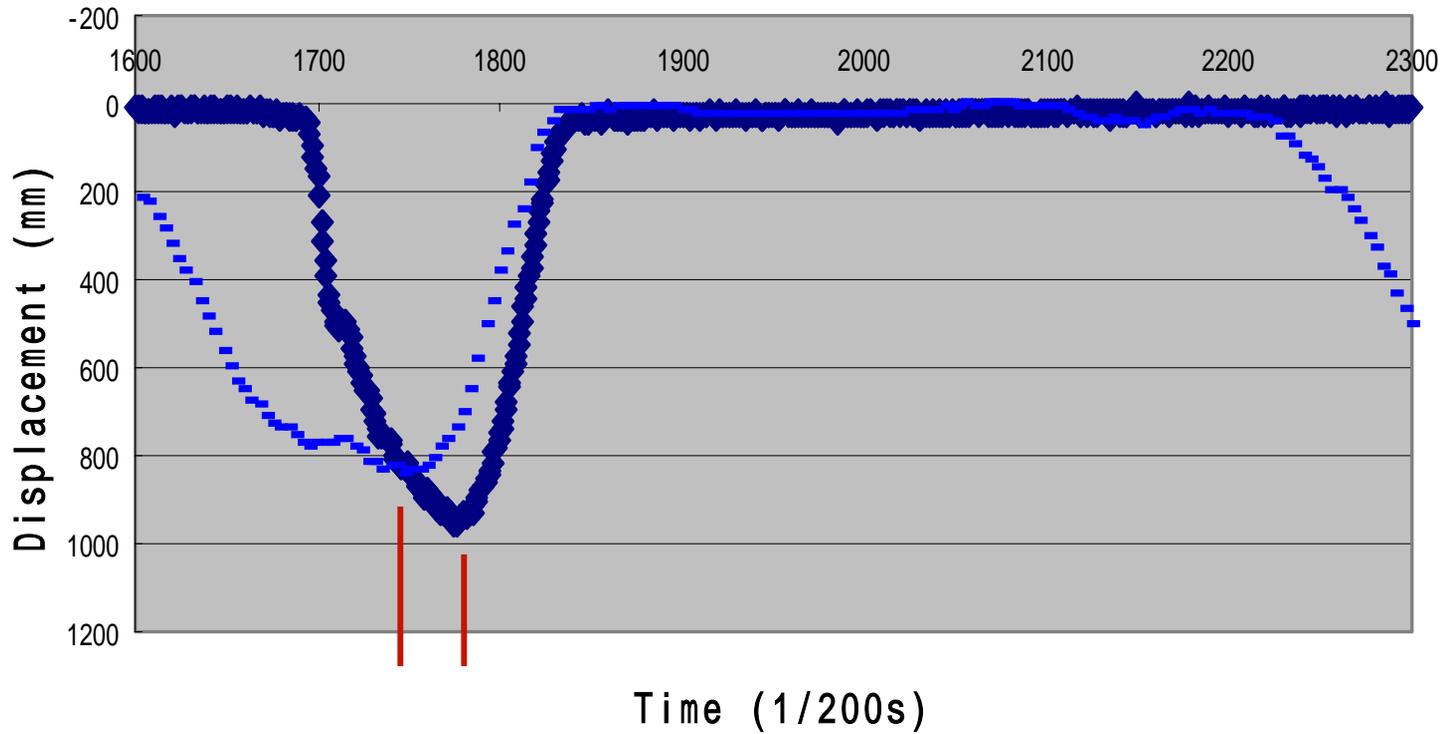


Single foot reaction force from knee movement.

There is a distance between foot reaction and pulling force peaks.

C - Linear displacement

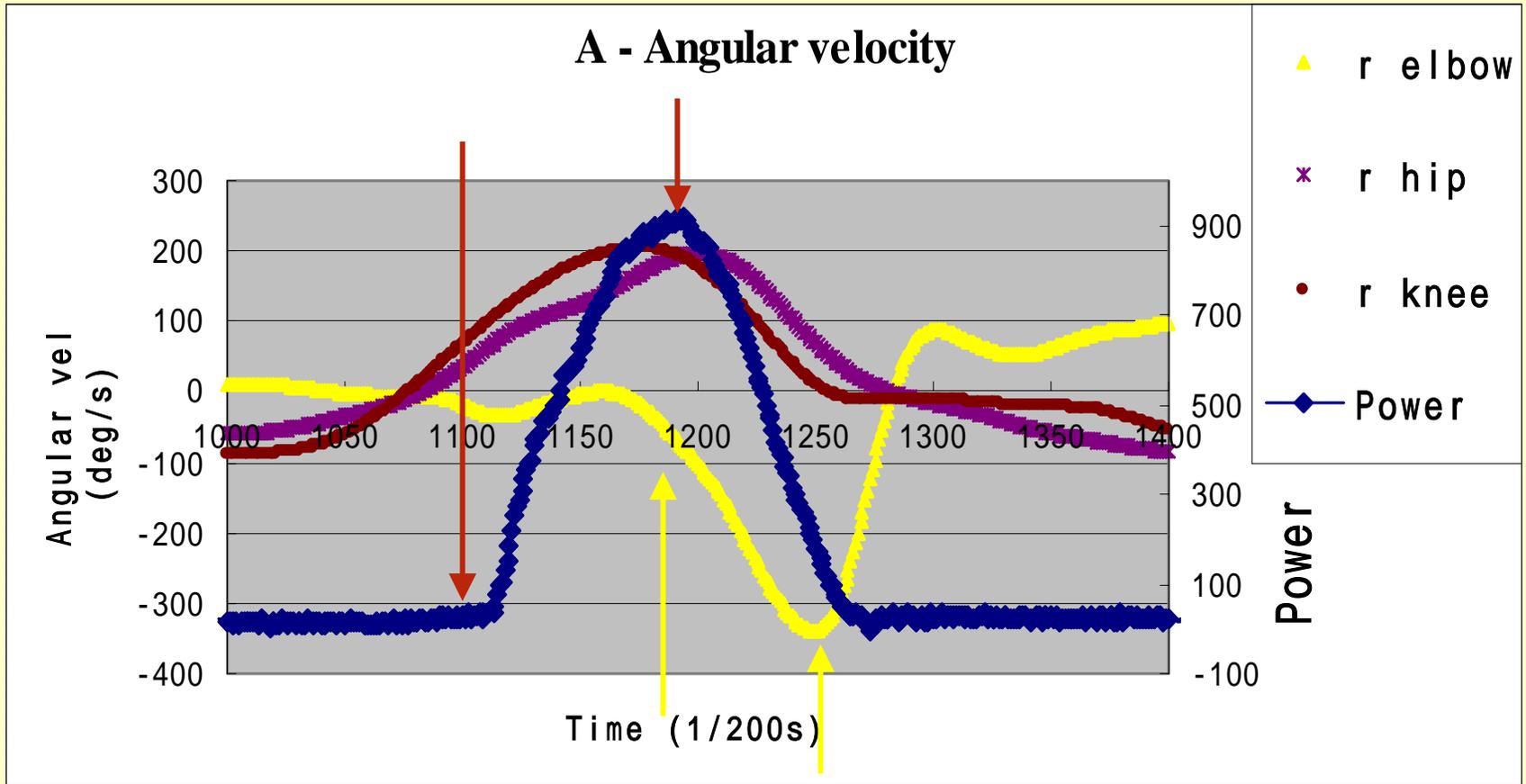
- ◆ Tension
- Foot rx



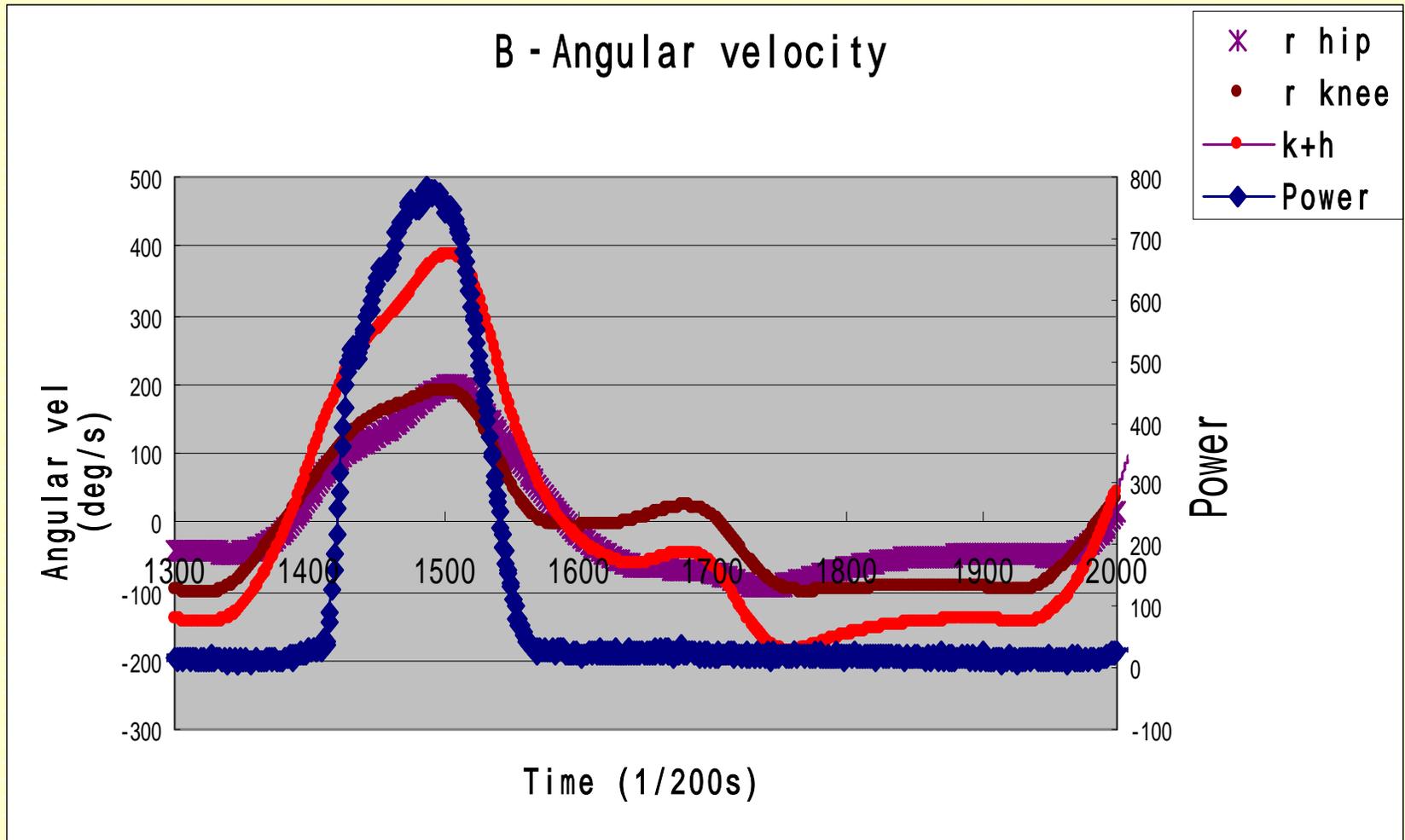
The foot reaction peak is closed to the pulling force peak.

***What is the major power source ?**

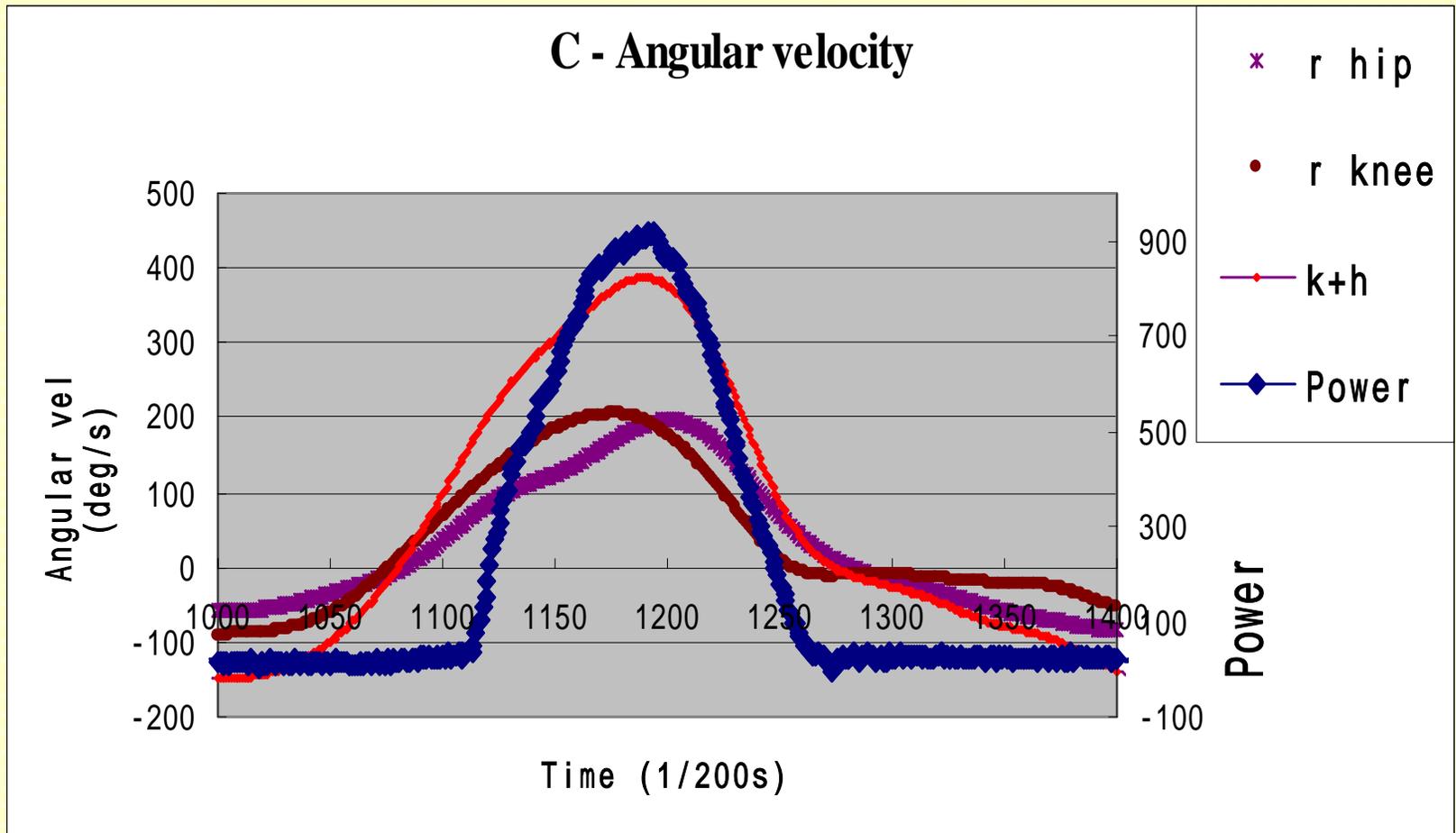
Arm ? Leg ? Trunk ?



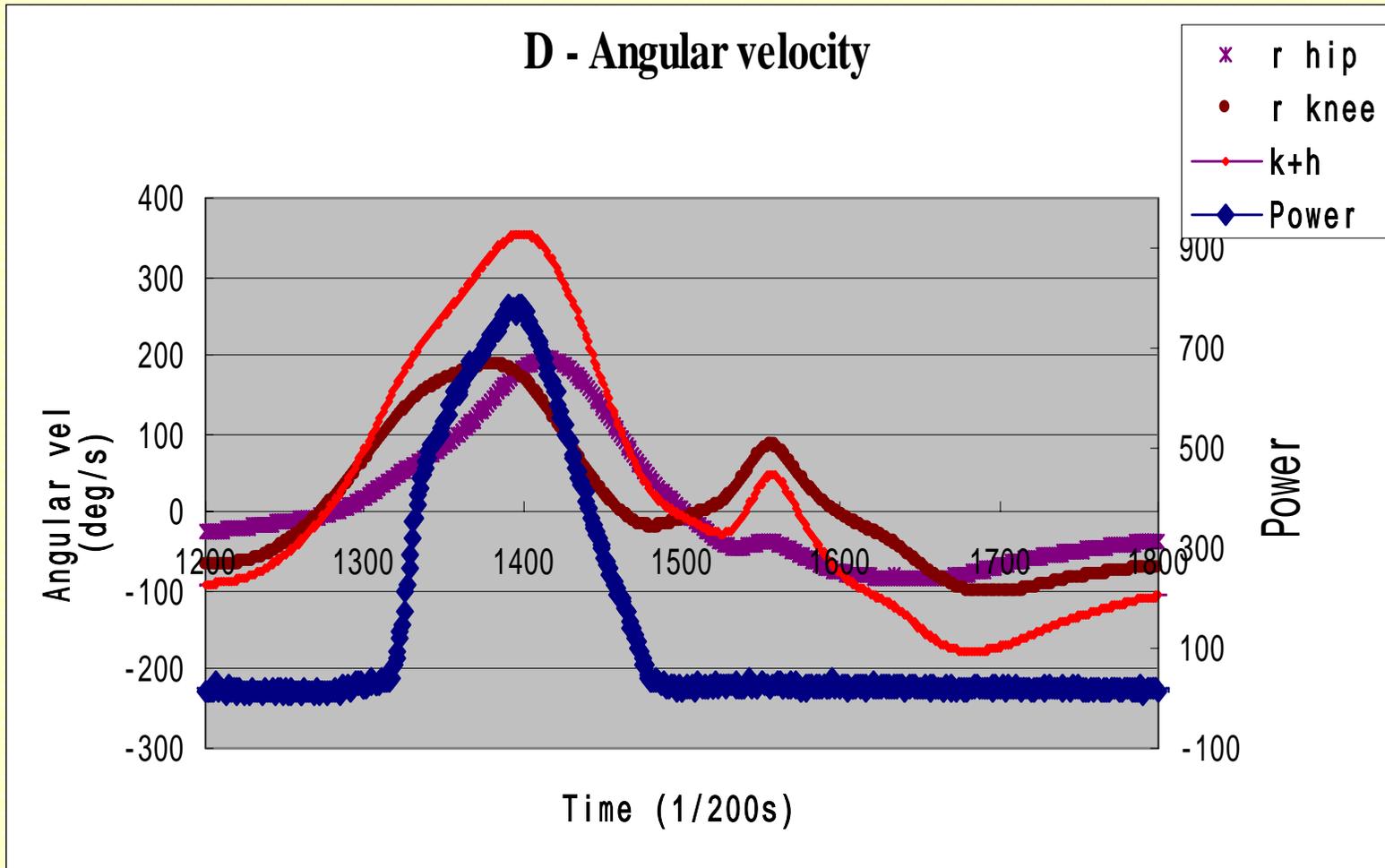
The power output mainly comes from knee and hip joints.



The peak of hip and knee happens at the same time.
The power is the biggest.

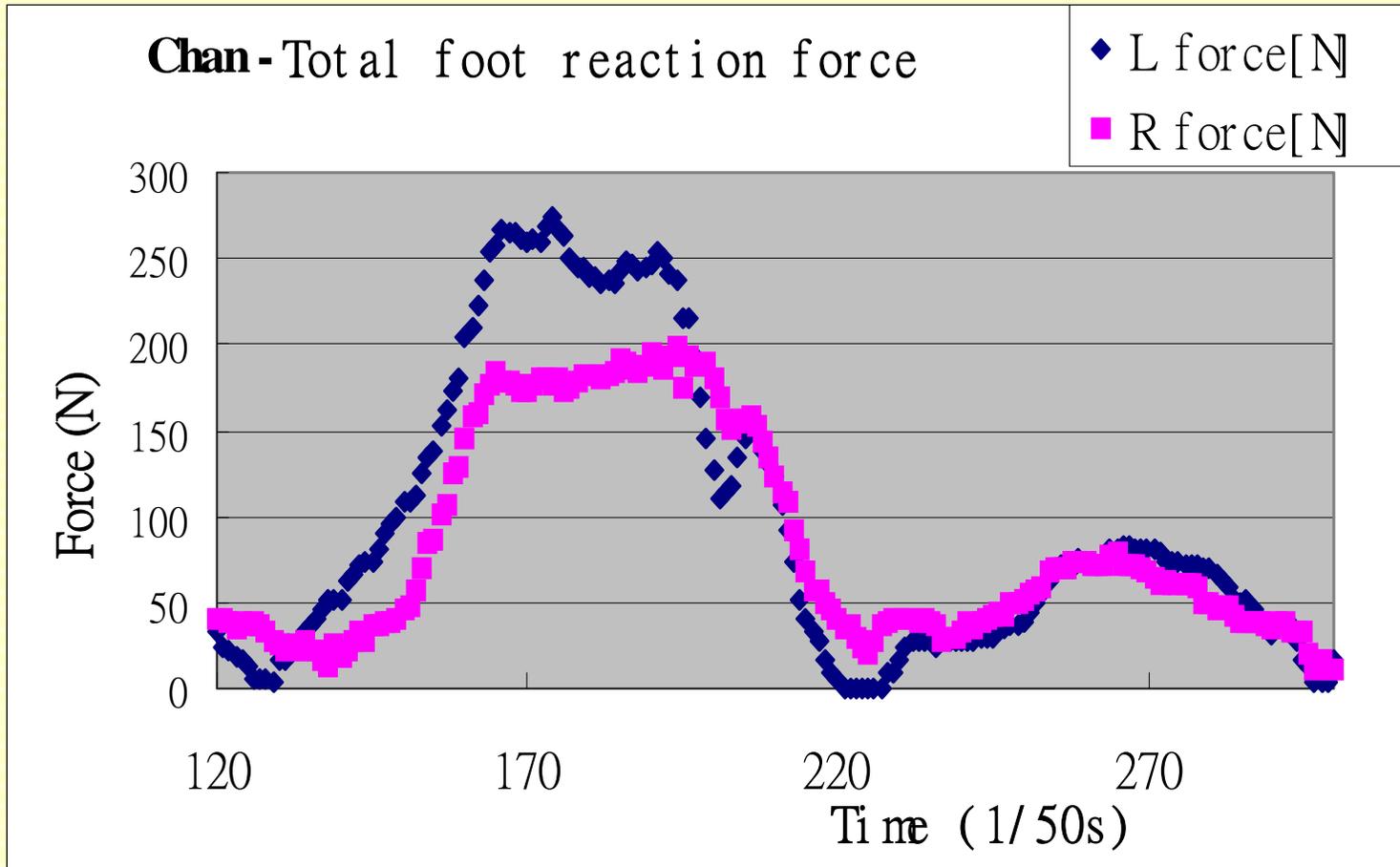


The peak of hip and knee is slightly apart.
The power is medium.

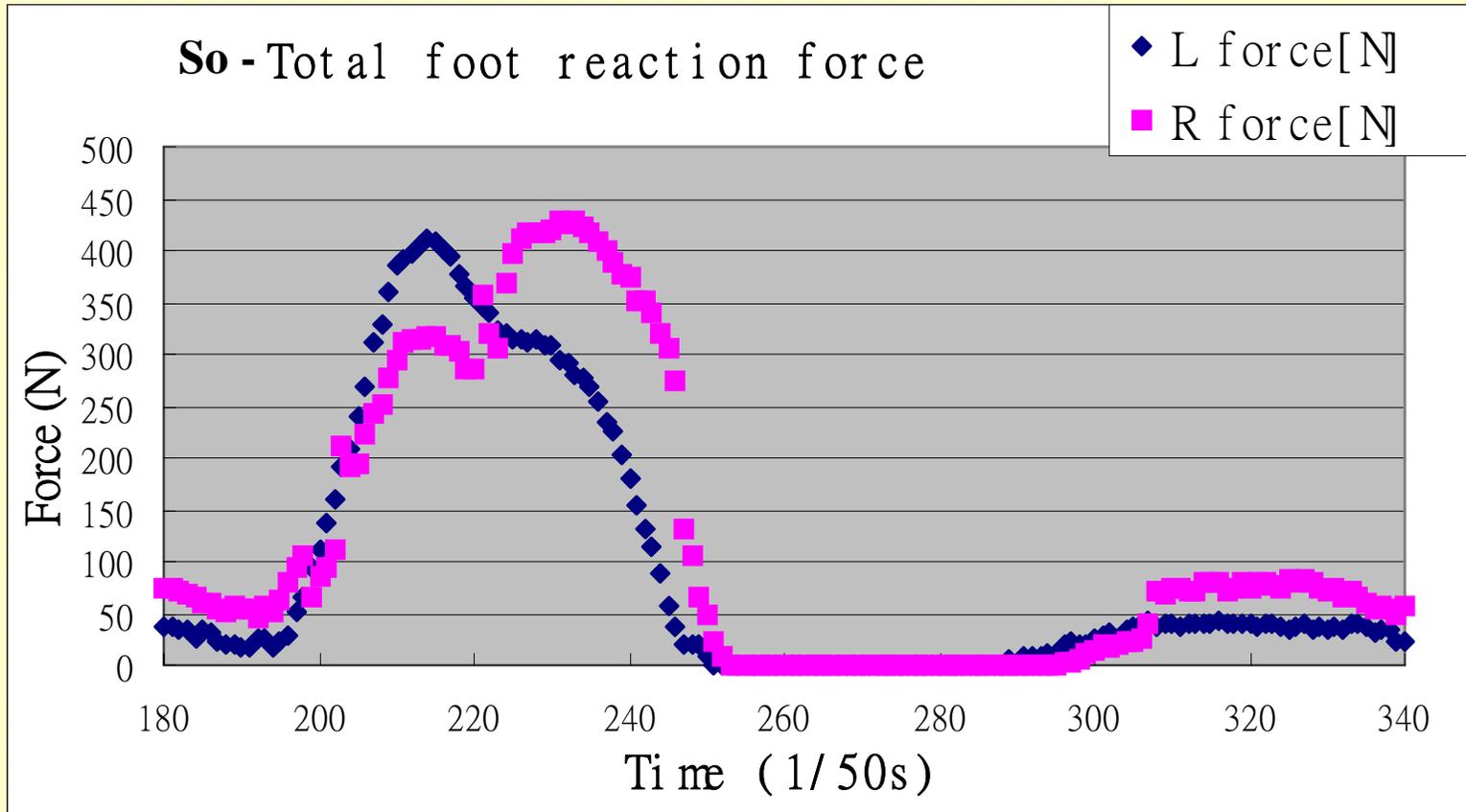


Great distance between peak of hip and knee.
The power is the smallest.

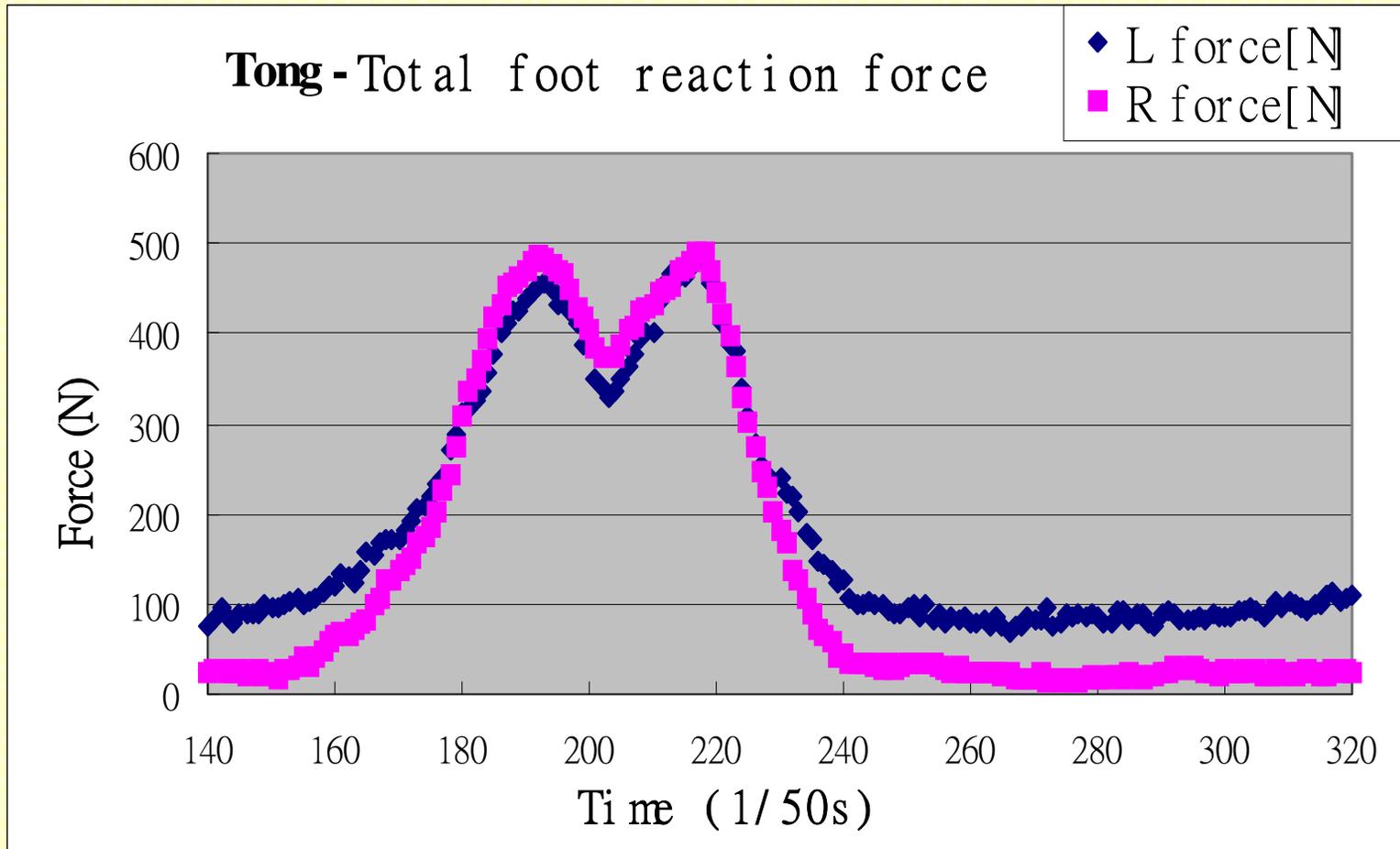
***Style of the Foot reaction**



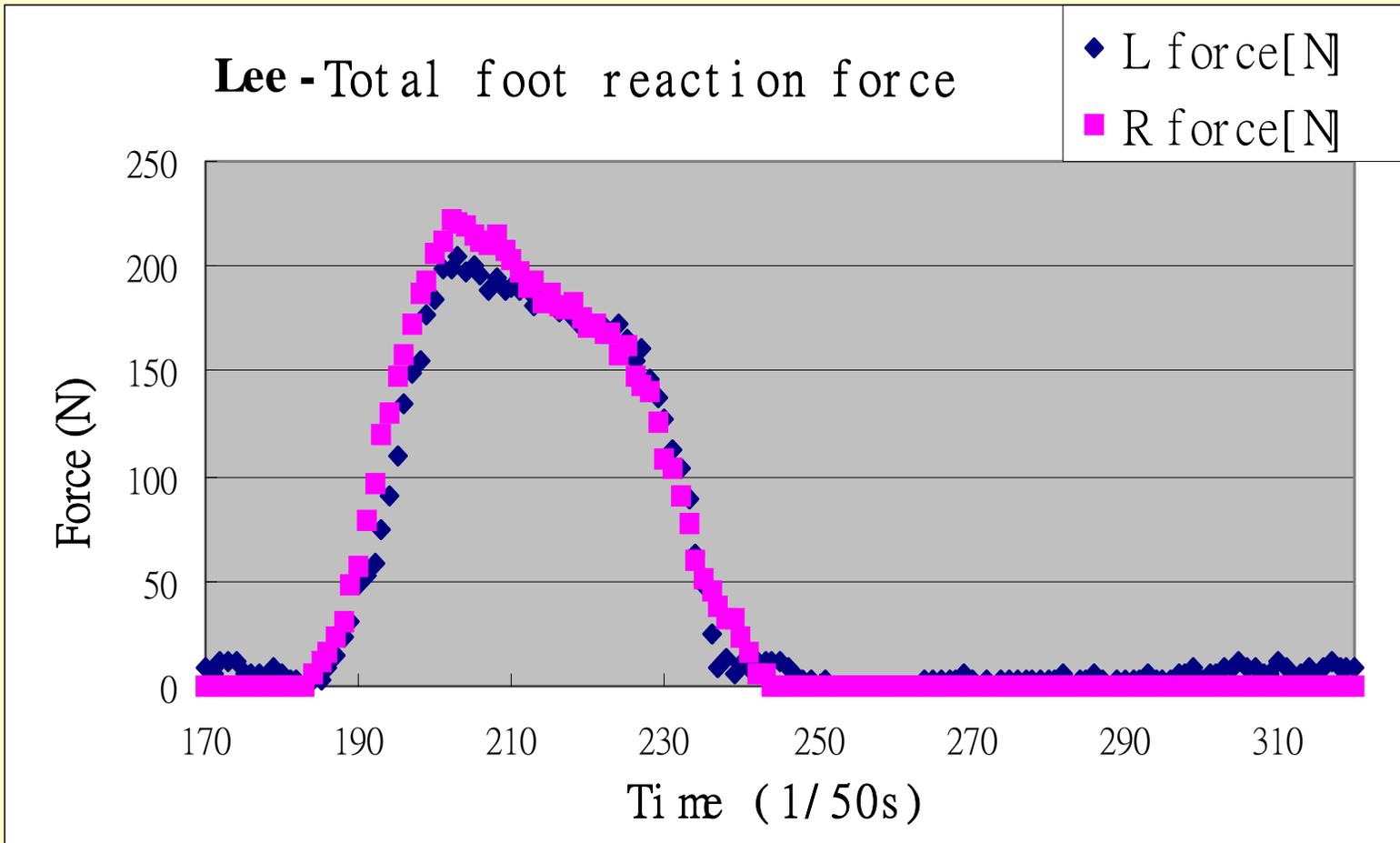
Single peak. Reaction force from L and R are almost the same in time but not magnitude.



Reaction force from L and R are almost the same in magnitude but not time.



Double peak. Reaction force from L and R are almost the same in magnitude and time.



Single peak. Reaction force from L and R are almost the same in magnitude and time.

4. Triathlon

- * Swimming(qualification)

- Cycling(cooperation)

- Running(decision)

- *Swimming and Running interaction

- *Cycling power control training

- *Smoothness of Pedaling

Asian Championship

Men elite	2000	2001	2002
Place	Running	Running	Running
1	31:44 (1)	35:32 (1)	32:41 (1)
2	32:15 (2)	36:21 (3)	32:58 (2)
3	33:21 (4)	35:55 (2)	33:51 (3)
4	33:48 (5)	37:01 (4)	34:13 (4)
5	33:10 (3)	37:04 (5)	34:32 (5)

Asian Championship

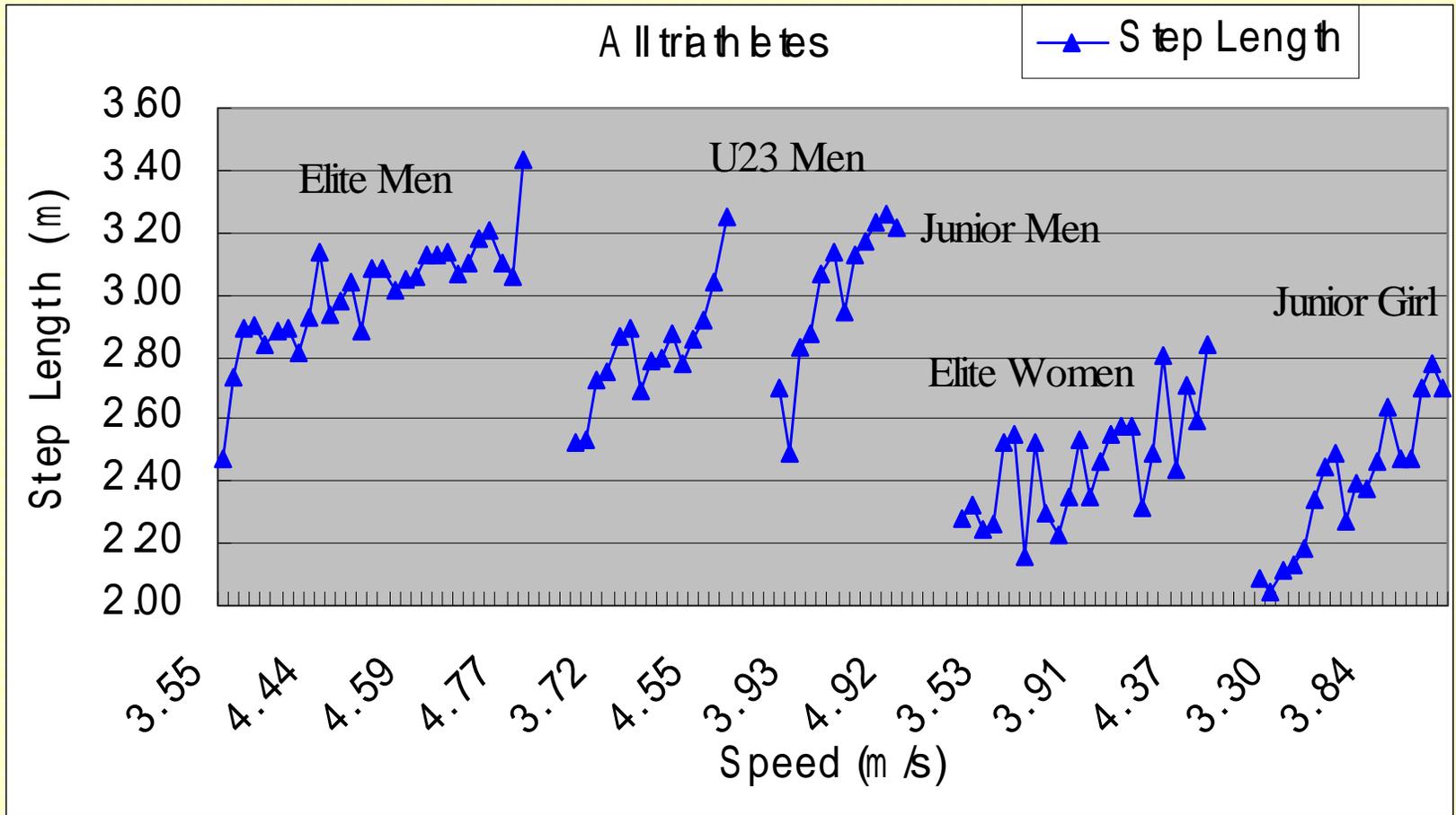
Women elite	2000	2001	2002
名次	跑步	跑步	跑步
1	36:02 (1)	40:31 (1)	38:32 (1)
2	36:24 (3)	41:12 (2)	39:35 (2)
3	38:05 (4)	42:04 (3)	40:38 (3)
4	38:05 (4)	43:29 (4)	41:22 (4)
5	36:08 (2)	43:43 (5)	42:14 (5)

World Championship 2004

Rank	No	Name	NA T	Swim + T1	Bike + T2	Run	Total	Diff.
1	8	Nathan RICHMOND	NZ L	(2) 19:52	(10) 1:03:29	(1) 33:13	1:56: 33	
2	2	Joe UMPHENOUR	US A	(4) 19:56	(8) 1:03:26	(2) 33:18	1:56: 40	+0:07
3	4	Victor PLATA	US A	(6) 20:01	(6) 1:03:21	(3) 33:28	1:56: 48	+0:16
4	15	David DELLOW	A US	(3) 19:54	(9) 1:03:27	(4) 33:42	1:57: 02	+0:29
5	6	Mark FRETТА	US A	(15) 20:19	(1) 1:03:07	(5) 33:46	1:57: 11	+0:38

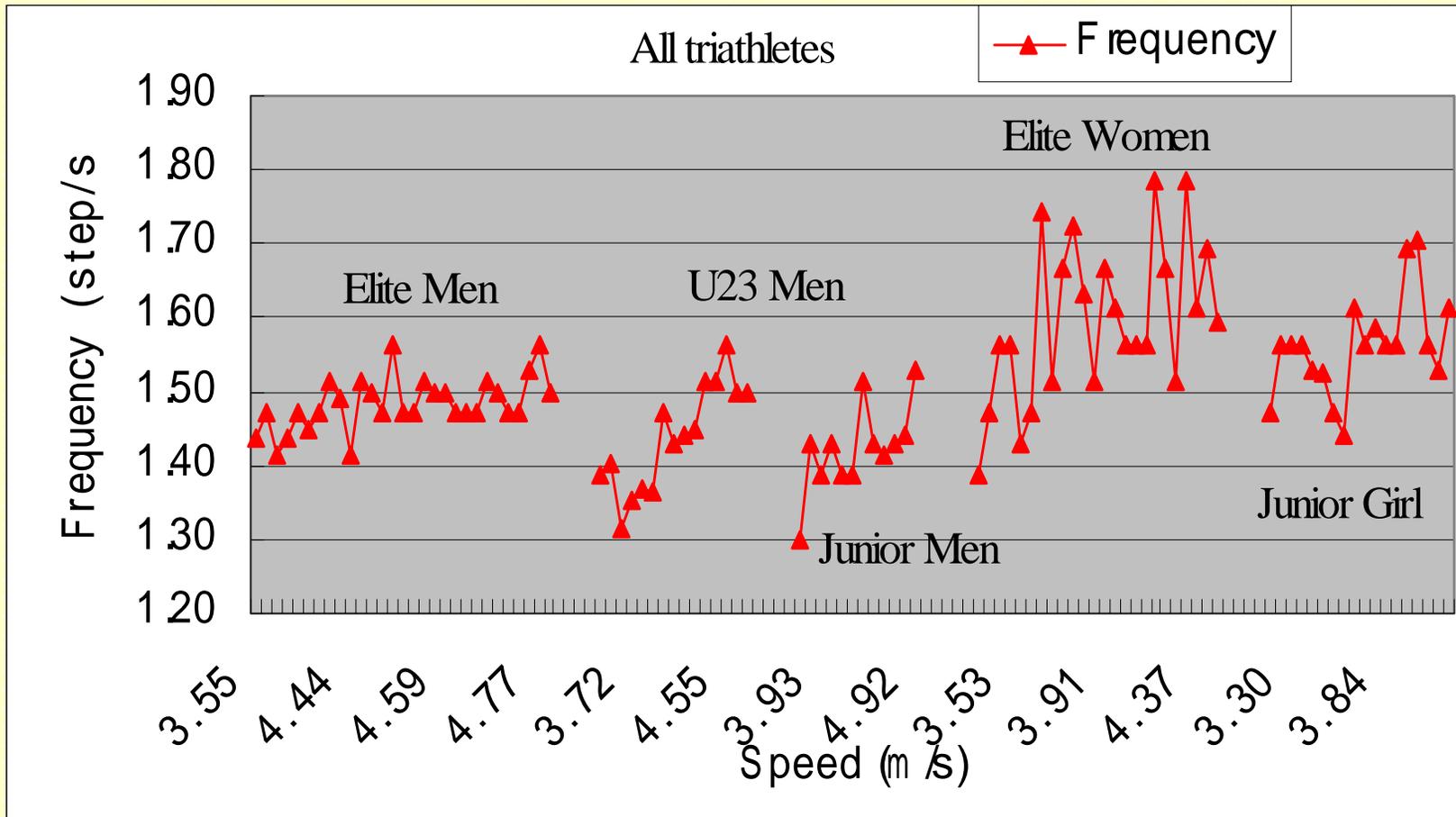
Running is so important in triathlon
Suggestion : training and talent

Running (step length)



Length was very important for the running speed.

Running (step frequency)



Frequency was not as important as length for running speed, Especially in elite group.

10km Running in Asian Championship 2003

Location	Name	Speed	Frequency	Step Length
1km	Sapunov	4.53	1.47	3.08
	Daniel	4.53	1.47	3.08
4km	Sapunov	4.74	1.53	3.10
	Daniel	4.77	1.56	3.05
6km	Sapunov	4.65	1.50	3.10
	Daniel	4.47	1.50	2.98
9km	Sapunov	4.56	1.52	3.01
	Daniel	4.27	1.52	2.82

Daniel reduced his step length in the second half of 10K running.
The running step length was more important than the step frequency.

Swimming (optimal skill)

Speed	Frequency	Length
1.15	0.50	2.30
1.20	0.53	2.26
1.55	0.69	2.25
1.58	0.73	2.16
1.64	0.78	2.10
1.68	0.81	2.07
1.71	0.89	1.92
1.83	0.94	1.95

Speed=F*L

In fact, the swimming speed can only be raised by increasing frequency and reducing length

Interaction in swimming and running

*Swimming:

Weak interaction between body and surroundings.

Frequency is more important.

*Running:

Strong interaction between body and surroundings.

Length is more important.

Cycling power control training

The power problem in the Asian Triathlon Championship
2004.

(May 2004 Philippines)

The average resistance and SD in different velodromes (N)

	Nanjing	ShenZhen (wood surface)	Kun Ming	HK	Qinghuangdao	Colorado	Cal i
leading	27.36 ± 2.92	25.24 ± 3.40	22.00 ± 3.52	29.74 ± 4.77	24.37 ± 1.61	22.28 ± 2.33	23.18 ± 2.63
drafting	19.48 ± 3.94	16.24 ± 2.17	16.16 ± 2.61	22.34 ± 2.96			

The drafting resistance in HK is same as leading resistance in Kun Ming.

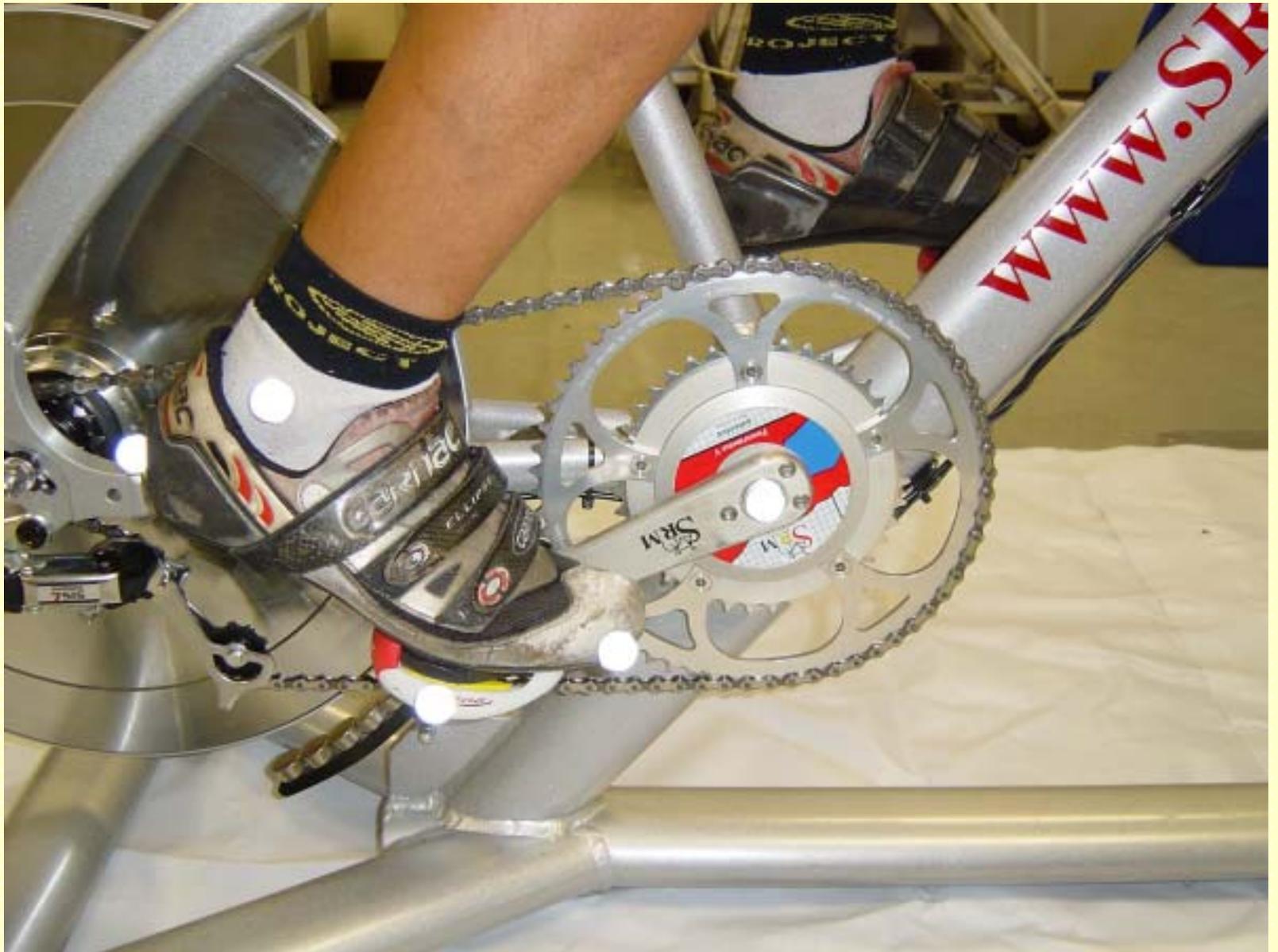
Comparing the power output from 2 X 10k training in Kun Ming and ShenZhen

Place	Velocity	Power output
Kun Ming	47.22km/h	222.0watts
Shen Zhen	47.98km/h	321.3watts

The power output in Kun Ming was 69.1% in ShenZhen's

Smoothness of Pedaling

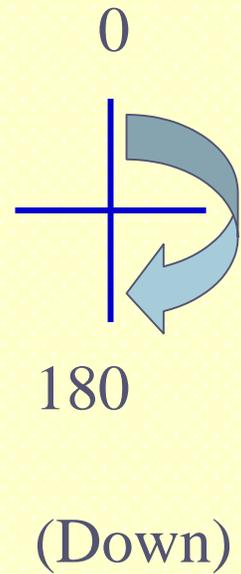
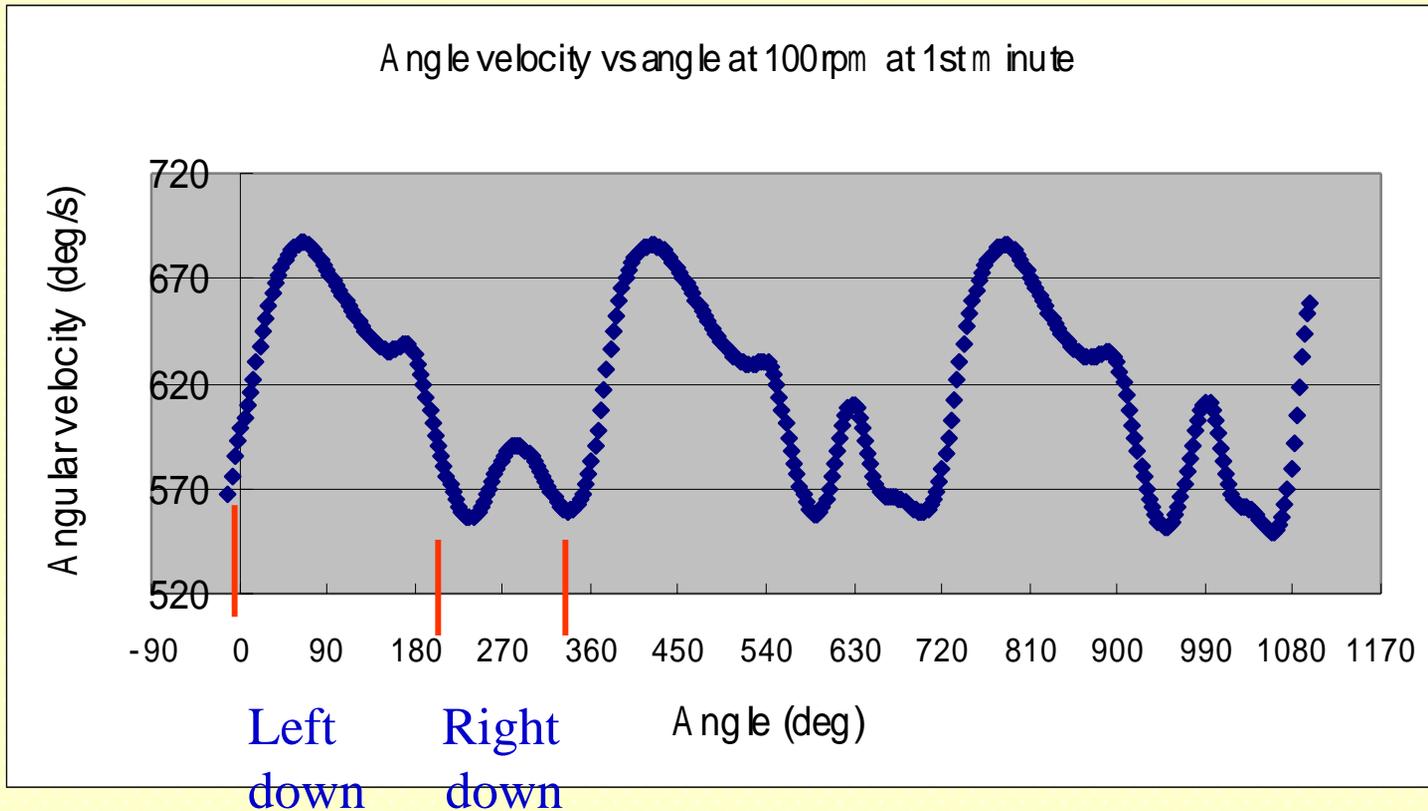




Results (frequency=100rpm)

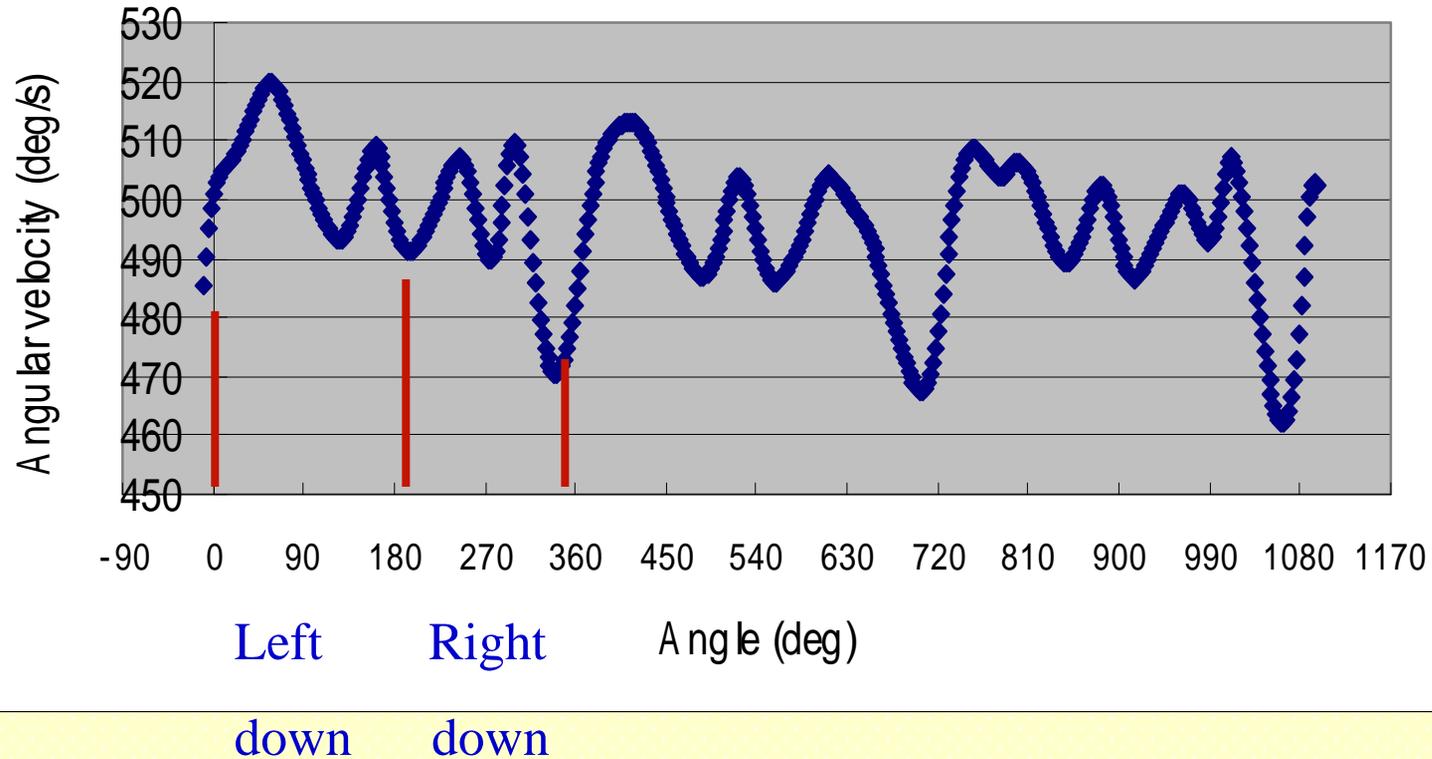
Subjects		A	B	C	D	E
1 st min	Max	646	601	673	620	687
	Min	587	544	521	545	549
	Ave	616	575	589	587	612
	SD	12.6	13.9	44.6	15.8	43.2
4 th min	Max	651	579	659	622	685
	Min	546	528	518	545	550
	Ave	587	559	591	588	611
	SD	22.3	15.1	38.6	16.8	43.3

The SD is smaller. The smoothness of pedaling is greater.



Left foot had greater power than right foot.

Angle velocity vs angle at 100rpm



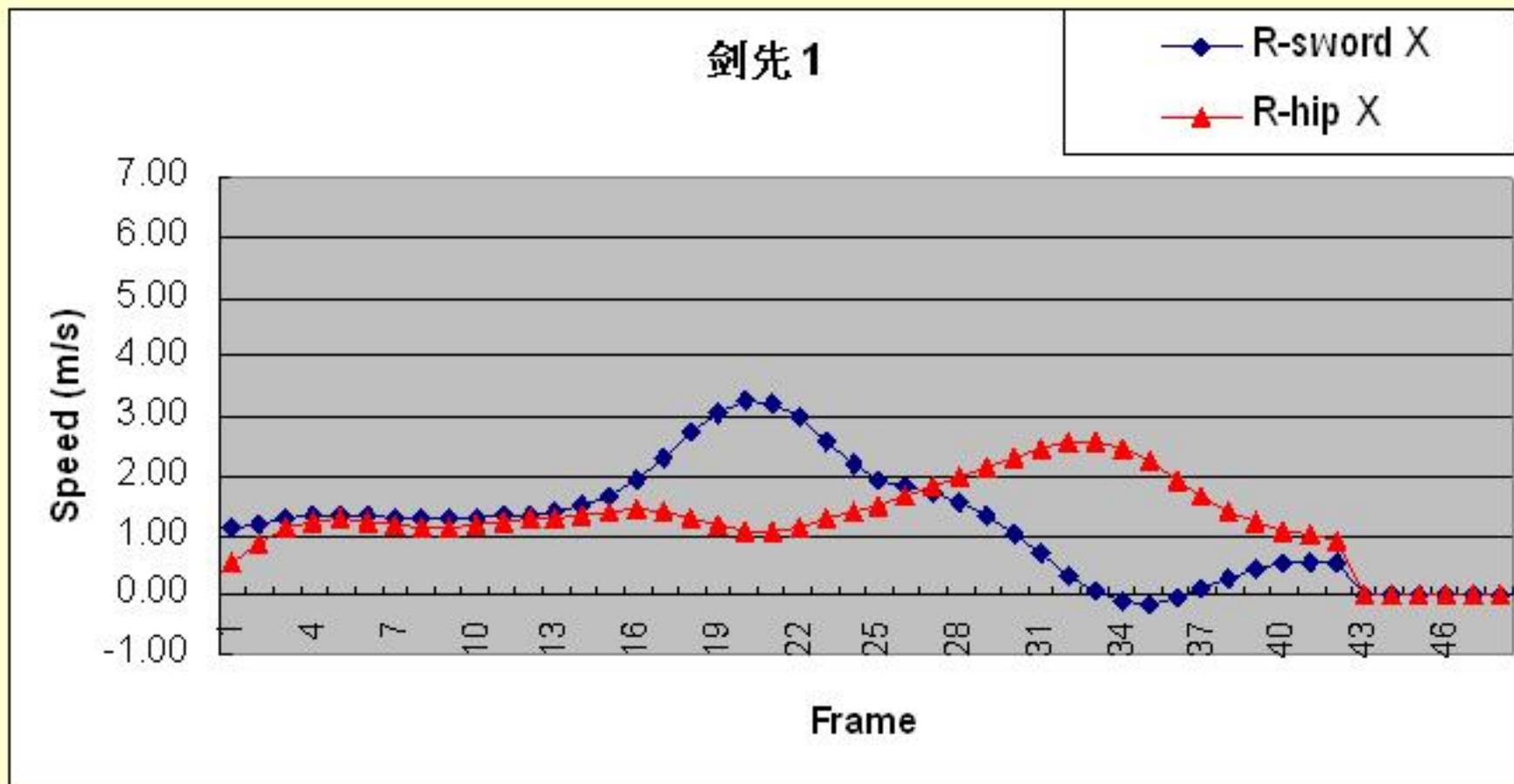
Balance between left and right.

5.击剑

*关于出手时机的讨论

*关于攻防反应时间的讨论

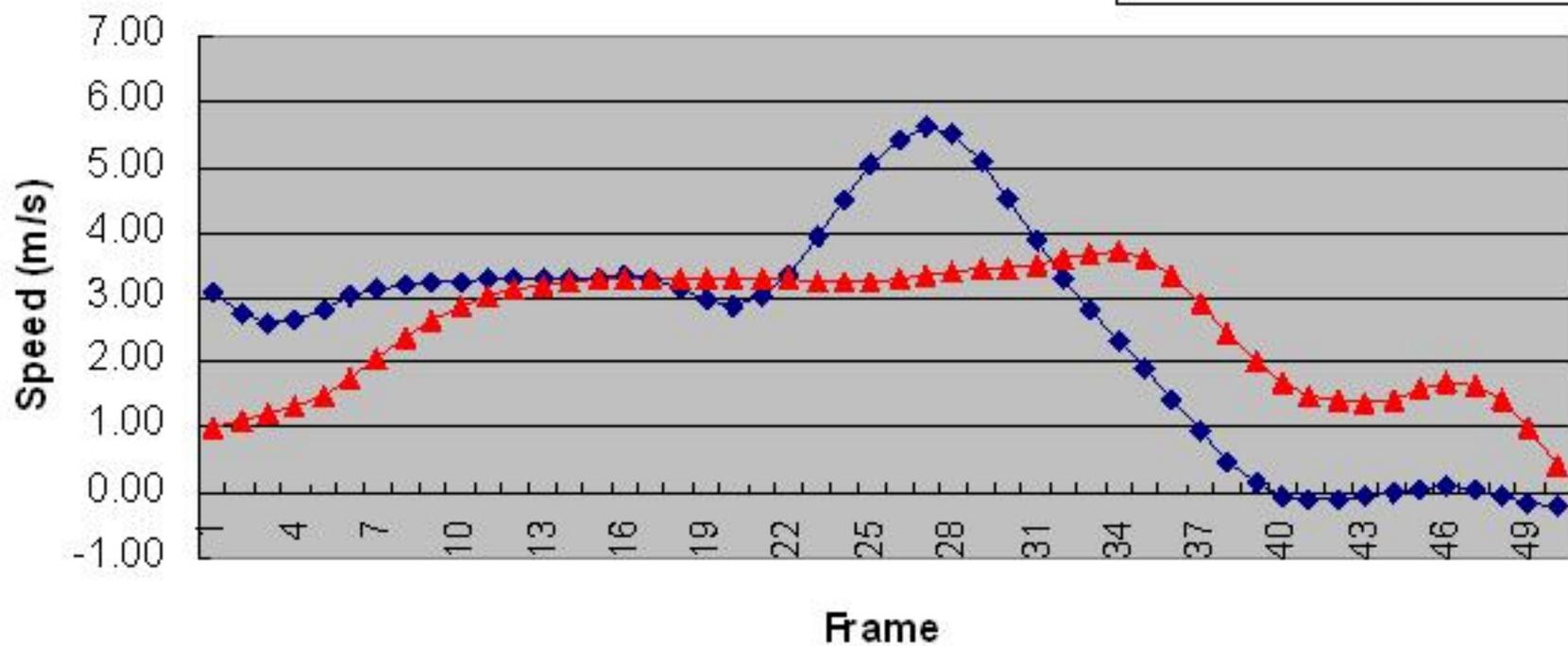
关于出手时机的讨论



同步 1

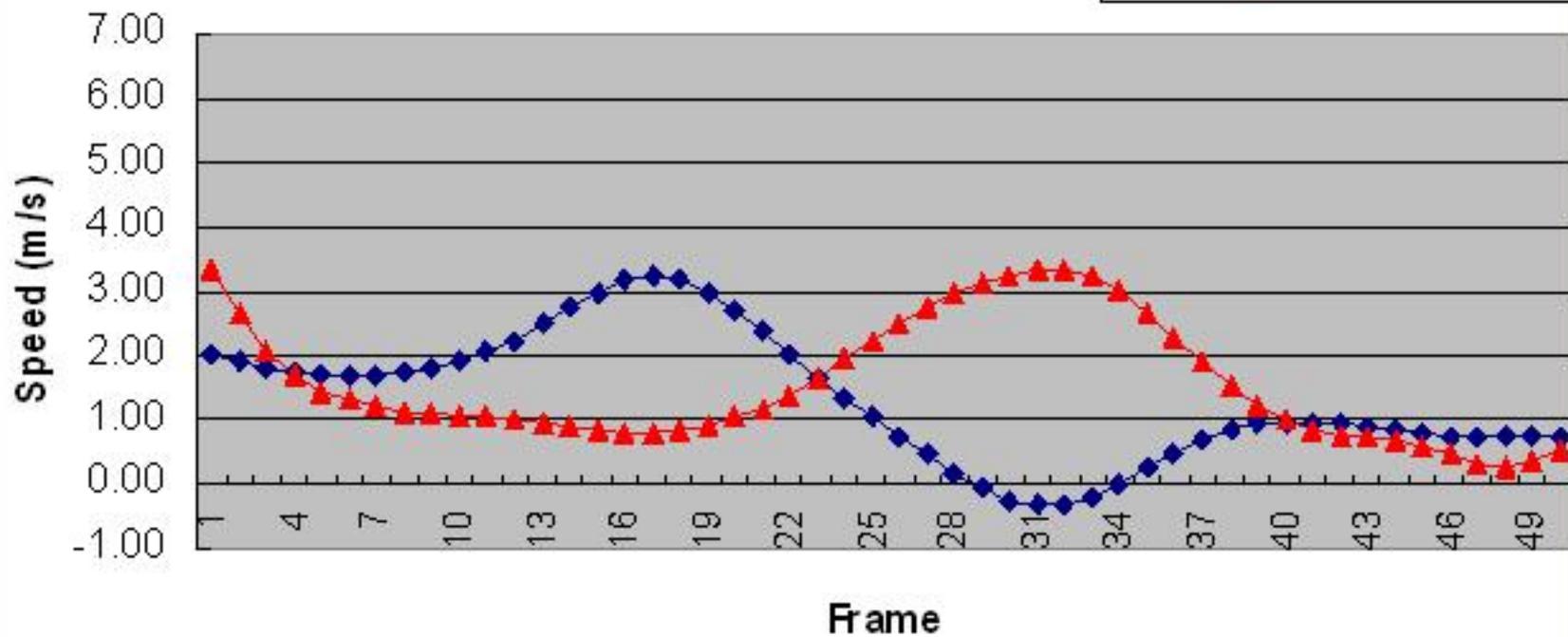
◆ R-sword X

▲ R-hip X



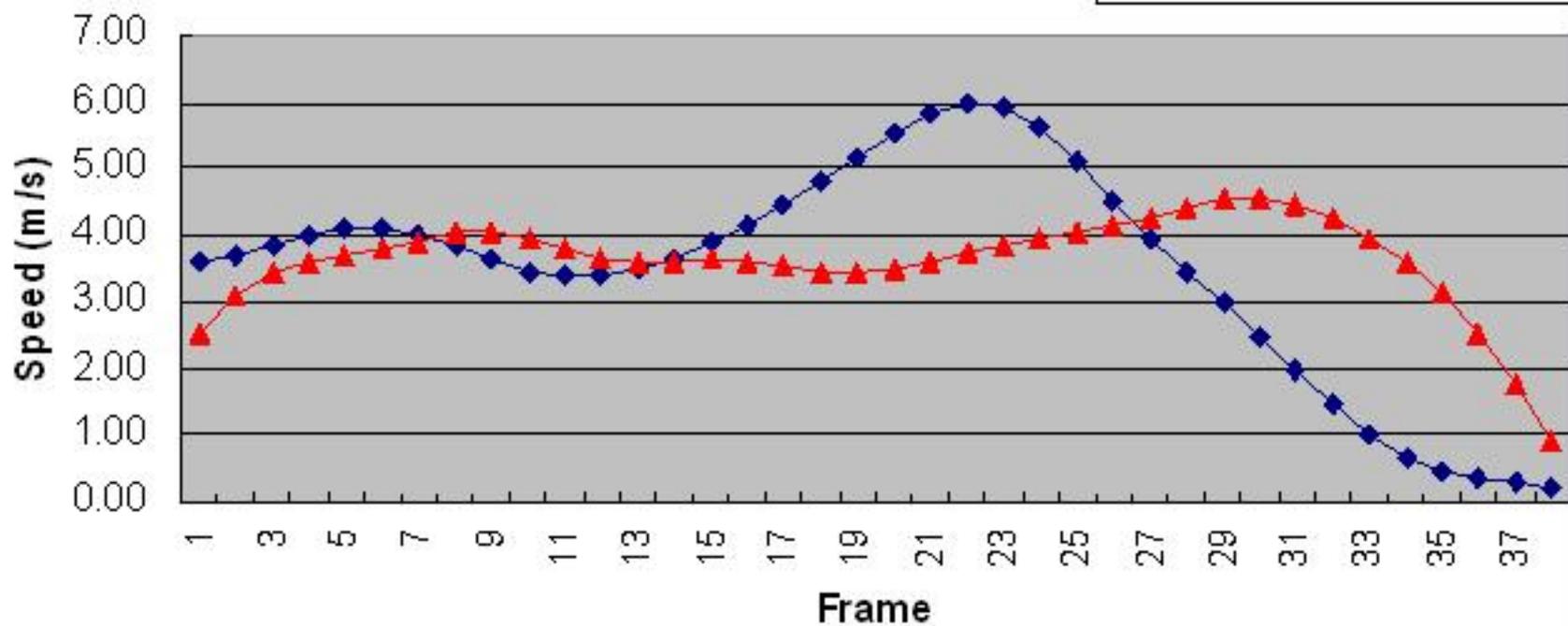
劍先2

- ◆ R-sword X
- ▲ R-hip X



同步2

- ◆ R-sword X
- ▲ R-hip X



4名佩剑运动员位移量测试数据

	髌部位移 (米)	步长 (米)	剑位移 (米)
剑先	0.78	1.54	0.78
同步	0.91	1.65	0.96

4名佩剑运动员速度量测试数据

	髌部速度 (米/秒)	脚尖速度 (米/秒)	剑速度 (米/秒)
剑先	3.29	6.80	4.12
同步	3.84	8.53	5.15

(1)在剑先动作技术中，全部运动员的剑位移小于同步动作的剑位移。

(2)在剑先动作技术中，全部运动员的剑速度都小于同步动作的剑速度。

形象的说剑先技术是“吃力不讨好”的技术。

2003 Asian Champ 香港一运动员比赛进攻数据

进攻类型	结果	数量
进攻得分		15
进攻失分	我方先击中对方，但裁判判对方得分	5
	双方同时进攻，被对方先击中	7
进攻不成功	我方先进攻，但是双方不得分，对方防守成功	7

关于攻防反应时间的讨论

对一场比赛中28次防守反应时的结果统计

防守反应时间	<0.3''	0.3''-0.4''	0.4''-0.5''	>0.5''
防守次数	12	8	5	3
防守失败	0	5	4	3
失败百分比	0%	62.5%	80%	100%

0.3秒是防守的安全阈值。

6.太极拳步态虚实状态及转换 的动力学描述



3. 数据采集

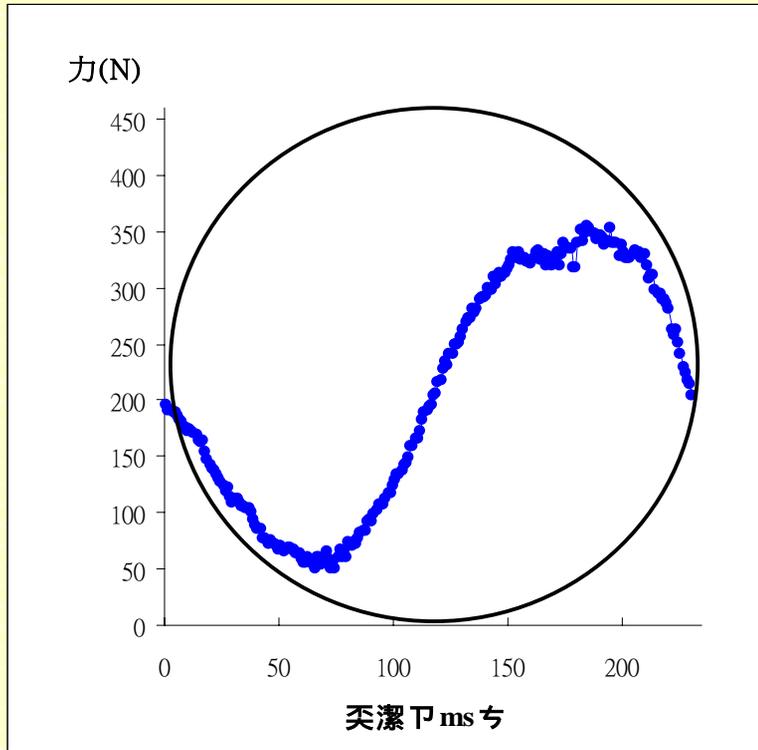
让受试者2脚穿戴脚底压力测量仪，在符比赛要求的场地上按照正常比赛的要求做42式太极拳的全套动作，脚底压力测量仪记录运动员在42式太极拳过程中左右脚的压力变化数据。



结果和讨论

1. 虚实步态左右脚压力变化隐含的太极图象

图（1）脚底压力太极图



太极理论认为一阴一阳为之道。
道，即是真理，是规律，是事物运动的基本方式。
虚为阴，实为阳，虚实变换是太极拳运行的基本方式。
而虚实变换质量的好坏可以由虚实变换的过程是否平滑，对称来判断。

本研究认为生物力学的数据可以准确反映太极理论之道。

图（2）双脚压力曲线及平滑后理想曲线

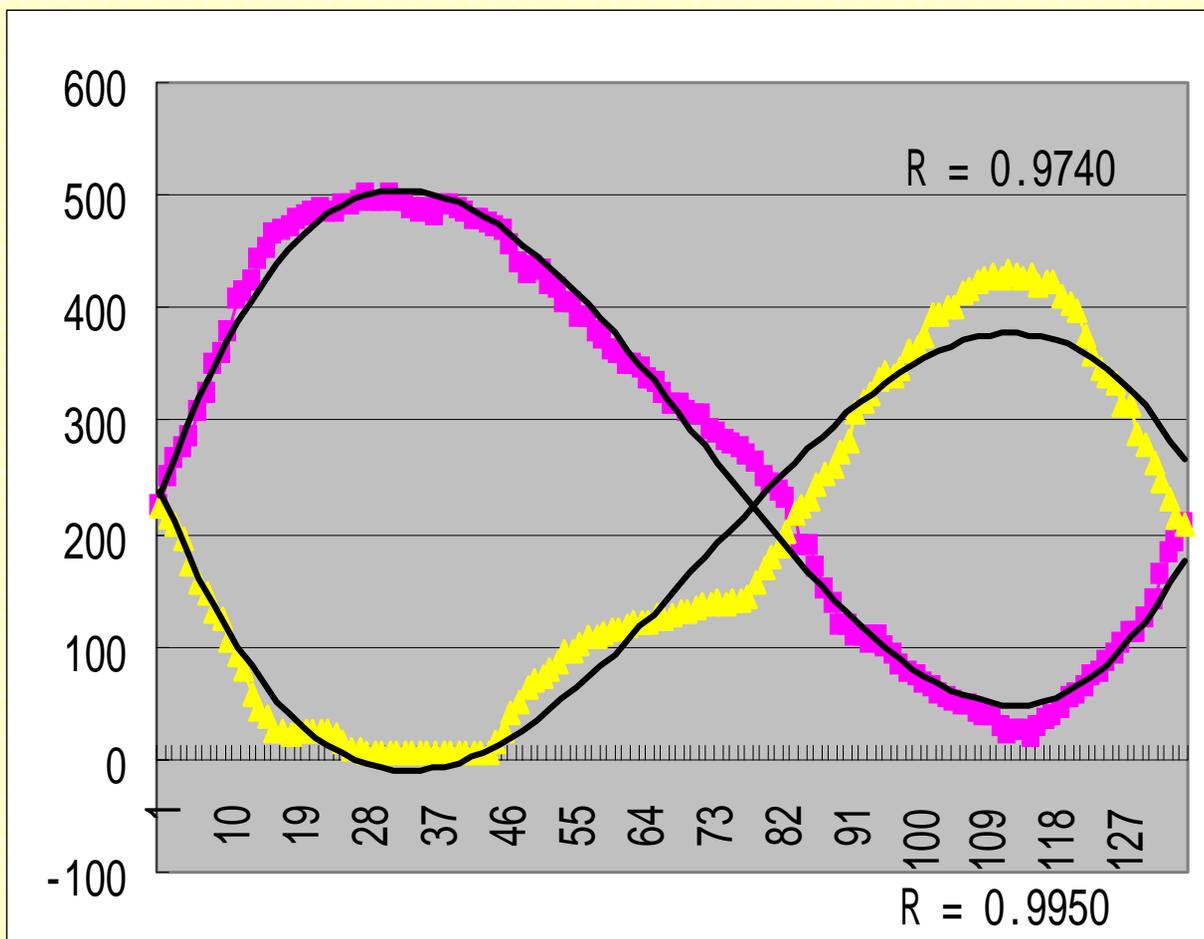
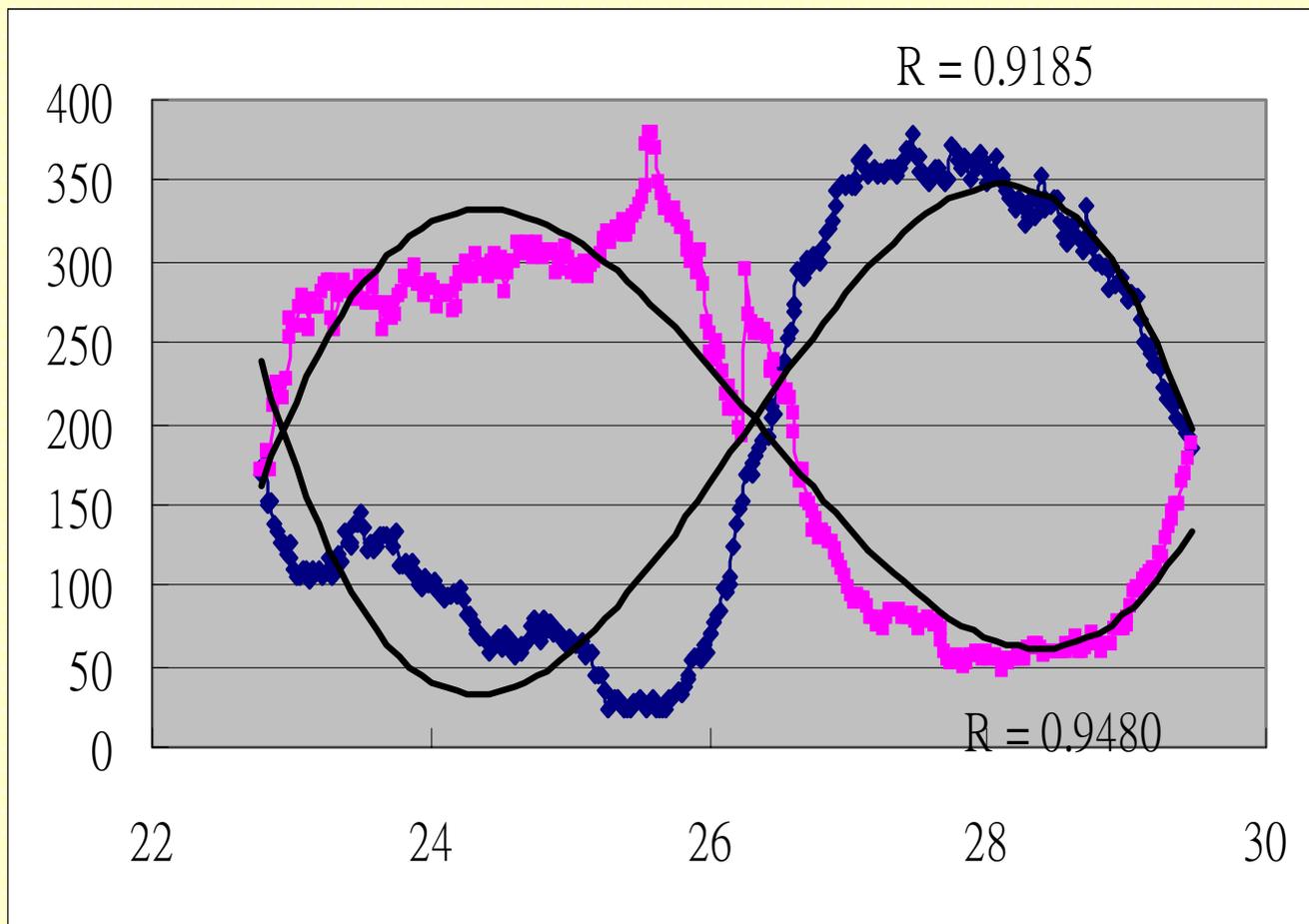


图 (3) 双脚压力曲线及平滑后理想曲线



2. 对压力太极图象圆滑度系数的计算

表1 左右脚压力曲线的平滑性系数

	专业A		专业B		业余A		业余B	
	左脚	右脚	左脚	右脚	左脚	右脚	左脚	右脚
	0.971	0.950	0.948	0.938	0.935	0.954	0.741	0.844
	0.986	0.944	0.967	0.969	0.935	0.954	0.899	0.947
	0.970	0.977	0.953	0.915	0.547	0.874	0.953	0.811
	0.968	0.940	0.855	0.983	0.861	0.912	0.771	0.776
	0.968	0.964	0.957	0.947	0.922	0.857	0.947	0.864
	0.961	0.931	0.865	0.933	0.825	0.842	0.914	0.909
	0.955	0.976	0.986	0.990	0.936	0.982	0.943	0.895
	0.933	0.945	0.908	0.985	0.966	0.857	0.936	0.829
平均值	0.964	0.953	0.930	0.957	0.866	0.904	0.888	0.859
标准差	0.014	0.016	0.048	0.030	0.137	0.054	0.078	0.052

专业组和业余组的平滑系数之间有显著性差异
P<0.001

圆滑系数实际上是对实际曲线与理想曲线之间的差异程度的度量，当实际曲线与理想曲线吻合的程度越高时，其圆滑系数越大，理论上，当两条曲线完全重合时，圆滑系数等于1。而实际曲线偏离理想曲线越远时，其圆滑系数就越小。这样，圆滑系数就可以作为判断左右脚虚实步态变化是否平稳，圆润，连贯，协调的标准。

数据表明，专业和业余受试者压力太极图圆滑度存在显著性差异（ $P < 0.001$ ）。专业受试者的左右脚圆滑度系数都大于业余受试者。说明专业受试者的动作质量明显好过业余受试者。事实上，专业受试者练习太极拳时间较长，而且是世界极选手，对太极哲理的理解应该更深刻，对太极拳的基本技术的掌握也更加成熟。表现在虚实步态的变化也更加圆阔，平滑。而业余受试者接受训练时间都少于专业受试者，其表现不如专业受试者也属正常，本研究的数据准确地反映了这样的差异。



你看我们是在哭还是在笑？

7. 乒乓球

包括发球，接发球，抢先挑拉，多板对抗等技术的统计。

男子双打发球/接发球技术统计（第1-2板）

运 动 员	第 1 局 (负)		第2局 (负)		第3局 (胜)		第4局 (胜)		第5局 (负)		第 6 局 (胜)		第 7 局 (胜)	
	发球	接发球	发球	接发球	发球	接发球	发球	接发球	发球	接发球	发球	接发球	发球	接发球
香港A														
香港B		1		1										
香 港 队	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中国A		1	1			2		1	1	2		2		
中国B	1					2						1		
中 国 队	1	1	1	0	0	4	0	1	1	2	0	3	0	0
小计	香港队发失0个，接失2个，中国队发失3个，接失11个。													

男子双打摆短与接摆短技术统计（第2-3板）

运 动 员	第 1 局 (负)		第2局 (负)		第3局 (胜)		第4局 (胜)		第5局 (负)		第 6 局 (胜)		第 7 局 (胜)	
	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台	出 台	不 出 台
香港A	2	1		4	1	4	1	1		2		3		4
香港B		3	1	2	2	5		4		4		2		5
香 港 队	2	4	1	6	3	9	1	5	0	6	0	5	0	9
中国A	1	1	3	2	3	2	2	3	1		1	1	1	1
中国B	2	1	1	1	1	4	1	3		2	3		2	2
中 国 队	3	2	4	3	4	6	3	6	1	2	4	1	3	3
小计	香港队回摆出台7个，不出台44个。中国队回摆出台22个，不出台23个。													

男子双打第3板抢拉挑技术

运动员	第 1 局 (负)	第2局 (负)	第3局 (胜)	第4局 (胜)	第5局 (负)	第 6 局 (胜)	第 7 局 (胜)
香港A	4	4 (-1)	5 (-1)	4 (-1)	3 (-2)	2 (-1)	4 (-2)
香港B	2 (-2)	2 (-1)	3	3 (-1)	1	3 (-1)	2
香港队	6 (-2)	6 (-2)	8 (-1)	7 (-2)	4 (-2)	5 (-2)	6 (-2)
中国A	3 (-1)	2	5 (-2)	1	2 (-1)	2 (-1)	2 (-2)
中国B	2 (-1)	2	7 (-1)	4 (-2)	5	2	4
中国队	5 (-2)	4	12 (-3)	5 (-2)	7 (-1)	4 (-1)	6 (-2)
小计	香港队第3板抢拉挑42次，失误13次，成功29次。 中国队第3板抢拉挑43次，失误11次，成功32次。						

香港队多板球胜负统计

板数	第 1 局 (负)		第2局 (负)		第3局 (胜)		第4局 (胜)		第5局 (负)		第 6 局 (胜)		第 7 局 (胜)	
	胜	负	胜	负	胜	负	胜	负	胜	负	胜	负	胜	负
4			3	1	3	4	4	2	1	4	2	1	2	1
5		4		2	2	2	1	2			1		4	2
6		3	1	3	1	2			1	2	2		1	1
7						1					1			
8						2				1	1		1	
9			1				1							
10					1	1								
12										1				
小计	0	7	4	6	7	12	6	4	2	8	7	1	8	4
总计	香港队多板总胜球数34个，总负球数42个。													

男双技术总结

- 香港队发球接发球失误数低于中国队
- 香港队10个接发球抢挑全部成功，中国队17个接发球抢挑成功12个，失误5个。
- 香港队在第3板的接摆短抢拉挑技术稍差于中国队。
- 香港队在多球相持对抗中占下风。

女子双打香港队对中国队：

局数	前半场	后半场	全场
1	5 : 3	3 : 9	8 : 11 (负)
2	7 : 2	3 : 10	10 : 12 (负)
3	6 : 4	2 : 7	8 : 11 (负)

女子双打香港队对中国队：

局数	前半场	后半场	全场
4	6 : 1	5 : 7	11 : 8 (胜)
5	交替	交替	13 : 11 (胜)
6	7 : 1	4 : 7	11 : 8 (胜)
7	1 : 5	0 : 6	1 : 11 (负)

7局中有5局是在前半场领先。

运动员	主动得分	主动丢分
桑亚婵	6分	26分
帖雅娜	14分	22分
牛剑峰	9分	22分
郭跃	15分	20分

香港队主动得分**20分**，被动得分（对方打丢）**42分**，共得分**62分**。

中国队主动得分**24分**，被动得分（香港队打丢）**48分**，共得分**72分**。

女双技术总结

结果显示双方被动性得分是主动性得分的一倍以上，它说明虽然主动性得分是运动员实力的体现，但是在实战比赛中，被动性得分往往扮演着更加重要的角色，而被动性得分的基础就是对抗中的稳定性，以稳定性将失误的机会推向对方。谁的稳定性好，谁就有可能在被动性得分中占有更大的比例，那实际上就是把握了胜利的钥匙。

困境和挑战

Challenge

*提出更多问题：希望各位教练从自己的专项技术角度提出我们可以帮助解决的问题。

The biomechanics service is specific. Coaches are encouraged to raise questions from your events.

*运动员最真实的技术特征是比赛状态下反映出来的。

The technique of the athletes could be reflected by the data collected from the competition.

*信息反馈的时间性：即刻反馈和长时间反馈

Instant feedback and “chronic” feedback.

*对反馈信息的理解：教练和运动员

The understanding of data.

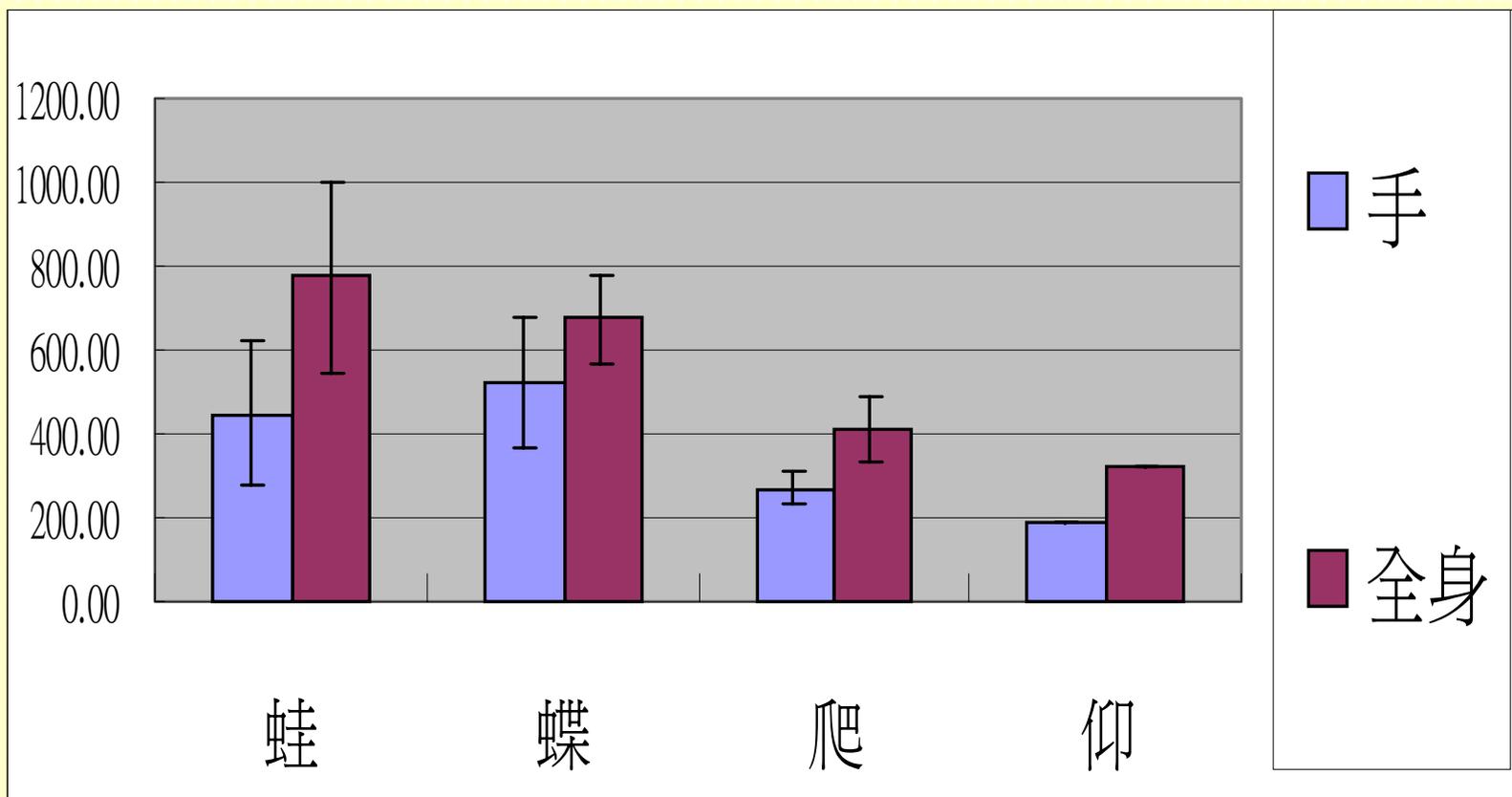
谢谢及提问

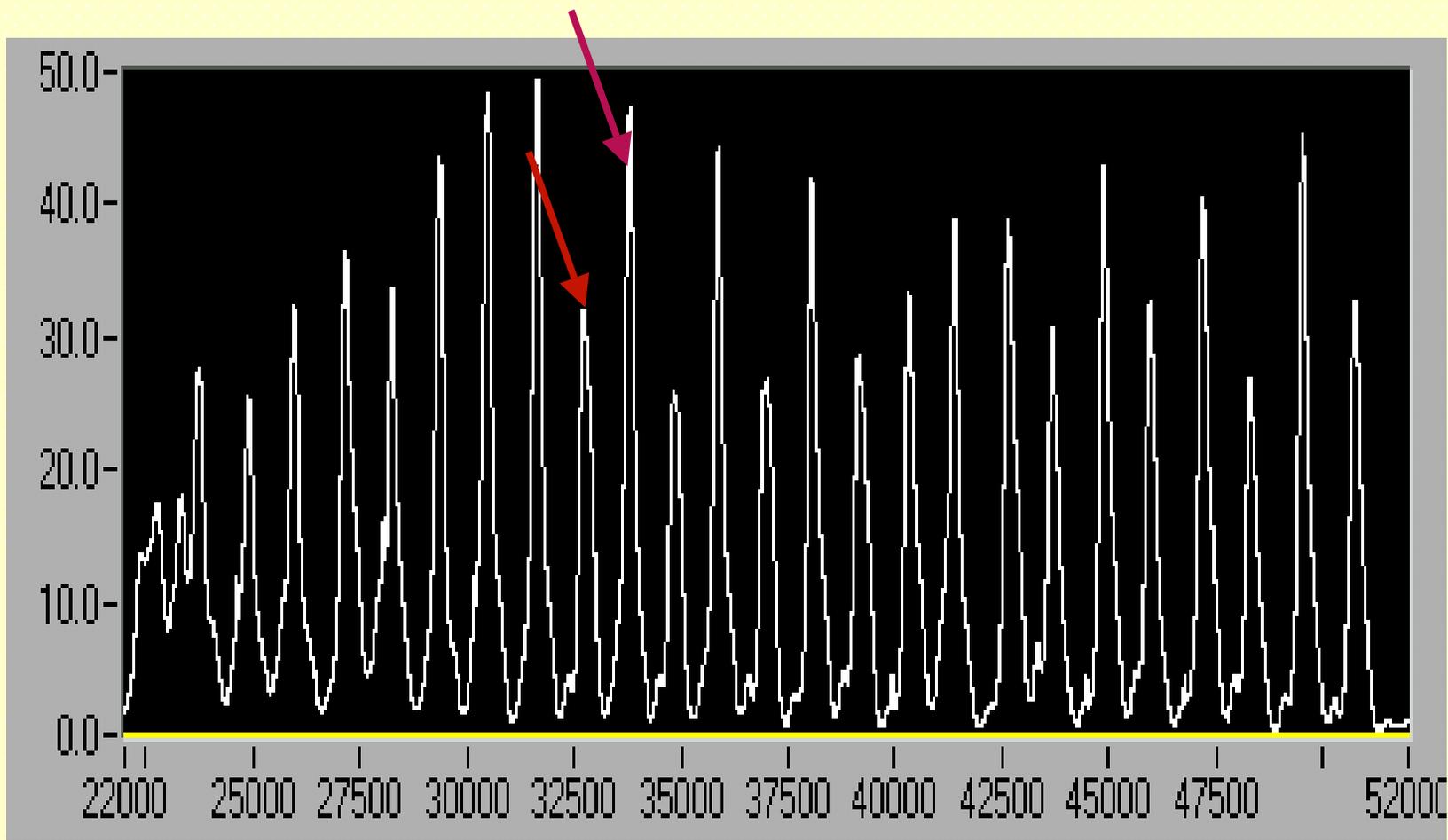
Thank you and Questions

游泳运动员水中动力学 测试的研究









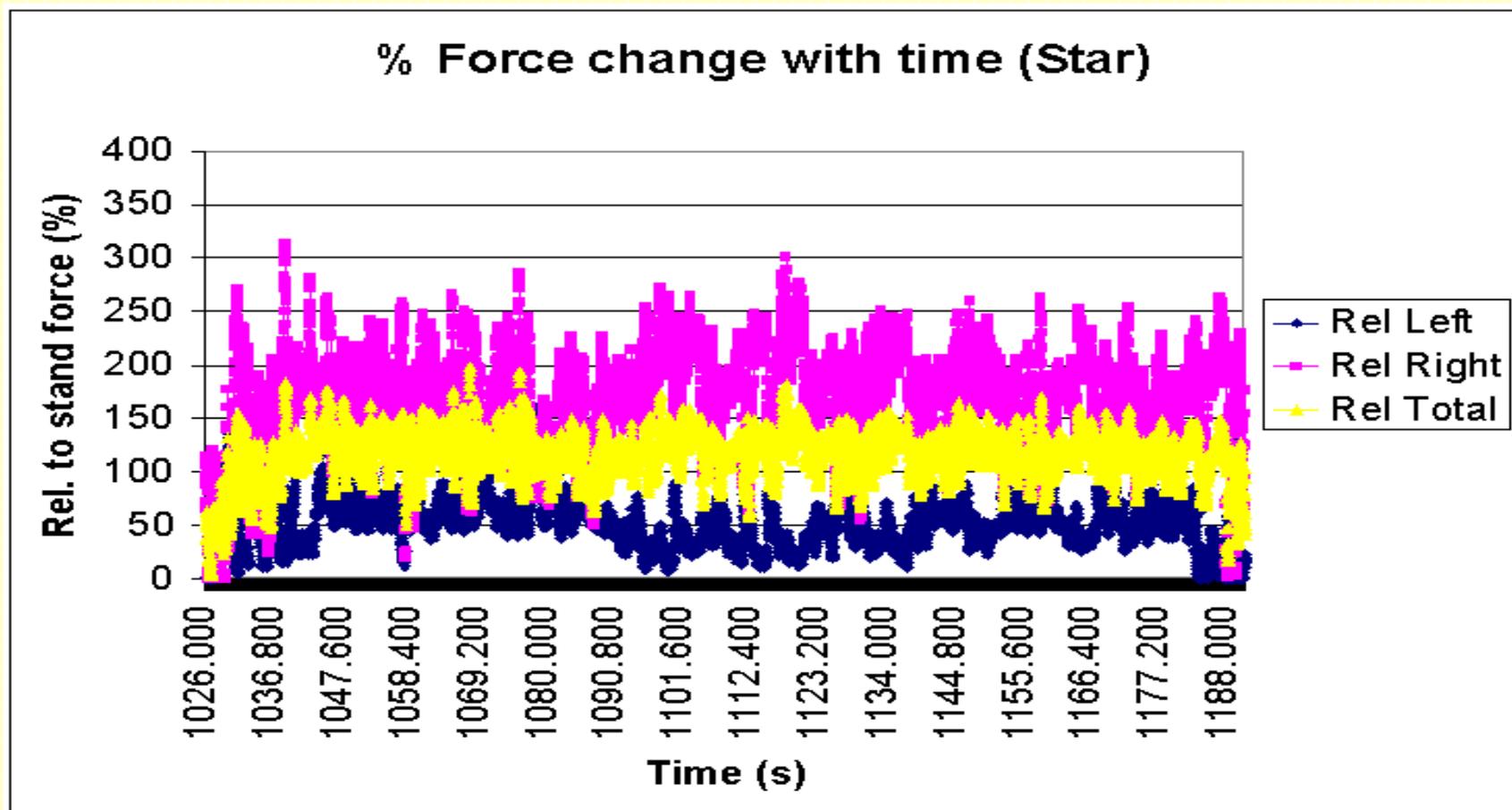
在爬泳和仰泳运动员的动作力曲线中发现了左右手力量明显不对称的现象，这是教练员在正常训练条件下很难发现的问题，本研究对解决这方面的问题提供了可能性。

羽毛球

包括扣杀，后场吊网前，网前吊网前，网前勾对角，网前回后场等技术的统计。

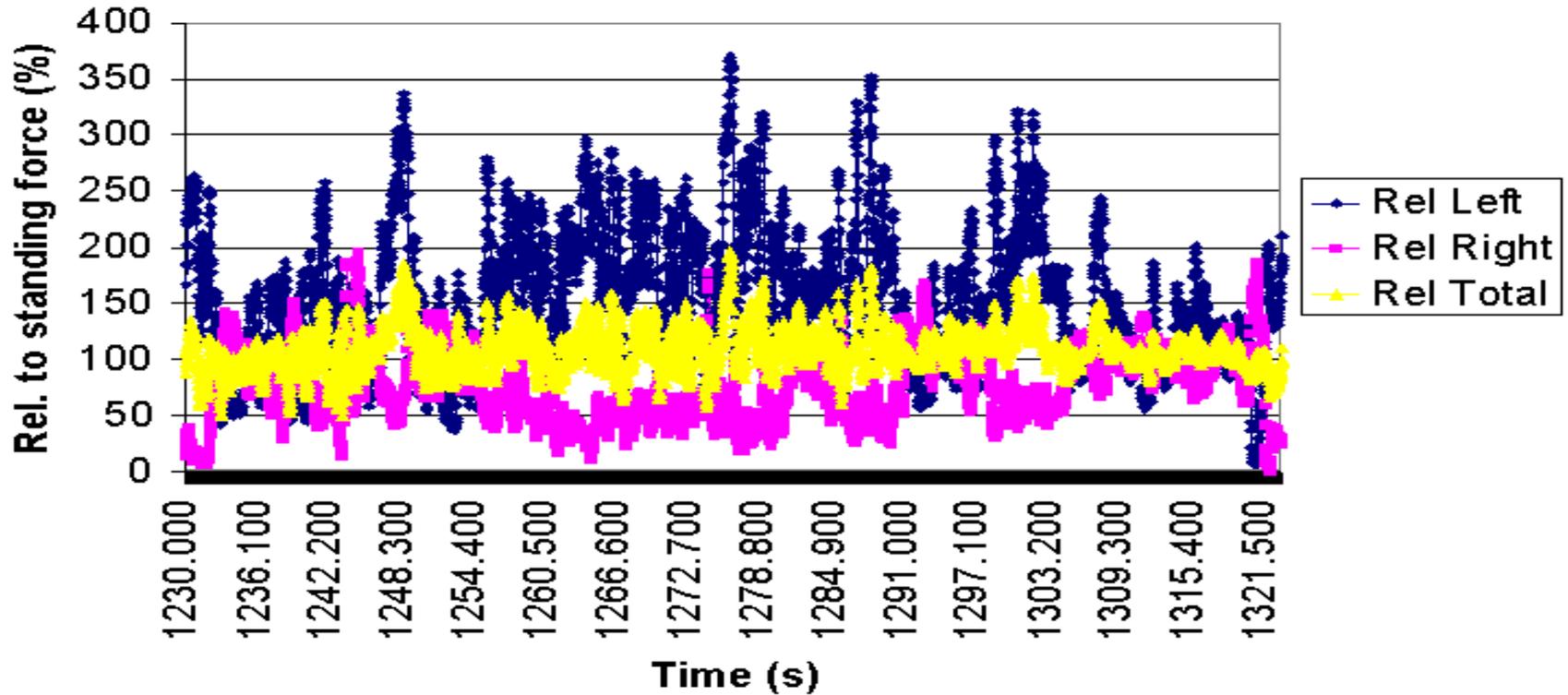
4 Windsurfing





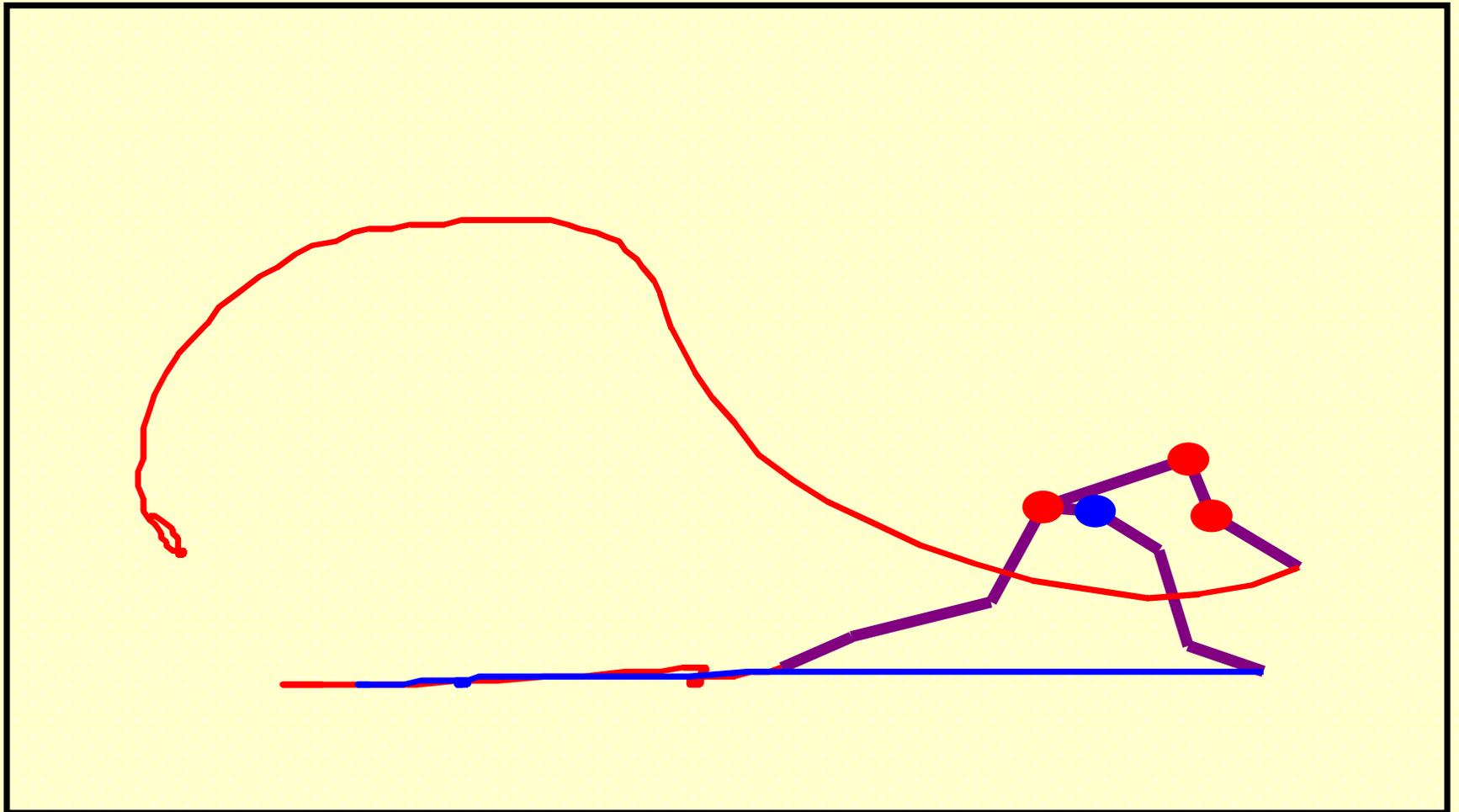
Star Board Tack (右舷受風)

% Force change with time (Port)



Port Tack (左舷受風)

Tenpin Bowling



Tennis

