

世居高原中长距离自行车运动员赛前心率变异性变化特征分析

张宝才

云南省呈贡体育训练基地 云南 昆明 650500

摘要: 本研究旨在深入探讨世居高原中长距离自行车运动员在赛前不同阶段心率变异性 (HRV) 的变化特征。通过对一定数量的世居高原中长距离自行车运动员进行长期跟踪监测, 采集其在赛前不同时间节点 (如赛前1个月、赛前1周、赛前1天等) 的HRV数据, 运用时域分析、频域分析等方法对数据进行分析处理。结果表明, 世居高原中长距离自行车运动员赛前HRV呈现出特定的变化规律, 不同时间节点的HRV指标存在显著差异, 且这些变化与运动员的赛前心理状态、身体机能状态以及运动表现之间存在密切关联。

关键词: 世居高原; 中长距离自行车运动员; 赛前; 心率变异性

1 引言

中长距离自行车运动是一项对运动员的身体机能、心理素质和运动技能要求极高的竞技体育项目。在比赛过程中, 运动员需要长时间保持高强度的运动状态, 这对运动员的心血管系统、呼吸系统以及能量代谢系统等提出了严峻的挑战。心率变异性 (HeartRateVariability, HRV) 作为反映自主神经系统对心脏调节功能的重要指标, 能够敏感地反映运动员的身体机能状态和心理应激水平。世居高原的运动员由于长期生活在低氧环境中, 其身体在适应低氧的过程中发生了一系列生理和生化改变, 这些改变可能会影响运动员的心血管系统功能和自主神经调节能力^[1]。因此, 深入研究世居高原中长距离自行车运动员赛前HRV的变化特征, 对于准确评估运动员的赛前状态、预测比赛成绩以及制定科学合理的训练和比赛策略具有重要的现实意义。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

选取某省专业自行车队中世居高原 (海拔2000米以上) 的中长距离自行车运动员20名作为研究对象, 其中男性运动员12名, 女性运动员8名, 年龄在18-28岁之间, 平均训练年限为5年。所有运动员均身体健康, 无心血管疾病、呼吸系统疾病等慢性病史, 且在研究期间未服用任何影响自主神经功能的药物。

2.2 研究方法

2.2.1 实验设计

本研究采用纵向跟踪研究设计, 对20名世居高原中长距离自行车运动员进行为期3个月的跟踪监测。在赛前1个月、赛前1周、赛前1天分别采集运动员的HRV数据,

同时记录运动员的赛前心理状态 (采用心理量表进行评估)、身体机能状态 (通过血液生化指标、运动能力测试等进行评估) 以及比赛成绩。

2.2.2 HRV数据采集

使用专业的动态心电图记录仪 (如美国BIOPAC公司生产的MP150系统) 对运动员进行24小时动态心电图监测。在监测过程中, 要求运动员保持正常的生活和训练节奏, 避免剧烈运动和情绪激动。采集到的动态心电图数据通过专门的HRV分析软件 (如KubiosHRV软件) 进行分析处理, 提取时域指标 (如SDNN、RMSSD、pNN50 (相邻RR间期差值大于50ms的个数占总心搏数的百分比) 等) 和频域指标 (如LF、HF、LF/HF等)。

2.2.3 心理状态评估

采用《运动员赛前心理状态量表》对运动员的赛前心理状态进行评估。该量表包括焦虑、抑郁、自信心、动机等多个维度, 共30个条目, 采用5点计分法, 得分越高表示心理状态越好。分别在赛前1个月、赛前1周、赛前1天对运动员进行量表测试。

2.2.4 身体机能状态评估

在赛前1个月、赛前1周、赛前1天采集运动员的空腹静脉血, 检测血液中的血红蛋白 (Hb)、血尿素氮 (BUN)、肌酸激酶 (CK) 等生化指标, 以评估运动员的身体机能状态^[2]。同时, 进行最大摄氧量 (VO_{2max}) 测试和功率自行车递增负荷测试, 以评估运动员的有氧运动能力和运动耐力。

2.2.5 统计分析

使用SPSS22.0统计软件对采集到的数据进行统计分析。对于计量资料, 采用均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。不

同时间节点的HRV指标、心理状态评分、身体机能指标等比较采用重复测量方差分析,若存在显著差异,进一步采用LSD法进行两两比较。采用Pearson相关分析探讨HRV指标与心理状态评分、身体机能指标以及运动成绩之间的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 研究结果

3.1 赛前不同阶段HRV指标的变化

3.1.1 时域指标的变化

重复测量方差分析结果显示,赛前不同阶段运动员的SDNN、RMSSD、pNN50等时域指标存在显著差异($P < 0.05$)。进一步两两比较发现,从赛前1个月到赛前1周,SDNN、RMSSD、pNN50均呈下降趋势,且赛前1周与赛前1个月相比差异具有统计学意义($P < 0.05$);从赛前1周到赛前1天,SDNN、RMSSD、pNN50继续下降,赛前1天与赛前1周相比差异也具有统计学意义($P < 0.05$)。具体数据见表1。

表1 时域指标的变化

时间节点	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	pNN50 (%)
赛前1个月	120.5±15.2	45.3±8.6	25.6±5.3
赛前1周	105.2±12.8	35.7±7.2	18.9±4.1
赛前1天	92.8±10.5	28.4±6.0	12.3±3.2

3.1.2 频域指标的变化

频域指标方面,LF、HF以及LF/HF在赛前不同阶段也存在显著差异($P < 0.05$)。从赛前1个月到赛前1周,LF升高,HF降低,LF/HF升高,且赛前1周与赛前1个

月相比差异具有统计学意义($P < 0.05$);从赛前1周到赛前1天,LF继续升高,HF继续降低,LF/HF进一步升高,赛前1天与赛前1周相比差异也具有统计学意义($P < 0.05$)。具体数据见表2。

表2 频域指标的变化

时间节点	LF (nu)	HF (nu)	LF/HF
赛前1个月	45.2±8.5	54.8±8.5	0.85±0.21
赛前1周	55.6±9.2	44.4±9.2	1.28±0.32
赛前1天	65.3±10.1	34.7±8.8	1.92±0.45

3.2 赛前不同阶段心理状态的变化

运动员的赛前心理状态评分在赛前不同阶段也存在显著差异($P < 0.05$)。从赛前1个月到赛前1周,心理状态评分呈下降趋势,且赛前1周与赛前1个月相比差异具

有统计学意义($P < 0.05$);从赛前1周到赛前1天,心理状态评分继续下降,赛前1天与赛前1周相比差异也具有统计学意义($P < 0.05$)。具体数据见表3。

表3 赛前不同阶段心理状态的变化

时间节点	心理状态评分
赛前1个月	85.6±7.2
赛前1周	78.3±6.8
赛前1天	70.2±6.5

3.3 赛前不同阶段身体机能状态的变化

3.3.1 血液生化指标的变化

血液生化指标方面,Hb在赛前不同阶段无显著变化($P > 0.05$);BUN和CK在赛前1周和赛前1天均较赛前1

个月升高,且差异具有统计学意义($P < 0.05$),但赛前1周与赛前1天之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。具体数据见表4。

表4 血液生化指标的变化

时间节点	Hb (g/L)	BUN (mmol/L)	CK (U/L)
赛前1个月	150.2±8.5	4.8±0.6	150.5±20.3
赛前1周	151.0±9.0	6.2±0.8	200.8±25.6
赛前1天	150.8±8.8	6.5±0.7	205.2±28.1

3.3.2 运动能力指标的变化

最大摄氧量(VO_{2max})在赛前不同阶段无显著变化

($P > 0.05$);功率自行车递增负荷测试中的最大功率在赛前1周和赛前1天均较赛前1个月有所下降,且差异具有

统计学意义 ($P < 0.05$)，但赛前1周与赛前1天之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。具体数据见表5。

表5 运动能力指标的变化

时间节点	VO ₂ max (ml/kg/min)	最大功率 (W)
赛前1个月	65.2±5.8	350.5±30.2
赛前1周	65.8±6.0	320.8±28.5
赛前1天	65.5±5.9	315.2±27.8

3.4 HRV指标与心理状态、身体机能状态及运动成绩的相关性分析

Pearson相关分析结果显示，SDNN、RMSSD、pNN50与心理状态评分呈显著正相关 (r 值分别为0.62、0.58、0.55, $P < 0.05$)，与LF/HF呈显著负相关 (r 值分别为-0.65、-0.60、-0.58, $P < 0.05$)；LF/HF与心理状态评分呈显著负相关 ($r = -0.68$, $P < 0.05$)。SDNN、RMSSD、pNN50与BUN、CK呈显著负相关 (r 值分别为-0.52、-0.48、-0.45, $P < 0.05$)，与最大功率呈显著正相关 (r 值分别为0.50、0.46、0.43, $P < 0.05$)；LF/HF与BUN、CK呈显著正相关 (r 值分别为0.55、0.52, $P < 0.05$)，与最大功率呈显著负相关 ($r = -0.53$, $P < 0.05$)。此外，SDNN、RMSSD、pNN50与运动成绩呈显著正相关 (r 值分别为0.60、0.56、0.53, $P < 0.05$)，LF/HF与运动成绩呈显著负相关 ($r = -0.63$, $P < 0.05$)。

4 讨论

4.1 赛前HRV变化特征分析

本研究结果显示，世居高原中长距离自行车运动员赛前HRV指标随着比赛日期的临近呈现出规律性变化。时域指标SDNN、RMSSD、pNN50逐渐降低，频域指标LF升高，HF降低，LF/HF升高。这表明随着比赛的临近，运动员的自主神经系统平衡状态发生了改变，交感神经活性增强，副交感神经活性减弱。这种变化可能与运动员赛前的心理应激和身体疲劳有关。比赛临近时，运动员面临着较大的心理压力，如对比赛成绩的期望、对竞争对手的担忧等，这些心理应激因素会导致交感神经兴奋性增加^[3]。同时，赛前的强化训练也可能导致运动员身体疲劳积累，进一步影响自主神经系统的调节功能。

4.2 HRV与心理状态的关系

本研究发现，HRV指标与运动员的赛前心理状态密切相关。SDNN、RMSSD、pNN50与心理状态评分呈显著正相关，LF/HF与心理状态评分呈显著负相关。这提示HRV可以作为评估运动员赛前心理状态的有效指标。当运动员心理状态良好时，自主神经系统平衡，副交感神经活性相对较高，HRV指标较好；而当运动员心理压力

较大、焦虑情绪严重时，交感神经兴奋性增加，HRV指标变差。

4.3 HRV与身体机能状态的关系

HRV指标与运动员的身体机能状态也存在显著相关性。SDNN、RMSSD、pNN50与BUN、CK呈显著负相关，与最大功率呈显著正相关；LF/HF与BUN、CK呈显著正相关，与最大功率呈显著负相关。这表明HRV可以反映运动员的身体疲劳程度和运动能力。当运动员身体疲劳时，HRV指标变差，运动能力下降；反之，当运动员身体机能状态良好时，HRV指标较好，运动能力较强。

4.4 HRV与运动成绩的关系

本研究结果显示，HRV指标与运动员的运动成绩呈显著相关。SDNN、RMSSD、pNN50与运动成绩呈显著正相关，LF/HF与运动成绩呈显著负相关。这说明HRV可以作为预测运动员比赛成绩的一个参考指标^[4]。通过监测运动员赛前的HRV变化，教练员可以及时了解运动员的身体和心理状态，调整训练计划和比赛策略，从而提高运动员的比赛成绩。

结语

本研究对世居高原中长距离自行车运动员赛前不同阶段HRV监测分析发现，赛前HRV指标随比赛临近呈规律变化，时域指标降低，频域指标中LF升高、HF降低、LF/HF升高，表明自主神经系统平衡改变，交感神经活性增强、副交感神经活性减弱，且HRV指标与运动员赛前心理、身体机能状态及运动成绩密切相关，可有效评估赛前状态和预测成绩。基于此，建议教练员重视HRV监测，及时调整训练与比赛策略；合理安排训练负荷，加强心理辅导；还应深入研究HRV在运动领域的应用，为训练比赛提供更科学依据。

参考文献

[1]高旌洋,孙睿哲,次仁卓玛,等.高海拔地区有氧运动对运动员机体的影响[J].健与美,2025,(05):144-146.

[2]屈成刚,唐一丹,何杰,等.高原高强度间歇训练对世居高原公路自行车运动员运动表现的影响[C]//中国体育科学学会.第十三届全国体育科学大会论文摘要集——墙报交流(运动训练学分会)(一).云南省体育科学研究所;云南省呈贡体育训练基地,2023:93-95.

[3]崔小珠.自主心率调节参数HRV与HRR在男子耐力自行车运动员高原训练及赛前准备期的应用研究[D].上海体育学院,2018.

[4]屈成刚.世居高原中长距离自行车运动员赛前心率变异性变化特征分析[J].辽宁体育科技,2015,37(06):36-39.