

科普|体育工程|《基于心肺特征的泛在感知运动估计》

原创 刘泳庆 专业体育仪器器材 2021-07-26 15:05

前言：

“体育工程”的概念出现于1996年，其主要特征是利用工学领域的理论、技术和方法来分析和研究体育领域内的需求，并针对需求制定对应的研发方案和技术方案、具体实施工程，满足用户需求。

本专题旨在带来体育工程领域最新的科研成果，供广大读者参考。



题目：Applying ubiquitous sensing to estimate perceived exertion based on cardiorespiratory features

作者单位： 牛津大学 工程科学系 自然交互实验室

发表时间： 2021年4月9日

期 刊： Sports Engineering 体育工程

摘要

研究目的：本研究旨在评估廉价的移动心肺监测系统（mobile cardio-respiratory monitoring system）是否可以在应用运动自觉量表（RPE, rated perceived exertion）评估运动强度时达到与代谢车（metabolic cart）相似的性能。

研究方法：八名成年男性自愿在不同条件下进行跑步机测试，同时利用代谢车和仪器化的口腔设备收集心肺数据和RPE。采用皮尔逊相关校正重复测量和逐步回归分析，观察心肺功能与RPE之间的关系，并确定可由测量结果解释的疲劳方差（the variance of exertion）的比例。

研究结果：在室内跑步训练中，每分钟通气量是评估运动强度的关键。在评估自感劳累方面，每分钟音量的表现与基于实验室的代谢车相当。

结论：移动技术在为运动员生理负荷真实数据的收集和自感用力度的评估方面具有巨大的潜力。

移动心肺监测系统

该研究为每位参与者制作了一个个性化的口腔器械，材质为乙烯-醋酸乙烯酯共聚物，便于参与者在运动过程中像牙套一样咬合在口腔中。该口腔器械基于每个参与者的牙科铸型制成，使用热成型工艺，以获得紧密贴合的效果。

在该口腔器械中集成了来自意法半导体公司的商用 STEVAL-STLKT01V1 开发板（STMicroelectronics, 瑞士）。在该开发板中，包括一个可在80MHz下运行的ARM Cortex-M4微处理器（STM32L476JGY，瑞士 STMicroelectronics），蓝牙 4.2 网络处理器（BlueNRGMS，STMicroelectronics, 瑞士），信噪比为64 dB、灵敏度为-26dBFS±3dB的数字麦克风（MP34DT05-a, STMicroelectronics, Swirth）以及SD卡插槽。呼吸音频的采样频率为8 kHz，采样位宽为16bit。

开发板还包括一个电池充电器和一个100mAh的可充电锂电池。在封装每个口腔器械之前，要为电池充满电量。音频记录在SD卡中，文件格式为wav。



实验设备

本实验方案采用三种仪器设备记录参与者的数据。

1) 移动心肺监测系统

2) 心率带

采用POLAR H1心率带监测参与者的的心率数据。

3) 代谢车

呼吸数据使用Metamax MetaLyzer 3B-R3代谢系统（Cortex Metamax，德国）获得。通过V2系列的面罩（Hans Rudolph Incorporated， Kansas美国）收集数据，并通过电缆连接将数据输入代谢车。

实验方案

1) 参与者熟悉实验流程

参与者对实验流程的熟悉阶段在室外进行。参与者同时佩戴用于记录呼吸音频的移动心肺监测系统和便携式代谢车。如图1所示，参与者在标有RPE-Borg的10个等级的量表跑道进行20米多阶段体能测试。参与者在每个运动阶段的最后，将双脚踩在最符合其整体疲劳水平的RPE等级1-10对应的跑道终点上。利用摄像机拍摄两条终点线，记录每轮的RPE水平。

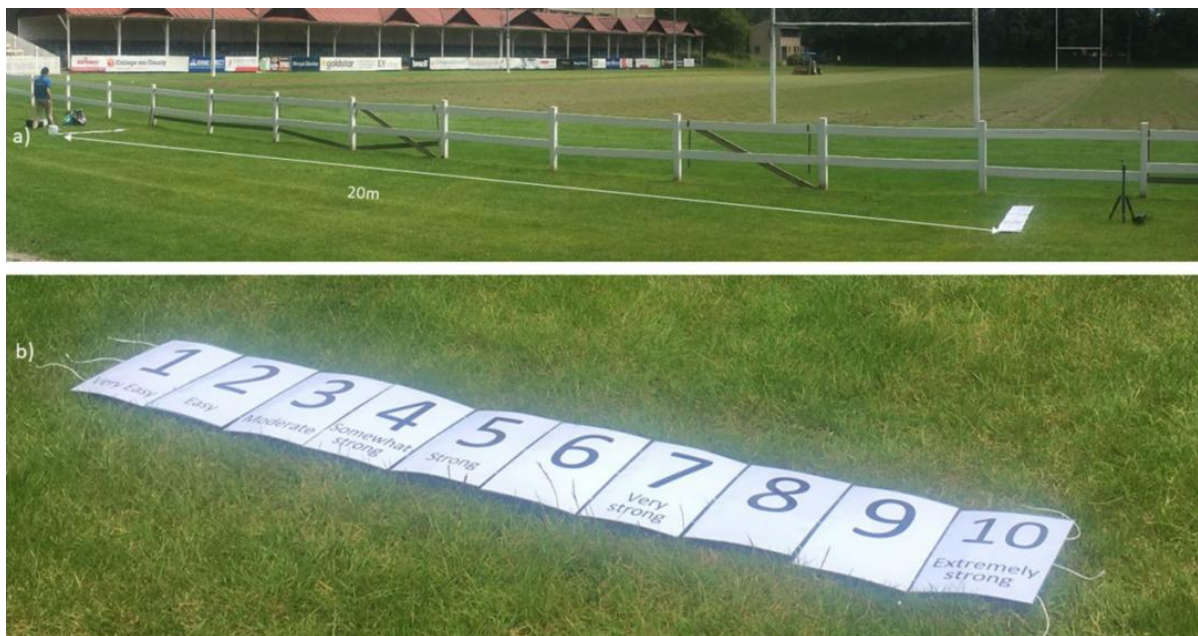


图1

2) 实验流程

在熟悉实验流程后至少48小时，参与者进行正式实验。正式实验包括三个连续测试：最大耗氧量（VO₂Max）测试、运动至力竭时间的测试和间歇测试。参与者被要求在正式实验开始前2分钟到每次测试结束后2分钟内佩戴仪器化口腔呼吸音频记录装置和代谢系统。在每次测试之间，参与者有10分钟的恢复时间（其中6分钟不佩戴任何测试设备）。所有测试均在Woodway PPS55跑步机上完成。

a) 热身

如图1所示的RPE-Borg-CR10量表被放置在跑步机前，与参与者保持可读距离。在正式测试开始前，参与者在跑步机上以自己选择的速度进行10分钟的伸展和热身。参与者被告知实验方案以及如何在运动期间评估RPE。要求参与者通过指向RPE量表或用手显示得分计数来对他们的整体疲劳水平进行评分。参与者每30秒对他们的RPE水平进行一次评分，并鼓励参与者在感到疲劳程度发生变化时通知研究人员。

b) 正式测试

在热身之后，参与者在跑步机上以递增速度开始进行最大摄氧量的测试。跑步机的速度最初设定为9km/h，每分钟增加0.75km/h。当参与者不能继续运动时，发出测试结束的信号。

VO₂Max 在达到以下两个或更多的条件时有效：耗氧量处于稳定期，呼吸交换率>1.15，RPE>9，心率在年龄预测最大值的±10次/min范围内。

实验结束前记录的最终速度增量称为最大摄氧量速度，并用于随后的试验中。在运动至力竭时间的测试期间，参与者被要求尽可能长时间以最大摄氧量的速度运动。在间歇试验中，参与者被要求以最大摄氧量的速度完成5个1分钟的间歇运动，每个间歇之间休息30秒。

3) 数据测量

移动心肺监测系统和代谢车的数据同步是通过在每次测试开始前要求参与者屏息5秒来实现的。因为通过呼吸事件可以在两个系统上直观地进行识别。

4) 信号处理与统计分析

所有数据处理均在实验结束后进行。对呼吸的音频被采用二阶巴特沃斯带通滤波器进行滤波处理，截止频率设置为100Hz和400Hz。

测试结果

心肺和生理指标见表1。

表1

Outcome	Mean \pm SD
VO_{2peak} ($ml\ min^{-1}\ kg^{-1}$)	54.58 ± 2.77
HR_{peak} (beats/min)	190.94 ± 9.84
VE_{peak} (l/min)	153.76 ± 21.56
VT_{peak} (l/breath)	2.57 ± 0.36
Rf_{peak} (breaths/min)	60.84 ± 11.75
aVE_{peak} (audio intensity/min)	21.56 ± 6.80
TTE duration (s)	187.12 ± 33.24
VO_{2Max} speed (km/h)	14.40 ± 3.13

把与每个RPE评分相关的所有测试的所有数据点结合在一起，形成预测RPE的箱线图，如图2所示。

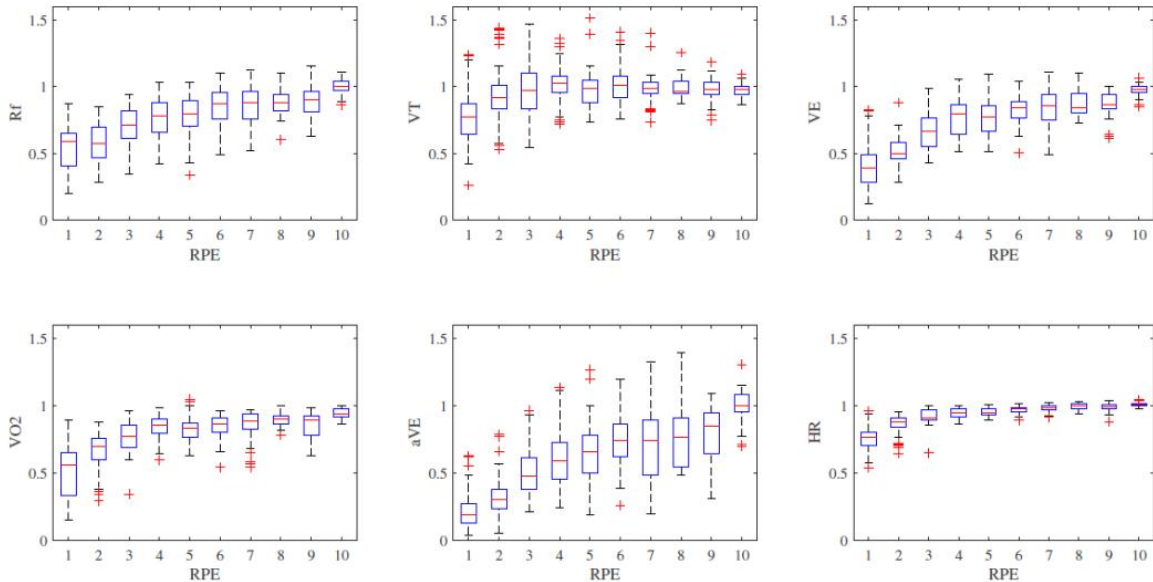


图2

结论：

本研究探讨了跑步时心肺测量值与RPE之间的关系，并评估了从廉价的移动心肺监测系统获得的参数是否可用于评估RPE。研究表明：在运动的实时状态下，基于移动心肺监测系统对运动员可以实现移动、连续、客观地监测RPE。

原文信息： de Almeida e Bueno, L., Kwong, M.T., Milnthorpe, W.R.F. et al. Applying ubiquitous sensing to estimate perceived exertion based on cardiorespiratory features. Sports Eng 24, 9 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12283-021-00346-1>

文字编辑：刘泳庆

责任编辑：陈 骐



编者寄语

为了进一步推动体育工程助力体育强国建设，国家体育总局体育科学研究所体育工程中心将开始收集和整理当前人工智能、传感器、数据科学、人机工程学、网络与通信等先进技术应用于体育训练、科学研究和教育等领域的最新成果，与广大体育界同仁共享交流。发布的成果由国家体育总局体育科学研究所体育工程中心组织专家遴选并编辑，由合作单位提供微信排版和发布等技术支持。欢迎广大同仁关注，提出宝贵意见和建议，并积极投稿，共同为体育强国建设贡献力量。联系邮箱：liuyongqing@ciss.cn

阅读 67

分享 收藏

3

1

写下你的留言