

科普|体育工程|《基于活动识别和生物特征参数的可穿戴设备在体育运动中的作用》

原创 刘泳庆 专业体育仪器器材 2021-10-11 10:39

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。



体育工程 Sports Engineering

题目

Role of Wearables in Sports based on Activity recognition and biometric parameters: A Survey

作者单位

印度钦奈 泰米尔纳德邦体育大学

作者

N. Nithya, G. Nallavan

发表时间

2021年3月

会议

2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS)

摘要

最近，可穿戴设备逐渐称为体育运动中改变比赛的重要力量。可穿戴设备通过实时跟踪和监控球员在场上的表现对比赛进行着影响。本文将可穿戴设备领域的研究工作分为四类：1) 运动表现监控 2) 运动损伤 3) 生物特征参数和 4) 能效。

概述

非侵入性可穿戴设备允许用户持续地监测运动表现参数，优化运动，防止过度训练和不必要的损伤。随着新型传感器的出现，监测应变、速度、力、振动、温度和压力等生理参数变得可行。使用机器学习等算法可以实现分类运动、手势检测和识别网球、板球、篮球、排球、标枪和许多其他运动中球员的运动模式。利用可穿戴设备可以从运动学角度分析人体手臂的动作，从生物力学角度理解运动过程，并提供视频分析中没有的实时反馈。伤病是由于训练不当造成的。早期的应变测量可以帮助运动员摆脱严重的伤病。在减轻体育运动中可能发生的伤病方面，可穿戴技术和数据分析可以发挥神奇的作用。通过监控运动员的健康和表现，帮助他们降低运动损伤的风险。汗液传感器可以非侵入性地测量运动员的脱水情况。运动员的心理状态可以通过使用皮肤电传感器来解释。健康监测可穿戴设备提供有关生理参数的实时信息，如血氧、体温、脉搏率及其变异性。具有非侵入性测量的可穿戴设备包含用于测量原始数据的传感器和一个用于处理和分析的软件系统，从而在智能分析后对结果进行可视化。

运动表现监控

01

科技的进步使得运动员运动表现的监控更为科学。运动员可以跟踪自身的运动表现并测量自身的训练负荷。运动表现监控对个人和团队的成功都有直接影响。

传感器可以直接安装在运动员身上，也可以安装在运动员可能使用的运动装备上。从传感器获取的信号可用于实现特定项目的动作和击球分类、生物力学分析和身体因运动而收到的压力分析。

1) 移动和击打动作分类

网球

正确的击球或移动可以最大限度地提高比赛的成功率。在网球等基于挥动手臂的运动中，发球、正手和反手等各种击球的分类准确度为99%。此外，像平击球，上旋球和侧旋球等技术也可以正确分类。采用动态时间规整算法来实现分类。将三轴加速度计和陀螺仪佩戴在运动员手腕上以收集运动数据。分类算法被开发用于对各种手臂和身体运动进行分类。

排球

在排球比赛中，可穿戴设备被用来确定球员的实时跳跃高度。该设备佩戴在玩家腰部附近。

篮球

基于机器学习算法，使用可穿戴设备可以识别篮球比赛中球员的投篮是成功和失败。设计的可穿戴设备被佩戴在篮球运动员的手腕上，以识别传球、投篮和运球的事件。

滑雪

在滑雪运动中，许多重要的滑雪运动参数由可穿戴传感器获取，并向运动员和教练提供实时反馈。

板球、保龄球

基于机器学习模型来对板球和保龄球的各个阶段进行分类，分类准确率大于95%。一种低成本系统来评估板球击球手在检测击球方面的技能，包括脚位置和击球分布等性能参数。

羽毛球

加速度计数据用于对羽毛球活动中的击球进行分类，例如平抽球、短发球、高球、网前吊球、扣球、轻拍、头顶球防守。

花样滑冰

在花样滑冰比赛中惯性测量单元（IMU）用于对跳跃高度、跳跃次数和旋转速度进行分类，以提高运动员的表现。

2) 生物力学

运动中的生物力学在提高运动表现方面起着至关重要的作用。它对于所有年龄段的运动员提高他们的技术水平都有益处。

铅球

生物力学原理决定了铅球运动的参数，如手臂角度、出手角度和出手速度，以提高运动员的表现。

标枪

在标枪投掷中，协调肩部、背部肌肉和脚部各关节的肌肉并以最大速度将标枪掷出，将使得标枪的投掷距离更长。投射角度和速度将帮助运动员达到最大距离。

跳远

跳远运动员应保持平衡和控制重心。在第1阶段开始跑步时，必须通过手和腿的循环运动将关节向前推，躯干处于直立位置。在第2阶段，脚踝、膝关节和髌关节应向前推，手臂向前并向上摆动。在第3阶段，手和腿应该循环运动。在第4阶段，腿和手臂向前弯曲，膝盖弯曲。

足球和橄榄球

在足球和橄榄球等比赛中，大腿肌肉、腘绳肌和臀大肌会参与其中。

马拉松

在马拉松赛跑中当身体沿水平、垂直或倾斜方向的直线运动时，身体受到线性运动。腿部关节、肌肉的柔韧性、穿鞋的模式是影响参数。

跳高

在运动员的腿上装有力传感器、弯曲传感器和IMU传感器。

3) 使用应变计进行应变检测

可穿戴无创应变传感器用于确定膝伸肌力量，作为等速测力计的替代方案。传感器值用于绘制扭矩角图，从中可以导出评估膝关节问题的参数。应变传感器非常薄、灵活、重量轻，可以根据需要放置在身体的多个部位。凭借这一优势，可以获得所需身体部位的应变。在网球等项目中，运动员的手腕会承受很大的压力。因此，手腕部佩戴可穿戴传感器将有助于发现手腕肌肉中遇到的压力。可穿戴应变传感器有多种类型，例如压阻式、压电式、电容式和基于场效应晶体管的设备，用于监测对象的生理参数。电容式应变传感器由于其灵活的特性，甚至能够测量关节和肌肉处的应变。使用简单的应变仪跟踪肘部的角度运动并测量肌肉收缩。该传感器可用作肌电图传感器的替代品，并在检测和测量肌肉收缩时产生可靠的输出。表1提供了用于获取活动感应参数的各种传感器的详细信息。

表1 活动感应中使用的传感器

Sensors	Findings
Accelerometer, Gyroscope, Magnetometer	Body acceleration, Gesture and movement detection
Force sensor, Flex sensors, Inertial measurement unit	Biomechanics of body
Strain gauge, Electromyography muscle sensor	Strain in muscles

运动损伤

02

伤病是体育运动中的重复动作造成的。最常见的运动损伤是脚踝扭伤，它约占总运动损伤的84%。采用一种可穿戴设备来实时监测脚踝运动，低成本、轻便的可穿戴设备旨在预测扭伤。监测踝关节的生物力学并防止韧带撕裂。通过使用肌电图技术，可以在损伤严重之前检测外侧肘部的损伤。来自这些传感器的信号有助于发现网球肘问题。惯性测量单元传感器用于发现因过度使用肩部肌肉而造成的损伤。该传感器可以佩戴在身体上以识别肩部的生物力学。加速度计被放置在运动员的臀部以找出垂直地面反作用力和步数以展示负载曲线。在足球比赛中，开发了一种装置以防止训练计划期间下肢受伤。

生物特征参数

03

使用无创可穿戴设备可以对运动员的健康相关参数进行连续监测，收集、处理和存储来自传感器的原始数据，以提供体育运动期间的实时详细信息。

传感器用于获取诸如心率及其变异性、汗液传感器、血氧含量、皮肤温度、皮肤电活动传感器等生理信号。

1) 汗液传感器

来自汗液的信息可以指导球员很好地保持他们的身体生物体液和电解质浓度，从而防止水分不足和过度水分。灵活且可拉伸的汗液传感器可用于监测汗液中的葡萄糖和pH值。这些传感器可贴在皮肤上且易于管理，可长时间使用，用于在锻炼期间进行监测。制造了一个集成的汗水监测系统，以监测运动和锻炼期间的汗水状态。测量电解质，如钠和 pH 值以及温度。该系统还能够无线传输这些数据，提供即时信息。脱水是运动员需要监测的一个重要参数。电解质中钠离子和氯离子的过量损失会导致严重的问题，有时严重的可能会导致死亡。制造了由聚二甲基硅氧烷制成的 3D 打印塑料汗液收集器，并利用汗腺的液压泵吸作用完成汗液收集。电化学阻抗谱技术被用于汗液电解质的传导传感。敏感氯化物贴剂用于在跑步机运动期间找到氯的浓度。使用丝网印刷制造低成本、一次性氯化物贴片以进行实时监测。分析汗液将有助于指导球员制定电解质更换政策。

表2 汗液分析物检测方法

Sensors	Findings
Accelerometer, Gyroscope, Magnetometer	Body acceleration, Gesture and movement detection
Force sensor, Flex sensors, Inertial measurement unit	Biomechanics of body
Strain gauge, Electromyography muscle sensor	Strain in muscles

2) 皮电

在户外运动中，由于体育锻炼和天气条件，可能会出汗。皮肤电活动 (EDA) 或皮肤电反应传感器使用非常小的电流来测量皮肤电导。随着身体出汗，皮肤传导会发生变化。随着水分含量增加，皮肤电导增加。通过检查来自这些传感器的模式，可以检测到由于运动和情绪引起的压力。通过在外部施加小电流，可以使用两个靠近皮肤的电极测量 EDA。从电阻的变化可以计算电导，从中可以分析压力，大脑的反应。

3) 血氧

血液中的氧浓度可以通过一种称为脉搏血氧仪的技术来测量。血液中的血红蛋白负责将氧气输送到身体的各个部位。手腕可佩戴微型设备可以测量血氧饱和度，在非侵入性方式血氧含量。它是使用光电方法通过光密度的变化来确定的。工作在不同波长的发光二极管 (LED) 用作光源。光透过组织和皮肤。血液中血红蛋白的吸收率因氧气浓度而异。光电探测器收集信号。从吸光度参数和波长可以确定氧气的浓度。PPG传感器可用于测量血氧含量。通过正确放置这些传感器，可以在减少伪影和光干扰的情况下进行测量。

4) 脉率和变异性

心率或脉搏率被描述为心脏周期的频率，并表示为每分钟的搏动次数。最常用的心率测量技术是光电容积描记法 (PPG)。标准化最小均方算法被开发用于从嘈杂的波重建 PPG 波。自适应过滤器用于找到心率。

使用混合方法的 MICROST 框架来估计剧烈运动期间的心率。在监测过程中使用了腕式可穿戴 PPG 传感器。还估算了运动员在跑步时的心率。在存在高噪声的情况下，使用自相关方法检测心率。从加速度和 PPG 的功率谱估计心率。在剧烈运动期间，需要监测心率。手腕可穿戴轻量设备被实施以准确计算这些时间的心跳率。皮肤接触和运动传感细节与光谱分析算法一起被采用以消除错误。红外无线传输通过红外辐射传输数据。使用这项技术可以监测和计算心率。为了建立连接，红外传感器与蓝牙技术一起使用。

5) 皮温

测量皮肤温度的可穿戴设备与体温存在一些偏差。它们的值略低于体温。热电堆、红外热敏电阻和光学装置是测量皮肤温度的多种方式。热敏电阻的电阻随着温度的变化而变化。电阻的这种变化用于计算温度。这里面临的挑战是汗液可能会减少传感器与皮肤的接触。皮肤温度和压力相互成反比。表3列出了用于获取生理传感参数的各种传感器。

表3 用于生理传感的传感器

Energy Source	Energy availability	Harvesting Technology	Energy Harvested
Solar [49]	100mW/cm ²	Solar cells	15mW/cm ²
Breathing [50]	0.83W	Ratchet-flywheel	0.42W
Finger motion [50]	19mW	Piezoelectric	2.1mW
Exhalation [50]	1W	Breath masks	0.4W

所有可穿戴设备均由电池供电。主要挑战是在最大效率的情况下降低功耗。该设备应长时间运行而无需更换或更换电池。研究人员现在专注于能量收集技术来克服上述问题。一些收集方法是热电、压电、微磁电和太阳能。太阳能在其他收获方法中占主导地位，但也有不能在雨天和寒冷天气使用的缺点。高效的能源利用已成为当今可穿戴设备的主要要求。从人体运动中获取能量现在用于传感器的自供电。压电式电能收集器用于将机械振动能转换为电能。压电材料的形状相应地改变以收集能量。摩擦电能收集将摩擦能转化为电能。使用的材料是铝和聚四氟乙烯。摩擦电运动传感器也用于在不使用任何外部电源的情况下收集运动信号。这些传感器可用于运动可穿戴设备，可以从运动员的身体运动中获取能量。锂离子电池和锂聚合物电池是常用的一种，具有良好的能量密度。

表4 能源和收集技术

Energy Source	Energy availability	Harvesting Technology	Energy Harvested
Solar [49]	100mW/cm ²	Solar cells	15mW/cm ²
Breathing [50]	0.83W	Ratchet-flywheel	0.42W
Finger motion [50]	19mW	Piezoelectric	2.1mW
Exhalation [50]	1W	Breath masks	0.4W

讨论

未来的发展应该涉及更多关于可穿戴设备小型化的研究。此外，实时数据的可视化是在用户需要携带的智能手机或网络应用程序上完成的。研究应侧重于在可穿戴设备本身上可视化这些细节。可穿戴设备的安全数据传输和功耗是需要解决的挑战。

原文信息

N. Nithya and G. Nallavan, "Role of Wearables in Sports based on Activity recognition and biometric parameters: A Survey," 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), 2021, pp. 1700-1705, doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9395761.

文字编辑：刘泳庆

责任编辑：陈 骐

体育工程 Sports Engineering

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 215

分享 收藏

3 在看

写下你的留言