

# 科普 | 体育工程 | 残疾人运动中的可穿戴设备

原创 刘泳庆 专业体育仪器器材 2021-11-29 11:12

## 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。



## 残疾人运动中的可穿戴设备

## 引言

残疾运动员通常比健全运动员更依赖和使用更多的专业设备。可穿戴设备可用于监测残疾人运动中运动员与设备之间的相互作用，以提高舒适度和运动表现，同时提高无障碍性和减少受伤风险。

## 参考标准

动作捕捉系统

### 1 基于MARK点的运动捕捉系统

例如，在研究跑步运动时，参与者在可以测量地面反应力的平台上跑步的同时，使用专门的摄像机和软件(如Vicon®，New York，United States; Qualisys®，Göteborg，Sweden)在三维空间中追踪他们身上标记的mark点。

虽然这些动作捕捉系统是高度准确的，但它们会受到拍摄区域和环境的限制，摄像机必须对准mark点限制了可以研究的运动动作。为克服这种运动捕捉系统的局限性需要建设更大、更复杂和更专业的实验室。但这种设施的设置和运行成本很高，而且不能消除实验室的所有限制。另外，添加mark点也可能会影响运动员的行为，并限制他们对服装的选择。

## 2 无标记光学运动捕捉系统

研究人员已经开发并使用了无标记光学运动捕捉系统(例如 DeepLabCut™)，还有商业产品(例如 SIMI® Shape 3D in SIMI® Motion; Simi Reality Motion Systems; Theia Markerless, Qualisys®)，它们允许在户外进行无干扰测量。

### 可穿戴传感器

可穿戴传感器经常应用于运动检测，包括加速度，力，压力，伸展或应变，温度和心率等。如果可穿戴传感器足够小、轻、准确和低功耗，并且满足所需的采样率、分辨率和所需的测量范围，就可以克服实验室系统的许多局限性。当可穿戴设备成本较低时，它们还可以让研究人员增加参与者的数量，同时监测体育活动的地点、时间和次数。

传统的可穿戴运动测量装置往往限于一个传感器，如压力、惯性测量传感器、加速度计或陀螺仪。随着微机电系统(MEMS)的发展，多个传感器现在可以被整合到小型可穿戴设备中，具备测量各种运动活动的潜力。

### 可穿戴设备

可穿戴设备不仅要是无干扰的，而且应该允许运动员以不受限制的自然方式移动。因此，可穿戴设备应该是小巧、轻便且独立的，不需要运动员携带额外的物品，如重型电池和数据记录仪。例如，在跑步过程中用于步态分析的胫骨加速度计，理想情况下质量应该不超过几克。传感器与服装纺织品的无缝结合已经取得了进展，在纺织品结构中嵌入传感器，这样运动员就不需要佩戴小型电子组件或电池之类的额外物品。对于加速度计和陀螺仪等惯性传感器，测量轴的数量及其在运动员身上的位置也是关键考虑因素。

#### ① 惯性传感器

惯性传感器在理想情况下应该放在靠近检测区域的地方，并且应该是三轴的，以防止在使用过程中出现轴向位置不对准而破坏数据的准确性。仅从三轴加速度计或陀螺仪估计的方向可能是错误的，因此需要使用融合算法融合来自不同传感器的数据以提高精度。

采样率和测量范围也是可穿戴传感器的关键考虑因素，最低要求往往随着运动速度的增加或持续时间的减少而不断提高。随着传感器和数据处理的增加，任何增加的功耗都需要考虑在内，因为能量更大的电池会增加设备的体积，这可能会限制或阻碍运动员的运动。

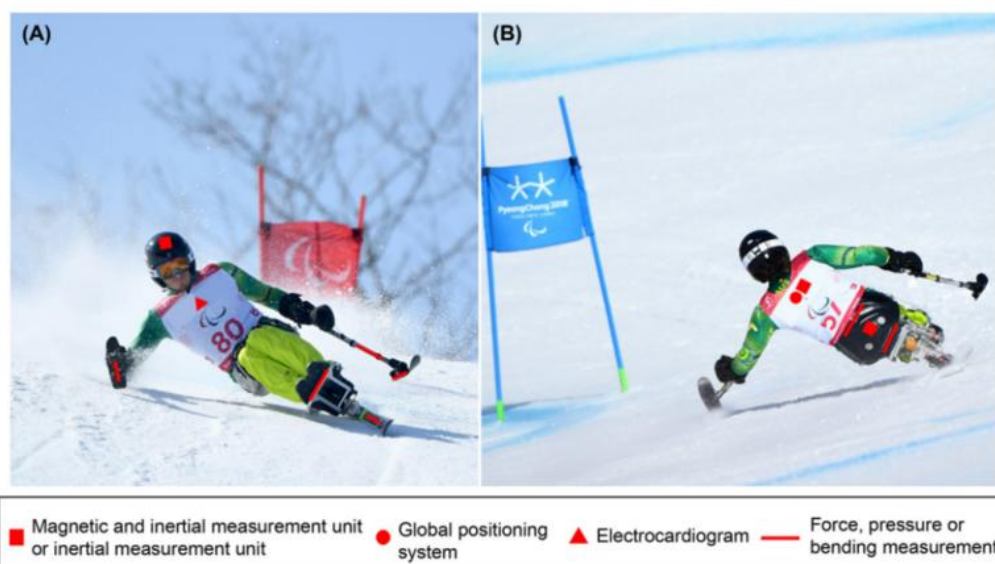
传感器与皮肤或软组织之间的相对移动和振荡，以及电源效率、电池寿命和数据传输范围也是重要的考虑因素。

## ②压力传感器

压力传感器经常用于体育研究，包括用于测量跑步时地面反作用力的嵌入式鞋垫，或用于评估轮椅使用者患压疮风险的垫子。压力测量系统是由一系列传感器组成的。压力传感器通常是电容式、电阻式、压电式或压阻式的，它们有不同的结构、形状和尺寸，适用于不同的应用场合。

## 可穿戴设备在残疾人运动中的使用

设备与运动员相互作用的一个显著例子是坐式滑雪。速降坐式滑雪运动员与他们的设备有明显的协同作用，主要通过质量分布和惯性来控制运动。坐式滑雪板有三个子系统：一个桶和支撑运动员的脚踏板，一个悬挂系统和一个连接滑雪板座椅的机械脚。为了了解这些子系统的性能，可以在运动员身上安装可穿戴传感器。这些传感器可以是生物传感器（测量心率的心电图，评估体力消耗和心理情绪状态的影响），IMU 测量座椅振动，测量滑雪板弯曲的应变计以及运动员与座椅接口处的压力传感器。其他可穿戴传感器如GPS，可以给出滑雪运动员在回旋过程中的位置。这些测量数据可以指导如何减少运动员到滑雪板的能量损失，并为运动员和教练提供分析运动表现的依据。



## ① 提升运动表现

残疾人运动通常需要新的或改装的定制设备。与身体健全的运动员运动一样，可穿戴传感器已被用于改善残疾人运动的技术和训练。一些例子包括：监测轮椅橄榄球撞击后振动的应变计，用于监测膝盖以下截肢短跑运动员的表现安装在其下背部的加速度计，用于监测轮椅篮球的距离和轨迹的IMUs，用作残奥会游泳运动员的计数器。

## ② 监测受伤风险

残奥会运动如坐式滑雪运动，会使用传感器监测运动员表现并减少受伤的风险。2014年，一套用于在坐式滑雪时检测高压的套装(BRUISE套装)获得了詹姆斯·戴森奖的亚军，这是一项国际学生设计奖(图A)。该套装包含可更换的一次性薄膜片，在压力下会改变颜色，因此可以在跌倒后识别潜在损伤的部位。

压疮在轮椅使用者中很常见，包括精英赛车手和雪橇曲棍球运动员。老年轮椅使用者和雪橇曲棍球运动员通过使用压力垫，减少压疮的风险。类似的设备已被用于轮椅竞速的研究。

反应性和适应性纺织品在这个领域是至关重要的。能够“感知，适应和反应”的纺织品的开发不仅可以提供来自假肢的反馈，而且还可以防止身体感觉有限的部位受伤。压敏纺织品已经被使用，一旦打印到压缩服装上，这些传感器可以为那些患有中枢神经系统问题的人提供身体上特定点的电刺激。

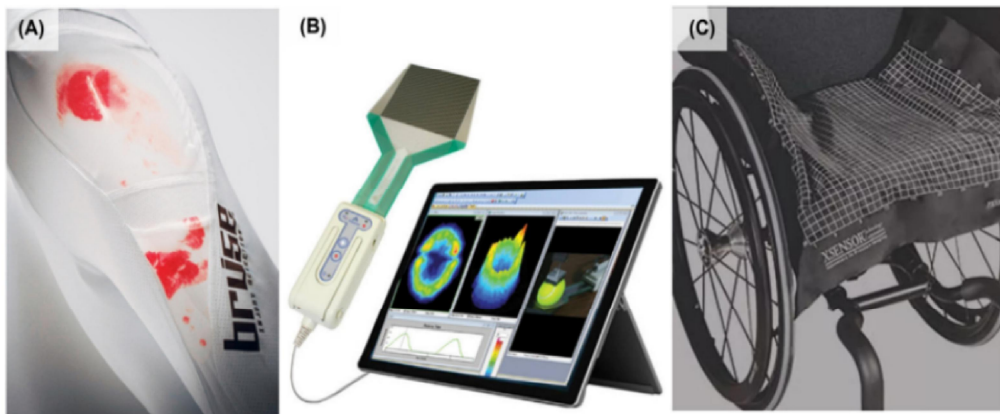


图 商业压力传感器系统的例子：(A) Bruise suite (B) TekScan<sup>®</sup> I-Scan和  
(C) XSENSORS<sup>®</sup> 压力映射系统为轮椅使用者

从触觉到视觉，视障人士的运动通常需要与其他身体残疾人士不同的适应能力。有些运动是视障人士自行决定的(没有视障人士的伙伴)，而视障人士也可以使用其他形式的辅导，例如回声。为了方便视障人士进行更自主的运动，装有深度摄影机的装置可以协助识别路径和碰撞风险，并提供触觉反馈。

随着工业自动化程度的提高和机器人技术的研究，带有电子皮肤的假肢已经被制造出来，其特点是由超材料构成的压力和温度传感器以一种模拟皮肤的方式去变形和感觉。随着电子皮肤技术的发展和价格的降低，用于监测假肢的传感器可能会发生进一步变化，假肢的导向系统会减少或不会让视障人士产生异物感，使用起来会很自然。

## 结束语

一些残疾运动员不能总是感觉到摔倒后的伤害，或者他们和轮椅、坐式滑雪板或曲棍球雪橇之间的压力会导致压疮。压力或热量监测系统，比如那些用于医疗应用的，可以用来改进轮椅和曲棍球雪橇的设计。包含压力敏感薄膜的防护服也被提议用于检查碰撞后的伤害。随着机器人技术和医学等领域推动电子皮肤、压力和温度传感器以及其他技术的发展，这些设备应该很快就会变得更加可靠和轻便。



参考：<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818914-6.00016-8>

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



写下你的留言