

步态监测在老年膝关节功能训练中的应用研究

王小杉 陈丹莹 张晶^{通讯作者}

山东协和学院 山东 济南 250109

摘要：随着中国人口老龄化的逐渐加剧，老年人的健康问题逐年上升，其中老年人的膝关节功能障碍问题日益凸显，膝关节的相关疾病严重的影响老年人的生活质量，现有的康复技术有待完善，本研究是基于对老年膝关节功能训练的步态监测，为更好的改善老年人膝关节功能障碍，使其生活质量得到提升进行了探讨研究。

关键词：步态监测；老年患者；膝关节功能训练

随着我国人口老龄化的加剧，老年人的膝关节功能问题日益凸显，其膝关节功能障碍的相关问题也是日益受到关注。膝关节功能下降严重，发病率逐年升高，这都在一定程度上影响了老年人的生活质量，同时也给个人以及社会都带来了极其沉重的负担。据调查，研究数据体现出了我国的膝关节炎发病率大约为8%，同时在那其中75岁以上的人群的患病率更是高达80%^[1]，如此高的发病率不仅仅在老年人的日常生活中带来了极大的不便，还严重的威胁到了老年人的健康。其中严重的膝关节疾病会导致疼痛加剧，严重的疼痛会影响患者的行动能力和独立性，甚至对部分患者的心理健康产生负面影响。基于此使用步态监测对老年人的膝关节十分重要，这有助于全面了解其身体功能状况，为制定个性化的锻炼计划和健康管理方案提供参考，从而提高他们的生活质量。同时还可以预防并发症，及时监测和纠正患者步态问题，可以预防这些并发症的发生，同时还可以减轻身体的负担。

1 步态监测及老年膝关节功能训练的定义

步态监测是一种对人体在行走时的姿态、动作模式进行全面精准的评估以及分析的方法。使用仪器通过观察和测量在行走过程中的步长、步幅、步速、步频、关节角度、身体重心移动等相关的步态参数，以及分析用户行走时的对称性、稳定性和流畅性等特征，来判断个体的运动功能状态是否正常、及时发现是否有潜在的运动障碍或疾病风险。步态监测可以用于诊断多个方面的疾病，比如：神经系统疾病、肌肉骨骼疾病、康复评估、运动训练指导等多个领域，其诊断结果可以用以帮助医生、康复师等专业人员为患者制定个性化的治疗或训练方案。黄灶荣等^[2]认为异常步态会对行动能力会产生严重影响，因此，及时、自动地检测异常步态具有至关重要的意义。万春利^[3]等也采集了膝关节相关的多个数据，如：步态周期、摆动相占比、支撑相占比、步速、

步频、步幅、足偏角、着地角度、着地内翻角度和蹬离角度等，经过多方面的共同验证，证明了可穿戴传感器的便携式步态监测系统的信效度研究。

老年膝关节功能训练是指专门针对老年人设计的一系列用以增强膝关节的周围肌肉力量、提高关节稳定性、改善关节活动度、预防和缓解膝关节疼痛及功能障碍为目的的训练活动。这些训练通常包括有适度的屈伸膝关节运动、腿部肌肉力量训练（如直腿抬高、静蹲等）、关节活动度训练（如膝关节的屈伸、旋转等）以及平衡和协调性训练等，旨在帮助老年人维持或提升膝关节的正常功能，提高生活质量。

2 老年膝关节功能步态监测存在的问题

2.1 贴合度影响老年膝关节功能步态监测的数据收集

现有的大多数膝关节监测中，所采用的设备与膝关节的接触部位存在着明显间隙，不能够紧密地贴合在膝关节周围，这导致了在行走的过程中，监测设备可能会随着腿部的运动而出现晃动、移位，无法稳定地固定在既定位置等相关问题，一定程度上影响了患者步态监测的结果。同时使用贴合度差的监测设备可能还会给患者带来不适感，甚至会干扰患者的正常行走步态，患者还可能会因为担心设备可能会脱落而不自觉地调整行走方式，导致测量的数据产生误差，进一步影响步态监测的准确性。

此外，贴合度差还会影响监测的连续性，设备不太稳固，可能需要频繁地进行调整从而极易中断监测过程，使得整个步态监测难以顺利进行，无法获得完整、可靠的步态数据。

2.2 精确率低影响老年膝关节功能步态监测数据的作用

现有的大多数仪器在数据测量方面，对于膝关节的角度变化、运动轨迹等关键参数的测量都存在较大误差，精确率较低。对于步长、步速、角度值等与膝关节运动相关的指标无法实现数据的实时记录，不能真实反映出患者的行走状态，对膝关节活动范围的评估不准确。并且由于贴合度差，



传感器不能准确地捕捉到膝关节在不同步态阶段的细微变化，导致数据出现偏差。步幅、步频等膝关节运动相关的数据也因为贴合问题而不准确，不能真实反映出实际的步态特征。

精确率低会使监测结果波动较大，使监测结果缺乏一致性和可靠性，最终导致医生或康复师都难以依据这些数据为患者制定更准确的治疗方案或评估康复进展。同时低精确率的膝关节步态监测的监测结果可能会误导患者对于自身病情的认识，从而导致延误病情的治疗甚至加重关节的损伤。

2.3 无法实时监测影响老年人膝关节监测数据全面性

传统测量仪器不能进行实时监测，就无法获得患者在行走时的有关数据，无法及时捕捉到膝关节的动态变化。医护人员无法及时的观察到异常的步态表现，会使医护人员错过了发现问题的最佳时机，可能导致患者病情得不到及时的治疗，最后病情越来越严重，患者将要承受极大的痛苦。

缺乏实时监测会影响测量的数据连贯性和完整性，从而无法连续地记录膝关节在不同步态阶段的状态，导致后续对患者的病情分析缺乏足够的细节和准确性。并且还无法实时对比在不同步态周期中的数据变化，难以深入了解患者膝关节运动的规律和潜在问题。无法实时监测也会限制了医生和康复师对患者病情进行及时评估和调整治疗方案，同时还不能实时监测患者在进行康复训练时膝关节的反应，就会影响医生和康复师无法根据实际情况立即给予患者指导和训练强度的调整，可能会降低康复效果并且延长康复时间。并且患者无法实现数据的实时监测，这让他们难以直观地了解自己的步态问题和康复进展，对患者缺乏结果的实时反馈，可能会降低患者的参与度和积极性，影响康复的信心和动力。

此外，部分仪器对于监测场地和环境都有严格的要求。为了确保监测结果的准确性，监测场地需要具备一定的空间和特定的条件，如平整的地面、适宜的温度和湿度等，这导致患者测量时无法随时随地进行监测，以致于数据的缺少。

2.4 费用高昂影响老年人及时进行膝关节功能步态监测

现在相对专业、测量数据较为精准的监测设备价格高昂。膝关节监测设备的研发成本高，技术含量大，若使用从国外进口的设备，其价格更是不菲。医院或检测机构为了可以给患者提供准确的检测服务，需要投入大量的资金来购置这些设备，这部分成本将会在患者的检测费用中有所体现。其次，现在大多数的检测过程复杂且耗时。膝关节步态监测需要专业的技术人员进行操作，在监测前需要技术人员对设

备进行调试和校准，以确保检测数据的准确性；在监测时，技术人员要全程指导患者进行行走、跑步等监控设备运行，记录数据，最后在监测后，还需要对收集到的大量的数据进行分析和处理，这一过程同样需要耗费大量的时间和人力成本。但是专业人员的培训成本高，并且部分监测仪器对于场地还有一定的要求，这些在一定程度上也会增加患者检测的成本。并且膝关节步态监测属于较为专业的医疗检测项目，医保覆盖范围有限，大部分情况下，患者需要自行承担全部或大部分检测费用。

在国外，老年膝关节功能的训练已经成为了康复医学中的相当重要的组成部分之一，相关的研究和实践已经较为成熟。并且他们的训练方法和技术都在不断的进行创新和优化，以达到更好的治疗效果，在一些发达国家的医疗机构和科研机构在步态监测技术的研发和应用方面都处于一个领先地位，相关产品和技术都在进行不断的更新迭代。

在国内，随着人口老龄化的加剧以及对老年人的健康的越来越重视，老年膝关节功能训练也逐渐受到大众达的关注。各级的医疗机构和康复机构都纷纷开展相关的业务，但是在训练的规范化、标准化以及普及程度等许多方面仍然有待提高的。与此同时，一些社区和养老机构也都开始引入较为简单的膝关节功能训练项目，但是相关的专业指导还是存在相对的不足。步态监测系统的研究和应用也正在得到十分迅速的发展。但是与国际的先进水平相比之下，不管是在技术成熟度、市场推广或是临床应用经验等许多方面仍然存在着一一定差距。目前，步态监测系统在精度度、实时性和便携性等各个方面都在不断的改进，一步一步的进行更新迭代，让步态监测可以逐渐从实验室走向临床应用甚至是家庭康复领域等。

3 步态监测系统在老年膝关节功能训练中的应用及其效果

3.1 提高贴合度用以全面收集老年膝关节数据

为了更好的收集老年膝关节患者的步态监测数据，首先是要改善仪器的贴合度，使其具有更好的弹性，能够在不同的运动状态下更好地贴合膝盖的形状变化，随着膝盖的弯曲和伸展而自然伸缩，不会产生紧绷感或松弛现象；其次是改变材质，使用柔软亲肤的材质，能更好地贴合皮肤，减少摩擦和不适感；最后是更换材料，使用具有记忆功能的材料，它可以根据患者的膝盖形状进行记忆调整，在初次使用时会通过一定的温度和压力使其贴合膝盖，之后每次使用都能迅速恢复到最佳贴合状态。

在制作工艺上，改进材料的制作工艺，使仪器的材料

能够更好地适应膝盖的曲线，并且在关键部位可以提供更强的支撑和贴合度，特殊的工艺还可以增加护膝的透气性和排汗性能，提高患者的使用的舒适度。并且邹婉频^[4]等人通过分析身体各部位及相关物理参数对步态相位识别的影响，建立更加简单与准确的步态识别模型，结合生物力学仿真技术，讨论运动状态下，运动装备对人体不同部位生物力学参数的影响，探索运动装备对人体健康的保护机制，表明了合适的装备仪器对于人体的关节和肌肉具有保护作用。

3.2 精准的收集老年膝关节功能训练的步态监测数据

将会进行数据源的优化，还会不断的改进数据的采集方法，以及提升对于数据的分析与处理，使得仪器可以收集到更加全面、精准的关于患者膝关节的数据。仪器上的传感器会经过特殊工艺进行制作，使其具有更高的精度，进行校准，确保其测量的准确性和精确度。同时，还会结合多种传感器进行数据的收集，用以提高数据的准确性和完整性，吴昊^[5]等最终通过设计实践可以从可视化、合理化、人性化等多个方面优化产品，同时他们还基于人体步态异常问题下将数据进行可视化，使得数据更加精准。

3.3 实时采集老年膝关节功能训练的步态数据

为了患者可以随时随地，不受时间和空间的限制进行膝关节数据的收集。首先将材质进行了优化，采用柔软、亲肤且透气的材料制作产品，减少长时间佩戴对皮肤的刺激和不适感，并且让产品设计更加适合人体工学，根据人体不同部位的形状和运动特点，设计更加符合人体工学的产品外形。同时在传统仪器的基础上将产品小型化设计并轻量化，以便于患者进行随时随地的佩戴，减小对于日常生活的影响。为了可以更好的不受场地的限制的去测量膝关节相关数据，我们可以优化产品结构和功能，使得产品可以更加持久的采集数据。在产品形态上我们也会为患者提供多样化的佩戴方式以及便于佩戴的结构，用以满足更多的患者的需求。李伟^[6]等认为可穿戴设备因其穿戴舒适，利于集成是步态监测中的理想设备，所以可穿戴式的设备可以更加便于测试患者数据。

3.4 减少老年膝关节患者的步态监测费用

为了让更多的老年人可以及时的监测膝关节疾病，可以通过技术创新，降低产品的生产成本，同时推动步态监测技术的开源和合作，让更多的开发者和企业参与到产品的研

发和生产中来，共同降低技术门槛和成本，并且我们将会升级相关技术，从材料、技术等方面，将仪器的成本降低，为患者使用产品检测时的费用降低。

4 小结

实验中通过对步态监测中的老年人的步态进行了实时监测与分析，在一定程度上确定了，使用步态监测能够更加贴合同时还精准地反映老年膝关节的功能状态，在此基础上还可以实现老年人步态参数更为准确测量，为可以全面有效的评估膝关节功能提供了重要的数据支持，还能为老年膝关节功能训练提供全面精准的科学依据与实践指导。并且针对不同程度的膝关节功能障碍，能够为老年人制定一个更具有针对性，更适合的训练计划，最终老年人的膝关节功能得到显著改善。并且老年人通过使用步态监测可以让医生等及时发现膝关节功能问题，从而采取更为有效的训练措施，有助于更加高效的促进康复治疗的效果，同时老年人的提高生活质量。

参考文献：

- [1] 数据来源：北京科技报，2023-06-30.
- [2] 王全坤，郭冰菁，尤爱民，等. 基于 SVM 的偏瘫患者异常步态识别与临床康复辅助诊断系统 [J]. 计算机应用与软件，2023, 40(10):94-100.
- [3] 李波陈. 冻结步态可穿戴监测方法研究 [D]. 中国科学技术大学，2022.
- [4] 邹婉频，陈苗苗，江学为. 基于步态监测的运动过程中关节及肌肉保护机制的研究 [J]. 医用生物力学，2024, 39(S1):492.
- [5] 张东莉. 基于聚偏氟乙烯压电薄膜的足压监测系统 在医学步态分析中的应用 [D]. 广西大学，2022.
- [6] 李伟. 可穿戴交互式步态监测系统设计 [D]. 东华大学：2023.

本论文依托于 2024 年实验室开放立项项目，项目编号 2024SYKF02。

作者简介：

王小杉，女，山东协和学院护理学院，2022 级护理学专业；

通讯作者：张晶，女，山东协和学院护理学院，讲师；研究方向：护理教育，老年护理。

