

健美操训练对青少年身体协调性发展的追踪研究 ——基于动作捕捉技术的实证分析

刘镠

合肥市工程技术学校，安徽 合肥 238000

摘要：本文通过动作捕捉技术对青少年参与健美操训练过程中身体协调性发展变化进行追踪分析，研究设计科学健美操训练方案，采用高精度动作捕捉设备收集参训青少年运动过程中关节活动轨迹和肢体协同数据，建立评价体系量化协调性指标。通过长期追踪观察发现系统健美操训练能明显改善青少年全身协调性水平，尤其对上下肢协同能力和躯干稳定性提升效果明显，为青少年体育教育提供实证支持，也为动作捕捉技术在运动训练领域应用拓展新思路。

关键词：健美操训练；青少年；身体协调性

DOI: 10.63887/jc.2025.1.4.8

引言

青少年阶段是身体协调性发展关键期，科学训练方法对促进协调性形成具有重要作用，健美操是融合节奏感和复杂动作组合项目，对参与者协调能力要求较高。借助动作捕捉技术客观记录健美操训练全过程中青少年身体各项协调性指标变化，通过长期追踪比较分析训练效果构建科学评价体系，为青少年协调性训练提供理论依据和实践指导^[1]。

1 健美操训练方案设计和实施

1.1 青少年健美操训练计划制定和周期安排

训练周期划分为适应期、基础期、提高期和巩固期四个阶段，每阶段设定不同训练目标和考核指标，适应期以身体素质提升为主，通过基础体能训练和简单协调性动作熟悉健美操节奏感，基础期增加动作难度和组合复杂度，重点强化单个肢体控制能力，提高期侧重多肢体协同配合训练，增加动作流畅性和连贯性要求，巩固期则通过完整套路演练固化训练成果，强化动作质量和表现力^[2]。

训练周期安排采用波浪式负荷设计，每周训练频率保持三至四次，单次训练时长控制在六十至九十分钟范围内，每次训练结构包括准备活动、身体素质训练、技术动作学习、组合练习和放松恢复五个环节，

各环节时间比例根据训练阶段特点灵活调整。准备活动和放松环节贯穿全周期保持稳定，中间三个环节则随训练进展调整比重，前期偏重身体素质，中期强化技术动作而后期侧重组合练习，确保训练效果最大化并避免运动损伤风险。针对青少年心理特点训练计划融入趣味性元素，通过小组比赛和阶段性成果展示激发学习热情，增强自信心和成就感，并根据季节气候变化调整训练场地和内容安排，确保全年训练连贯性和科学性。这种教学不但能提高学习兴趣和课堂效率，更能帮助学生形成积极的人生态度和正确的价值观，为学生的未来发展奠定坚实基础。

1.2 健美操动作要素分解和教学进阶策略

根据动作类型划分为步伐移动类、跳跃转体类、平衡控制类、力量展示类四大类别，每类动作分别从空间位置、时间节奏、力量控制三方面进行要素提取。针对步伐移动类动作重点强调重心转移和支撑稳定性，跳跃转体类动作则侧重腾空高度和身体姿态控制，平衡控制类动作突出核心稳定性和肢体协调关系，力量展示类动作强调爆发力和精准到位性。

教学进阶策略采用“分解—整合—提高—创新”四步教学法，确保学习效果层层递进，分解阶段通过慢动作示范和口令引导，让学生掌握单个动作要领，整合阶段将已掌握单个动作按节奏连接成小组合，强化

动作间过渡衔接,提高阶段增加动作难度和速度要求,提升执行质量和表现力,创新阶段鼓励学生在标准动作基础上增添个人风格元素提高表现张力。针对不同能力水平学生采取分层教学方法,设计基础版、标准版和挑战版三种难度动作方案,满足差异化学习需求,确保每位学生都能获得成就感并持续进步。教学过程中引入镜面示范和同伴互助教学模式,通过视觉引导强化动作记忆,结合多媒体技术创设情境教学环境,利用图像对比分析纠正常见错误动作,设置渐进式挑战任务激发学习潜能形成良性竞争氛围,采用定期展示活动检验学习成果,增强团队凝聚力和表现欲望。

1.3 训练强度和负荷科学控制及调整方法

强度控制主要通过心率监测、主观疲劳感知和动作完成质量三项指标综合评定,建立个体化训练强度区间,低强度训练区间主要用于技术动作学习阶段,中等强度区间适用于组合练习和耐力培养,高强度区间则限定在专项能力突破环节使用,并严格控制时间比例避免过度训练风险。

负荷调整方法遵循个体差异和渐进增加原则,通过调整训练密度、时长、复杂度三个维度实现精准控制,训练密度调整主要通过改变组间休息时间和动作连接速度,训练时长调整则根据不同训练阶段目标合理安排各环节占比,复杂度调整通过增减组合动作数量和难度系数实现。定期进行专项测试评估训练效果,根据测试结果动态调整训练计划,针对训练过程中出现技术瓶颈或疲劳累积现象适时安排调整周期,降低训练强度或转变训练内容确保训练积极性和身心健康,达到科学训练目标。并构建训练负荷监控系统,建立青少年生理指标数据库,追踪记录每位学员训练前后体能状态变化,引入营养补充和恢复措施配合训练安排,针对高强度训练后设计专门恢复计划,重视心理负荷监控,通过情绪量表评估心理状态,防止训练枯燥导致厌倦情绪,针对女性学员生理周期特点,调整特殊时期训练内容和强度要求,确保训练安全有效^[3]。

2 动作捕捉技术在青少年协调性评估中应用

2.1 动作捕捉设备参数配置和数据采集流程

通过采用光学式动作捕捉系统,配置十二台高速摄像机围绕训练场地布置,形成完整捕捉空间。摄像机采样频率设定为每秒一百二十帧,确保快速动作细节完整记录,空间分辨率达毫米级别,满足关节角度微小变化检测需求,反光标记点直径选择一厘米规格,适合青少年体型特征并且不影响正常训练动作执行。标记点布置遵循全身解剖学特征,共设置三十九个关键点,覆盖头部、躯干、四肢主要关节和节段,特别增加脊柱和骨盆区域标记密度,提高核心区域运动数据精度^[4]。

数据采集流程包括设备校准、被试准备、动作采集和数据存储四个环节,设备校准阶段进行空间坐标系建立和摄像机参数调整,确保捕捉空间精确性,被试准备环节包括人体测量和标记点粘贴,记录个体身体特征参数,动作采集分静态采集和动态采集两部分,静态采集用于建立个体化骨骼模型,动态采集记录完整训练过程,数据存储采用分类编码方式,包含个体信息、训练阶段等多维标签便于后续分析检索。为保证数据质量,每次采集前进行标准化热身减少个体差异影响,并安排技术人员全程监控,确保标记点脱落或遮挡情况及时处理,维持数据完整性。

2.2 三维动作数据处理和关键指标提取方法

采用低通滤波算法对轨迹数据进行平滑处理,截止频率设定为十赫兹,有效去除高频抖动并且保留动作本质特征,对于标记点短暂遮挡导致数据缺失,通过三次样条插值方法进行补全,当出现长时间数据缺失,则采用邻近关节点约束关系进行估算重建。基于清洗后数据构建个体化骨骼模型,计算关节中心位置和肢体段长度,建立局部坐标系统为后续运动学分析奠定基础。

关键指标提取围绕协调性评价需求设计提取算法,主要包括时空参数、关节角度变化、肢体协同性和稳定性四类指标,时空参数包括步态周期、移动速度和加速度变化,关节角度变化记录主要关节活动范围和角速度,肢体协同性通过相位差和协同变异指数量化上下肢配合程度,稳定性则通过压力中心轨迹和躯干姿态波动评估。针对健美操特定动作设计专门评价指标,如跳跃动作提取腾空高度、空中姿态控制和落地

缓冲能力, 转体动作则关注旋转速度均匀性和轴心稳定程度, 平衡动作重点分析支撑期间身体晃动幅度和补偿策略。

2.3 动作质量评分系统建立和校验过程

评分体系包含基本技术规范性、动作流畅连贯性、身体控制稳定性、节奏把握准确性、表现力五个维度, 每个维度下设多项具体评价指标, 和动作捕捉数据建立映射关系。基本技术规范性通过关节角度和身体姿态参数评定, 动作流畅连贯性则利用速度曲线平滑度和加速度变化率衡量, 身体控制稳定性主要依靠压力中心轨迹和躯干姿态波动幅度判断, 节奏把握准确性通过动作关键点时间间隔和音乐节拍同步性计算, 表现力则结合动作幅度变化和力量展示效果综合评定。

评分系统校验过程采用多重验证方法确保科学性和实用性, 先邀请健美操领域专家对同一组动作表现进行评分, 建立专家评分标准, 然后将动作捕捉数据输入评分系统生成客观得分, 第三步计算两种评分结果相关性调整算法权重系数, 最终通过交叉验证方法检验系统稳定性。针对不同年龄段青少年建立分级评价标准, 考虑生长发育因素影响, 评分系统实际应用过程中采取动态更新机制, 定期收集新数据调整参数, 保持系统灵敏度和评价准确^[5]。

3 健美操训练对青少年协调性发展影响分析

3.1 身体各部位协调性变化纵向比较研究

研究发现上肢协调性发展最为迅速, 主要表现在手臂和肩部动作控制精准度提高, 尤其是双臂不对称动作执行能力明显增强, 通过动作捕捉数据分析, 上肢协调性提升主要源于肩胛带稳定性增强和肌肉募集序列优化, 使手臂动作执行更加流畅精确, 上肢协调性提升对完成健美操中摆臂、波浪等技术动作质量提升效果明显, 并带动整体表现力提升。

下肢协调性变化表现为支撑稳定性和爆发力控制能力同步提高, 主要体现在步伐转换流畅度和跳跃落地缓冲能力方面, 训练初期下肢协调性提升较慢, 主要受限于肌肉力量不足, 中期随着专项力量增强, 下肢动作质量获得突破性进展, 后期则表现为精细控制能力持续提高。躯干协调性发展则呈现稳步上升趋势,

核心稳定性增强使全身动作连接更加协调自然, 头颈部协调性改善相对较小, 但在节奏感和表情配合方面仍有明显进步。纵向比较发现不同部位协调性发展存在关联性, 躯干协调性提升通常带动四肢协调性加速发展, 证实了“核心带动四肢”训练理念有效性。

3.2 不同训练阶段协调性发展关键节点分析

适应期关键节点主要表现为基础节奏感建立和简单动作协调性突破, 此阶段青少年从生硬模仿过渡到理解动作内在逻辑, 动作执行由刻意变为自然, 动作捕捉数据显示当学生能够保持连续八拍动作和音乐节拍同步, 且身体姿态保持稳定, 标志着适应期关键节点突破。基础期关键节点体现为单个肢体控制能力质变, 主要表现在关节活动范围扩大和力量控制精准度提高。

提高期关键发展节点最为明显, 表现为多肢体协同能力和动态平衡能力明显提升, 此阶段动作捕捉数据显示上下肢协同指数迅速提高, 动作连接过渡平滑度大幅改善。提高期关键节点通常出现在持续训练三至四个月后, 此时青少年已形成稳定运动模式和身体感知能力, 巩固期关键节点则体现为协调性稳定性建立, 即使在疲劳状态下仍能保持动作质量, 表现出协调性自动化特征。不同年龄段青少年关键节点出现时间存在差异, 女性学生协调性发展关键节点通常早于同龄男性学生, 反映性别差异对协调性发展影响, 训练者应当针对这些关键节点特征设计针对性训练方案, 促进协调性高效发展。

3.3 健美操训练促进协调性发展效果验证和推广建议

动作捕捉数据显示经过系统训练后, 青少年在全身协调性指标上均有明显提升, 特别是动作流畅度、节奏感和身体控制能力方面进步明显, 和传统体育项目相比, 健美操训练对提升青少年协调性效果更为全面, 尤其在节奏感、空间感知能力和多肢体协同方面优势明显, 这些优势主要源于健美操项目综合性特点, 结合音乐节奏、空间变换和复杂动作组合, 全方位刺激神经肌肉系统发展。

基于研究结果提出推广建议包括课程设置、师资培训和评价体系三方面，课程设置方面建议将健美操纳入学校体育课程体系，低年级以趣味性健美操为主，高年级逐步增加技术难度形成完整培养体系，师资培训应当强调动作分解教学法和分层教学策略，提升教师针对不同水平学生教学能力，评价体系建议引入动作捕捉技术辅助评价，结合主观评分和客观数据全面反映学生协调性发展情况，还建议开发适合不同年龄段青少年专属健美操训练内容，考虑生长发育特点和兴趣需求，增强训练吸引力和针对性。

结论

通过利用动作捕捉技术追踪分析青少年健美操训练协调性发展变化，证实系统训练能够明显提升全身协调性，研究建立科学训练方案和评价体系，为青少年协调性培养提供方法学支持，动作捕捉技术应用于协调性评估领域展现出独特优势，能客观记录细微变化并提供量化指标，健美操训练对上下肢协同能力与躯干稳定性改善效果明显，不同训练阶段存在关键发展节点，建议将健美操纳入学校体育课程，结合动作捕捉技术评估为青少年全面发展提供科学路径。

参考文献

- [1]潘越. 健美操练习对小学生身体协调性的作用研究[D]. 上海师范大学[2025-06-30].
- [2]马鸿韬, 刘柏, 张晓莹, 等. 大众健美操锻炼对肢体协调性及心功能的影响[J]. 北京体育大学学报, 2004(03): 49-51.
- [3]刘婷婷. 大众健美操对体校学生协调性的培养[J]. 河南科技, 2012(23): 42-42.
- [4]王莹. 健美操教学中学生协调性的培养[J]. 河海大学学报哲学社会科学版, 2000(S1): 89-91.
- [5]周园. 大众健美操锻炼对肢体协调性及人体机能的影响[J]. 中小企业管理与科技, 2016(30): 2.