

# 基于生态动力学系统理论的复杂运动情境教学对小学生心理健康的实证研究

王霜<sup>1</sup>, 单宇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西南大学附属小学, 重庆北碚, 中国

<sup>2</sup>西南大学体育学院, 重庆北碚, 中国

**【摘要】**在学校体育由体能导向走向身心整合的背景下, 本研究以生态动力学为理论视角, 提出并检验“复杂运动情境教学”模式对小学生心理健康的促进作用及其生理依据。采用随机对照设计, 40名小学生分别接受基于“约束导向教学法”的复杂情境体育课程与常规线性教学, 为期8周、每周3次。通过干预前后对心理健康量表与心率变异性(HRV)指标的综合评估, 结果显示: 与对照组相比, 实施复杂情境教学的学生在学习适应、情绪调节、个性发展、社会适应与行为自控等方面均呈现稳定且显著的改善; 生理层面亦表现为自主神经系统调节能力的提升, 副交感神经相关表现增强、交感—副交感平衡更为优化。研究表明, 强调任务、环境与个体多重约束互动的体育课堂, 不仅提升了学习参与与情境理解, 也为促进小学生心理健康提供了可操作的教育路径与课程组织范式。

**【关键词】**复杂运动情境; 生态动力学理论; 约束导向教学法; 心率变异性; 心理健康

## 1. 引言

近年来, 儿童心理健康问题呈现高发态势, 美国预防临床服务指南工作组指出, 约50%的心理问题始发于青少年阶段, 其中小学生群体的焦虑、抑郁、社交退缩等症状不断上升[1]。我国学生体质与健康调研亦显示, 心理问题在校园中表现隐蔽多样, 已成为制约儿童全面发展的重要障碍[2]。因此, 构建系统、有效的心理干预路径成为当前教育科研的重点任务。体育课程作为提升心理健康的重要手段, 其干预价值已获得广泛关注。但传统体育教学多以技能训练为主, 缺乏真实复杂的情境设计, 难以有效激发学生的情绪调节与社会适应能力[3]。

《义务教育体育与健康课程标准(2022年版)》强调“创设复杂运动情境”, 通过不确定性、互动性和动态性的运动任务, 提升学生的问题解决、情绪调控与合作能力[4]。“复杂运动情境”强调运动环境的动态变化与任务多样性, 涵盖规则变换、教学比赛、游戏对抗等形式, 其本质是模拟生活中的“不可控性”, 激发学生主动适应和行为调节能力[5]。该教学理念来源于生态动力学理论(Ecological Dynamics Theory), 强调个体、任务与环境三者的动态耦合[6]。在此理论指导下形成的“约束导向教学法(Constraint-Led Approach, CLA)”, 通过操作个体、环境与任务三类限制, 引导学生在非线性情境中自主探索与问题解决, 是非线性教学

策略的重要代表[7]。与此同时, 心理健康的调节机制亦深层关联于自主神经系统(Autonomic Nervous System, ANS)功能。ANS由交感与副交感神经组成, 前者主导应激反应, 后者调控恢复机制。心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)作为衡量ANS活动平衡的重要指标, 被广泛用于评估心理调节与抗压能力[8]。高HRV通常反映良好的副交感调节能力与心理弹性, 低HRV则与焦虑、抑郁密切相关[9]。已有研究表明, 体育活动可有效提升HRV水平, 特别是具有不确定性和认知负荷的复杂运动情境, 能更有效激活副交感系统、改善神经-心理耦合状态[10]。然而, 当前研究仍存在三方面不足: 一是缺乏HRV等客观生理指标的应用, 二是干预教学缺乏生态动力视角引导, 三是小学阶段的神经-心理整合研究相对匮乏。因此, 本研究基于生态动力学系统理论设计复杂运动情境干预方案, 综合考察其对小学生心理健康与HRV的影响, 以期为体育教学的心理调节功能提供理论依据与实践路径。

## 2. 研究对象与方法

### 2.1 实验对象

本研究采用方便抽样法, 于重庆市北碚区某小学选取三年级学生2个班级共计60人为研究对象。剔除有重大疾病史及未能完整参与实验的个体后, 最终确定实验组和对照组各

20人。两组学生男女比例基本一致，平均年龄为(9.32±0.47)岁，身体健康，具备正常的认知与行为能力。确认实验组与对照组在心理健康初始状态上无统计学显著性差异(P>0.05)，满足实验同质性前提。

## 2.2 实验方案设计

### 1.2.1 实验设计与流程

本研究采用为期8周的前后测随机对照实验设计，实验流程包括三个阶段：实验前测、正式干预和实验后测。实验前测阶段：分别对实验组与对照组学生进行HRV静息状态记录与心理健康问卷测试，建立基线指标。实验干预阶段：实验组采用基于生态动力学理论的复杂运动情境教学法(Constraint-Led Approach, CLA)，对照组实施传统体育技能训练。两组均每周安排3节课，每节课40分钟，连续干预8周，共24次教学活动[11]。实验后测阶段：正式干预结束后两组学生重新实施HRV测试与心理健康量表评估，以分析前后变化。

### 1.2.2 干预方案

实验组：复杂运动情境教学

本组教学以生态动力学理论为基础，通过“约束导向教学法”(CLA)设计课堂情境。教学干预聚焦于操控“个体约束”“环境约束”与“任务约束”，推动学生在动态变动的环境中实现感知-动作的自组织与适应[11,12]。

教学实施结构如下：

① 情境导入(5分钟)：引入富有沉浸感的主题情境，如“逃离追捕”“穿越迷宫”等游戏化活动，激活学生感知系统与动机状态[11,12]；

② 技能任务练习(20分钟)：通过操控约束条件设置任务复杂度如非优势侧肢体控制、变化空间结构、限定规则等进行持球练习(如图1)，提升动作探索能力与适应性行为策略[11,12]；

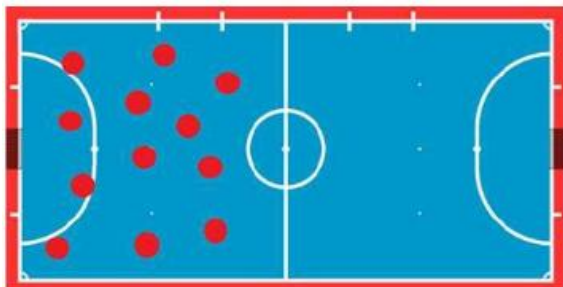


图1.持球训练

注：该训练要求所有球员每人持一球，以中高强度跑动并规避队友。在此基础训练框架中，已对以下约束变量进行调控：练习的具体

形式、预设目标及专项规则。研究者可进一步叠加附加约束条件，例如：设置地面锥形标志物，强制球员规避障碍物；缩小训练场地范围，通过改变环境约束增加球员间接触概率。

③ 问题解决与团队协作(10分钟)：开展小组合作任务如：小场地对抗赛、训练(Trigger-Runner)协作挑战任务(如图2-3)，训练学生在动态互动中完成认知决策、策略调整与情绪控制[11,12]。

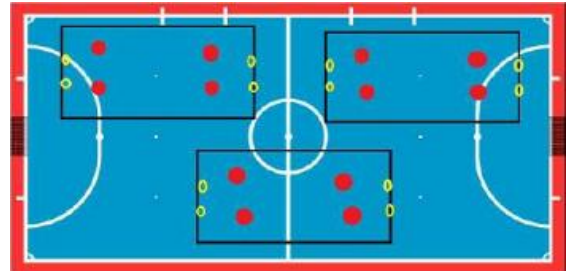


图2.小场地对抗赛

注：采用真实2v2与3v3小型对抗赛模式，比赛在限定空间内进行，场地边界及球网区域由锥形标志物界定。本活动中所调控的约束变量包括：参与人数、空间范围、时间限制、练习类型及比赛目标。此类设计旨在通过调整环境与任务参数，探究其对运动员决策行为与技战术表现的影响。

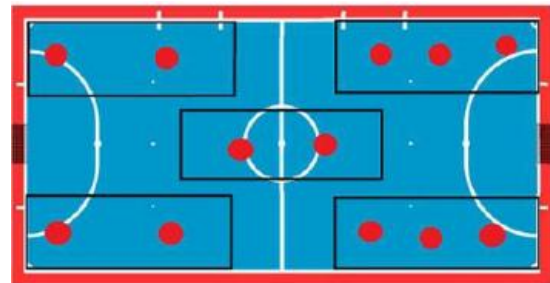


图3.触发追击训练(Trigger-Runner)

注：该训练为一种动态持球逃脱练习：持球进攻球员需在封闭空间内摆脱防守球员追截以保持控球权，值得注意的是，防守球员同样持有球权(注：实验条件可调整为移除防守球员球权，或增设额外持球进攻球员以增加复杂度)。本活动中所操作的约束变量包括：参与人数、空间范围、时间限制、练习类型、目标设定及规则体系。

④ 反思与总结(5分钟)：课后组织学生进行回顾性评价与体验分享，强化自我认知调节与同伴反馈能力[11,12]。

对照组：传统线性体育教学法

对照组依据常规体育教学模式实施干预，以教师讲授、技术示范与重复模仿为主要教学策略，强调动作技能的规范化掌握。

课堂结构如下:

① 热身准备 (5 分钟): 常规集体拉伸与准备活动;

② 技术演示与模仿 (25 分钟): 教师对运球、传球、投篮等项目进行示范, 学生进行重复性操作练习;

③ 技能测试或分组比赛 (5 分钟): 通过计时跑或个人技术评分反馈学习成果;

④ 教学总结 (5 分钟): 教师单向总结课堂内容与表现。

### 2.3 测试项目与方法

#### 1.3.1 HRV (心率变异性) 测试

采用芬兰 Mega Faros 180 心电记录仪, 在安静坐姿下连续采集 5 分钟心电数据, 使用 HRV-Scanner 系统进行分析。HRV 指标包括:

RMSSD 和 HF (0.150.40 Hz), 反映副交感神经活性; SDNN 与 TP, 反映整体 HRV 变异性; LF (0.040.15 Hz) 与 LF/HF 比值, 反映交感神经活动及自主神经调节平衡水平。

#### 1.3.2 心理健康状况测评

采用《中国小学生心理健康评定量表》对学生心理状态进行评估。该量表包含 80 个项目, 涵盖 8 个维度, 每个维度 10 题。

### 2.4 数据处理方法

应用 SPSS 26.0 软件统计分析。运用独立样本 t 检验比较实验组与对照组在前测和后测中的差异性变化; 对组内前后变化采用配对样本 t 检验, 显著性水平设定为  $P < 0.05$ 。

## 3. 结果

### 3.1 HRV 变化结果

表 1. HRV 各项指标变化

指标	对照组 (n=20)		实验组 (n=20)	
	前测	后测	前测	后测
RMSSD (ms)	42.88±13.87	41.85±11.73	40.88±10.56	58.93±12.35*#
SDNN (ms)	49.38±2.64	50.33±2.98	47.65±2.92	63.24±4.01*#
TP (ms <sup>2</sup> )	2786.88±601.45	2987.61±672.06	2652.51±592.90	3312.42±739.04*#
HF (ms <sup>2</sup> )	1157.37±388.87	1219.34±410.23	1134.87±417.83	1348.77±470.76*#
LF (ms <sup>2</sup> )	1291.54±202.67	1375.89±224.87	1309.76±242.88	1387.78±267.56
LF/HF	1.11±0.52	1.12±0.54	1.15±0.58	1.02±0.56*#

\*表示 vs 前测,  $p < 0.05$ ; #表示 vs 对照组,  $p < 0.05$

表 1 显示: 干预前实验组与对照组在 RMSSD、SDNN、TP、HF、LF/HF 等 HRV 指标上无显著差异 ( $p > 0.05$ )。干预后, 实验组 RMSSD ( $58.93 \pm 12.35$  ms)、SDNN ( $63.24 \pm 4.01$  ms)、TP ( $3312.42 \pm 739.04$  ms<sup>2</sup>) 和 HF ( $1348.77 \pm 470.76$  ms<sup>2</sup>) 显著高于前测 ( $p < 0.05$ ), LF/HF 比值则显著下降 ( $1.02 \pm 0.56$ ,  $p < 0.05$ ), 提示副交感神经功能增强及交感-副交感平衡改善。对照组 HRV 指标在干预前后无显著变化 ( $p > 0.05$ )。干预后, 实验组在 RMSSD、SDNN、TP、HF 和 LF/HF 等指标上的得分均显著优于对照组 ( $p < 0.05$ ), 表明复杂运动情境教学在增强自主神经调节功能方面具有积极效果。

### 3.2 心理健康水平变化结果

表 2 显示: 实验前两组心理健康各维度及

总分差异均不显著 ( $p > 0.05$ ), 具有可比性。干预后, 实验组在学习障碍 ( $5.20 \pm 1.47$ )、情绪障碍 ( $4.60 \pm 1.40$ )、社会适应障碍 ( $4.40 \pm 1.66$ )、不良习惯 ( $4.61 \pm 1.79$ ) 和特种障碍 ( $2.00 \pm 0.72$ ) 等维度得分较前测显著下降 ( $p < 0.05$ ), 总分由 ( $41.25 \pm 14.01$ ) 降至 ( $35.47 \pm 10.69$ ) ( $p < 0.05$ )。除“性格缺陷”和“行为障碍”外, 大多数维度均体现出干预成效。对照组仅在“不良习惯”维度也出现显著下降 ( $6.10 \pm 1.36$  vs.  $6.02 \pm 1.31$ ) ( $p < 0.05$ ), 其他维度得分基本稳定。进一步分析表明, 干预后实验组在学习障碍、情绪障碍、性格缺陷、社会适应障碍、特种障碍及心理健康总分方面得分均显著优于对照组 ( $p < 0.05$ ), 显示出复杂运动情境教学在改善学生心理状态上的显著优势。

表 2. 心理健康量表得分比较

指标	对照组 (n=20)		实验组 (n=20)	
	前测	后测	前测	后测
学习障碍	6.30±1.84	6.20±1.47	6.20±1.74	5.20±1.47*#
情绪障碍	5.70±1.53	5.55±1.40	5.60±1.76	4.55±1.35*#
性格缺陷	4.80±1.54	4.60±1.24	5.20±1.54	4.40±1.24*#

社会适应障碍	5.05±1.67	4.90±1.66	5.25±1.62	4.10±1.69*#
品德缺陷	5.70±1.50	5.35±1.60	5.40±1.59	5.35±1.44
不良习惯	6.30±1.45	5.60±1.79*	6.10±1.36	6.02±1.31
行为障碍	4.25±1.68	4.20±1.44	4.65±1.62	3.75±1.41*#
特殊障碍	2.65±0.99	2.50±0.72	2.85±1.27	2.10±0.78*#
总分	40.75±12.29	38.20±11.32	41.25±14.01	35.47±10.69*#
*表示 vs 前测, $p < 0.05$ ; #表示 vs 对照组, $p < 0.05$				

#### 4. 讨论

本研究发现,基于生态动力学理论的复杂运动情境教学模式显著提高了小学生的 HRV 指标,包括 RMSSD、SDNN、TP 和 HF,同时降低了 LF/HF 比值。这表明该教学模式有效增强了学生副交感神经活动,改善了自主神经系统功能,与既往研究结果一致[10,11]。复杂运动情境的动态、非线性特征可能是导致这些变化的重要因素,其通过设置不同的任务约束条件,激发学生在运动过程中主动调整行为策略,从而频繁激活副交感神经系统,增强 HRV 的整体水平[2-4]。此外,复杂运动情境提供的多感官刺激和高度认知参与可能通过减少交感神经系统的主导作用,促进迷走神经活动增加。迷走神经在自主神经系统中起到“刹车”作用,可降低交感神经系统兴奋,减少应激反应,提高机体的恢复能力[8]。本研究的结果支持了复杂运动情境教学能有效提高儿童生理适应性和抗压能力的假设,为进一步探讨复杂情境运动对儿童自主神经系统调节机制提供了实践依据。

本研究表明,实验组在干预后心理健康各维度均显著改善,特别是学习障碍、情绪障碍、社会适应障碍和不良习惯等维度。相较于传统线性体育教学模式,复杂运动情境教学模式显著提高了学生的心理健康水平,与以往研究结论相符[11,12]。复杂运动情境通过增强学生的情境互动和决策需求,有效提高了学生的自我效能感和情绪调节能力,从而降低焦虑与抑郁水平[11]。从生态动力学角度分析,复杂运动情境中任务的多样性与环境的不确定性,迫使学生持续进行问题解决和自我调控。这种持续自我组织过程,不仅增强了学生的行为适应能力,也强化了学生面对心理压力时的应对策略,提升了心理弹性[7,8]。此外,复杂运动情境还通过增强同伴互动与团队协作,促进了学生社会支持网络的形成,有助于减少社会适应障碍与不良习惯的形成。

#### 5. 结论

本研究基于生态动力学系统理论,探讨了复杂运动情境教学对小学生心理健康和心率

变异性的影响。结果表明,该教学模式能有效提升儿童自主神经功能与心理健康水平,尤其在增强副交感神经活性、降低心理障碍风险方面表现突出。相比传统体育教学,复杂运动情境更具调节效能,具备良好的实践推广价值与理论意义。

#### 参考文献

- [1] 章琪,和申,李华.2022 年美国预防临床服务指南工作组《儿童和青少年抑郁症和自杀风险筛查推荐声明》解读[J].中国全科医学, 2025, 28 (15): 1823-1830.
- [2] Chen P, Wang D, Shen H, et al. Physical activity and health in Chinese children and adolescents: expert consensus statement [J]. Br J Sports Med, 2020, 54(22): 1321-1331.
- [3] 季浏.新时代我国中小学体育与健康课程的整体构建与发展趋势[J].武汉体育学院学报, 2022, 56 (10): 5-12, 20.
- [4] 季浏.我国《义务教育体育与健康课程标准(2022 年版)》解读[J].体育科学, 2022, 42 (05): 3-17+67.
- [5] 季浏.坚持“三个导向”的义务教育体育与健康课程标准(2022 年版)解析[J].体育学刊, 2022, 29 (3): 1-7.
- [6] Adolph K E, Hoch J E. Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling[J]. Annual review of psychology, 2019, 70(1): 141-164.
- [7] 彭健,王鹏,敬龙军.镜鉴与启示:非线性教学法 CLA 与复杂运动情境的创设[J].体育教育学报, 2025, 41 (01): 88-94.
- [8] 陈辉映,蒋佩佩.体育教学复杂运动情境的创设——基于生态动力学理论[J].体育教育学报, 2024, 40 (04): 10-16+95.
- [9] 陈秀婷,方凌燕,陈灿.心率变异性的临床应用价值[J].广东医科大学学报, 2023, 41 (03): 348-353.
- [10] 刘国荣,沈惠,王兴.国际运动领域关于心率变异性研究的知识基础与热点[J].重庆医学, 2019, 48 (20): 3531-3536.
- [11] D'Isanto T, Di Domenico F, D'Elia F, et al.

The effectiveness of constraints-led training on skill development in football [J]. *International Journal of Human Movement*, 2021, 9(6): 1344-1351.

[12] Kuralbayeva A A, Tasova A, Sultanbek M,

et al. Assessing the Impact of Nonlinear Pedagogy on Student Engagement in Physical Education [J]. *Retos*, 66: 1041-1056.