

青少年发展的数字赋能：一项关于身体活动、睡眠与学业表现的跨模态循证研究及政策启示

苏占国^{1*}, 苏倚平²

1云南民族大学体育学院, 云南昆明;

2马来西亚大学体育与运动科学学院, 马来西亚吉隆坡

摘要: 久坐生活方式、睡眠不足与学业压力正日益威胁青少年的健康与发展。本研究构建并验证了一个整合身体活动、睡眠质量和学业表现的跨模态循证模型, 借助可穿戴设备与机器学习算法等数字技术。在生态系统理论的基础上, 该模型探讨了这三者之间的互动关系, 并考虑了家庭支持和学校政策等环境因素的调节效应。研究通过问卷调查、可穿戴设备记录及学校档案资料, 收集了来自1200名中小学生的数据。结构方程模型 (SEM) 显示出显著的正向关系: 身体活动提升了睡眠质量 ($\beta=0.35$, $p<0.001$), 睡眠质量进一步改善了学业表现 ($\beta=0.29$, $p<0.001$), 身体活动对学业表现也存在直接影响 ($\beta=0.18$, $p<0.01$)。家庭支持 ($\beta=0.22$, $p<0.01$) 和学校政策 ($\beta=0.19$, $p<0.05$) 对上述关系具有显著调节作用, 凸显了情境因素的重要性。该模型在交叉验证中表现出较强的预测精度 ($CFI=0.90$, $TLI=0.89$, $RMSEA=0.07$, $SRMR=0.07$)。学生访谈的定性分析强调了在健康行为与学业负担之间寻求平衡的困难, 以及身体活动与充足睡眠带来的积极感受。在理论层面, 研究推动了生态系统理论与数字技术在青少年健康研究中的应用; 在实践层面, 为政策制定者、教育工作者及家长提供了可操作的建议, 契合《健康中国2030》和“双减政策”的发展方向。研究的局限包括依赖自报数据和横断面研究设计, 未来应通过纵向研究和客观测量予以补充。本研究为改善青少年健康与学业成果提供了一个综合性框架, 有助于促进其全面发展与福祉。

关键词: 身体活动; 睡眠质量; 学业表现; 生态系统理论; 数字技术; 青少年健康

Digital Empowerment for Adolescent Development: A Cross-modal Evidence-based Study on Physical Activity, Sleep and Academic Performance and Its Policy Implications

Zhanguo Su^{1*}, Yiping Su²

1. School of Physical Education, Yunnan Minzu University, Kunming, Yunnan;

2. School of Sports and Exercise Sciences, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia

Abstract: Sedentary lifestyles, insufficient sleep and academic pressure are increasingly threatening the health and development of adolescents. This study constructed and validated a cross-modal evidence-based model integrating physical activity, sleep quality and academic performance, leveraging digital technologies such as wearable devices and machine learning algorithms. Based on the ecological system theory, the model explored the interactive relationships

among these three factors and considered the moderating effects of environmental factors such as family support and school policies. Data were collected from 1,200 primary and secondary school students through questionnaires, wearable device records and school archival materials. The structural equation model (SEM) revealed significant positive relationships: physical activity improved sleep quality ($\beta=0.35$, $p<0.001$), sleep quality further enhanced academic performance ($\beta=0.29$, $p<0.001$), and physical activity had a direct positive impact on academic performance ($\beta=0.18$, $p<0.01$). Family support ($\beta=0.22$, $p<0.01$) and school policies ($\beta=0.19$, $p<0.05$) significantly moderated these relationships, highlighting the importance of contextual factors. The model demonstrated strong predictive accuracy in cross-validation (CFI=0.90, TLI=0.89, RMSEA=0.07, SRMR=0.07). Qualitative analysis of student interviews emphasized the difficulty in balancing health behaviors and academic burdens, as well as the positive feelings brought by physical activity and adequate sleep. Theoretically, the study advanced the application of ecological system theory and digital technologies in adolescent health research. Practically, it provided actionable suggestions for policymakers, educators and parents, aligning with the development directions of “Healthy China 2030” and the “Double Reduction Policy”. Limitations of the study include reliance on self-reported data and a cross-sectional research design, which should be supplemented by longitudinal studies and objective measurements in the future. This study offers a comprehensive framework for improving adolescent health and academic outcomes, contributing to their all-round development and well-being.

Keywords: Physical Activity; Sleep Quality; Academic Performance; Ecological System Theory; Digital Technology; Adolescent Health

1 引言

青少年的健康与发展正逐渐成为当代社会的重要议题，特别是在日益增长的学业压力、久坐生活方式以及睡眠不足等多重挑战下。这些问题受到快速社会变迁和数字技术广泛使用的加剧影响，深刻改变了青少年与其环境之间的互动方式[1]。在众多影响青少年福祉的因素中，身体活动、睡眠质量与学业表现被认为是关键变量[2]。然而，现有研究往往对这些因素进行割裂式探讨，忽视了它们之间的相互关系以及更广泛生态环境中的互动机制[3]。这种碎片化的研究模式限制了整体健康管理策略的制定，迫切需要一个整合的框架来借助数字技术系统地应对上述挑战。

数字技术，如可穿戴设备、大数据分析与人工智能，为实时监测和分析青少年健康行为提供了前所未有的可能。例如，Fitbit 等可穿戴设备可高精度地追踪身体活动与睡眠模式，而机器学习算法则可整合多模态数据，揭示复杂关联[4]。尽管具有巨大

潜力，数字技术在青少年健康研究中的整合应用仍处于探索初期，尤其是在将身体活动、睡眠与学业表现纳入统一模型方面研究不足[5]。

在中国，政府已出台多项政策以促进青少年身心健康发展。其中，《健康中国2030》提出应将体育活动与健康教育系统纳入学校课程体系[6]。2021年出台的“双减政策”则旨在减轻学生作业与校外培训负担，从而为学生提供更多参与运动与休息的时间[7]。这些政策体现了对青少年健康进行整体性干预的高度重视，强调身体活动、睡眠与学业表现之间的相互作用。

本研究旨在回应上述问题，构建并验证一个融合身体活动、睡眠质量与学业表现的跨模态循证模型，并引入数字技术手段加以支持。在生态系统理论的指导下，该模型意在阐明上述维度之间的交互关系，同时考虑家庭支持、学校政策等环境因素的影响。研究不仅具有理论创新意义，也具备实际应用价值。

在理论层面，本研究拓展了数字技术在青少年健康研究中的应用路径，提出了一个整合式创新模型；在实践层面，模型验证结果可为干预措施的设计提供科学依据，如指导学校在学业安排中平衡体育活动时间，或帮助家长营造有利于睡眠健康的家庭环境[8]。

综上所述，本研究通过整合数字技术与实证数据，填补了相关文献在青少年健康管理领域的空白，为制定多层次的干预策略、提升青少年全面发展水平提供了理论与实践支持。

2 文献综述

青少年的健康和发展受到个体行为和环境因素复杂相互作用的影响，其中体力活动、睡眠质量和学业成绩是关键决定因素[9]。然而，现有研究往往孤立地考察这些因素，忽视了它们之间的相互联系以及它们所处的更广泛的生态环境。本节回顾了这些维度的文献，指出了其中的差距，并为本文提出的跨模式循证模型奠定了理论基础。

2.1 健康管理中的数字技术

可穿戴设备、大数据分析和人工智能等数字技术彻底改变了健康监测和干预策略。Fitbit 和 Apple Watch 等可穿戴设备能够实时追踪体力活动和睡眠模式，提供此前无法获得的高精度数据[4]。机器学习算法可以整合多模态数据来揭示复杂的关系，为健康行为提供新的见解[5]。尽管数字技术潜力巨大，但在青少年健康研究中的应用仍未得到充分探索，尤其是在将体力活动、睡眠和学业成绩整合到一个统一模型中的情况下[10]。

2.2 体力活动与青少年健康

体力活动被广泛认为是青少年健康的重要组成部分，大量研究表明其对身体、心理和认知结果有积极作用[11]。规律的体力活动与改善心血管健康、减轻焦虑和抑郁症状以及提高学业成绩相关[12]。然而，体力活动与健康之间的关系并非线性的；它受到一系列环境因素的影响，例如是否能够使用娱乐设施、父母的支持以及学校政策[13]。例如，在体育课程内容丰富的学校就读的学生更有可能达到推荐的活动水平，并表现出更好的健康

结果[14]。

2.3 睡眠质量与学业成绩

睡眠是青少年健康的另一个关键决定因素，睡眠质量差和睡眠时间不足会导致一系列负面结果，包括认知功能受损、情绪失调和学业成绩不佳[15]。研究表明，睡眠充足的学生更有可能在学业上表现出色，注意力和记忆力更强，行为问题也更少[16]。然而，睡眠模式受多种因素影响，包括学业压力、屏幕时间和家庭惯例[17]。例如，过多的家庭作业和早到校时间已被认定为青少年充足睡眠的重大障碍[18]。

2.4 学业成绩与健康结果

学业成绩既是青少年健康的决定因素，也是其结果。良好的学业成就与更好的心理健康、更高的自尊和更好的长期结果相关[19]。相反，学业压力会对身心健康产生负面影响，导致焦虑、抑郁和睡眠障碍等问题[20]。学校氛围、教师支持和家长期望等环境因素使学业成绩与健康之间的关系更加复杂[21]。

2.5 文献中的空白

现有文献为影响青少年健康的个人和环境因素提供了宝贵的见解。然而，仍然存在一些关键空白。首先，大多数研究仅关注单一维度，例如体力活动或睡眠，而未考虑它们之间的相互关联。其次，将数字技术应用于青少年健康研究的研究有限，尤其是在体力活动-睡眠-学业成绩关系的背景下。最后，很少有研究尝试构建和验证将这些维度整合在一个统一框架内的预测模型。

本研究旨在弥补这些不足，为理论和实践领域做出贡献。我们提出的基于多模式循证的模型以生态系统理论为基础，并利用数字技术，为理解和应对青少年面临的复杂健康挑战提供了一个新颖的框架。

3 方法论

本研究采用混合方法，构建并验证了一个整合中小學生体力活动、睡眠质量和学业成绩的跨模式循证模型。该研究设计以生态系统理论为基

基础，将定量数据分析与定性分析相结合，以确保全面理解关键变量之间复杂的相互作用。下文概述了本研究的框架、数据收集程序、分析方法和验证策略。

3.1 研究框架

本研究以布朗芬布伦纳的生态系统理论（1979）为指导，该理论认为个体发展受到多个相互关联的环境系统的影响[22]。该模型将体力活动、睡眠质量和学业成绩概念化为相互关联的维度，并受微系统（例如家庭、学校）、中系统（例如家庭与学校的相互作用）和外系统（例如社区资源）因素的调节。该框架能够全面审视青少年健康和福祉的决定因素。

该研究框架以布朗芬布伦纳的生态系统理论为基础，该理论认为个体发展受到多个相互关联的环境系统的影响。该框架将三个核心维度——体力活动、睡眠质量和学业成绩——整合成一个统一的中小学生健康管理模型。它考察了这些维度在微系统（例如家庭、学校）、中系统（例如家校互动）和外系统（例如社区资源）中的相互作用，从而对青少年健康和福祉提供全面的理解。为了清晰起见，以下将该框架概括为三行表格。

表1. 基于生态系统理论的研究框架

系统层级	核心组成部分	在模型中的作用
微系统	家庭、学校、同伴群体	通过直接互动影响身体活动、睡眠和学业表现
中间系统	家庭-学校互动、同伴网络	协调微系统各组成部分之间的关系，增强或减弱其影响
外层系统	社区资源、教育政策	通过更广泛的环境和政策因素间接影响健康行为

框架解读，微系统：这一层面包括青少年直接互动的直接环境，例如家庭、学校和同伴群体,这些互动在塑造身体活动习惯、睡眠模式和学业参与度方面发挥着关键作用。中系统：这一层面关注微系统各组成部分之间的联系，例如家庭与学校的互动或同伴网络,这些联系可以加强或削弱身体活动、睡眠和学业成绩之间的关系。外系统：这一层面涵盖更广泛的环境和政策因素，例如社区资源和教育政策，这些因素通过塑造青少年的生活和学习环境间接影响他们的健康行为。

框架意义，整体视角：通过整合多个层面的影响因素，该框架提供了对青少年健康和发展的全面理解。实际应用：该框架指导制定针对个体行为和环境背景的多层次干预措施。理论贡献：它扩展了生态系统理论，将其应用于青少年的身体活动、睡眠和学业成绩的具体情境。

3.2 数据收集

3.2.1 样本选择

本研究采用分层随机抽样方法，从不同地理和社会经济背景的中小学招募参与者。样本涵盖10至18岁的学生（N=1,200），确保样本涵盖不同性别、年级和城乡环境。参与者参与前已获得家长和学生的同意，并符合伦理指南[23]。

3.2.2 数据来源

数据收集自多个来源，以体现模型的多维性，学生问卷：自评体力活动（例如，国际体力活动问卷[IPAQ]）、睡眠质量（例如，匹兹堡睡眠质量指数[PSQI]）和学业成绩（例如，平均绩点）。客观测量：使用可穿戴设备（例如Fitbit）追踪14天内的体力活动和睡眠模式。背景数据：学校记录提供了学业成绩信息，而家长和教师调查则评估了家庭支持和学校政策等环境因素。

3.3 分析方法

3.3.1 结构方程模型 (SEM)

本研究采用结构方程模型(SEM) 构建和测试所提出的模型。SEM尤其适用于本研究，因为它能够同时分析多种关系并考虑测量误差[24]。该模型包含体力活动、睡眠质量和学业成绩的潜在变量，以及来自调查和可穿戴设备数据的观察指标。环境因素（例如家庭支持、学校氛围）被纳入作为调节变量。

3.3.2 模型拟合度指标

使用已建立的指标评估模型拟合度，包括比较拟合度指数(CFI)、塔克-刘易斯指数(TLI)、近似均方根误差(RMSEA)和标准化均方根残差(SRMR)。可接受的拟合度定义为CFI和TLI $\geq$ 0.90、RMSEA $\leq$ 0.08且SRMR $\leq$ 0.08。

3.3.3 交叉验证

为确保模型的稳健性，采用交叉验证方法。样本被随机分为训练集（70%）用于模型构建，以及验证集（30%）用于测试预测准确性。这种方法降低了过度拟合的风险，并增强了研究结果的普遍性[25]。

3.4 定性部分

为了补充定量分析，我们对部分参与者（n=50）进行了半结构化访谈，以探讨他们对体力活动-睡眠-学业成绩关系的看法以及环境因素的影响。主题分析用于识别重复出现的模式和主题，从而更深入地洞察青少年健康管理的背景动态[26]。

3.5 伦理考量

本研究遵循美国心理学会[23]关于人类受试者研究的伦理准则。所有受试者均已获得知情同意，数据匿名化以保护隐私。研究方案已获得主办机构审查委员会（IRB）的批准。

4 结果

本节介绍基于多模式循证模型的定量和定性分析结果，该模型整合了中小学生的体力活动、睡眠质量和学业成绩。结果分为三个部分：（1）描述性统计和初步分析；（2）结构方程模型（SEM）结果；以及（3）定性分析。所有分析均采用稳健的统计方法，以确保研究结果的信度和效度。

4.1 描述性统计与初步分析

研究样本涵盖1200名中小学生（平均年龄14.2岁，标准差2.1岁），性别均衡（52%为女生，48%为男生），城乡分布均衡（60%为城市，40%为农村）。描述性统计显示，学生平均每天进行45.3分钟（标准差15.7分钟）的中等强度体育锻炼，平均每晚睡眠时间为7.2小时（标准差1.1小时）。学业成绩以平均绩点（GPA）衡量，平均为3.4分（满分4.0分）（标准差0.6分）。初步相关性分析表明，体力活动与睡眠质量（ $r=0.32$, $p<0.001$ ）、睡眠质量与学业成绩（ $r=0.28$, $p<0.001$ ）以及体力活动与学业成绩（ $r=0.24$, $p<0.001$ ）之间存在显著的正相关关系。这些发现表明，该模型的三个维度相互关

联，支持采取综合的健康管理方法。

表2. 描述性统计和相关矩阵

变量	均值 (标准差)	1	2	3
1. 身体活动	45.3 (15.7)	1.00		
2. 睡眠质量	7.2 (1.1)	0.32***	1.00	
3. 学业成绩	3.4 (0.6)	0.24***	0.28***	1.00

注: *** $p < 0.001$

4.2 结构方程模型 (SEM) 结果

SEM分析得出了良好的模型拟合度（CFI=0.93, TLI=0.91, RMSEA=0.06, SRMR=0.05），证实了体力活动、睡眠质量和学业成绩之间的假设关系。主要研究结果包括，体力活动与睡眠质量：体力活动对睡眠质量有显著的正向影响（ $\beta=0.35$, $p<0.001$ ），这表明经常锻炼的学生更有可能拥有更好的睡眠习惯。睡眠质量与学业成绩：睡眠质量与学业成绩呈正相关（ $\beta=0.29$, $p<0.001$ ），表明充足的睡眠可以提高认知功能和学业成绩。体力活动与学业成绩：体力活动对学业成绩的直接影响虽小但显著（ $\beta=0.18$, $p<0.01$ ），凸显了运动在促进认知和情绪健康方面的作用。

研究还观察到环境因素的调节作用。例如，家庭支持显著增强了体力活动与睡眠质量之间的关系（ $\beta=0.22$, $p<0.01$ ），而学校政策则调节了睡眠质量与学业成绩之间的联系（ $\beta=0.19$, $p<0.05$ ）。这些发现强调了环境因素在塑造学生健康结果方面的重要性。

表3. 结构方程模型结果

路径	β 系数	标准误	p值
体力活动 $\rightarrow$ 睡眠质量	0.35	0.04	<0.001
睡眠质量 $\rightarrow$ 学业表现	0.29	0.05	<0.001
体力活动 $\rightarrow$ 学业表现	0.18	0.06	0.008
家庭支持（调节变量）	0.22	0.07	0.002
学校政策（调节变量）	0.19	0.08	0.016

4.3 定性洞察

对访谈数据进行主题分析，揭示了三个关键主题，平衡行为：学生们描述了平衡体力活动、睡眠和学业需求的挑战，他们往往优先考虑学业而牺牲健康。环境影响：参与者强调了家庭习惯（例如，就寝时间表）和学校政策（例如，体育教育要求）在塑造他们的健康行为方面的作用。感知益处：许多学生表示，规律的体力活动和充足的睡眠改善了

他们的情绪、精力水平和学业专注度，这强化了定量研究结果。

这些定性洞察提供了对体力活动-睡眠-学业表现关系的细致理解，并将统计结果与学生的实际经历联系起来。

4.4 交叉验证结果

交叉验证分析证实了模型的稳健性。该模型在验证集中表现出较高的预测精度，拟合度指标（CFI=0.92、TLI=0.90、RMSEA=0.07、SRMR=0.06）相当。这表明该模型适用于不同的人群和环境。

表4. 交叉验证结果

拟合指数	训练集	验证集
CFI	0.93	0.92
TLI	0.91	0.90
RMSEA	0.06	0.07
SRMR	0.05	0.06

5 讨论

本研究结果为生态系统框架内体力活动、睡眠质量和学业成绩之间的相互关联提供了有力证据。通过构建和验证一个跨模式循证模型，本研究加深了我们对塑造青少年健康和福祉的复杂动态的理解。下文将讨论本研究的理论贡献、实践意义和局限性，以及未来的研究方向。

5.1 理论贡献

本研究对文献做出了多项重要贡献。首先，它将布朗芬布伦纳的生态系统理论（1979）的应用扩展到青少年健康管理领域。通过将体力活动、睡眠质量和学业成绩概念化为受多种环境系统影响的相互关联的维度，该模型为理解学生健康结果提供了一个整体框架。这种方法填补了文献中一个关键的空白，即传统上孤立地研究这些因素。

其次，本研究强调了家庭支持和学校政策等环境因素在塑造体力活动-睡眠-学业成绩关系中的调节作用。这些发现与先前强调环境因素对青少年发展重要性的研究结果相一致，但更进一步，通过在一个统一的模型中量化其影响。这项研究强调了采取多层次干预措施的必要性，这些干预措施既要针对个体行为，也要考虑环境因素。

5.2 实践意义

该验证模型对政策制定者、教育工作者和家長具有重要意义。首先，身体活动与睡眠质量之间存在显著的正相关关系，这表明学校应优先发展体育教育项目和课外运动。这些举措不仅有助于促进身体健康，还能改善睡眠模式，而睡眠模式对认知功能和学业成功至关重要[27]。

其次，睡眠质量与学业成绩之间的显著关联强调了推迟上课时间、减轻学业压力的必要性。研究表明，提早上课时间对青少年的影响尤为严重，因为他们在青春期会经历睡眠周期的自然转变[28]。调整学校作息时间以适应学生的生物节律，可以显著提高学生的健康和学业成绩。

最后，家庭支持和学校政策的调节作用凸显了家庭与教育机构合作的重要性。家长可以通过建立规律的就寝习惯和鼓励学生进行体育锻炼发挥关键作用，而学校可以通过制定促进学生健康和福祉的政策，营造支持性环境。

5.3 局限性和未来方向

尽管本研究有所贡献，但仍存在一些局限性。首先，依赖于学生自我报告的体育锻炼和睡眠质量数据可能会引入测量偏差。虽然使用了可穿戴设备来补充自我报告，但未来的研究可以受益于更客观的测量方法，例如用于睡眠的体动记录仪和用于体育锻炼的加速度计[29]。

其次，横断面研究设计限制了我们推断因果关系的能力。需要进行纵向研究来检验体育锻炼-睡眠-学业成绩之间的关系如何随时间演变，并确定干预的关键时期。例如，追踪从小学到中学的学生可以揭示不同教育阶段的过渡如何影响他们的健康行为。

第三，本研究侧重于特定年龄组（10-18岁）和地理背景，这可能会限制研究结果的普遍性。未来的研究应探索该模型在不同文化和社会经济环境以及其他年龄组（例如大学生）中的适用性。

5.4 总结

总而言之，本研究证明了将生态系统理论与实证数据相结合以构建和验证综合健康管理模型的价值。跨模式循证模型不仅促进了理论理解，也为改

善青少年健康和学业成绩提供了切实可行的见解。通过探讨身体活动、睡眠和学业成绩之间的相互关联，本研究有助于实现促进青少年整体健康的更广泛目标，最终支持他们的长期发展和成功。

6 结论

本研究成功构建并验证了一个基于多模态循证模型，该模型利用数字技术探索了中小学生体力活动、睡眠质量和学业成绩之间的复杂关系。研究结果表明，这些维度不仅相互关联，而且受到家庭支持和学校政策等环境因素的显著影响。具体而言，研究发现，体力活动可以提高睡眠质量，进而对学业成绩产生积极影响，而环境因素则调节了这些关系，凸显了环境因素在塑造青少年健康结果方面的重要性。

6.1 研究摘要

本研究的主要贡献在于开发了一个强大的数据驱动模型，该模型整合了来自可穿戴设备、调查问卷和学校记录的多模态数据。通过应用结构方程模型(SEM)和交叉验证技术，该模型表现出了较高的预测准确性和普遍性，为理解体力活动、睡眠和学业成绩之间复杂的相互作用提供了一个全面的框架。环境因素的纳入进一步丰富了模型，为理解家庭和学校环境如何放大或减弱这些关系提供了见解。

6.2 政策建议

基于研究结果，我们提出了几项基于证据的政策建议，增加体育锻炼机会：学校应优先发展体育教育项目和课外运动，以促进规律的体育锻炼，这已被证明可以提高睡眠质量和学业成绩。优化睡眠环境：应实施政策调整学校上课时间，减轻学业压力，确保学生有充足的恢复性睡眠时间。利用数字技术：应利用可穿戴设备和数据分析平台等数字工具监测和评估健康干预措施的有效性，以便实时调整并提供个性化建议。

6.3 研究展望

本研究为青少年健康管理的未来研究和实际应用奠定了基础。未来的研究应侧重于，纵向设计：对学生进行长期跟踪，以更好地了解体育锻炼、睡

眠和学业成绩之间的因果关系和发展轨迹。多元化人群：扩大研究范围，涵盖多元化的文化、社会经济和年龄群体，以增强研究结果的普遍性。数字技术整合：进一步探索人工智能和机器学习等数字技术在开发预测模型和个性化健康干预措施方面的潜力。总而言之，这项研究不仅推进了理论理解，还为政策制定者、教育工作者和家长提供了切实可行的见解。通过利用数字技术并采用整体方法进行青少年健康管理，我们可以促进下一代人的福祉和长期成功。

参考文献

- [1] Salam, R. A., Das, J. K., Lassi, Z. S., & Bhutta, Z. A. (2016). Adolescent health and well-being: Background and methodology for review of potential interventions. *Journal of adolescent health*, 59(4), S4-S10.
- [2] Hale, G. E., Colquhoun, L., Lancastle, D., Lewis, N., & Tyson, P. J. (2021). Physical activity interventions for the mental health and well-being of adolescents - a systematic review. *Child and adolescent mental health*, 26(4), 357-368.
- [3] 袁晓玲, 李浩, 邸勃. 环境规制强度、产业结构升级与生态环境优化的互动机制分析. *贵州财经大学学报*, 2019, (01), 73-81.
- [4] Yan, H., Zhang, R., Oniffrey, T. M., Chen, G., Wang, Y., Wu, Y., ... & Moore, J. B. (2017). Associations among screen time and unhealthy behaviors, academic performance, and well-being in Chinese adolescents. *International journal of environmental research and public health*, 14(6), 596.
- [5] Ouyang, Y., Wang, H., He, Y., Su, C., Zhang, J., Du, W., Jia, X., Huang, F., Li, L., Bai, J., Zhang, X., Guan, F., Zhang, B., Ding, G., & Wang, Z. (2025). Physical Activity and Sedentary Behavior Among Chinese Adults - 10 PLADs, China, 2022-2023. *China CDC weekly*, 7(1), 6-9. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2025.002>
- [6] State Council of China. (2016). Healthy China 2030 plan outline. <http://www.gov.cn>

- [7] Ministry of Education of China. (2021). Guidelines on reducing homework and after-school tutoring for compulsory education students. <http://www.moe.gov.cn>
- [8] 纪可, 刘玲, 王平, 黄亮亮, 解丹, 卢玉俊. 大学生居家学习期间睡眠质量及心理健康状况的调查研究. 现代预防医学, 2020, 47(20), 3742-3745+3763. doi:10.20043/j.cnki.mpm.2020.20.022.
- [9] 刘爽, 周璇, 李志华. 体育活动对青少年健康状况的影响: 学业压力和睡眠质量的链式中介作用. 中国体育科技, 2024, 60(11), 55-60. doi:10.16470/j.csst.2024111.
- [10] Garcia-Ceja, E., Riegler, M., Nordgreen, T., Jakobsen, P., Oedegaard, K. J., & Tørresen, J. (2018). Mental health monitoring with multimodal sensing and machine learning: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 51, 1-26.
- [11] García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Lubans, D. R., & Izquierdo, M. (2021). Effects of physical education interventions on cognition and academic performance outcomes in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 55(21), 1224-1232.
- [12] Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197 - 1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- [13] Mieziene, B., Emeljanovas, A., Tilindiene, I., Tumynaite, L., Trinkuniene, L., & Kawachi, I. (2021). The direct and indirect relationships of environmental, interpersonal and personal factors with high school students physical activity: an ecological approach. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 874.
- [14] Kljajević, V., Stanković, M., Đorđević, D., Trkulja-Petković, D., Jovanović, R., Plazibat, K., ... & Sporiš, G. (2021). Physical activity and physical fitness among university students—A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 158.
- [15] Wang, W., Zhu, Y., Yu, H., Wu, C., Li, T., Ji, C., ... & Ding, D. (2024). The impact of sleep quality on emotion regulation difficulties in adolescents: a chained mediation model involving daytime dysfunction, social exclusion, and self-control. *BMC Public Health*, 24(1), 1862.
- [16] Adornetti, J. P., Wolfson, A. R., Bohnert, A. M., & Crowley, S. J. (2025). Clash Between the Circadian and School Clocks: Implications for Cognitive Functioning and School-Related Behavior During Adolescence. *Current Sleep Medicine Reports*, 11(1), 10.
- [17] Maratia, F., Bacaro, V., & Crocetti, E. (2023). Sleep is a family affair: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies on the interplay between adolescents' sleep and family factors. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 4572.
- [18] Delfmann, L. R., Verloigne, M., Deforche, B., Hunter, S. C., Cardon, G., de Boer, J., & Vandendriessche, A. (2024). Psychosocial determinants of sleep behavior and healthy sleep among adolescents: A two-wave panel study. *Journal of Youth and Adolescence*, 53(2), 360-373.
- [19] Fairlamb, S. (2022). We need to talk about self-esteem: The effect of contingent self-worth on student achievement and well-being. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 8(1), 45.
- [20] Suldo, Shannon & Shaunessy, Elizabeth & Ferron, John & Dedrick, Robert. (2018). Predictors of Success Among High School Students in Advanced Placement and International Baccalaureate Programs. *Gifted Child Quarterly*. 62. 001698621875844. 10.1177/0016986218758443.

- [21] La Salle, T. P., Rocha-Neves, J., Jimerson, S., Di Sano, S., Martinsone, B., Majercakova Albertova, S., ... & Zvyagintsev, R. (2021). A multinational study exploring adolescent perception of school climate and mental health. *School psychology*, 36(3), 155.
- [22] Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard university press.
- [23] American Psychological Association (2017). *Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct*. Washington DC: American Psychological Association. [.http://www.apa.org/ethics/code/index.aspx](http://www.apa.org/ethics/code/index.aspx).
- [24] Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- [25] Field, A.P. (2018) *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 5th Edition, Sage, Newbury Park.
- [26] Naeem, M., Ozuem, W., Howell, K., & Ranfagni, S. (2023). A step-by-step process of thematic analysis to develop a conceptual model in qualitative research. *International journal of qualitative methods*, 22, 16094069231205789.
- [27] Zarazaga-Peláez, J., Barrachina, V., Gutiérrez-Logroño, A., Villanueva-Guerrero, O., Roso-Moliner, A., & Mainer-Pardos, E. (2024). Impact of Extracurricular Physical Activity on Achievement of the Sustainable Development Goals and Academic Performance: Mediating Cognitive, Psychological, and Social Factors. *Sustainability*, 16(16), 7238.
- [28] Meltzer, L. J., Wahlstrom, K. L., Plog, A. E., & Strand, M. J. (2021). Changing school start times: impact on sleep in primary and secondary school students. *Sleep*, 44(7), zsab048.
- [29] Quante, M., Kaplan, E. R., Rueschman, M., Cailler, M., Buxton, O. M., & Redline, S. (2015). Practical considerations in using accelerometers to assess physical activity, sedentary behavior, and sleep. *Sleep health*, 1(4), 275-284.

