

# 植物柔软触感对学龄期儿童身心健康影响研究 ——以绵毛水苏为例

The Impact of Plant Soft Tactile Sensation on the Physical and Mental Health of School-aged Children: A Case Study of *Stachys byzantina*

王雁珺 金荷仙\*  
WANG Yanjun JIN Hexian\*

(浙江农林大学风景园林与建筑学院, 杭州 311300)  
(College of Landscape Architecture, Zhejiang A&F University, Hangzhou, Zhejiang, China, 311300)

文章编号: 1000-0283(2025)12-0039-09  
DOI: 10.12193/j.laing.2025.12.0039.005  
中图分类号: TU986  
文献标志码: A  
收稿日期: 2025-07-29  
修回日期: 2025-09-19

## 摘要

伴随着社会工业化、城市化和现代化进程加快, 数码电子产品、繁重的课业无形中占据了儿童户外活动时间, 导致自然缺失症频发发生。开展自然感知与观察有助于提升儿童对自然的认知及其自然情感态度, 密切与自然的联结, 其中植物则是营造健康可持续人居环境以及联结人与自然的核心要素。现有植物健康效益研究多从视觉、嗅觉维度出发, 触觉感知视角下针对儿童感知特征开展的循证研究尚显不足。通过现场调研以及问卷调查充分了解学龄期儿童触觉景观感知情况, 筛选绵毛水苏 (*Stachys byzantina*) 作为具备柔软质感的植物材料代表, 选择儿童活动空间中高频使用的不锈钢金属作为具备坚硬触感的人工材料代表, 比较触摸绵毛水苏及不锈钢金属材料前后学龄期儿童生理、心理变化情况, 探究不同材料触觉感知对儿童身心健康的影响差异。结果表明: (1) 绵毛水苏触觉刺激显著降低儿童额叶 $\theta$ 波活动及消极情绪, 诱导放松状态; 不锈钢金属材料的触觉刺激则抑制积极情绪, 激活与压力相关的负面心理印象; (2) 绵毛水苏触觉刺激未能显著改变血压、心率等自主神经应激指标, 表明其对即时生理压力恢复效果有限; (3) 相较不锈钢金属材料, 接触绵毛水苏后儿童舒尔特方格测试完成时间显著缩短, 注意力水平得以提升, 并在一定程度上增强儿童与自然联结程度; (4) 视觉和触觉在调节大脑放松状态中存在复杂的资源分配交互作用。研究成果有助于完善触觉感知视角下植物要素健康效益理论研究, 为城市儿童友好公园中健康、安全、趣味的植物触觉景观营造提供一定理论参考。

## 关键词

风景园林; 触觉感知; 自然缺失; 学龄期儿童; 植物景观

## Abstract

Amid the rapid progression of social, industrial, and urbanization, children's outdoor activities have become increasingly dominated by digital devices and academic demands, leading to a rise in nature deficit disorder. Enhancing children's innate perception and observational skills can strengthen their cognitive and emotional bonds with nature, with plants functioning as vital elements of sustainable living environments and human-nature interactions. While existing studies on the benefits of plants have emphasized visual and olfactory dimensions, tactile perception, particularly evidence-based research tailored to children, remains insufficiently explored. This study employed field surveys and questionnaires to assess tactile landscape perceptions among school-aged children, selecting *Stachys byzantina* as a representative soft-textured plant material and stainless steel, a commonly used hard-textured artificial material in children's spaces, to compare physiological and psychological responses before and after tactile contact. Results indicated that: (1) Tactile interaction with *Stachys byzantina* markedly diminished frontal theta wave activity and negated emotional responses, thereby fostering relaxation; conversely, contact with stainless steel suppressed positive emotions and elicited stress-related perceptions; (2) No significant variations in autonomic stress markers, such as blood pressure or heart rate, were observed following contact with *Stachys byzantina*, implying limited immediate physiological recuperation; (3) Compared to stainless steel, exposure to *Stachys byzantina* notably enhanced attentional performance, as assessed via the Schulte Grid test, and augmented the sense of connectedness to nature; (4) Visual and tactile stimuli exhibit complex interactions in modulating cognitive relaxation. These findings contribute to the theoretical understanding of plant-mediated health benefits through tactile engagement and establish a scientific foundation for the development of engaging, safe, and health-promoting tactile plant landscapes in urban children's parks.

## Keywords

landscape architecture; tactile perception; nature deficit; school-aged children; plant landscape

王雁珺  
2001年生/女/江西九江人/在读硕士研究生  
/研究方向为康复景观

金荷仙  
1964年生/女/浙江东阳人/博士/教授、博  
士生导师/研究方向为风景园林历史理论与  
遗产保护、康复花园、植物景观规划设计

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: lotusjhx@zafu.edu.cn

## 基金项目:

国家自然科学基金面上项目“视嗅感知协同作用下的城市绿地植物配置研究”(编号: 52278084); 国家自然科学基金面上项目“芳香植物配置对人体亚健康干预效应研究”(编号: 51978626)

截至2021年12月，中国儿童青少年网民规模高达1.81亿；受到疫情影响，儿童触网时间呈现低龄化趋势，网络授课模式无形中增加其电子产品的使用时间，这在一定程度上占据了儿童户外活动时间，易导致“自然缺失症”频繁发生<sup>[1-2]</sup>。“自然缺失症”的概念最早由理查德·洛夫(Richard Louv)于2005年在《林间最后的小孩》一书中提出<sup>[3]</sup>。自然缺失对儿童的不利后果主要表现为注意力难以集中、感官能力萎缩或感统能力失调、近视与肥胖症发生率上升，并易引发忧郁、压力等情绪健康问题，亟须早期预防与干预<sup>[4]</sup>。改善自然缺失的最有效方式即帮助儿童充分接近自然，进行包含自然观察、自然体验以及自然感知等内容的自然教育活动，提升其对自然的认知和情感态度，强化自然在塑造儿童价值观与行为方式中的基础作用<sup>[5]</sup>。

然而，自然环境如何改善儿童自然缺失现象的机制尚不清晰。其中，植物是自然健康及可持续发展的人居环境中不可或缺的核心要素，部分学者基于五感理论框架已展开不少植物对人体身心健康的影响研究。例如，Mochizuki等<sup>[6]</sup>发现，观看典型的花朵图像可减少杏仁核—海马区的激活，从而降低负面情绪反应，并能抑制血压和皮质醇水平的升高；王晴艺等<sup>[8]</sup>选取紫苏(*Perilla frutescens*)为研究材料，发现闻香0.5 h后受试者 $\alpha$ 波升高、 $\beta$ 波与 $\theta$ 波下降，收缩压显著降低，即紫苏植株香气对人体产生显著的积极放松效益；而鲍齐齐等<sup>[7]</sup>从视嗅交互感知角度出发，评估不同色系和香型月季(*Rosa chinensis*)对人压力缓解、注意力恢复及情绪调节的具体影响。触觉作为人感知环境最为直接的联结方式之一，其在环境健康领域的应用最早源于无障碍设计研究。随着相关研究的深入，学者们开展一系列实证研究探讨触觉感知与

人体健康关系机制，目前大部分成果集中于动物抚摸带来的健康影响。人抚摸动物时可通过触觉刺激促进大脑中催产素的分泌，从而帮助其减轻压力、缓解焦虑并促进社会交往<sup>[9]</sup>。此外，少量研究开始关注植物触觉感知与人体健康的因果关系，指出植物触感可能会通过影响大脑活动、调节中枢及自主神经系统进而对人体生理健康产生影响。如Hassan等<sup>[10]</sup>通过脑电图(EEG)监测发现，相比接触人造草坪，老年群体接触自然草坪后脑电活动变化更显著，通常伴随更强的平静与放松感。此外，以触觉感知为核心的园艺活动(如插花、栽培)可能通过促进人际互动进而提升人体身心健康与认知水平<sup>[11]</sup>。触觉是儿童感觉发展的重要组成部分，影响着他们对世界的认知、情绪发展以及与环境的互动<sup>[12]</sup>。然而现有研究较少关注到儿童好奇心强、乐于触碰自然事物的感知特性，从触觉感知角度探讨植物对儿童身心健康影响机制的循证研究成果仍需补充。

综上所述，在儿童自然缺失症频发的社会背景下，关注到儿童的自然联结需求，充分认识植物对改善其身心健康、促进认知发展的重要性，积极开展相关实证研究至关重要。因此，本研究通过调查7~12岁学龄期儿童植物景观触觉感知基本情况以及植物景观触觉感知偏好，在充分了解儿童感知环境能力及个体差异的基础上，基于儿童偏好选取两类常见景观材料——绵毛水苏(*Stachys byzantina*)与不锈钢作为主要触觉刺激源，旨在探讨触摸绵毛水苏前后学龄期儿童生理、心理变化情况以及对比不同材料触觉感知对儿童身心健康的影响差异。研究结果有助于揭示触觉感知视角下植物影响儿童身心健康的潜在机制，为城市儿童友好公园中营造兼具健康效益、安全保障和趣味体验的植物触

觉景观提供重要的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 植物材料

为筛选触觉感知属性突出的典型植物材料，本研究结合杭州市儿童友好公园植物触觉景观实地调研与网络信息评价，初步选定绵毛水苏、红叶石楠(*Photinia × fraseri*)、狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、金边黄杨(*Euonymus japonicus 'Aurea-marginatus'*)、鼠尾草(*Salvia japonica*)和狐尾天门冬(*Asparagus densiflorus 'Myersii'*) 6种植物。随后，邀请浙江农林大学附属小学70名五年级学生进行6种植物触觉感知评价，通过投票遴选学龄期儿童触感偏好度最高的植物材料。植物触觉感知评价结果显示6种植物中绵毛水苏获得高达92.9%触感偏好率。从形态学特征上看，绵毛水苏全株密被银白色绒毛，此类特化结构使其叶片显著呈现柔软且略带粗糙的触感。因此，本研究选择绵毛水苏叶片作为具备柔软触感的植物代表，以助清晰揭示植物柔软触觉属性与儿童生理、心理变化的因果关系，为后续研究不同植物触感类型(如光滑、粗糙、坚硬等)健康效益提供比对基准。

#### 1.1.2 人工材料

鉴于户外环境的触觉感知体验具有多样性，其刺激源不仅包含植物、水体等自然要素，还涵盖构筑物、铺装等人工要素。在各类人工材料中，不锈钢金属凭借其耐用性和低维护成本的特性在儿童活动场所设施中广泛应用，成为儿童户外活动中频繁接触的材料类型之一。然而，相较于木质等自然材料在人体身心健康效益研究中丰富的实证依据，不锈钢等人工材料对儿童身心健康的具体影响尚未

得到充分探讨。因此,本研究选用表面光滑、无腐蚀的304不锈钢金属板(尺寸:300 mm×300 mm×1.5 mm)作为人工组触觉刺激材料。

在儿童友好空间中,植物材料与金属材料触感本身具有丰富的变化与差异。本研究选取绵毛水苏作为具备柔软触感的植物材料代表,不锈钢材料则作为具备坚硬触感的人工材料代表,通过将二者进行对比,旨在证明自然植物材料与人工金属材料对儿童身心健康影响的效益差异,从而为儿童友好景观的材料选择标准与设计规范提供相应科学依据。

## 1.2 实验环境

实验于2024年12月每个周末白天时段在浙江农林大学风景园林与建筑学院园林模型实验室内完成。实验选用一面为白色背景墙,其余三面为采光窗的独立单间(图1)。实验台布置于白色背景墙前方,儿童受试者所坐位置与台面放置的触觉刺激材料距离约0.5 m。为最大限度减少环境干扰,确保受试者注意力集中,实验期间严格保持室内安静,并控制温度、湿度于恒定水平,平均环境参数为温度23.1℃、相对湿度26.8%。

## 1.3 实验对象

虽然触觉系统基本结构在儿童早期就已形成,但触觉系统分辨能力与高级处理通常要到6~9岁左右才能接近成人水平<sup>[13]</sup>。依据皮亚杰的认知发展理论,10~11岁儿童认知与语言表达能力较为成熟,能够准确描述自身感受与偏好,有助于捕捉学龄期儿童触觉感知的核心特征。因此,本研究通过学校宣讲、网络宣传共招募了46名9~12岁来自杭州市临安区的儿童作为实验受试者,其中男孩19名,女孩27名。实验设计空白对照组、人工对照组以及植物实验组,所有受试者被随机分配



图1 实验场地、实验仪器及问卷量表  
Fig. 1 Experimental site, experimental instruments and questionnaire scales

图2 实验流程  
Fig. 2 Experimental process

给各组,每组20名。为避免累积效应,每位受试者参与次数不超过两次,每次参与实验时间至少间隔12 h。所有受试者及其父母均充分了解研究方案并自愿参与,父母签署了书面知情同意书,儿童在正式实验前亦口头同意参与。本研究已通过浙江农林大学伦理审批,所有实验流程均符合儿童伦理要求。

## 1.4 实验流程

已有研究表明,接触自然环境3~5 min 能够得到较高信度的研究结论<sup>[14]</sup>,因此本实验将施压与恢复测试时间定为3 min。实验流程如图2所示:(1)受试者到达实验场地后,工作人员进行实验流程及仪器介绍,家长与儿童受试者签署研究知情书,随后佩戴脑电仪。(2)进行3 min施压任务,受试者需独立

完成数学题测试,任务结束后测量实验前测血压和心率,填写PANAS-C、CNI前测量表,并完成舒尔特方格测试。(3)正式实验前儿童受试者需触摸白纸10 s,帮助其激活触觉感官,熟悉触觉任务。(4)进行3 min触觉实验。实验过程中受试者需佩戴耳塞并轻闭双眼,以排除其余感官刺激影响。根据指令伸手接触不同触觉刺激材料(空白组无触摸行为),听到指令后收手并睁眼。(5)实验结束后摘掉脑电仪,再次测量血压、心率指标,填写PANAS-C、CNI后测及SD触觉感知量表,完成舒尔特方格测试。每次实验总时长约16 min。

## 1.5 实验仪器及指标测定

### 1.5.1 生理指标

研究以脑电波信号、血压和心率为生理

评估指标(图1)。使用Emotiv EPOC+X便携式脑电仪采集受试者的脑电波信号,该仪器按照“10-20国际标准导联系统”布置14个电极,覆盖顶叶、枕叶、颞叶、额叶4大脑区,采样率为128 Hz。脑电信号通过蓝牙实时传输至计算机,最终解析5种脑电频段信号( $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta_L$ 波、 $\beta_H$ 波、 $\gamma$ 波),各频段对应不同的大脑活动状态与功能(表1)。前额叶皮层是儿童大脑发育的关键区域,与情绪、语言、高级认知及行为反应相关联<sup>[15-16]</sup>。因此本研究重点关注额叶区域(AF4、AF3、F3、F4、F7、F8、FC5、FC6)脑电波信号变化,并将其作为评估触觉刺激下受试者神经响应的核心指标。

压力恢复理论(SRT)认为接触自然环境有助于个体从压力情况中恢复,尤其强调通过感官体验(如视觉、听觉、触觉)与自然互动以获得恢复效益<sup>[17]</sup>。在压力或放松的情绪条件下,血压、心率在生理上受到自主神经系统调节并产生相应变化。血压和心率上升,表明身体处于应激状态,相反则说明身体压力状态减轻。因此本研究使用OMRON电子血压计测量受试者接受自然触觉刺激前后收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和心率的变化情况,以评估植物触感的压力恢复效益。

### 1.5.2 心理指标

研究以主观情绪得分、自然联结程度、注意力水平以及自然触觉感知情况为心理评估指标(图1)。主观情绪量表选用Laurent<sup>[18]</sup>等于1999年编制的儿童版正负性情绪量表(PANAS-C)。该量表基于正负性情绪量表(PANAS)和正负性情绪量表扩展版(PANAS-X)开发,并针对中小学生的阅读理解能力进行修订。PANAS-C包含27个项目,分为两个分量表:积极情绪量表(PA)包含12个项目,消极情绪量表(NA)包含15个项目。受试者通过5点李克特量表评分(1=“非常轻微或完全没有”,5=“极其强烈”),PA项目得分越高,NA项目得分越低,则说明受试者具有更积极的情绪状态。

已有研究表明,儿童与自然的联结程度越强,主观幸福度越高,心理健康问题发生风险越低<sup>[19]</sup>。选用2020年Monroe等<sup>[20]</sup>更新的自然联结度量表(CNI)。新版CNI量表题数更少,删减“享受自然”“同情生物”“同一感”“责任感”4个维度,着重测量儿童对自然情感态度。采用李克特5点量表形式评分,CNI量表总得分越高,则表明受试者与自然联结程度越紧密。

注意力恢复理论(ART)指出,接触自然环境有助于个体恢复注意力<sup>[21]</sup>。儿童的植物

触觉体验作为一种直接的自然互动方式,有助于丰富儿童的注意力恢复资源,从而提高其认知能力和情绪稳定性。研究采用4×4规格的舒尔特方格作为注意力评估工具,该方格由16个单元格组成并随机分布数字1~16,正式测试开始要求受试者按从小到大的顺序快速、准确地点击数字。完成时间越短,表明受试者的视觉搜索速度、选择性注意力和信息处理效率越高。为确保所有受试者充分理解任务要求,每人提供1~2次练习机会,练习环节的数据不计入最终分析。

SD语义差异分析法基于心理学相关理论,通过设置一系列双极形容词对量表进行评价,科学量化个体的主观感受。本研究中受试者需从触觉感知角度出发,采用7级评分标准对触觉材料八大特征维度(自然度、温度、粗糙度、湿度、硬度、熟悉度、喜好度、舒适度)进行-3~3的赋值打分,分为“非常”“相当”“稍微”“中等”“稍微”“相当”“非常”7个评价程度。

## 1.6 数据分析方法

### 1.6.1 数据处理

对所采集的生理和心理数据需进行初步处理后方可进行后续分析。对于主观问卷,PANAS-C量表分别计算PA总分和NA总分,CNI量表计算所有项目的总得分。生理数据方面,采用MATLAB中EEGLAB插件对原始脑波信号进行预处理,包括电极定位、剔除无用电极、滤波、分段、基线矫正、插值坏导、重参考及独立成分分析(ICA),最后剔除伪迹或质量不佳的数据段。预处理完成后进行频谱分析,使用pwelch函数将时域信号转换为频域信号并提取功率谱密度值(PSD)<sup>[22-23]</sup>。最终将处理后的主观问卷得分和生理数据整理为适用于SPSS分析的数据格式。

表1 脑电频段范围介绍  
Tab. 1 Introduction to electroencephalogram frequency band signals

脑电波 Brain wave	频率 /Hz Frequency	含义 Meaning
$\theta$ 波	[4, 8)	与深度放松、冥想状态及浅睡眠相关, $\theta$ 波增加过多易导致抑郁情绪, $\theta$ 波减少表明注意力集中
$\alpha$ 波	[8, 12)	反映放松的清醒状态, $\alpha$ 波增加表明人更加轻松愉悦
$\beta_L$ 波	[12, 16)	低频 $\beta$ 波与轻度警觉和集中状态相关,表现为低强度的专注和精神活动
$\beta_H$ 波	[16, 25)	高频 $\beta$ 波通常反映紧张、焦虑或高度专注的状态,与问题解决或信息处理密切相关
$\gamma$ 波	[25, 45]	$\gamma$ 波与高级认知功能和脑区域之间的同步工作有关,神经元兴奋性增加的表现

## 1.6.2 统计分析

使用SPSS 27.0软件进行组内(前测、后测)及组间数据分析。分析前,首先对各组数据进行方差齐性检验和正态性检验:若数据满足方差齐性和正态性要求,采用配对样本t检验比较组内前后测数据,采用单因素方差分析比较组间差异;若不满足方差齐性或正态性要求,则采用Wilcoxon符号秩检验或Kruskal-Wallis H检验等非参数检验方法。本研究中PANAS-C量表和CNI量表的Cronbach's  $\alpha$ 系数分别为0.903和0.885,表明两份量表均具有较高的内部一致性信度。

## 2 数据分析及结果

### 2.1 生理指标分析

#### 2.1.1 PSD结果分析

采用配对样本t检验或Wilcoxon符号秩检验分析触觉刺激前后受试者脑电波的变化情况(表2)。结果显示:植物组受试者触摸绵毛水苏后 $\theta$ 波显著下降( $p < 0.001$ ),空白组与人工组 $\theta$ 波前后测变化均未达到显著水平(空白组 $p = 0.080$ ;人工组 $p = 0.133$ )。各组 $\alpha$ 波在触觉刺激前后均出现极显著上升趋势,其中空白组总体水平显著上升6.221( $p < 0.001$ ),植物组显著上升2.742( $p < 0.001$ )。空白组、植物组 $\beta_H$ 波后测与前测相比出现极显著差异(空白组 $p = 0.009$ ;植物组 $p < 0.001$ ),均呈现下降趋势;空白组、植物组与人工组后测 $\gamma$ 波均呈极显著降低趋势(空白组 $p < 0.001$ ;植物组 $p < 0.001$ ;人工组 $p < 0.001$ )。5类脑电波段中,仅 $\beta_L$ 波在各组前后测中未发现显著变化( $p > 0.05$ )。

采用Kruskal-Wallis H检验对 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta_H$ 波及 $\gamma$ 波振幅进行组间分析及事后两两比较(经Bonferroni校正)。图3结果显示:与空白组相比,接受植物触觉刺激 $\theta$ 波振幅降低趋势

表2 各组脑电波前后测变化

Tab. 2 Changes in brain wave measurements before and after the test for each group

指标 Index	实验分组 Experimental group	前测 / ( $\mu V^2/Hz$ ) Pre-test	后测 / ( $\mu V^2/Hz$ ) Post-test	统计量 Statistic	$p$
$\theta$ 波	空白组	4.88 ± 2.81	6.11 ± 3.79	-1.848	0.080
	植物组	5.06 (2.85)	4.06 (2.19)	-3.547	< 0.001**
	人工组	4.92 ± 2.61	4.56 ± 2.91	1.568	0.133
$\alpha$ 波	空白组	2.68 ± 1.38	8.90 ± 4.76	-7.022	< 0.001**
	植物组	2.30 ± 1.19	5.04 ± 2.14	-6.604	< 0.001**
	人工组	2.33 (0.90)	4.20 (2.39)	-2.987	0.003**
$\beta_L$ 波	空白组	1.26 ± 0.43	1.43 ± 0.54	-1.635	0.118
	植物组	1.12 ± 0.36	1.06 ± 0.39	1.477	0.156
	人工组	1.16 ± 0.31	1.23 ± 0.48	-0.945	0.356
$\beta_H$ 波	空白组	0.95 ± 0.41	0.73 ± 0.30	2.927	0.009**
	植物组	0.70 (0.36)	0.62 (0.35)	-3.435	< 0.001**
	人工组	0.63 ± 0.20	0.60 ± 0.23	1.269	0.220
$\gamma$ 波	空白组	0.47 (0.34)	0.27 (0.07)	-3.509	< 0.001**
	植物组	0.36 (0.23)	0.26 (0.18)	-3.397	< 0.001**
	人工组	0.31 (0.14)	0.24 (0.13)	-3.696	< 0.001**

注:前后测 $X \pm S$ 数值表示平均值±标准差,该组数据采用配对样本t检验,统计量使用 $t$ 值;前后测 $X$ (IQR)数值表示中位数(四分位距),该组数据采用Wilcoxon符号秩检验,统计量使用 $Z$ 值;\*表示 $p < 0.05$ 呈现显著性水平,\*\*表示 $p < 0.01$ 呈现极显著性水平。

更显著( $p = 0.002$ ),即植物组受试者此时注意力更为集中,一定程度增加其深度放松状态;对于 $\alpha$ 波变化,空白组振幅值显著高于植物组与人工组,而植物组与人工组 $\alpha$ 波振幅变化未呈现显著差异( $p = 0.066$ );空白组与植物组、人工组与植物组 $\gamma$ 波振幅变化均无显著差异( $p = 0.117$ ;  $p = 0.344$ );不同触觉刺激材料对于各组间 $\beta_H$ 波振幅差异影响无统计学意义( $p = 0.175$ )。

#### 2.1.2 血压、心率结果分析

根据正态性检验结果,空白组心率、植物组舒张压及心率的前后测数据使用配对样本t检验进行分析,其余组数据使用Wilcoxon符号秩检验探究前后测差异(表3)。结果显示:空白组、植物组收缩压及舒张压前后测均无显著差异,但人工组后测收缩压、舒张压极显著高于前测( $p = 0.004$ )。空白组、植

物组心率前后测变化不显著,而触摸人工材料后心率与前测相比极显著上升( $p < 0.001$ )。

为量化感官刺激对血压的影响程度,使用Kruskal-Wallis H检验比较三组收缩压、舒张压及心率变化值差异(图4),结果显示三组收缩压变化值存在极显著差异( $p = 0.003$ ),心率变化值存在显著差异( $p = 0.012$ ),而舒张压前后测变化值无显著差异( $p = 0.085$ )。进一步对收缩压、心率变化值进行两两比较(经过Bonferroni校正),人工组收缩压、心率变化值均显著高于空白组( $p < 0.01$ ),即与对照组相比,接触金属等人工材料易导致受试者收缩压、心率上升,接触植物材料则不易引起收缩压变化,并维持心率相对平稳。

## 2.2 心理指标分析

### 2.2.1 CNI量表分析

使用配对样本t检验比较空白组与植物

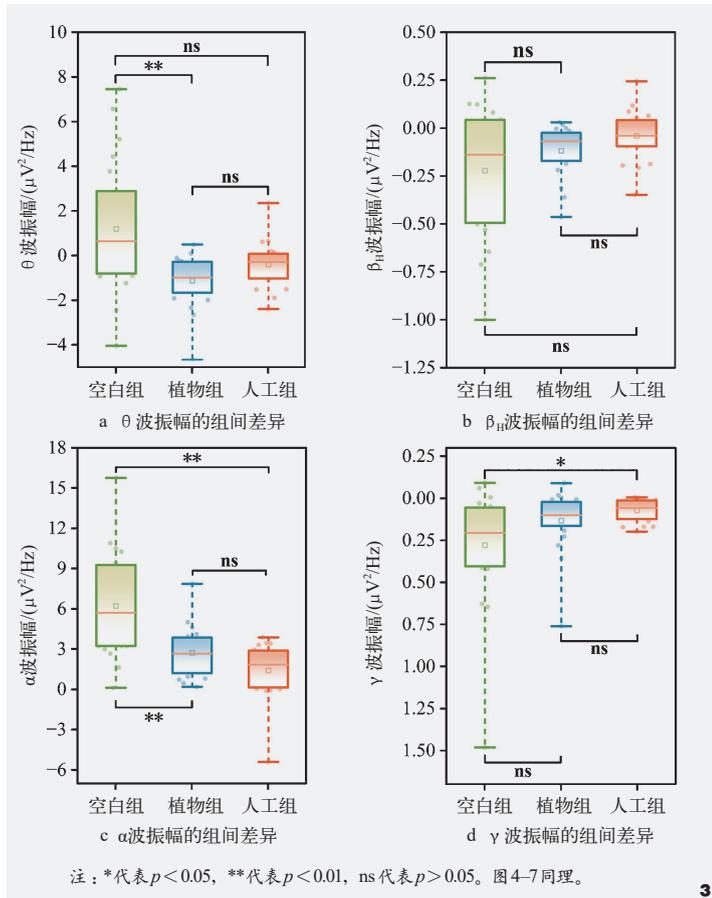


图3 脑电波组间差异分析结果  
Fig. 3 Analysis results of inter-group differences in brain waves

表3 各组血压、心率前后测变化  
Tab. 3 Changes in blood pressure and heart rate before and after the test in each group

指标 Index	实验分组 Experimental group	前测 Pre-test	后测 Post-test	统计量 Statistic	<i>p</i>
收缩压	空白组	104 (16.0)	103 (17.3)	-1.731	0.083
	植物组	95.0 (10.3)	92.0 (13.0)	-0.391	0.696
	人工组	93.5 (14.3)	97.5 (19.3)	-2.907	0.004**
舒张压	空白组	61.0 (9.8)	60.5 (9.3)	-0.700	0.484
	植物组	52.85 ± 10.75	54.25 ± 12.40	-0.654	0.521
	人工组	54.5 (8.0)	58.0 (7.8)	-2.908	0.004**
心率	空白组	81.00 ± 13.01	83.00 ± 11.60	-1.484	0.154
	植物组	86.30 ± 10.58	86.55 ± 10.85	-0.108	0.915
	人工组	82.0 (13.0)	86.5 (13.5)	-3.924	<0.001**

注：前后测X±S数值表示平均值±标准差，该组数据采用配对样本t检验，统计量使用*t*值；前后测X (IQR) 数值表示中位数 (四分位距)，该组数据采用Wilcoxon符号秩检验，统计量使用Z值；\*表示*p*<0.05呈现显著性水平，\*\*表示*p*<0.01呈现极显著性水平；收缩压、舒张压值单位为mmHg，心率单位为bpm。

组触摸前后CNI量表得分差异，人工组数据不满足正态性要求，使用Wilcoxon符号秩检验。结果显示三组之中，只有触摸植物后CNI量表分数与前测分数存在极显著差异 ( $p=0.003$ )，后测平均分显著高于前测。在此基础上使用Kruskal-Wallis H检验比较各组CNI得分变化值组间差异，结果显示存在显著差异 ( $p=0.008$ )，因此进行事后两两比较 (经Bonferroni校正)。如图5所示，植物组与人工组CNI得分变化值存在显著差异 ( $p=0.004$ )，这表明与触摸不锈钢等人工材料相比，触摸绵毛水苏叶片能有效提升CNI总分。综上结果提示，植物触觉感知可能是拉近儿童与自然联结程度的有效手段，接触植物行为与儿童更紧密的自然联结感存在一定程度关联。

### 2.2.2 PANAS-C量表分析

空白组与植物组PA项数据、人工组NA项数据满足正态性要求，使用配对样本t检验比较触摸前后得分差异；空白组与植物组NA项、人工组PA项数据不满足正态性要求，使用Wilcoxon符号秩检验。组内结果表明，人工组PA项前后测得分存在显著差异，触摸后PA项总分较前测极显著降低 ( $p=0.005$ )；空白组、植物组NA项前后测得分均存在显著差异 ( $p<0.01$ )，后测得分整体低于前测。因此可得，与触摸前相比，触摸植物材料或闭眼休息均在一定程度上降低NA项得分，有助于缓解儿童消极情绪；然而，触摸人工材料并未引起NA项得分的显著变化，反而导致PA项得分显著降低，表明这可能对儿童的积极情绪状态产生负面影响。

进一步采用Kruskal-Wallis H检验比较三组之间PA项、NA项前后测变化值差异 (图6)，结果表明两组情绪指标变化值均存在显著组间差异 (PA项  $p=0.048$ , NA项  $p=0.004$ )。事后两两比较后发现：在PA项变化量上，人工材料刺激组显著低于空白对照组 ( $p=0.011$ )，表明触摸人工材料相较于无刺激 (空白对照) 更易对儿童的积极情绪变化产生负面影响。在NA项变化量上，虽空白组与植物组之间的差异未达校正后显著水平 ( $p=0.032$ )，但植物组NA项得分的降低幅度显著大于人工组 ( $p=0.002$ )，这表明相较触摸人工材料，触摸绵毛水苏叶片能更有效地减少儿童的消极情绪水平。

### 2.2.3 注意力测试结果分析

空白组与人工组满足正态性要求，使用配对样本t检验评估不同触觉刺激对注意力任务表现的影响；植物组数据不满足正态性要求，使用Wilcoxon符号秩检验。结果显示，空白组 ( $p=0.601$ ) 与人工组

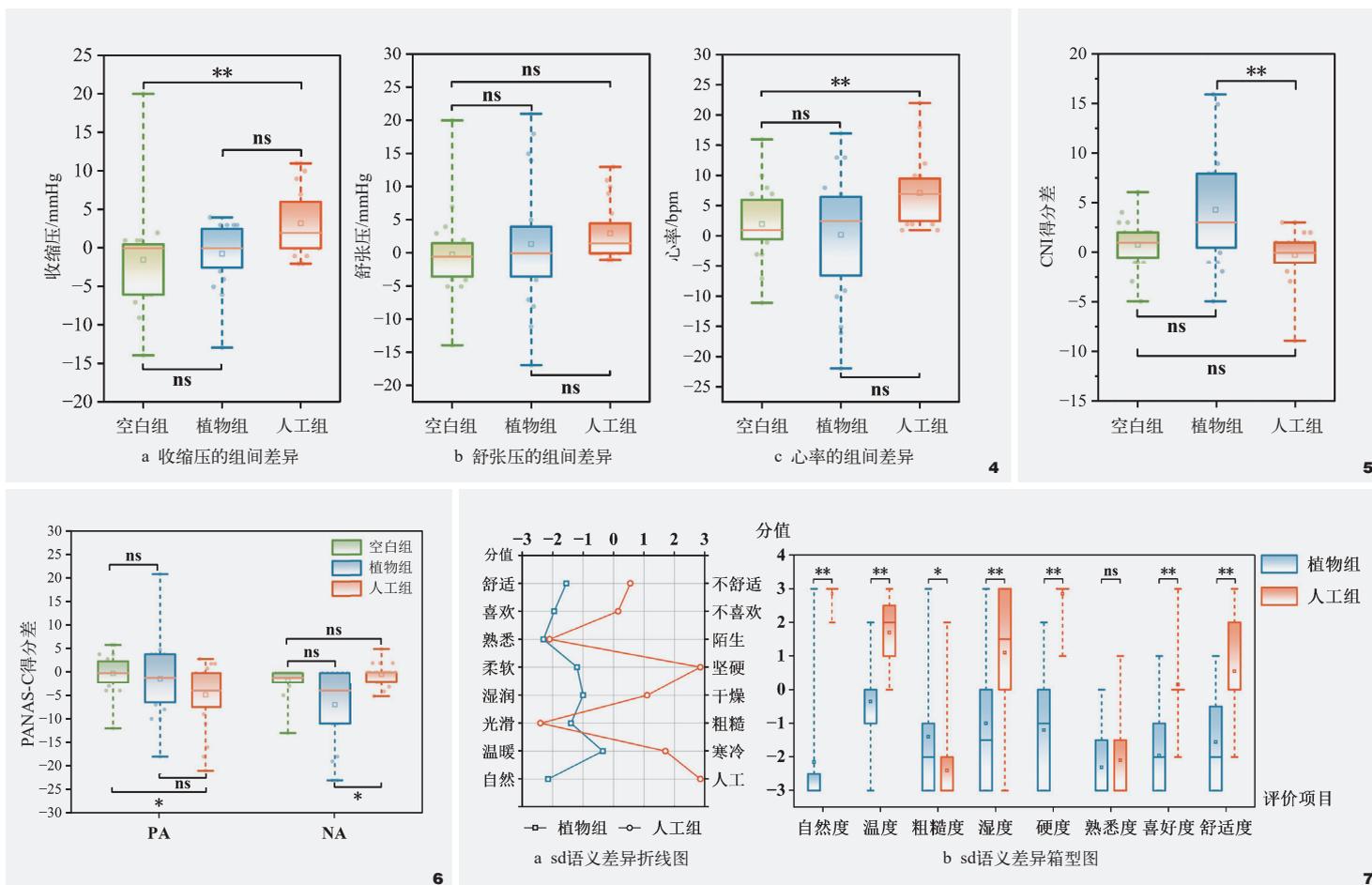


图4 血压、心率组间差异分析结果  
Fig. 4 Results of intergroup analysis of blood pressure and heart rate

图5 CNI组间差异分析结果  
Fig. 5 Inter-group differential analysis results of CNI

图6 PANAS-C组间差异分析结果  
Fig. 6 Analysis of inter-group differences in PANAS-C

图7 SD触觉感知分析结果  
Fig. 7 SD tactile perception analysis result

( $p=0.537$ ) 前后测完成时间差异均无统计学意义。而植物组受试者触摸绵毛水苏后与触摸前相比存在显著差异( $p=0.030$ ), 触摸后测完成时间减少, 说明受试者触摸绵毛水苏后, 注意力水平得到一定提升, 视觉信息处理效率或有所提高。进一步使用Kruskal-Wallis H检验比较三组舒尔特方格完成时间变化量差异, 组间无显著差异( $p=0.165$ )。

#### 2.2.4 SD触觉感知结果分析

采用Mann-Whitney U检验分析儿童受试者

触摸植物材料绵毛水苏与不锈钢材料在各感知维度的主观评价差异。结果如图7所示, 植物组与人工组在“自然度”“温度”“湿度”“硬度”“喜好度”“舒适度”维度均呈现极显著差异( $p<0.01$ ), 在“粗糙度”维度出现显著差异( $p=0.015$ ); 对于“熟悉度”两组无显著差异( $p=0.545$ )。由此可得, 触摸不锈钢易给儿童受试者带来人工、寒冷、坚硬的感知印象, 并引发厌恶与不适感; 而触摸绵毛水苏材料则更易获得自然、温暖、湿润、柔软的积极感知体验。

### 3 讨论

#### 3.1 不同材料触觉刺激对儿童情绪、压力恢复的影响

触觉感知作为人体体感系统的核心组成部分, 涉及皮肤、肌肉和神经末梢的信号传递与处理<sup>[24]</sup>。本研究以SRT为基础, 采用计算题测试模拟儿童典型学习压力情景, 探讨了不同景观材料触觉刺激对儿童情绪状态及压力生理反应的影响。

研究表明, 景观材料的触觉感知属性通过调节大脑神经活动, 显著影响儿童

情绪体验。接触绵毛水苏或不锈钢材料后，儿童受试者皮肤中的机械感受器（如迈斯纳小体、梅克尔细胞等）可将外界物理刺激转化为神经信号，经脊髓—丘脑通路传递至大脑体感皮层，进而激活前额叶等情绪调节脑区<sup>[25]</sup>，因此在本研究中儿童受试者接受触觉刺激后大脑额叶区 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta_H$ 波及 $\gamma$ 波均出现显著变化，尤其是植物组前额叶皮层的 $\theta$ 波活动显著减弱。进一步结合SD触觉感知及PANAS-C量表等主观问卷结果综合分析，材料属性除激活特定的脑电波模式之外还可形成不同的心理印象，与生理机制路径协同影响儿童情绪状态。植物材料往往引发自然、温暖、湿润、柔软等积极印象，与放松状态关联；金属材料则易产生人工、寒冷、坚硬等消极印象，多与压力或潜在危险信号关联。具体而言，PANAS-C量表显示，植物组NA项后测得分显著降低，即接触绵毛水苏后有助于缓解儿童消极情绪，诱导放松状态；而接触不锈钢金属则导致PA项得分显著下降，抑制了儿童的积极情绪体验，该结果与已有研究结论一致——金属触感可引发前额叶皮层氧合血红蛋白浓度升高，从而阻碍主观放松感的形成<sup>[26-27]</sup>，进一步验证了本研究的发现。综上所述，植物与人工材料在触觉感知属性上的差异，经由调节大脑活动与改变心理印象双重路径对儿童健康效益产生影响；其中，具备柔软质感的绵毛水苏在改善情绪状态方面表现出显著的积极影响。

然而，在评估植物柔软触感对压力恢复的即时生理影响时，本研究发现了不同效应：触摸植物材料前后，儿童的血压和心率未出现显著变化。这表明，在本研究模拟的学习压力情境下，单纯依靠触摸植物行为本身，难以通过影响自主神经系统相关指标有效缓解儿童的即时生理应激水平。与之相反，触

摸不锈钢金属材料后，儿童的血压和心率显著升高。这与脑电波和主观情绪结果中观察到的金属负面效应相协同，单一人工材料的触感体验非但不能提供恢复效益，反而成为一种压力源。综上所述，植物材料柔软触感在情绪调节和部分神经活动层面具有积极效益，但在快速降低生理应激方面效果有限；人工材料坚硬触感则在情绪调节与压力恢复角度展现多种负面效应。

### 3.2 植物柔软触感对儿童注意力、自然联结度的影响

研究表明，接触绵毛水苏此类具备柔软质感的植物显著影响了儿童的注意力水平与自然联结度。在注意力方面，舒尔特方格测试结果显示，受试儿童接触绵毛水苏后，测试完成时间显著缩短，表明其注意力水平得到提升。这是由于注意力主要分为定向注意力与非定向注意力两种类型，定向注意力需投入一定学习精力，而非定向注意力是自发且无意识产生的<sup>[28]</sup>。前测计算压力任务消耗了儿童的定向注意力资源，引发一定心理疲劳<sup>[29]</sup>。绵毛水苏所具备的柔软触感激发ART机制，触觉感知过程中儿童的非定向注意力得以调动，有效缓解了前测积累的定向注意力疲劳，后续专注任务表现得以优化。

在自然联结度方面，受试者接触绵毛水苏后，ONI总分显著升高，表明其与自然的联结更为紧密。这一效应可能源于以下两方面：一是触觉刺激的生理心理效应。作为人类早期建立联系和信任的关键感官通道，前文已证实绵毛水苏柔软触动能激活大脑活动，从而缓解儿童消极情绪、提升舒适感与安全感，进而直接增强其对自然环境的情感联结。二是植物的象征意义与积极印象。植物在文化及心理层面常象征自然、生命与成长。触摸

具有特殊质感的植物，不仅有助于儿童感知植物的自然生命特性，还可唤起其记忆中积极的自然体验，从而深化与自然的联结程度。

### 3.3 视觉输入与触觉任务对大脑放松状态的交互影响

值得注意的是，在 $\alpha$ 波活动水平方面，闭眼无触摸行为以及闭眼触摸植物与人工材料均表现出显著提升趋势，但闭眼无触摸行为对 $\alpha$ 波的增强效应大于闭眼触摸植物与人工材料。这种差异可能与大脑认知资源分配机制相关：闭眼状态通过减少视觉输入，降低视觉皮层活动水平，促使大脑将更多资源用于内部放松过程，促使 $\alpha$ 波活动增加<sup>[30]</sup>。然而，当引入触觉任务时，大脑需要分配部分认知资源以处理触觉信息的感知与识别<sup>[31]</sup>。这一过程可能涉及体感皮层及前额叶—顶叶网络的激活，在一定程度上削弱了用于维持放松状态的神经资源，从而部分抑制了 $\alpha$ 波的增强幅度<sup>[32]</sup>。由此可见，视觉和触觉在调节大脑放松状态中存在复杂的资源分配交互作用。

### 3.4 植物触觉感知在儿童友好景观中的应用

结合上述植物触觉感知对儿童身心健康的积极效益，本文为儿童友好触觉景观建设提出两方面建议。（1）选择安全、亲和的自然与人工触觉材料：在儿童可触及景观区域多使用安全、无毒植物或者仿自然触感的柔性材料，尽可能避免使用易给儿童带来“冰冷”“坚硬”印象的人工材料。同时，配置具备温暖、湿润、柔软触感的园林植物，以满足儿童的感官探索需求，丰富其多元触觉体验。（2）将触觉感知融入校园绿地建设：在教学活动区域周边设置触觉小径，种植一系列触感丰富的植物并设置引导标识，鼓励

儿童触摸并感受植物质地特征, 从而帮助儿童调动非定向注意力, 恢复定向注意力资源以缓解疲劳。

#### 4 结论与展望

本研究综合运用脑电波信号、血压、心率等生理指标, 结合PANAS-C量表、CNI量表、SD触觉感知问卷及舒尔特方格测试等多维心理评估方法, 系统验证了植物柔软触感对儿童情绪调节、注意力及自然联结的积极效益, 同时揭示了不锈钢金属材料触觉刺激对儿童身心健康多层次负面影响。然而本研究仅选用绵毛水苏作为具备柔软质感的植物代表, 所涉及的植物类型较为单一。考虑到植物的不同部位及其生态学特性可能影响儿童的主观触觉感知及生理反应, 后续将选用多种植物材料进行对比研究, 进一步探究园林植物粗糙度、硬度等属性差异对儿童生理、心理变化的影响。此外, 视觉作为人体最重要的感觉器官在本研究中仅作为控制变量, 现有结果提示视觉与触觉在调节大脑活动中存在复杂交互作用。因此, 未来研究可深入探讨视觉与触觉的相互影响机制, 特别是视触协同作用下植物景观对儿童身心健康的综合影响。

注: 文中图表均由作者自绘/摄。

#### 参考文献

- [1] LARSON L R, SZCZYTKO R, BOWERS E P, et al. Outdoor Time, Screen Time, and Connection to Nature: Troubling Trends Among Rural Youth?[J]. *Environment and Behavior*, 2019, 51(08): 966-991.
- [2] 中国儿童青少年视觉健康白皮书[C]// 艾瑞咨询系列研究报告(2022年第6期). 艾瑞咨询, 2022: 42-104.
- [3] (美)理查德·洛夫. 林间最后的小孩拯救自然缺失症儿童[M]. 王西敏, 译. 北京: 中国发展出版社, 2014.
- [4] 付文中. 儿童自然缺失症及其相关问题研究[J]. *牡丹江大学学报*, 2015, 24(11): 164-165.
- [5] MOCHIZUKI-KAWAI H, MATSUDA I, MOCHIZUKI S. Viewing a Flower Image Provides Automatic Recovery Effects After Psychological Stress[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2020, 70: 101445.
- [6] 王晴艺, 金荷仙. 紫苏植株香气对人体生理和心理健康的影响[J]. *浙江林业科技*, 2021, 41(01): 98-102.
- [7] 鲍齐齐, 金荷仙, 曾程程. 视嗅感知下月季景观的恢复性效益研究[J]. *景观设计学(中英文)*, 2024, 12(06): 25-46.
- [8] ODENDAAL J S J. Animal-assisted Therapy — Magic or Medicine?[J]. *Journal of Psychosomatic Research*, 2000, 49(04): 275-280.
- [9] BHATIA M D, BHATIA A, SARMA D. Impact of Pet Ownership and Relationships on Human Psychological Health and Function[J]. *Gyan Management Journal*, 2022, 16(02): 31-36.
- [10] HASSAN A, ZHANG D S. Psychophysiological Impact of Touching Landscape Grass Among Older Adults[J]. *Journal of Urban Health*, 2024, 101(04): 792-803.
- [11] KIM S S, PARK S A, SON K C. Improving Peer Relations of Elementary School Students Through a School Gardening Program[J]. *HortTechnology*, 2014, 24(02): 181-187.
- [12] FLAVIAN H. Transdisciplinary Teaching in Inclusive Schools: Promoting Transdisciplinary Education for Learners with Special Needs[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2024.
- [13] BREMNER A J, SPENCE C. The Development of Tactile Perception[J]. *Advances in Child Development and Behavior*, 2017, 52: 227-268.
- [14] KAPLAN R, KAPLAN S. The Experience of Nature: A Psychological Perspective[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [15] WOOD J N, GRAFMAN J. Human Prefrontal Cortex: Processing and Representational Perspectives[J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2003, 4(02): 139-147.
- [16] TSUJIMOTO S. The Prefrontal Cortex: Functional Neural Development During Early Childhood[J]. *The Neuroscientist*, 2008, 14(04): 345-358.
- [17] ULRICH R S, SIMONS R F, LOSITO B D, et al. Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 1991, 11(03): 201-230.
- [18] LAURENT J, CATANZARO S J, JONIER T E, et al. A Measure of Positive and Negative Affect for Children: Scale Development and Preliminary Validation[J]. *Psychological Assessment*, 1999, 11(03): 326-338.
- [19] WINDHORST E, WILLIAMS A. Growing Up, Naturally: The Mental Health Legacy of Early Nature Affiliation[J]. *Ecopsychology*, 2015, 7(03): 115-125.
- [20] SALAZAR G, KUNKLE K, MONROE M C. Practitioner Guide to Assessing Connection to Nature[M]. Washington, DC: North American Association for Environmental Education, 2020.
- [21] KAPLAN S. The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 1995, 15(03): 169-182.
- [22] GHEMARI Z. Comprehensive Signal Analysis: Unraveling Mean Frequency, Power, and Bandwidth[J]. *Journal of Modern Industry and Manufacturing*, 2024, 3: 4.
- [23] ZHAO L, HE Y. Power Spectrum Estimation of the Welch Method Based on Imagery EEG[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, 278-280: 1260-1264.
- [24] CHEN H, FU S F, ZHI X Y, et al. Research Progress on Neural Processing of Hand and Forearm Tactile Sensation: A Review Based on fMRI Research[J]. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2025, 21: 193-212.
- [25] PERL E R. Getting a Line on Pain: Is It Mediated by Dedicated Pathways?[J]. *Nature Neuroscience*, 1998, 1(03): 177-178.
- [26] IKEI H, SONG C, MIYAZAKI Y. Physiological Effects of Touching Wood[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(07): 801.
- [27] KOGA K, IWASAKI Y. Psychological and Physiological Effect in Humans of Touching Plant Foliage - Using the Semantic Differential Method and Cerebral Activity as Indicators[J]. *Journal of Physiological Anthropology*, 2013, 32(01): 7.
- [28] BOWLING J T, FRISTON K J, HOPFINGER J B. Top-down versus Bottom-up Attention Differentially Modulate Frontal-Parietal Connectivity[J]. *Human Brain Mapping*, 2020, 41(04): 928-942.
- [29] GINNS P, MUSCAT K, NAYLOR R. Rest Breaks Aid Directed Attention and Learning[J]. *Educational and Developmental Psychologist*, 2023, 40(02): 141-150.
- [30] ELSHAFEI H A, ORLEMANN C, HAEGENS S. The Impact of Eye Closure on Anticipatory  $\alpha$  Activity in a Tactile Discrimination Task[J]. *eNeuro*, 2021, 9(01): ENEURO.0412-21.
- [31] WIESMAN A I, GROFF B R, WILSON T W. Frontoparietal Networks Mediate the Behavioral Impact of Alpha Inhibition in Visual Cortex[J]. *Cerebral Cortex*, 2019, 29(08): 3505-3513.
- [32] YANG J J, YU Y H, KUNITA A, et al. Tactile Priming Modulates the Activation of the Frontoparietal Circuit During Tactile Angle Match and Non-match Processing: An fMRI Study[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, 8: 926.