

自然接触健康效益的主客观测量指标荟萃分析

Subjective and Objective Measures of Health Benefits of Natural Exposure: A Meta-analysis

吴楚涵¹ 陈 箐^{1*} 张佳琪²
WU Chuhan¹ CHEN Zheng^{1*} ZHANG Jiaqi²

(1.同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2.华南理工大学建筑学院, 广州 510000)
(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092; 2. School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong, China, 510000)

文章编号: 1000-0283(2023)06-0021-07
DOI: 10. 12193 /j. laing. 2023. 06. 0021. 003
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-02-14
修回日期: 2023-04-26

摘 要
现有研究证明自然接触能对人产生良好的健康效益, 但是对健康效益的测量方法关注较少, 为了验证主客观两方面健康效益测量方法的科学有效性, 根据关键词索引筛选出 55 篇数据完整的相关文献结论并进行量化荟萃分析。结果显示: 主观量表 (SMD=0.294) 和行为测试 (SMD=0.310) 的检验效果较为理想, 生理指标检验相对较弱 (SMD=0.173)。行为测试和生理指标已越来越多地被使用, 但尚未完全替代主观量表的使用, 主观量表仍然在健康效益测量上占主导地位。
关键词
自然接触; 健康效益; 主观量表; 行为测试; 生理指标

Abstract
Current research has proven that natural exposure has a positive impact on health, but there has been less attention paid to methods of measuring the health benefits. In order to verify the scientific validity of measuring health benefits from both subjective and objective perspectives, this paper screened 55 relevant literature conclusions with complete data based on keyword indexing and performed a quantitative meta-analysis. The results showed that subjective measurement tools (SMD=0.294) and behavior tests (SMD=0.310) have relatively ideal test results, while physiological indicators have relatively weaker test results (SMD=0.173). Behavioral tests and physiological indicators have been increasingly used, but they have not yet been able to completely replace the use of subjective scales, which still dominate the measurement of health benefits.
Keywords
natural exposure; health effect; subjective scale; psychophysical experiment; physiological index

吴楚涵
2000 年生 / 女 / 湖北武汉人 / 在读硕士研究生 / 研究方向为环境和健康设计
陈 箐
1983 年生 / 女 / 四川自贡人 / 博士 / 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室数字景观实验室副教授、博士生导师 / 研究方向为环境和健康设计
张佳琪
2000 年生 / 女 / 山西吕梁人 / 在读本科生 / 研究方向为环境和健康设计

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: zhengchen@tongji.edu.cn

增加人亲近自然的机会, 促进居民健康是城市公园与绿地系统建设的重要目标之一, 也是促进城市公共健康系统的主要途径。习近平总书记在党的二十大报告中强调, 需要不断推进健康中国建设, 倡导文明健康生活方式^[1]。由于不健康饮食, 身体活动不足等生活方式危险因素的广泛流行, 国内患有高血压、肥胖、糖尿病的人数不断攀升, 为此, 要更加关注环境和生活方式对危险因素形成的作用^[2]。

基金项目:
上海同济城市规划设计研究院有限公司暨长三角城市群智能规划协同创新中心科研课题“面向公园城市市场量化体验的街道精准更新”(编号: KY-2023-YB-A02); 国家自然科学基金项目“基于实景体验计算的城市街道景观风貌精准修补”(编号: 51878461); 上海市2021年度“科技创新行动计划”社会发展科技攻关项目“大型文化公园全生命周期智能管控关键技术研究”(编号: 21DZ1203004)

自然接触 (Natural exposure, 又名自然暴露) 即接触自然环境或自然要素, 其健康效益主要体现在生理健康、心理健康和认知能力 (注意力) 上。科学证据显示, 自然接触对人群健康有显著的促进作用, 一方面能够有效降低人的血压^[3], 另一方面能够缓解人的压力^[4], 减少消极情绪, 增加积极情绪^[5], 还能够增强人的短时注意力^[6]等认知能力。现有研究主要聚焦以下几个方向: 自然接触对健康的影响^[7-8]、自然接触影响健康效益的机制^[9-10]、不同接触方式对人的健康影响^[11]。这些研究的重点都放在自然接触对人体健康的影响结果和影响机制上, 对于健康效益测量指标的选择和方法鲜少讨论。

大量关于自然接触健康效益的研究使用主观量表的测量方法^[12-14], 但由于受试者因素影响较大, 容易引入系统性实验偏差。量表工具建立在实证研究和经验估测的基础上, 有严格编制、检验和使用流程, 能够较好平衡调研成本、适用性以及可靠性^[15], 其运用最为广泛。但自然接触健康影响复杂, 难以进行模式化的定量测量, 例如对于卡普兰提出关于注意力恢复理论的4个条件, 有相当多的研究人员报告了它们之间的高度相关性和重叠性^[16]; 同时, 自我报告提供的数据可能不够准确, 存在受试者通过夸大自我感受以满足实验预期的情况^[17]。

鉴于主观量表可能存在上述问题, 越来越多的实验开始在主观量表基础上结合使用客观指标。客观测量一般通过行为测试来评价人的认知能力情况^[18], 或者通过生理仪器监测评估人的生理指标^[19]。行为测试通过完成任务来评估人的自然接触健康效益, 而生理测量往往使用心电图仪、脑电图仪、皮肤电测试仪等设备来测量人的心率、心率变异性、脑电、皮肤电导水平等。

客观指标是否表明自然接触健康效益的研究发生了研究范式的转变需要进一步探讨。经验主义范式 (Empiricism paradigms) 以诠释的定性研究为核心研究方法, 而实证主义范式 (Positivism paradigms) 则更强调科学方法, 以定性或定量的数据分析作为主要研究方法^[20]。主观量表的使用方法介于经验主义范式和实证主义范式之间, 行为测量和生理测量皆属于实证主义范式, 其中生理测量的客观性更强^[21-22]。本研究用两个条件去衡量是否存在研究范式的改变: 一是这种测量方法的使用越来越多而逐渐形成新趋势, 甚至可以独立使用; 二是该测量方法存在被大部分学者认可的、固定的统一指标^[23]。

总结而言, 主观和客观指标是否能有效反映自然接触的健康效益, 主观还是客观指标占比更多所反映的效果更好?

围绕上述问题, 本研究梳理现有自然接触实证实验, 对健康效益结果进行系统性量化评估。系统性综述 (Systematic review) 拥有严格的文献评价原则和方法, 采用适当的统计学方法进行定性或定量的分析来回答特定的研究问题, 评估研究结果^[24]。荟萃分析 (Meta-analysis, 又名元分析) 作为定量的系统化文献综述方法, 利用统计分析方法对同一类问题的已有实证研究结果进行综合分析与评价, 从而概括出其研究结果所反映的共同效应^[25]。本研究通过荟萃分析的方式筛选自然接触健康效益的文献, 统计已有实证研究中的研究成果, 探讨主客观的健康效益测量方法的选择和结果差异, 以及对于自然接触健康效益的测量方法是否存在实验范式的变化。

1 数据来源与研究方法

1.1 自然接触效益实证研究文献检索

在 Web of Science、Scopus、Google Scholar 等

数据库中, 以检索式“(Nature OR Landscape OR Natural exposure OR Natural environment OR Green space OR Outdoor) AND (Health effect OR Physiology OR Restorative OR Physical OR Stress OR Mood OR Affect) AND (Image OR Pictures OR Photo OR Walk OR Video OR Virtual reality) AND (Experiment OR Empirical)”在数据库中进行交叉组合检索, 检索时间范围为1980年12月31日-2022年12月31日。

在 Web of Science 上检索到文献775篇, 在 Scopus 上检索到文献445篇, 在 Google Scholar 上检索到文献35 400篇, 由于在 Google Scholar 上检索到的文献过多, 故只选取相关性较强的500条, 共计1 720篇。检索下载完成后, 通过人工反复筛查、剔除重复与相关性较差的文献, 获得文献821篇。

1.2 文献筛选与统计

由三名研究人员与对检索到的文献进行筛选。通过浏览文献题目、摘要等内容, 精炼出的文献满足以下4个条件: (1) 选择实验性质研究; (2) 参与者至少接触一种自然或模拟自然的情况, 例如实景步行, 观看照片、视频或进行VR体验; (3) 该研究测量了至少一项健康影响下的人类生理、认知能力或情绪等指标; (4) 当研究报告了文章报道多个实验的研究结果时, 只有满足所有条件的实验会被纳入研究。最终筛选出实证研究文献221篇。

在此基础上, 通过阅读全文, 剔除数据结果不全、没有报告完整的均值 (Mean) 和标准差 (Standard deviation) 的文献, 最终选取55篇符合本研究要求的文献, 65个实验组结果进行荟萃分析。

1.3 数据分析

本研究采用荟萃分析方法, 使用“效应量 (Effect size)”这一指标衡量实验干预的强

弱。效应量受样本容量影响较小，能够将同一主题下不同研究方法和实验结果进行统一量化，比较和分析^[26]。

效应量中标准化均数差 (Standard Mean Difference, SMD) 适用于单位不同或均数相差较大的数值资料分析^[27]，由于不同研究对健康效益的度量方法上采取了不同的测量工具，故采用标准化均数差来描述自然接触健康效益的不同测量方法的差异。另，使用 stata17.0 软件进行数据分析，荟萃分析报告了每项数据结果的SMD和95%置信区间。

2 结果

2.1 文献筛选结果及基本特征

最终选取的文献发刊年份在2003-2022年，在纳入考察的55篇文献中，关注实验是否有前后测，并将前后测作为荟萃分析的主要依据。其中，在健康效益测量方法上，列出量表、行为和生理三方面的数据，将所有健康效益测量方式都分组纳入这三个部分。研究文献的基本特征如表1所示。

2.2 自然暴露实验的测量方法及效果绩效

2.2.1 整体趋势

在55篇文献中，52篇文献使用主观量表这一测量方法，19篇文献使用行为测试的测量方法，25篇文献使用生理指标的测量方法(如果一篇文献中同时采用多种方法，则分开统计)。不同测量方法的实证研究随时间变化的数量如图1所示。从使用数量上来看，其中主观量表的测量方式使用最多，是测量健康效益的主流方式，高于行为测试和生理测量方式文献的数量之和。主观测量依靠大量的心理量表，而对于心理量表的使用，学界已经达成一定程度的共识，半数左右的文献使用两种公认效果较好的量表对健康暴露效

表1 用于荟萃分析的文献列表
Tab. 1 List of literature used for meta-analysis

序号 Num.	发表 年份 Year	实验人数 Number of people	测量 类型 Type	暴露时间/min Time	健康效益测量方法 Method		
					量表 Scale	行为测试 Behavioral testing	生理 Physiology
1	2013	10	VR	40			Cor, HR, HRV
2	2017	18	VR	15			HRV
3	2013	19	VR	-	VAS		
4	2005	16	照片	6.25		SART	
5	2014	90	照片	3	Mood		HRV, HR
6	2014	121	照片	3	Mood		HRV, HR
7	2018	31	实景	15	PANAS, SVS, ROS		
8	2018	30	视频	10		BDS, RPM	
9	2013	25	照片	10	PANAS, RSS		
10	2018	91	实景	-		Accuracy, Speed, Efficiency	
11	2018	26	实景	10	PAAS, tranquility, fatigue		
12	2018	26	VR	10	PAAS, tranquility, fatigue		
13	2020	34	VR	10	POMS	SART	HR, BP
14	2006	80	视频	-	PANAS		SCL, HRV
15	2014	14	视频	15	BRUMS		BP, HR
16	2015	13	照片	90	IDEA, CMAI		
17	2014	38	音频	90	PANAS	ANT	
18	2014	38	照片	90	PANAS	ANT	
19	2022	50	实景	30	PANAS		
20	2018	15	实景	15	POMS, RSS		
21	2017	44	实景	8~9	PANAS		
22	2017	39	实景	10	PANAS		
23	2014	24	照片	6		ANT	
24	2016	38	实景	30	ROS, BRUMS, POMS	BDS	Cort, HRV, HR
25	2016	38	实景	30	ROS, BRUMS, POMS	BDS	Cort, HRV, HR
26	2022	40	VR	6	PANAS		
27	2015	30	实景	50	STAI, RRQ, PANAS	OSPAN, ANT, BDS	
28	2019	23	实景	50	STAI, PANAS	BDS	
29	2020	13	实景	30	PANAS, ROS, SVS, POMS		BP
30	2018	25	视频	3	Mood	Stroop, Delaying gratification	
31	2014	158	视频	10	TSST		
32	2011	20	实景	20	NMS	DSST	
33	2013	13	照片	-	PANAS		

续上表

序号 Num.	发表 年份 Year	实验人数 Number of people	测量 类型 Type	暴露时间/min Time	健康效益测量方法 Method		
					量表 Scale	行为测试 Behavioral testing	生理 Physiology
34	2021	19	实景	60	POMS, SRI-MF, CO-MOSWB		
35	2010	18	实景	30	S-VAS		BP
36	2010	18	照片	30	S-VAS		BP
37	2017	36	实景	45			B, HR, HRV
38	2009	12	实景	15	soothing-awakening		BP, cort
39	2015	75	视频	0.67		SART	
40	2021	30	实景	30	ROS, SVS, WEMWBS		BP, HR
41	2020	23	实景	6	PANAS		
42	2020	32	VR	6	PANAS		
43	2008	38	实景	50~55		BDS	
44	2008	12	图片	10		BDS, ANT	
45	2012	20	实景	50~55	PANAS	BDS	
46	2019	83	实景	45	SVS, ROS		BP
47	2022	117	VR	15	SVS, ROS, PANAS, anxiety		HR, HRV
48	2020	20	实景	40	PANAS		
49	2020	23	视频	40	PANAS		
50	2010	21	VR	40	GRS		
51	2005	20	照片	20			BP
52	2018	14	视频	60	OERS, ABS		HR
53	2016	24	实景	15	POMS	BDS	
54	2017	26	VR	6	PANAS		
55	2019	65	实景	15			BP, HR
56	2018	61	照片	-	BISS		
57	2019	46	实景	30	POMS, PANAS, ROS, SVS		
58	2021	80	实景	30	DASS-21		
59	2014	77	实景	45	ROS, SVS, PANAS		
60	2010	24	VR	10	ZIPERS	SART	HR, SCL
61	2003	53	视频	7	POMS		
62	2014	27	照片, 视频	6.67	POMS		
63	2017	30	照片	10	SEQ		
64	2017	30	视频	10	SEQ		
65	2018	30	VR	-	POMS		BP, HR, HRV, SAA

注：表中PANAS: Positive and Negative Affect Scale; POMS: Profile of Mood States; SVS: Subjective Vitality Scale; BRUMS: The Brunel Mood Scale; ROS: Restorative Outcome Scale; NMS: Negative Mood Scale; WEMWS: Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale; BDS: Backward Digit Span; ANT: Attention Network Task; SART: Sustained Attention to Response Task; RPM: Raven’s Progressive Matrices; DSST: Digit Symbol Substitution Test; BP: Blood Pressure; HR :Heart Rate; HRV: Heart Rate Variability; SCL: Skin Conductivity Level; Cort: Salivary Cortisol; SAA: Salivary Amylase Activity; SEQ: Sport Emotion Questionnaire; BISS: Body Image States Scale.

益进行主观测量。随着测量技术逐渐发展，客观测量方法的使用数量也逐步提升。

从效果上看，三类测量自然接触健康效益的效果都比较显著(SMD=0.269, 95%CI[0.239, 0.298], p<0.001)。量表(SMD=0.294, 95%CI[0.257, 0.330], p<0.001) 和行为测试(SMD=0.310, 95%CI[0.225, 0.395], p<0.001) 的测量方式能够更明显地看出自然接触前后的情绪改善以及认知水平提升，生理指标(SMD=0.173, 95%CI[0.111, 0.235], p<0.001) 的测量方式相对较弱。

整体趋势上来看，现有测量方法主要依靠主观评价，客观测量基本不能独立评价自然暴露后的健康效益，但研究者越来越重视客观标准。55篇文献中，约27%的文献(n=15)只采用主观测量方法，约5%(n=3) 的文献只采用客观测量方法，约68%(n=37) 的文献同时使用主观和客观测量方法(图2)，越来越多研究者将主观与客观指标相结合来评价健康效益。

2.2.2 主观测量：心理量表

2.2.2.1 不同量表的使用

有44篇文献汇报了心理量表的测量结果，其中主要使用的量表有评估实时情绪状态的正负情绪量表(PANAS: Positive and Negative Affect Scale, n=18)^[28]和情绪状态量表(POMS: Profile of Mood States, n=10)，部分文献使用了主观活力量表(SVS: Subjective Vitality Scale)^[29]，布鲁内尔心境状态量表(BRUMS: The Brunel Mood Scale)^[30]和恢复性结果量表(ROS: Restorative Outcome Scale)^[31]。

在使用的量表中，有仅描述正情绪的量表(ROS, SVS)，有正负情绪都有涉及且在测量上较为平衡的量表(PANAS)，也有正负情绪都涉及但负情绪占比更多的量表(POMS)。

总体上看, 增加正向情绪和减少负向情绪都很显著 (负向: $SMD=0.279$, $95\%CI[0.232, 0.325]$, $p<0.001$; 正向: $SMD=0.317$, $95\%CI[0.259, 0.375]$, $p<0.001$), 但减少负向情绪的指标 ($n=106$) 要明显多于促进正向情绪的指标 ($n=70$)。

2.2.2.2 负向情绪结果

荟萃分析显示, 自然接触后能有效缓解人们的负向情绪 ($SMD=0.279$, $95\%CI[0.232, 0.325]$, $p<0.001$)。在所有负向情绪的结果里, POMS ($SMD=0.684$, $95\%CI[0.604, 0.763]$, $p<0.001$) 和 PANAS ($SMD=0.461$, $95\%CI[0.351, 0.570]$, $p<0.001$) 的测量结果表现出自然接触前后缓解了人的消极情绪, 比使用 BRUMS ($SMD=0.150$, $95\%CI[-0.228, 0.528]$, $p=0.438$) 测量自然接触后的负情绪恢复效果要明显。

2.2.2.3 正向情绪结果

荟萃分析显示, 进行自然接触后能有效提升人们的正向情绪, 且效果显著 ($SMD=0.317$, $95\%CI[0.259, 0.375]$, $p<0.001$)。在所有正向情绪的结果里, 量表测量效果都较为显著, 其中 ROS ($SMD=0.623$, $95\%CI[0.475, 0.771]$, $p<0.001$) 和 POMS ($SMD=0.412$, $95\%CI[0.264, 0.560]$, $p<0.001$) 从多维度分别评分的量表对正向情绪提升的结果比 PANAS ($SMD=0.198$, $95\%CI[0.086, 0.310]$, $p=0.001$) 从正负两个维度评分的量表显著。

2.2.3 客观测量 : 行为测试

有 15 篇文献汇报了行为测试的测量结果, 其中使用最多的测试是考察短时记忆力的数字倒背广度任务 (BDS: Backward Digit Span, $n=7$), 注意力网络测试 (ANT: Attention Network Task, $n=4$) 和考察持续注意力的注意维持任务测试 (SART: Sustained Attention to Response Task) [32] 等。

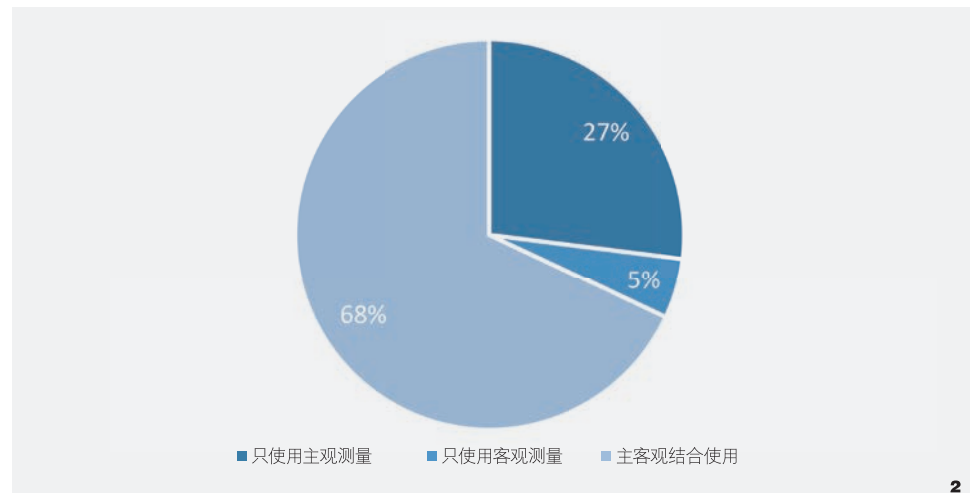
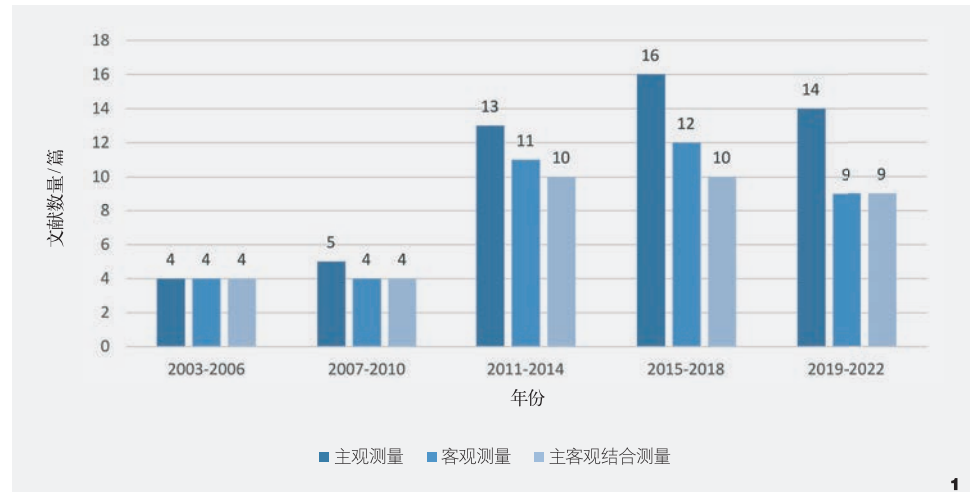


图1 不同测量方法的实证研究随时间变化的数量

Fig. 1 The number of empirical studies of different measurement methods over time

图2 不同测量方法的实证研究占比

Fig. 2 The proportion of empirical studies on different measurement methods

荟萃分析显示, 自然接触后能提升人们的短时记忆力, 持续记忆力等认知能力 ($SMD=0.310$, $95\%CI[0.225, 0.395]$, $p<0.001$)。自然接触前后进行数字倒背广度任务 ($SMD=0.462$, $95\%CI[0.301, 0.623]$, $p<0.001$) 和其他测试 ($SMD=0.350$, $95\%CI[0.223, 0.478]$, $p<0.001$) 表明了人短时注意力和执行力的提升。注意力网络测试 ($SMD=0.205$, $95\%CI[-0.054, 0.464]$, $p=0.121$) 的结果并不显著, 警觉和定向注意力在自然接触后不一定有所提升。

2.2.4 客观测量 : 生理指标

有 19 篇文献汇报了生理指标的测量结果。其中, 最常见的指标是心率 (HR: Heart Rate 或 Impulse, $n=12$)、血压 (BP: Blood Pressure, $n=11$)、心率变异性 (HRV: Heart Rate Variability) 和皮肤电导水平 (SCL: Skin Conductivity Level) 等。也有实验采集了脑电 (EKG) 指标, 但因本研究所纳入的文献大多没有汇报脑电数据或数据不全, 因此不在此讨论。

随着血压、心率、神经自主系统与人类

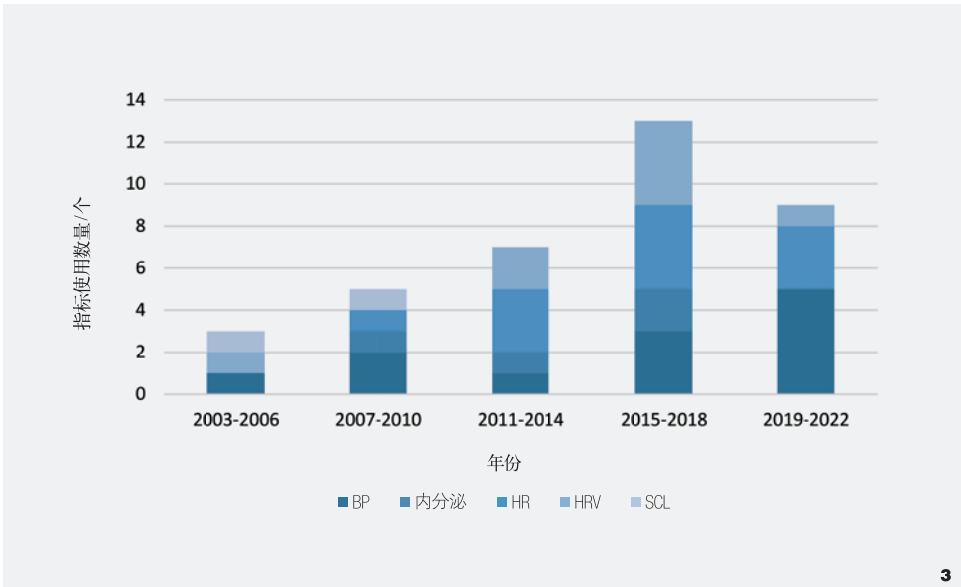


图3 实验所用不同生理指标随时间变化的数量
Fig. 3 The number of different physiological indicators used in the experiment changed over time

情绪关系的研究愈发深入，其指标的使用数量总体上呈逐年上升的趋势（图3），而内分泌和皮肤电等指标用到的频率较低。

荟萃分析显示，自然接触后人的生理健康状况相较于自然接触前有明显提升（ $SMD=0.167$ ， $95\%CI[0.106, 0.228]$ ， $p<0.001$ ）。其中心率HR（ $SMD=0.628$ ， $95\%CI[0.494, 0.762]$ ， $p<0.001$ ）和内分泌指标（ $SMD=0.616$ ， $95\%CI[0.360, 0.871]$ ， $p<0.001$ ）的健康效益结果表明人的心率在接触自然后降低，且压力有所缓解。血压（ $SMD=0.239$ ， $95\%CI[0.123, 0.356]$ ， $p<0.001$ ）在自然接触后有所降低，但效果较前两者较差。皮肤电（ $SMD=0.194$ ， $95\%CI[-0.157, 0.544]$ ， $p=0.279$ ）的效果并不显著。心率变异性（ $SMD=-0.167$ ， $95\%CI[-0.261, -0.074]$ ， $p<0.001$ ）的测量效果较差，不能反映出人的自主神经系统在自然接触前后是否有明显的改善，这可能是由于心率变异性涉及到较多的指标，而单个指标间难以区分其正负影响。

3 结论与讨论

本研究关注健康效益的不同测量方法，从主观量表、行为测试和生理指标三个方面分别检验其有效性和稳定程度，在对文献进行荟萃分析后，得出以下结论：

实证主义范式已经被越来越多地使用，但尚未能完全替代经验主义范式。经验主义范式仍然在健康效益测量上有主导地位。

（1）主观和客观的测量方法都能有效反映自然接触的健康效益。一方面，自然接触能促成良好情绪状态，与之前自然接触影响积极和消极情绪的综述结果一致^[8,33]；另一方面，心率、血压等常用的生理指标数据能为自然接触的健康效益提供有力的支持^[34-35]。除此之外，短暂地接触自然后对短时注意力^[36]、执行心理^[37]有直接的积极影响。

（2）客观的测量方法不能独立评价自然暴露后的健康效益，以行为测试和生理指标与量表组合是主要的评价手段。首先，主观测量仍然处于主导地位，直到最近几

年（2019-2022年），主观量表的使用仍然高达100%。虽然可以看见客观指标的使用从2003-2006年的4篇上升至2019-2022年的9篇，但客观指标独立使用的占比基本在10%以下。

其次，心电等客观测量虽然能较好地反映人体生理机能的短时变化，但是其数据结构复杂，较难提炼关键指标。例如反映自主神经系统控制情况的HRV存在很多分析指标，但自然接触主要健康影响的生理机制并不清晰；即使明确了健康效益的生理机制，也难以统一指标的使用。在临床医学上，经常使用HRV中的频域指标HF、LF、LF/HF、VLF和时域指标RMSSD、SDNN来研究人的抑郁情况^[38]，但在自然接触健康效益的实证研究中，不同研究在HRV指标上的选择并无统一标准^[6,39-40]。

综上所述，本研究比较了主客观健康效益测量方法的科学有效性和不同的侧重点，为不同测量方式的对比运用提供更加科学的量化结果。但由于研究能力有限，仅对比了自然接触的前后测数据，汇报了短期效益的结果。在未来研究中，需要考虑长期自然接触的健康效益，以及自然接触与其他控制组的对比结果数据，进一步科学性评估不同测量方法对自然接触健康效益的影响。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 中共中央关于认真学习宣传贯彻党的二十大精神的决定[N]. 2022-10-31.
- [2] 中国心血管健康与疾病报告2020概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(06): 521-545.
- [3] DUNCAN M J, CLARKE N D, BIRCH S L, et al. The Effect of Green Exercise on Blood Pressure, Heart Rate and Mood State in Primary School Children[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014, 11(4): 3678-3688.

- [4] KJELLGREN A, BUHRKALL H. A Comparison of the Restorative Effect of a Natural Environment with that of a Simulated Natural Environment[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2010, 30(4): 464-472.
- [5] LEGRAND F D, JEANDET P, BEAUMONT F, et al. Effects of Outdoor Walking on Positive and Negative Affect: Nature Contact Makes a Big Difference[J]. *Front Behav Neurosci*, 2022, 16: 901491.
- [6] GIDLOW C J, JONES M V, HURST G, et al. Where to Put Your Best Foot Forward: Psychophysiological Responses to Walking in Natural and Urban Environments[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2016, 45: 22-29.
- [7] 陈箴, 翟雪倩, 叶诗韵, 等. 恢复性自然环境对城市居民心智健康影响的荟萃分析及规划启示[J]. *国际城市规划*, 2016, 31(04): 16-26.
- [8] MCMAHAN E A, ESTES D. The Effect of Contact with Natural Environments on Positive and Negative Affect: A Meta-analysis[J]. *The Journal of Positive Psychology*, 2015, 10(6): 507-519.
- [9] 姚亚男, 李树华. 基于公共健康的城市绿色空间相关研究现状[J]. *中国园林*, 2018, 34(01): 118-124.
- [10] CAPALDI C A, DOPKO R L, ZELENSKI J M. The Relationship Between Nature Connectedness and Happiness: A Meta-analysis[J]. *Frontiers In Psychology*, 2014: 976.
- [11] BROWNING M H E M, SAEIDI-RIZI F, MCANIRLIN O, et al. The Role of Methodological Choices in the Effects of Experimental Exposure to Simulated Natural Landscapes on Human Health and Cognitive Performance: A Systematic Review[J]. *Environment and Behavior*, 2021, 53(7): 687-731.
- [12] FLOWERS E P, FREEMAN P, GLADWELL V F. Enhancing the Acute Psychological Benefits of Green Exercise: An Investigation of Expectancy Effects[J]. *Psychology of Sport and Exercise*, 2018, 39: 213-221.
- [13] BIELINIS E, TAKAYAMA N, BOIKO S, et al. The Effect of Winter Forest Bathing on Psychological Relaxation of Young Polish Adults[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 29: 276-283.
- [14] TAKAYAMA N, MORIKAWA T, BIELINIS E. Relation Between Psychological Restorativeness and Lifestyle, Quality of Life, Resilience, and Stress-coping in forest Settings[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(8): 1456.
- [15] 徐振, 王沂凡, 徐秋霞, 等. 面向积极生活的建成环境量表比较研究[J]. *景观设计学*, 2020, 8(02): 52-73.
- [16] HERZOG T R, MAGUIRE P, NEBEL M B. Assessing the Restorative Components of Environments[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2003, 23(2): 159-170.
- [17] ADAMS S A, MATTHEWS C E, EBBELING C B, et al. The Effect of Social Desirability and Social Approval on Self-reports of Physical Activity[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2005, 161(4): 389-398.
- [18] EMFIELD A G, NEIDER M B. Evaluating Visual and Auditory Contributions to the Cognitive Restoration Effect[J]. *Front Psychol*, 2014, 5: 548.
- [19] ANNERSTEDT M, JÖNSSON P, WALLERGÅRD M, et al. Inducing Physiological Stress Recovery with Sounds of Nature in a Virtual Reality Forest - Results from a Pilot Study[J]. *Physiology & Behavior*, 2013, 118: 240-250.
- [20] 井润田, 孙璇. 实证主义vs诠释主义: 两种经典案例研究范式的比较与启示[J]. *管理世界*, 2021, 37(03): 198-216.
- [21] MORRIS T. *Social Work Research Methods: Four Alternative Paradigms*[M]. Thousand Oaks, CA: Sage, 2006.
- [22] DEMING M, SWAFFIELD S. *Landscape Architecture Research: Inquiry, Strategy, Design*[M]. Hoboken: Wiley, 2011.
- [23] KUHN T S. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- [24] ROTHER E T. Systematic Literature Review X Narrative Review[J]. *Acta Paulista de Enfermagem*, 2007, 20: v-vi.
- [25] 毛良斌, 郑全全. 元分析的特点、方法及其应用的现状分析[J]. *应用心理学*, 2005, 11(4): 354-359.
- [26] 郑昊敏, 温忠麟, 吴艳. 心理学常用效应量的选用与分析[J]. *心理科学进展*, 2011, 19(12): 1868-1878.
- [27] ANDRADE C. Mean Difference, Standardized Mean Difference (SMD), and Their Use in Meta-analysis: as Simple as it Gets[J]. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 2020, 81(5): 11349.
- [28] WATSON D, CLARK L A, TELLEGEN A. Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: the PANAS Scales[J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1988, 54(6): 1063-1070.
- [29] RYAN R M, FREDERICK C. On Energy, Personality, and Health: Subjective Vitality as a Dynamic Reflection of Well-being[J]. *Journal of Personality*, 1997, 65(3): 529-565.
- [30] ROHLFS I C P D M, ROTTA T M, LUFT C D B, et al. Brunel Mood Scale (BRUMS): An Instrument for Early Detection of Overtraining Syndrome[J]. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 2008, 14: 176-181.
- [31] KAPLAN S, BARDWELL L V, SLAKTER D B. The Museum as a Restorative Environment[J]. *Environment and Behavior*, 1993, 25(6): 725-742.
- [32] ROBERTSON I H, MANLY T, ANDRADE J, et al. Oops!: Performance Correlates of Everyday Attentional Failures in Traumatic Brain Injured and Normal Subjects[J]. *Neuropsychologia*, 1997, 35(6): 747-758.
- [33] ROBERTS H, VAN LISSA C, HAGEDOORN P, et al. The Effect of Short-term Exposure to the Natural Environment on Depressive Mood: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. *Environmental Research*, 2019, 177: 108606.
- [34] OJALA A, NEUVONEN M, KURKILAHTI M, et al. Short Virtual Nature Breaks in the Office Environment can Restore Stress: An Experimental Study[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2022, 84.
- [35] YU C P, LEE H Y, LUO X Y. The Effect of Virtual Reality Forest and Urban Environments on Physiological and Psychological Responses[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 35: 106-114.
- [36] BRATMAN G N, HAMILTON J P, HAHN K S, et al. Nature Experience Reduces Rumination and Subgenual Prefrontal Cortex Activation[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112(28): 8567-8572.
- [37] BERMAN M G, JONIDES J, KAPLAN S. The Cognitive Benefits of Interacting with Nature[J]. *Psychological Science*, 2008, 19(12): 1207-1212.
- [38] 孙造诣, 陈思恬, 徐云. 心率变异性与抑郁关系的研究新进展[J]. *中国临床心理学杂志*, 2022, 30(06): 1394-1397.
- [39] ANDERSON A P, MAYER M D, FELLOWS A M, et al. Relaxation with Immersive Natural Scenes Presented Using Virtual Reality[J]. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 2017, 88(6): 520-526.
- [40] LANKI T, SIPONEN T, OJALA A, et al. Acute Effects of Visits to Urban Green Environments on Cardiovascular Physiology in Women: A Field Experiment[J]. *Environmental Research*, 2017, 159: 176-185.