

基于可视化呈现的数字化健康信息认知研究

李文开¹, 程妙婷², 曲行达¹, 陶达^{1*}

(1.深圳大学 人因工程研究所, 深圳 518060; 2.深圳大学 教育学部, 深圳 518060)

摘要: **目的** 研究数字化健康信息的呈现状态和呈现方式对年轻用户健康信息认知理解的影响。**方法** 采用两因子组内设计的人因学实验, 测试了18名年轻受试者在两种信息呈现状态(静态呈现, 动态呈现)及三种信息呈现方式(条形图, 仪表图, 文本型)下的认知绩效、主观感知及眼动行为, 并采用重复测量方差分析法分析实验数据。**结果** 信息呈现状态显著影响用户认知理解绩效, 动态呈现方式能有效降低用户信息搜索时间。呈现方式显著影响感知易用性和满意度等主观评价指标, 两种图形类方式主观感知评价显著高于文本型。信息呈现状态和呈现方式对眼动行为存在显著主效应及交互作用, 条形图和文本型在动、静态呈现时的首次注视时间无显著差异, 但动态仪表图的首次注视时间晚于静态仪表图。图形类呈现方式的总注视时长较之于文本型也较短, 其信息认知效率较高。**结论** 呈现状态中, 动态呈现能够提高用户提取重要信息的效率; 而呈现方式中, 图形类呈现方式有更好的用户主观认知评价。研究结果有助于揭示呈现状态和呈现方式对数字化健康信息认知的影响机制, 为优化数字化健康信息的编码设计提供了指导。

关键词: 动态可视化; 数字化健康信息; 信息认知; 眼动行为

中图分类号: TB18; TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)22-0267-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.22.030

Cognition of Digital Health Information Based on Visualization

LI Wen-kai¹, CHENG Miao-ting², QU Xing-da¹, TAO Da^{1*}

(1. Institute of Human Factors and Ergonomics,

2. Faculty of Education, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

ABSTRACT: The work aims to study the influence of information presentation format and presentation status on cognition and comprehension of digital health information among young adults. A two-factor within-subjects design was adopted in the experiment, where 18 young participants were tested regarding cognitive performance, subjective perceptions and eye movement behavior under two types of presentation status (static and dynamic presentations) and three types of presentation formats (bar graph, instrument graph, and text format). Then, the experimental data were analyzed by repeated measures analysis of variance (ANOVA). The information presentation status significantly influenced users' cognitive performance, and dynamic presentation effectively reduced users' information search time. The presentation format significantly influenced subjective perceptions (such as perceived ease of use and satisfaction), and scores of subjective evaluation of the two graphic presentations were significantly higher than that of the text format. Presentation status and presentation format had significant main effects and interaction effects on eye movement behaviors. There was no significant difference in time to first fixation for bar graph and text format between dynamic and static presentations, while time to first fixation was larger for dynamic instrument graph than for static instrument graph. The two graphic presentations had shorter total fixation duration than that of the text format, indicating higher information cognition efficiency. The dynamic presentation can improve the efficiency in extracting important information, and graphic presentation for-

收稿日期: 2023-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(72101161, 32271130); 深圳市基础研究面上项目(20200813225029002)

*通信作者

mats are favored more by users. The findings are of great significance for the understanding of the mechanism of presentation format and presentation status in the cognition of digital health information, and provide implications on optimal design of digital health information.

KEY WORDS: dynamic visualization; digital health information; information cognition; eye movement behavior

慢性病 (Chronic Diseases) 是影响社会经济发展和公众生命健康的全球性重大公共卫生问题。我国慢性病形势也十分严峻: 目前慢性病患已超 3 亿人 (占总人口的 22%), 慢性病死亡人数占总死亡人数的 88%, 慢性病医疗负担占总医疗负担的 70% 以上。近年来, 慢性病及亚健康状态呈现出年轻化趋势^[1-2], 年轻群体的慢性病预防及自我管理受到了越来越多的关注。随着信息科技的快速发展, 越来越多的用户开始采用健康信息科技 (如居家健康监测系统、移动医疗等) 进行慢性病管理。研究表明, 这些科技可不受时间和地域限制, 通过用户界面将个人健康信息以丰富多样的数字化形式呈现给患者, 辅助其进行健康监测和管理, 从而提高慢性病自我护理质量和效果^[3-5]。因此, 对个人数字化健康信息进行正确的认知理解, 进而做出医疗护理决策是慢性病自我护理的核心内容之一, 直接影响慢性病护理质量和患者身体健康^[6]。另外, 就目前实践来说, 由于年轻人对健康信息科技更为熟悉, 对自身健康状况十分关注以及对健康管理有较高的时间效率要求, 采用健康信息科技 (如居家健康监测系统、移动医疗等) 进行健康管理的用户中, 年轻群体的占比较高, 因此, 理解年轻群体数字化健康信息的认知机制十分重要。

1 研究现状

近年来, 移动硬件及健康信息技术的普及促进了电子健康记录的发展, 这使得以慢性病患者为代表的公众更容易接触到自身的健康监测结果等数字化个人健康信息, 并采用数字化健康应用进行自我健康护理^[7-8]。其中, 典型的自我监测结果包括指标名称、指标数值、测量单位和相关指标的正常参考范围等。研究表明, 在没有解释的情况下, 用户一般难以理解原始的健康监测结果, 只有受过良好教育和具有较高健康知识的人才能有效地理解测试结果^[9]。用户查看数字化个人健康信息时常遇到认知困难, 难以理解界面上呈现给他们的健康信息, 产生认知错误 (Cognitive Errors), 从而做出不当医疗护理决策和行为 (如用药错误, 不当饮食), 危害身体健康乃至生命^[6,10-12]。造成用户数字化个人健康信息认知困难和认知错误的根本原因主要在于数字化个人健康信息具有医学专业性和科技复杂性, 个人健康信息本来较难理解, 若未以优化的信息编码方式在用户界面上呈现, 用户更难正确认知健康信息, 容易产生认知错误, 即“健康信息编码与认知机理失衡”现象。因此,

通过何种方式对健康信息进行优化编码和设计以呈现数字化健康信息, 成为健康信息认知研究中亟待解决的问题。影响数字化健康信息认知理解的因素有很多, 包括用户特征和信息编码等因素。其中, 呈现方式 (Presentation Format) 和呈现状态 (Presentation Status) 是两个重要的信息编码因素, 二者对用户认知理解健康信息都存在较大的潜在影响。

1) 呈现方式是数字化健康信息传达信息内容的主要体现形式, 不同类型的呈现方式对认知理解健康信息有着重要影响。将数字化健康信息可视化地呈现出来是目前最为主流的做法, 其基本原理可以用图形优越理论来解释。图形优越理论认为, 相较于纯文本或数字, 可视化图形是一种优越的视觉感官代码, 这种感官优越性能促进信息接收者对信息的学习和理解^[13]。因此, 可以利用图形的优越特性将难以理解的数字健康信息以可视化方式呈现给用户以促进其对健康信息的认知理解。很多研究表明, 使用可视化方式将信息呈现给用户会影响其信息处理、评估与感知^[14-17]。其中, 不同可视化呈现方式会影响信息接收者的风险感知、信息理解、可信度、满意度和行为意图等^[9,18-23]。例如, Zikmund - Fisher 等发现, 与表格相比, 数字线图可以帮助患者更好地理解 and 区分紧急或非紧急状态的自我健康监测结果^[19]。Meghan 等^[9]发现, 与纯文本、纯文本加数字线、文本加折线图相比, 参与者对使用类压力表加文本这一种健康信息呈现方式的理解水平较高。使用可视化方式呈现健康监测结果的优点在于可以通过信息提示获取人类的视觉注意力进而提高对信息的认知理解^[3,24]。例如, Tao 等^[25]的研究表明, 在基本数字线图基础上增加颜色和个性化信息提示来增强可视化信息展示, 可以有效提高用户对数字化健康信息的易理解性以及用户的认知决策自信。总的来说, 目前仍缺乏足够的实证研究来说明证明哪种类型的可视化方式能有效地引导用户的视觉注意从而辅助用户的信息提取和认知。

2) 呈现状态是健康信息呈现中区别于呈现方式的一个重要维度, 主要指信息是以静态还是动态方式进行呈现。随着电子设备的普及, 健康信息不再仅限于通过纸张向患者呈现静态的报告结果, 动态的信息呈现可以为信息理解认知提供多方面的潜在优势。例如, 动画认知理论指出动态信息呈现类似于人类的认知过程, 是将关键信息展示为一个视觉片段, 连贯地呈现于信息接收者眼前, 这样更利于信息接收者注意到并聚焦于关键信息, 进而对该信息表达事物的发展

过程进行连续动态地认知^[26]。已有研究表明, 动态信息呈现形式可以提高用户进行信息认知时的注意力及参与度^[27-28], 是使信息可视化系统中的用户更容易理解数据的方式^[29]。在教育领域, 已有学者利用动态认知过程机制呈现动态信息来改善对学习材料的认知效果^[30-32]。在健康信息领域中, de Castro Andrade 等^[33]对巴西报纸健康信息图形的分析中也发现参与者在观看信息图时, 使用动态形式呈现健康信息的认知正确率最高, 不理解率最低, 而使用静态形式呈现健康信息的不理解率最高。此外, Fang 等^[18]发现, 与文本、图表、图像相比, 动态信息界面更受受访者的偏好, 并能引起用户强烈的情感体验。因此, 在数字化健康信息呈现时可以利用动态呈现的潜在特性, 对重点信息进行动态化加工, 借此提高用户对相关信息的理解。然而, 动态呈现在数字化健康信息认知中的作用如何知之甚少, 不同呈现方式的动态呈现效果如何也有待探索, 呈现状态和呈现方式之间是否存在交互作用值得进一步研究。另外, 目前也缺乏相关实证研究通过眼动追踪等客观数据来评估特定的呈现方式和呈现状态是如何吸引用户的视觉注意力, 进而造成不同的认知理论效果。

综上所述, 当前数字化健康信息认知研究尚不充分, 难以满足大众自我护理中对健康信息认知的迫切需求。已有研究多采用主观测评方式, 对数字化健康信息的认知绩效及眼动行为等客观维度研究较少, 因而未能深入分析数字化健康信息认知机理。对此, 本研究拟采用实验形式评估以动静态不同呈现状态的多种健康信息可视化呈现方式, 对用户认知绩效、主观感知及眼动行为的影响, 以深入分析数字化健康信息的认知机理, 为优化数字化健康信息编码设计提供指导。本研究的框架图见图 1。

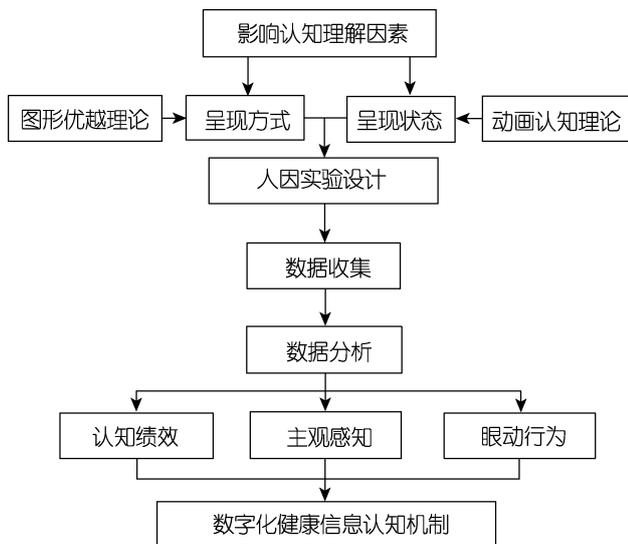


图 1 研究框架
Fig.1 Research framework

2 研究方法

2.1 受试者

18 名在校学生参与了本实验, 其平均年龄为 23.5 岁 (标准差为 1.5), 男女各半, 其健康素养平均得分为 28.24 (标准差 5.20, 总分 40 分; 通过前人开发的简体中文版电子健康素养问卷测量^[34])。受试者均具有正常视力 (含矫正视力正常), 无色盲和色弱, 无认知障碍, 能够读写中文。

2.2 实验设计

研究采用 2 因子组内设计方式, 组内因子包括呈现方式 (包括三种类型: 文本型、条形图、仪表图) 及呈现状态 (包括两种状态: 静态呈现、动态呈现)。测量指标包括认知理解绩效指标 (认知效率、认知正确率)、主观感知指标以及眼动指标。其中, 认知理解效率指用户完成任务总消耗的时长; 认知理解正确率指用户完成任务的正确率。主观感知指标包括感知易用性、感知有用性、自信程度和满意程度, 均采用 Tao 等^[23]在健康信息认知研究中提出的 7 分制量表测量。为进一步探究健康信息在不同可视化方式下的认知理解机理, 本研究引入了眼动追踪技术收集受试者的眼动信号, 以分析受试者在信息认知过程中的眼动行为和注意力分配。前人研究表明, 首次注视时间和总注视时长是信息认知中较为基础的两个眼动指标之一, 能有效反应个体在信息认知过程中的注意力分配情况^[3,25], 因此本研究也采用首次注视时间和总注视时长作为眼动分析指标。其中, 首次注视时间指受试者的注意力首次进入到某个兴趣区的时刻信息, 常用于考察呈现方式中不同元素视觉注意的吸引力; 总注视时长指受试者在某个兴趣区总的注视时间, 可用于评估用户提取信息的效率^[35-36]。

2.3 实验材料

本实验采用慢性病护理中 4 种常见的健康信息指标 (包括舒张压和收缩压 2 种血压值和餐前、餐后 2 种血糖值) 来进行信息呈现方式的设计, 并通过与人因专家多轮咨询, 以确保可视化呈现设计符合基本的人因学设计规范。其中, 文本型通过数字和文本呈现健康信息; 条形图通过具有不同颜色标识的横向条形图呈现健康信息; 仪表图通过具有不同颜色标识的仪表盘类比呈现健康信息 (见图 2)。所有呈现方式均以静态或动态两种状态方式。静态呈现中直接给出健康信息的测量结果; 动态呈现中将健康信息测量过程值动态展示出来直到给出测量结果。文本型的动态呈现指数值区数值由小到大变化, 最后停止于测试结果; 条形图的动态呈现指数值区三角指针及数值位置从左向右移动至测试结果在参考标识对应的位置, 伴随着数值由小到大变换; 仪表图的动态呈现至数值区



图2 三种静态下的呈现方式
Fig.2 Three presentation formats in static status

三角指针从左侧下方的起点沿参考标识做圆弧状位置移动至测试结果在参考标识对应的位置,伴随着仪表中央数值从小到大的变换。

每种健康信息指标分为正常值状态与非正常值状态各两种,动、静态呈现状态下分别有48种刺激材料。每种呈现方式针对其信息位置划分成标题区、数值区与参考标识区3个兴趣区域(见图3),以便记录眼动行为指标。其中标题区指当下测量的健康信息指标名称及单位;数值区为该指标的具体测试结果数值;参考标识区指该健康信息正常状态的参考范围标识。

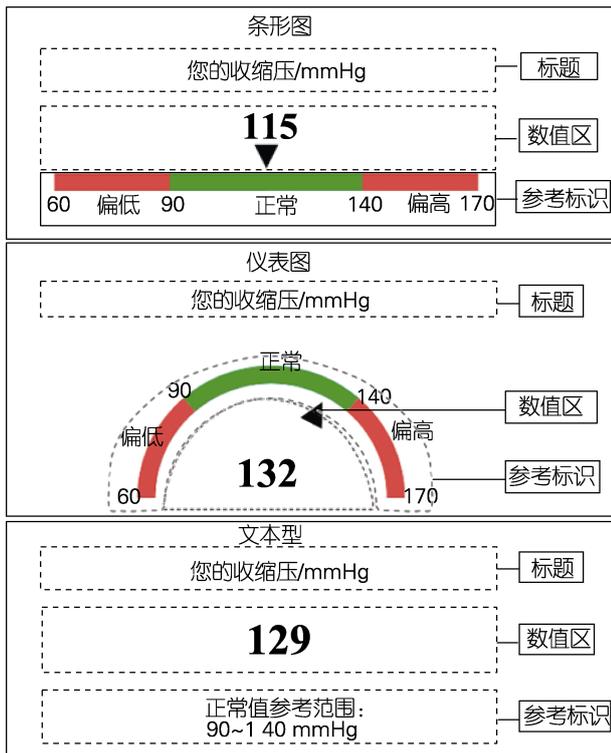


图3 三种呈现方式兴趣区域划分

Fig.3 Areas of interest for the three presentation formats

2.4 实验流程

实验程序通过 ErgoLAB 人机环境同步云平台(北京津发科技股份有限公司)编制。眼动行为数据使用 Tobii X3-120 眼动仪进行记录。实验前告知受试者需根据刺激材料上呈现的健康信息测量结果完成健康信息认知理解任务。受试者在充分知悉实验场

景与实验任务后,于实验知情同意书签名,然后引导其进行生理数据采集设备校准及练习实验,充分知悉任务后进入主实验。实验任务包括信息搜索任务(要求受试者在刺激中寻找呈现方式中所提供的健康信息指标,并按要求回答出具体的数值)和认知判断任务(要求受试者根据呈现方式中所提供的健康信息,对该指标是否正常进行判断,并按要求给出具体的答案)。实验刺激材料的呈现顺序根据平衡对抗原则设计。为避免受试者实验过程中出现疲劳和压力,实验材料分为4个部分,每个部分结束后,为受试者提供一段休息时间。实验结束后,受试者根据所提供不同类型的可视化方式进行主观感知问卷的填写,收集主观感知、情感以及用户偏好等数据。实验总时长约为50 min。

3 结果

3.1 认知理解绩效指标

表1呈现了数字化健康信息不同呈现方式和呈现状态下各任务的认知效率和正确率。在搜索任务中,呈现方式对认知效率及正确率均不存在显著影响。呈现状态对认知效率有显著影响, $F(1, 17) = 19.733, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.54$, 而对正确率无显著影响。其中,动态呈现(1.33 s)的认知效率显著优于静态呈现(1.53 s)。并且,呈现方式和呈现状态对认知效率存在显著交互作用, $F(2, 34) = 9.94, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.37$ 。通过简单效应成对比较发现,呈现状态分别在动态呈现和静态呈现下,各呈现方式动态呈现的认知效率较之于静态呈现要高。在判断任务中,呈现状态对认知理解效率有显著影响, $F(1, 17) = 6.05, P = 0.025$, 偏 $\eta^2 = 0.26$, 其中,动态呈现的认知理解时长(1.07 s)显著长于静态呈现的认知时长(0.95 s),见图4。

3.2 主观感知指标

表2呈现了数字化健康信息呈现方式和呈现状态对主观感知指标的影响。呈现方式对感知易用性存在显著影响, $F(2, 34) = 7.39, P = 0.006$, 偏 $\eta^2 = 0.30$, 从成对比较中可以看出,仪表图的感知易用性得分显著高于文本型。此外,呈现状态对感知易用性存在边缘显著影响, $F(1, 17) = 4.04, P = 0.061$, 偏 $\eta^2 = 0.19$ 。呈现方式或呈现状态对感知有用性的均不

表 1 数字化健康信息呈现方式和呈现状态对认知绩效的影响

Tab.1 Influence of presentation format and presentation status of digital health information on cognitive performance

任务类型	因素水平	认知效率/s				偏 η^2	认知正确率/%				偏 η^2
		描述性分析		ANOVA			描述性分析		ANOVA		
		平均值	标准差	F	P		平均值	标准差	F	P	
搜索任务	呈现方式										
	条形图	1.43	0.32	0.16	0.854	0.01	100	0	1.00	0.331	0.06
	仪表图	1.42	0.28				100	0			
	文本型	1.43	0.29				99.9	0.37			
	呈现状态										
	静态呈现	1.53	0.25	19.73	<0.001	0.54	99.9	0.25	1.00	0.331	0.06
	动态呈现	1.33	0.36				100	0			
呈现方式 × 呈现状态			9.94	<0.001	0.37			1.00	0.331	0.06	
判断任务	呈现方式										
	条形图	0.99	0.26	2.42	0.109	0.13	98.2	3.68	0.69	0.50	0.04
	仪表图	1.01	0.27				98.0	3.50			
	文本型	1.03	0.29				97.3	4.57			
	呈现状态										
	静态呈现	0.95	0.28	6.05	0.025	0.26	98.9	5.73	3.38	0.084	0.17
	动态呈现	1.07	0.29				96.8	1.80			
呈现方式 × 呈现状态			0.77	0.926	0.00			0.47	0.595	0.03	

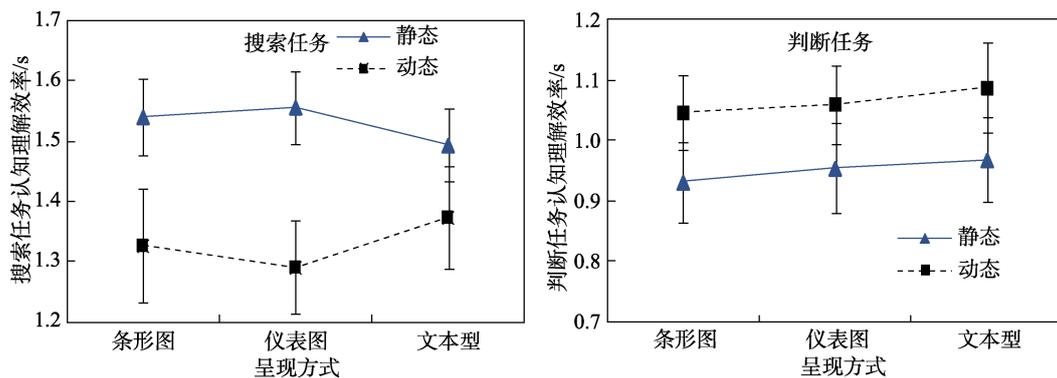


图 4 健康信息呈现方式和呈现状态对认知效率的交互效应

Fig.4 Interaction effect of health information presentation format and presentation status on cognitive efficiency

表 2 数字化健康信息呈现方式和呈现状态对主观感知指标的影响

Tab.2 Influence of presentation format and presentation status of digital health information on subjective perception indicators

主观感知指标	呈现方式			F	P	偏 η^2	呈现状态		F	P	偏 η^2	呈现方式 × 呈现状态		
	条形图	仪表图	文本型				静态	动态				F	P	偏 η^2
	平均值 (标准差)	平均值 (标准差)	平均值 (标准差)				平均值 (标准差)	平均值 (标准差)						
感知易用性	6.22 (0.87)	6.31 ^a (0.90)	5.67 ^a (0.94)	7.39	0.006	0.30	6.32 (0.61)	5.82 (1.20)	4.04	0.061	0.19	2.43	0.103	0.13
感知有用性	5.86 (1.56)	5.78 (1.50)	5.42 (1.02)	2.66	0.107	0.14	5.93 (1.09)	5.44 (1.66)	3.46	0.080	0.17	4.73	0.030	0.22
满意程度	5.97 ^b (0.92)	5.92 ^c (0.77)	4.89 ^{bc} (0.98)	14.00	<0.001	0.45	5.76 (0.84)	5.43 (1.13)	0.98	0.337	0.05	4.08	0.026	0.19
自信程度	6.28 ^d (0.84)	6.36 ^e (0.89)	5.50 ^{de} (0.89)	12.69	<0.001	0.43	6.13 (0.88)	5.96 (1.24)	0.21	0.655	0.01	0.95	0.367	0.05

注: 标有相同字母的数值存在统计显著差异。

存在显著的影响,但呈现方式和呈现状态对感知有用性存在显著交互作用, $F(2, 34) = 4.73, P = 0.030$, 偏 $\eta^2 = 0.22$ 。通过简单效应成对比较发现,呈现状态为动态呈现情况下,文本型(4.89分)的有用性得分显著低于条形图的得分(5.72分)及边缘显著低于仪表图的得分(5.72分)(见图5);而在呈现状态为静态呈现情况下,三种呈现方式有用性得分无显著差异。呈现方式对满意程度存在显著影响, $F(2, 34) = 14.00, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.45$, 并且呈现方式和呈现状态对满意程度存在显著的交互作用, $F(2, 34) = 4.08, P = 0.026$, 偏 $\eta^2 = 0.19$ 。通过简单效应成对比较发现,呈现状态为动态呈现情况下,文本型(4.44分)的满意程度得分显著低于条形图的得分(6.00分)及仪表图的得分(5.83分)(见图4);但在静态呈现的情况下,三种呈现方式的满意程度得分无显著差异。呈现方式对自信程度存在显著影响, $F(2, 34) = 12.69, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.43$, 从成对比较中可发现条形图(6.28分)和仪表图(6.36分)的自信程度得分显著高于文本型(见图5)。

3.3 眼动指标

3.3.1 首次注视时间

由表3可知,呈现状态、呈现方式及兴趣区域对首次注视时间存在显著影响,呈现状态: $F(1, 14) = 14.09, P = 0.002$, 偏 $\eta^2 = 0.50$;呈现方式: $F(2, 28) = 34.97, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.71$;兴趣区域: $F(2, 28) = 64.01, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.82$ 。并且,呈现状态

和呈现方式对首次注视时间存在显著的交互作用, $F(2, 28) = 92.69, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.87$ 。通过简单效应成对比较发现,呈现状态为动态呈现情况下,三种不同呈现方式的首次注视时间两两间存在显著差异;而呈现状态为静态呈现情况下,仅条形图与文本型存在显著差异(见图6)。此外,呈现状态和兴趣区域对首次注视时间存在显著的交互作用, $F(4, 56) = 53.37, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.79$ 。通过简单效应成对比较发现,在呈现状态为静态呈现情况下,三个兴趣区域两两间均存在显著差异(标题区与标识区为边缘显著);而在呈现状态为动态呈现情况下,除了标题区与数值区不存在显著差异外,其余两两间均存在显著差异(见图5)。最后,呈现方式和呈现状态对首次注视时间也存在显著的交互作用, $F(4, 56) = 32.41, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.70$ 。通过简单效应成对比较发现,兴趣区域为数值区时,除了条形图的首次注视时间与文本型的首次注视时间无显著差异,其余两两间均存在显著差异;兴趣区域为标识区时,仅条形图的首次注视时间与文本型的首次注视时间存在显著差异(见图6)。

3.3.2 总注视时长

由表3可知,呈现方式和兴趣区域对总注视时长存在显著的影响,呈现方式, $F(2, 28) = 13.29, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.49$;兴趣区域, $F(2, 28) = 68.98, P < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.83$ 。并且,呈现方式和兴趣区域对总注视时长存在显著的交互作用, $F(2, 28) =$

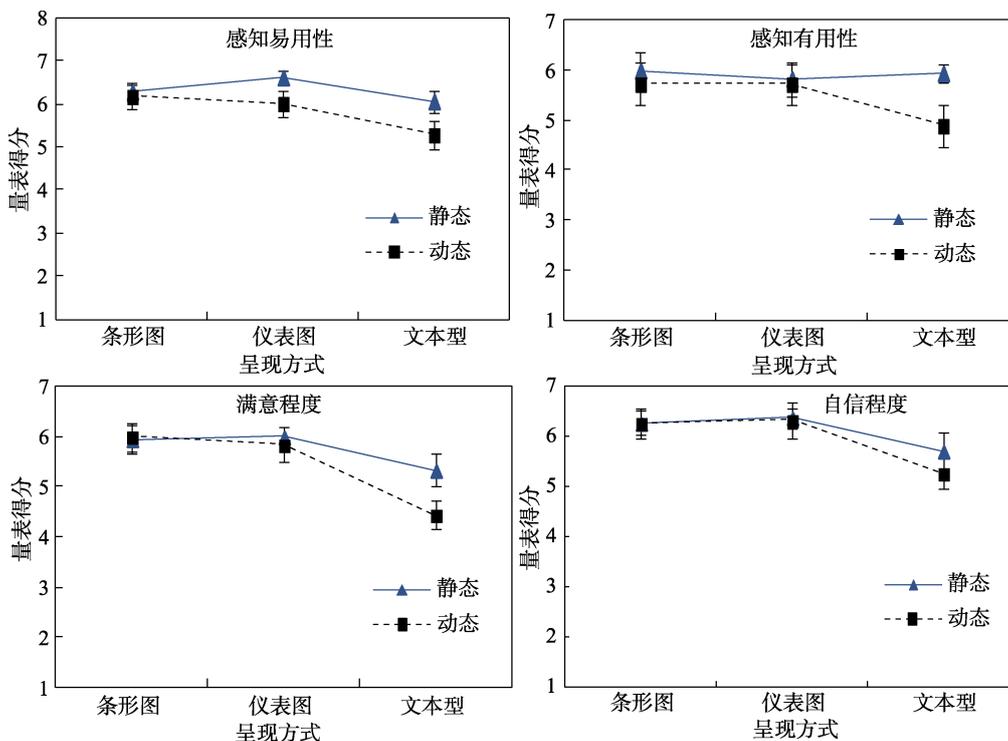


图5 健康信息呈现方式和呈现状态对主观感知指标的交互效应

Fig.5 Interaction effect of health information presentation format and presentation status on subjective perception indicators

8.00, $P = 0.007$, 偏 $\eta^2 = 0.36$ 。通过简单效应成对比较发现, 在呈现方式为条形图和仪表图情况下, 三个兴趣区域的总注视时长两两间均存在显著差异; 在

呈现方式为文本型的情况下, 除了数值区与标识区的总注视时长不存在显著差异, 其余两两间均存在显著差异 (见图 7)。

表 3 数字化健康信息呈现方式和呈现状态对眼动指标的影响

Tab.3 Effect of presentation format and presentation status of digital health information on eye movement indicators

眼动指标	呈现方式			P (F 、 偏 η^2)	呈现状态		P (F 、 偏 η^2)	兴趣区域			P (F 、 偏 η^2)	呈现方式 × 呈现状态	呈现方式 × 兴趣区域	呈现状态 × 兴趣区域
	条形图	仪表图	文本型		静态	动态		标题	数值区	参考标识		P	P	P
	均值 (标准差)	均值 (标准差)	均值 (标准差)		均值 (标准差)	均值 (标准差)		均值 (标准差)	均值 (标准差)	均值 (标准差)		(F 、 偏 η^2)	(F 、 偏 η^2)	(F 、 偏 η^2)
首次注视时间	0.54 ^a (0.08)	0.73 ^{ab} (0.08)	0.58 ^b (0.09)	< 0.001 (34.96、 0.71)	0.56 ^c (0.07)	0.68 ^c (0.10)	0.002 (14.09、 0.50)	0.71 ^d (0.18)	0.29 ^{de} (0.09)	0.85 ^e (0.16)	< 0.001 (64.01、 0.82)	< 0.001 (92.69、 0.87)	< 0.001 (32.41、 0.70)	< 0.001 (53.37、 0.79)
总注视时长	0.54 ^f (0.16)	0.53 ^g (0.14)	0.59 ^g (0.16)	< 0.001 (13.29、 0.49)	0.56 (0.13)	0.54 (0.18)	0.470 (0.55、 0.04)	0.11 ^{hi} (0.17)	0.87 ^{hj} (0.29)	0.52 ^{ij} (0.21)	< 0.001 (68.98、 0.83)	0.322 (1.12、 0.07)	0.007 (8.00、 0.36)	0.093 (3.00、 0.18)

注: 标有相同字母的值存在显著差异。

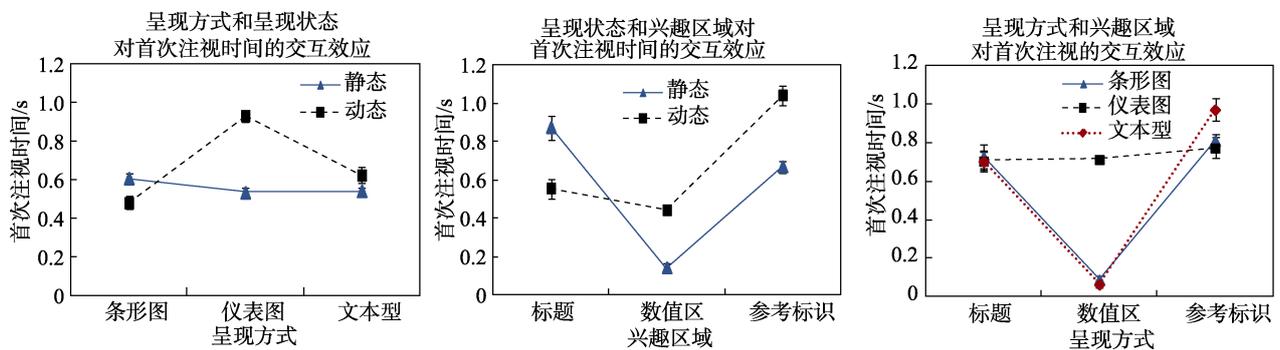


图 6 健康信息呈现方式和呈现状态及兴趣区域对首次注视时间的交互效应

Fig.6 Interaction effects of health information presentation format, presentation status and AOI on first fixation time

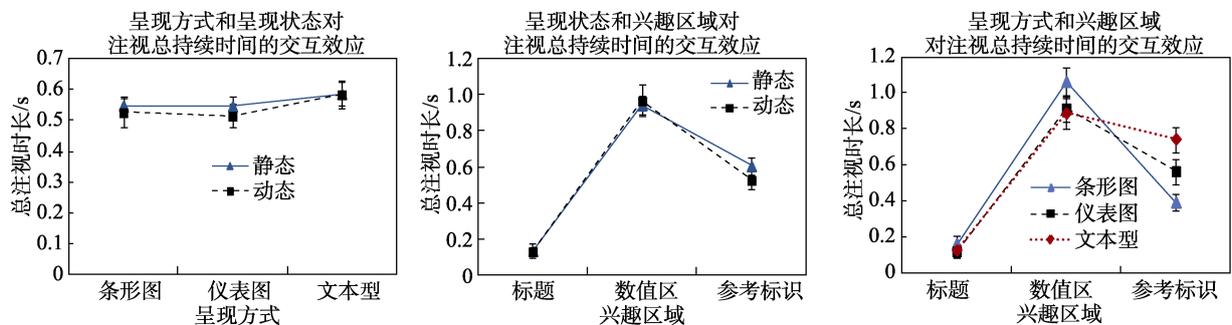


图 7 健康信息呈现方式和呈现状态及兴趣区域对总注视时长的交互效应

Fig.7 Interaction effects of health information presentation format, presentation status and AOI on total fixation duration

4 讨论

目前国内外针对健康信息可视化的研究主要基

于主观问卷和任务绩效指标, 基于生理指标的认知机制探索研究仍相对较少; 同时, 不同呈现状态下眼动行为的研究仍相对缺乏。因此, 本研究选取三种不同

健康信息呈现方式在不同状态下呈现进行实证研究,采集了不同数字化健康信息呈现方式呈现时信息接受者的认知理解绩效、主观感知评价及眼动行为数据,通过重复测量方差分析法分析不同健康信息呈现方式和呈现状态,对信息接受者的认知理解绩效、主观感知及眼动行为的影响。

结果表明,数字化健康信息呈现方式对用户的理解认知绩效并未产生显著影响,各种呈现方式都有较高的认知绩效。一方面,这可能是因为本研究所选之健康信息呈现方式通过与人因专家多轮讨论而设计,有较好的信息呈现效果,满足用户的实际使用需求且易于理解,这些呈现方式的优点在前人研究中也得到体现^[9,18-19,25];另一方面,由于本研究中的信息认知任务对年轻群体来说较为简单,因而大部分受试者都能取得较好的认知绩效。需指出的是,呈现方式对主观感知指标存在显著影响,图形类的呈现方式(条形图、仪表图)在所有指标的表现均优于文本型,这与前人的研究结果相似^[9,19]。而在总注视时长上,图形类的呈现方式所需时长均显著短于文本型,而总注视时长是表征信息提取难易程度的指标^[35],因此,图形类的呈现方式相对于文本型的呈现方式更能帮助用户进行信息提取。同时这也与图形优越理论的结论相似,图形优越理论指出图形能产生一种优越的感官代码以促进信息接收者理解信息^[13],而本研究中这种优越的感官代码体现在以下两个方面。

1) 信息接收者对带有图形类的呈现方式在主观感知指标表现显著优于纯文本型的呈现方式;这种优越的感官代码亦体现于信息接收者的眼动行为中,在图形类中的总体视觉资源主要分布于带有图形的数值区以及参考标识区,而纯文本的标题区所获得的视觉资源则相对较少。

2) 数字化健康信息呈现状态对用户的认知理解绩效有显著影响。动态呈现的元素在用户搜索信息时能够快速地吸引用户注意到关键信息,并促进用户对健康信息的学习认知,这与前人研究结论相似^[30-31]。同时,研究结果表明,动态化呈现虽然能让信息接收者能够快速触达以动态形式所呈现的信息,但短暂的连续动态呈现效果会产生额外的认知负荷从而抑制理解全局的信息,该现象与 Hasler^[37]等的发现相似。而在呈现状态对眼动行为的影响中,结果表明眼动行为中的静态呈现首次注视时间较至于动态呈现的显著要晚,这是由于动态呈现中的元素移动有效吸引受试者的注意力,使首次注视的时间出现得较晚。整体结果表明,动态呈现能通过获取用户的注意力使用户快速获取到重点的健康监测信息。然而需指出的是,动态呈现在本研究中存在局部信息和整体信息认知的差异。根据动画认知理论^[26],以连贯形式呈现重点信息给信息接收者能让其快速关注和认知理解该信息。这在本研究中局部动态信息呈现中得到了体现。

还发现,动态呈现的信息元素的确能够快速捕获用户的注意力并快速理解该动态信息元素;但用户在理解包含动态信息元素在内的整体信息呈现时,其表现却并未优于静态可视化呈现方式,这可能是由于本研究中的动态信息元素虽然重要,但用户进行认知判断时仍然需要较多周边信息的辅助。换言之,动态呈现的信息虽然能获取用户更多的注意力,但仍未能与周边静态信息较好地兼容,进而提升用户的认知效率。因此,未来可进一步研究如何将动静态信息有机地结合呈现以增强用户的信息认知效率和效果。

研究结果对数字化健康信息形式的认知理解机制具有理论意义,同时对数字化健康信息可视化形式的设计具有实践意义。从理论上讲,在不同的呈现状态中,图形类的呈现方式从主观上更为让用户更容易接受,图形类视觉元素亦更能捕获信息接收者的视觉资源以促进信息接收者客观上提高认知理解效率;而在不同的呈现状态中,动态呈现中的动态元素能使信息接收者快速捕获信息接收者的注意力,而认知过程包括注意力分配过程和记忆过程,而注意力集中的信息更有可能在记忆过程中被处理^[38],因而动态呈现能使信息接收者能够快速地触达关键信息并理解。从实践角度上看,本研究体现了不同的可视化方式用于呈现健康监测指标结果时的优缺点。设计者需要意识到可以通过使用动态呈现对重点信息进行加工,以便能够快速获取用户的注意力进而加快用户的理解认知。然而,动态呈现亦可能导致用户未能快速理解结果中所有的信息,因此使用动态形式对信息进行加工时需要更为谨慎。此外,在条形图、仪表图及文本型三者的对比中,可以发现图形类的呈现方式在绩效、主观感知评价及注意力分配上更为符合容易认知理解的预期,因此可以适当选择合适的图表来表征健康监测结果,以最大化图表的效率。

本研究亦存在一些局限,需待后续研究解决。首先,针对慢性病的年轻化趋势,本研究选取了身体健康的在校大学生群体作为受试者,其健康信息认知反应可能与年轻慢性病患者有所差异;另外慢性病护理在中老年群体中尤为重要,因此后续研究可增加中老年慢性病患者对照群体,揭示这一群体的数字化健康信息认知机制,以优化其信息呈现方式。其次,考虑到实验设计的实际可操作性,实验所用健康数据并非受试本人的真实数据。尽管在实验前告知受试者把实验刺激数据当成本人实际测量值,但这种做法仍可能导致受测者的主观感受与实际情况出现差异,使得实验结果的推广性受限。

5 结语

本研究针对数字化健康信息认知问题,分析了年轻用户在不同健康信息可视化呈现方式下认知理解

绩效、主观感知指标以及眼动指标的差异。在认知理解绩效中发现相比静态呈现, 动态呈现能够让信息接受者快速完成搜索信息任务, 但在主观感知和眼动指标分析中并未发现不同呈现状态的差异。此外, 还发现图形呈现方式的主观指标评价均优于文本型, 其中条形图的优势也可以由眼动指标得到体现。研究结果可为面向消费者的数字化健康信息呈现方式设计提供指导建议, 并为健康信息可视化方式的认知理解机制研究提供理论参考。

参考文献:

- [1] 于天辰, 张永茂, 卢安. 1993至2008年河北省城乡居民慢性病患病趋势分析[J]. 河北医药, 2011, 33(22): 3468-3469.
YU Tian-chen, ZHANG Yong-mao, LU An. Analysis on the Prevalence Trend of Chronic Diseases Among Urban and Rural Residents in Hebei Province from 1993 to 2008[J]. Hebei Medical Journal, 2011, 33(22): 3468-3469.
- [2] 魏晓龙. 推广和实施慢性病自我管理健康教育的应用前景[J]. 慢性病学杂志, 2018, 19(10): 1356-1358.
WEI Xiao-long. Application Prospect of Popularizing and Implementing Self-Management Health Education for Chronic Diseases[J]. Chronic Pathematology Journal, 2018, 19(10): 1356-1358.
- [3] 陶达, 袁娟, 曾吉红, 等. 呈现方式和性别对老年用户使用和理解健康信息的影响[J]. 人类工效学, 2019, 25(1): 18-24.
TAO Da, YUAN Juan, ZENG Ji-hong, et al. The Effect of Presentation Formats and Gender on Performance and Comprehension of Health Information for Older Adults[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2019, 25(1): 18-24.
- [4] OMBONI S, CAMPOLO L, PANZERI E. Telehealth in Chronic Disease Management and the Role of the Internet-of-Medical-Things: The Tholomeus® Experience[J]. Expert Review of Medical Devices, 2020, 17(7): 659-670.
- [5] 汪哲宇. 数字化慢病管理系统的研究与实践[D]. 杭州: 浙江大学, 2021.
WANG Zhe-yu. Research and Practice of Digital Chronic Disease Management System[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2021.
- [6] MIDDLETON B, BLOOMROSEN M, DENTE M A, et al. Enhancing Patient Safety and Quality of Care by Improving the Usability of Electronic Health Record Systems: Recommendations from AMIA[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2013, 20(e1): e2-e8.
- [7] 唐风, 方向明. 国外消费者健康信息学研究综述[J]. 图书情报工作, 2018, 62(2): 144-152.
TANG Feng, FANG Xiang-ming. A Review of Related Overseas Research on Consumer Health Informatics[J]. Library and Information Service, 2018, 62(2): 144-152.
- [8] TAO Da, WANG Tie-yan, WANG Tie-shan, et al. Effects of Consumer-Oriented Health Information Technologies in Diabetes Management over Time: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2017, 24(5): 1014-1023.
- [9] MEGHAN R T, GROSSMAN LISA V, MYERS ANNIE C, et al. Visual Analogies, not Graphs, Increase Patients' Comprehension of Changes in Their Health Status[J]. Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA, 2020, 27(5): 677-689.
- [10] TORSVIK T, LILLEBO B, MIKKELSEN G. Presentation of Clinical Laboratory Results: An Experimental Comparison of Four Visualization Techniques[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2013, 20(2): 325-331.
- [11] BREWER N, GILKEY M, LILLIE S E, et al. Tables or Bar Graphs? Presenting Test Results in Electronic Medical Records[J]. Medical Decision Making, 2012, 32: 545-553.
- [12] OR C, TAO Da. Usability Study of a Computer-Based Self-Management System for Older Adults with Chronic Diseases[J]. JMIR Research Protocols, 2012, 1(2): e13.
- [13] NELSON D L, REED V S, WALLING J R. Pictorial Superiority Effect[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 1976, 2(5): 523-528.
- [14] DUNLAP J C, LOWENTHAL P R. Getting Graphic about Infographics: Design Lessons Learned from Popular Infographics[J]. Journal of Visual Literacy, 2016, 35(1): 42-59.
- [15] LOR M, KOLECK T A, BAKKEN S. Information Visualizations of Symptom Information for Patients and Providers: A Systematic Review[J]. Journal of the American Medical Informatics Association, 2018, 26: 162-171.
- [16] HERNANDEZ-SANCHEZ S, MORENO-PEREZ V, GARCIA-CAMPOS J, et al. Twelve Tips to Make Successful Medical Infographics[J]. Medical Teacher, 2021, 43(12): 1353-1359.
- [17] MARTIN L J, TURNQUIST A, GROOT B, et al. Exploring the Role of Infographics for Summarizing Medical Literature[J]. Health Professions Education, 2019, 5(1): 48-57.
- [18] FANG Yu-min, LIN Chun, CHU Bo-cheng. Older Adults' Usability and Emotional Reactions Toward Text, Diagram, Image, and Animation Interfaces for Displaying Health Information[J]. Applied Sciences, 2019, 9(6): 1058.
- [19] ZIKMUND-FISHER B J, SCHERER A M, WITTEMAN H O, et al. Graphics Help Patients Distinguish between Urgent and Non-Urgent Deviations in Laboratory Test Results[J]. Journal of the American Medical Informatics

- Association, 2017, 24(3): 520-528.
- [20] ZIKMUND-FISHER B J, SCHERER A M, WITTEMAN H O, et al. Effect of Harm Anchors in Visual Displays of Test Results on Patient Perceptions of Urgency about Near-Normal Values: Experimental Study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2018, 20(3): e98.
- [21] ARCIA A, SUERO-TEJEDA N, BALES M E, et al. Sometimes more is More: Iterative Participatory Design of Infographics for Engagement of Community Members with Varying Levels of Health Literacy[J]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2016, 23(1): 174-183.
- [22] KUIJPERS W, GIESINGER J M, ZABERNIGG A, et al. Patients' and Health Professionals' Understanding of and Preferences for Graphical Presentation Styles for Individual-Level EORTC QLQ-C30 Scores[J]. *Quality of Life Research*, 2016, 25(3): 595-604.
- [23] TAO Da, YUAN Juan, QU Xing-da. Effects of Presentation Formats on Consumers' Performance and Perceptions in the Use of Personal Health Records among Older and Young Adults[J]. *Patient Education and Counseling*, 2019, 102(3): 578-585.
- [24] ANTÚNEZ L, GIMÉNEZ A, MAICHE A, et al. Influence of Interpretation Aids on Attentional Capture, Visual Processing, and Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels[J]. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 2015, 47(4): 292-299.e1.
- [25] TAO Da, YUAN Juan, QU Xing-da. Presenting Self-Monitoring Test Results for Consumers: The Effects of Graphical Formats and Age[J]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2018, 25(8): 1036-1046.
- [26] DAN T. Cognitive Animation Theory: A Process-Based Reading of Animation and Human Cognition[J]. *Animation*, 2014, 9(1): 47-64.
- [27] TVERSKY B, MORRISON J B, BETRANCOURT M. Animation: Can it Facilitate?[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2002, 57(4): 247-262.
- [28] OZCELIK E, ARSLAN-ARI I, CAGILTAY K. Why does Signaling Enhance Multimedia Learning? Evidence from Eye Movements[J]. *Computers in Human Behavior*, 2010, 26(1): 110-117.
- [29] KRIGLSTEIN S, POHL M, STACHL C. Animation for Time-Oriented Data: An Overview of Empirical Research[C]// 2012 16th International Conference on Information Visualisation. Montpellier, France. IEEE, 2012: 30-35.
- [30] MAYER R E, MORENO R. Animation as an Aid to Multimedia Learning[J]. *Educational Psychology Review*, 2002, 14(1): 87-99.
- [31] BÉTRANCOURT M, TVERSKY B. Effect of Computer Animation on Users' Performance: A Review/(Effet De L'animation Sur Les Performances Des Utilisateurs: Une Synthèse)[J]. *Le travail humain*, 2000, 63(4): 311.
- [32] AYSOLMAZ B, REIJERS H A. Animation as a Dynamic Visualization Technique for Improving Process Model Comprehension[J]. *Information & Management*, 2021, 58(5): 103478.
- [33] DE CASTRO ANDRADE R, SPINILLO C G. Interaction and Animation in Health Infographics: A Study of Graphic Presentation and Content Comprehension[C]// International Conference of Design, User Experience, and Usability. Cham: Springer, 2018: 187-199.
- [34] XU R H, ZHOU L, LU S Y, et al. Psychometric Validation and Cultural Adaptation of the Simplified eHealth Literacy Scale: Cross-sectional Study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22(12): e18613.
- [35] 张茹平. 基于眼动追踪的移动端界面可用性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
ZHANG Ru-ping. Research on the Usability of Mobile Interface Based on Eye Tracking[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019.
- [36] 王远涵. 面向在线视频课程的学习者眼动行为研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
WANG Yuan-han. Research on Learners' Eye Movement Behavior for Online Video Courses[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2019.
- [37] HASLER B S, KERSTEN B, SWELLER J. Learner Control, Cognitive Load and Instructional Animation[J]. *Applied Cognitive Psychology*, 2007, 21(6): 713-729.
- [38] SKUBALLA I T, SCHWONKE R, RENKL A. Learning from Narrated Animations with Different Support Procedures: Working Memory Capacity Matters[J]. *Applied Cognitive Psychology*, 2012, 26(6): 840-847.

责任编辑: 陈作