

阿尔茨海默病患者智能服装的发展趋势

王馨雨¹, 田明伟²

(1. 青岛理工大学 艺术与 design 学院, 山东 青岛 266033; 2. 青岛大学 纺织服装学院, 山东 青岛 266071)

摘要:通过文献研究与实地调研的方式,对阿尔茨海默病的发病进程和病理特征进行梳理与分析,归纳总结患者产生神经障碍、记忆障碍、认知障碍、运动障碍、情绪障碍及体貌变化后对服装的特殊需求。针对患者的痛点问题,通过案例研究从防摔倒、防走失、智能监测、适应性辅助治疗 4 方面对智能服装的设计要素展开分析,指出设计关键点,明确智能服装的新技术、新工艺;并在此基础上预测阿尔茨海默病患者智能服装未来的发展方向。

关键词: 阿尔茨海默病;智能服装;智能可穿戴;发展趋势

中图分类号: TS 941.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2023)02-0134-07

Development Trends on Intelligent Clothing of Alzheimer's Disease Patient

WANG Xinyu¹, TIAN Mingwei²

(1. College of Arts and Design, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China; 2. College of Textiles and Clothing, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: Through literature research and field investigation, this study combed and analyzed the pathogenesis and pathological characteristics of Alzheimer's disease. The clothing special needs of patients about neurological disorders, memory disorders, cognitive disorders, movement disorders, emotional disorders and physical changes were summarized. In view of patients' pain points, the design elements of intelligent clothing were analyzed from four aspects of anti-fall, anti-lost, intelligent monitoring and adaptive assisted treatment through case studies, and the key points of design were pointed out. And the new technology and process of intelligent clothing were defined. On this basis, the development direction of intelligent clothing for patients with Alzheimer's disease was forecasted.

Key words: Alzheimer's disease, intelligent clothing, smart wearable, development trend

阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)起病隐匿,呈渐进式发展。随着人口老龄化,AD的发病率逐年上升,且呈现年轻化趋势,严重危害老年人的身心健康和生活质量。《中国阿尔茨海默病报告 2021》^[1]统计显示,截至 2019 年,中国现存 AD 及其他类似患病人数约 1 324 万,至 2050 年,60 岁以上老年人 AD 患者人数将达到 3 003 万。目前,中国 AD 患病率、死亡率均略高于全球平均水平,是患者数量最多的国家^[2]。针对此严峻情况,习近平总书

记在党的二十大报告中明确提出了以“生命至上”为导向,推进健康中国建设,将积极应对人口老龄化上升为国家战略,发展养老事业和养老产业,提供多层次、高品质、专业化的养老产品,构建多样化的“为老服务”体系^[3]。

AD 患者会产生认知障碍和身体机能退化,其对生活环境、服用产品、交互平台等都提出了更高的需求。然而针对这类人群功能性服装的研发仍处于起步阶段,尚未形成切实有效的服务体系。工

收稿日期:2023-01-06; 修订日期:2023-03-12。

基金项目:青岛市双百调研工程课题项目(2022-C-33)。

作者简介:王馨雨(1989—),女,讲师,博士。主要研究方向为智能可穿戴、服装产业融合设计。

Email: wang_gabrielle@163.com

信部发文明确了老年纺织服装产品研发方向,通过应用智能化设计和智能型材料,增加服饰的传感功能,开发具有交互性、可感知、自动报警等功能的可穿戴智能服装^[4]。因此,文中综合考虑 AD 患者的需求,以人性化、实用性为准则,积极探索和把握功能性服装的开发方向。该研究对改善患者及家人的生活质量,提升智慧养老水平有重要意义。

1 AD 患者特征及服装需求分析

1.1 AD 患者发病进程

目前,AD 在医学上属于一种不可逆的慢性神经系统疾病,表现为患者身体机能及行为(如神经、记忆、认知、运动、情绪等)产生不同程度的障碍和衰退。依据 AD 病情发展情况,可将其划分为前期、早期、中期和晚期 4 个病程,具体如图 1 所示。其中前期和早期症状较为隐匿,多表现为短期记忆衰退,或轻微的执行障碍和语言障碍,极少引起患者及家属的重视,容易延误治疗。伴随症状发展,中期 AD 患者会出现自理困难、记忆混乱、认知障碍、肢体不协调、情绪及精神异常等症状,造成护理困难,这一阶段通常持续 2~10 年^[5]。晚期的重度症状根据患者及家人的护理情况一般会持续 8~12 年^[6],这一时期的患者逐渐失去做事的主动性,认知能力大幅下降,并会出现卧床的情况。

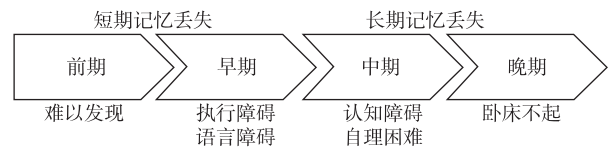


图 1 阿尔茨海默病发病历程

Fig. 1 Development of Alzheimer's disease

1.2 AD 患者生理特征及服装需求

1.2.1 神经障碍及服装需求 随着病症发展,AD 患者生理机能会逐渐衰退。神经障碍是引发 AD 的重要原因之一,神经细胞及组织功能出现明显衰退,导致患者的视觉、听觉、感知觉以及应激性能力都有所下降,有时会出现违背季节规律乱穿衣的情况,部分患者会出现大小便失禁。因此,在设计 AD 患者服装时,可增加面料的保暖性和透气性,同时针对特殊病情的患者可以使用具有防污防水效果的面料,还可以通过在服装内部添加疏水结构等功能性模块,缓解患者不适。此外,AD 患者的皮肤汗腺和皮脂腺的分泌功能减退,易引起皮肤粗糙瘙痒等问题,导致患者无意识的频繁挠抓,且由于其皮肤的屏障修复功能减弱,使皮肤溃烂且伤口不易愈合^[7]。因此,在选择服装面料时,应保证面料柔软透气,减少对皮肤的刺激,同时增加具有如中草药

成分、保湿、防辐射等功能性面料的使用。

1.2.2 记忆障碍及服装需求 AD 患者从患病早期阶段开始出现不同程度的近期和远期记忆受损。记忆能力的衰退对患者及家人的危害是巨大的,从一开始的上厕所忘记冲水、忘记锁门或关门等,逐渐发展为忘记关闭电源或炉灶、外出不记得路等,很容易导致失火、漏水、房屋失窃、走失等问题。特别是走失问题,已成为 AD 患者伤亡的最主要因素之一。《中国走失人口白皮书(2020)》统计数据显示,2020 年我国走失人次达到 100 万,老年人约为 50 万,平均每天走失 1 370 位老人,其中患有记忆力障碍的占比 72%,经确诊的 AD 患者占比 25%^[8]。因此,添加具有防走失功能的智能化模块是 AD 患者功能性服装的设计重点,此类智能模块需要具备使用便捷、耗能小、耐磨损的特点。

1.2.3 认知障碍及服装需求 认知功能是人类大脑与外界信息产生交互的重要能力。AD 患者的认知功能明显退化,学习能力和思维判断能力逐渐丧失,出现分不清梦境与现实、过去与现在等情况;甚至逐渐发展为无法辨认自己或家人,遗忘日常用品使用或食物的食用方法等;同时,语言的理解表达能力出现障碍,并逐步退化到婴儿状态。因此,具有认知障碍的 AD 患者对功能性服装提出了更高的要求:①服装的款式要简洁,方便患者穿着;②需要在服装中添加智能监测身体机能的模块,例如心电图监测、呼吸监测、血压监测等,避免因患者无法表达而延误治疗。

1.2.4 运动障碍及服装需求 老年人往往随着年龄的增长,身体机能开始下降,骨骼和肌肉控制能力减弱,而老年 AD 患者呈现出更为明显的运动协调能力衰退,运动灵活度减弱。具体表现为肢体不协调,四肢无法正常抬起或放下,穿脱衣物困难;身体平衡性变差,极易摔倒,再加上骨质疏松很容易引发骨折,使很多 AD 患者长期处于坐或卧姿,从而导致肌肉萎缩。由此,在选择服装面料时应注意使用柔软、轻便且富有弹性的面料,避免对皮肤造成负担;注意服装的闭合方式,避免套头款式,尽量选用磁力纽扣等配件进行敞口式设计,减少穿脱困难;服装结构应该结合患者姿态进行适应性设计,例如适当调整衣服与裤子的前后片长度,依据患者行为习惯调整口袋的开口角度等;适当在关节部位增加缓冲装置,利用功能性面料或辅料减轻患者摔倒后的损伤风险。

1.2.5 情绪障碍及服装需求 众多生理机能的退化和改变易使 AD 患者的情绪失控。声音、光线、梦

境等都会刺激患者,导致其脾气暴躁、大喊大叫。由于神经和认知障碍,患者与家人缺乏情感交流,产生孤独感;自理能力的大幅衰退也极易使其产生无助感,从而引发焦虑、抑郁等心理问题。因此,基于稳定情绪需要,服装应避免使用夸张的色彩或装饰,以免产生不良刺激,尽量选择饱和度较低的色彩和简单的廓形设计。此外,随着社会的发展以及人们收入水平的提高,老年人的消费能力和审美水平也在不断提升,尽管 AD 患者的身体和心理机能都有不同程度的退化,但依然要注意服装设计的美感和个性化。如在服装色彩搭配方面,跳脱出传统的印花或黑灰蓝等陈旧的色彩组合,选择素雅的颜色并适当点缀亮色;服装款式方面,可根据流行趋势进行装饰及结构线的变化,增加服装的时尚感。

1.2.6 体貌变化及服装需求 AD 患者多为老年

表 1 AD 患者特征及服装设计要点

Tab.1 AD patient characteristics and clothing design points

问题	特征	服装需求	设计原则
神经障碍	五感退化,皮肤敏感	使用功能性面料	防护性,适应性
记忆障碍	记忆能力衰退易走失	智能监测及防走失功能	功能性
认知障碍	学习,思维,语言能力退化	款式便捷,智能监护	适应性,功能性
运动障碍	骨骼肌肉萎缩,平衡性差	易穿脱,适应体态,防摔倒	防护性,功能性
情绪障碍	自卑,焦虑,抑郁情况加重	色彩柔和,款式简洁且美观	适应性,美观性
体貌变化	体型体态改变,脊柱弯曲	调整服装结构	适应性

2 AD 患者智能服装分析

2.1 防摔倒智能服装

2.1.1 防摔倒智能服装功能 防摔倒服装按照功能一般分为摔倒监测和摔倒后防护两部分。目前,摔倒监测技术主要有基于视频图像分析、音频信号分析、可穿戴传感技术 3 种监测方法^[9]。基于视频摔倒监测技术主要是利用算法分析采集人体图像信息,推断人体状态,通常需要在固定场所安置摄像头。基于音频摔倒监测技术与视频监控的方式类似,同样需要将患者置于一个相对固定的地点,不同的是不需要采集完整的人体信息,只需要摔倒后发出音频信号就可以判断是否摔倒。这两种技术的监测成本都较高,更适用于固定场所,无法对患者进行实时监控,且误判率较高。由此,更为便捷有效的基于可穿戴技术的监测技术应运而生,其主要是通过内置于服装或身体佩戴的智能设备实时监测人体运动状态,以判断人体摔倒情况。综上,这 3 种监测技术主要是面向监控与报警,无法为患者提供有效保护。因此,需要进一步开发具有防

人,随着年龄的增加,其体态等会发生一系列改变,如腰腹部维度增加,脊椎弯曲等导致的肩背部形体改变以及身高降低等。AD 患者体貌改变,其服装款式和结构也应随之改变,如减少衣服前身长,增加背长,减少省量,降低胸高点位置;降低袖山高并加大袖窿维度,尽量选择插肩袖设计;加宽领口设计避免影响颈部活动等。

AD 患者主要特征及服装设计要点见表 1。通过调研分析可以看出,AD 患者与同龄老人相比,不仅具有相似的老龄化问题,还有以下 4 个问题比较突出:①其肢体更加难以控制,摔倒风险变高;②记忆障碍非常严重,走失风险逐渐增加;③认知和判断能力显著下降,语言表达困难,智能化监护需求高;④体貌变化以及运动障碍导致穿脱衣物困难,照护需求更高。

摔和防护功能的智能穿戴服装。

2.1.2 防摔倒智能服装材料 防护类智能服装多通过在人体关键部位添加缓冲材料以降低摔倒瞬间对身体产生的伤害。缓冲材料主要包括聚氨酯材料、D3O 凝胶、气囊、间隔织物以及特殊三维立体针织织物等。

1) 聚氨酯材料即常见的海绵材料,价格低廉抗冲击效果较好。防护效果受材料的厚度及硬度影响较大,存在透气透湿性差,且极易损坏的问题,不适合 AD 患者日常穿着。

2) D3O 凝胶是一种硬质高分子材料,被广泛应用在具有防护功能的服装中,常态下呈现软质,利用其非牛顿流体的特性,在摔倒和碰撞的瞬间材料中的分子迅速聚集到一起,对身体重要关节起到保护作用。目前,阎珺^[10]已经将 D3O 凝胶应用于老年摔倒防护领域,在服装的腰部、膝盖内侧等位置内嵌 D3O 凝胶,达到缓解外力冲击损伤的效果。但市面上常见的 D3O 凝胶模块体积较大,且实用性较弱。

3) 气囊是常见的缓冲保护材料,主要分为非触

发式和可触发式两种。日本研发出一种利用自动感应系统来预判人体行动的夹克,如图 2^[11]所示。图 2 中夹克在穿着者摔倒的瞬间可弹出安全气囊保护人体,但误判率较高。法国 HELITE 公司模拟汽车安全气囊开发了一款名为 Hip Air 的可穿戴安全气囊,重点保护髋部位置,每秒完成 1 000 次以上的运动量测量,在 200 ms 内反应,并于 80 ms 内完成气囊充气,如图 3^[12]所示。信安公司研发出具有跌倒防护功能的老年人马甲,在摔倒瞬间触发气囊,起到保护人体的作用,如图 4^[13]所示。气囊式防摔服可以有效对身体进行保护,但是普遍存在体积较大,气囊较沉,触发后回收再利用复杂等问题。目前,气囊式防摔服的研发方向主要有:①结合更加敏感且适合穿戴的柔性传感器、缩短反应时间;②研发更加轻薄耐磨的气囊囊身织物,减轻穿戴负担;③根据穿戴部位改善气囊结构,优化囊身收纳方式等,未来的智能化程度会越来越高。

4) 间隔织物包含表层、间隔层、底层 3 部分,编织方式分为经编和纬编两种。间隔织物主要是利用编织材料的压缩结构以及填充于间隔层的防护材料来增强织物的阻尼特性,达到防冲击效果。目前该项技术并未应用于防摔倒服装中。

5) 特殊三维立体织物是选用功能性纱线,借助 3D 空间结构以更好地贴合人体结构,多用于防护服领域,同样尚未应用于防摔服。

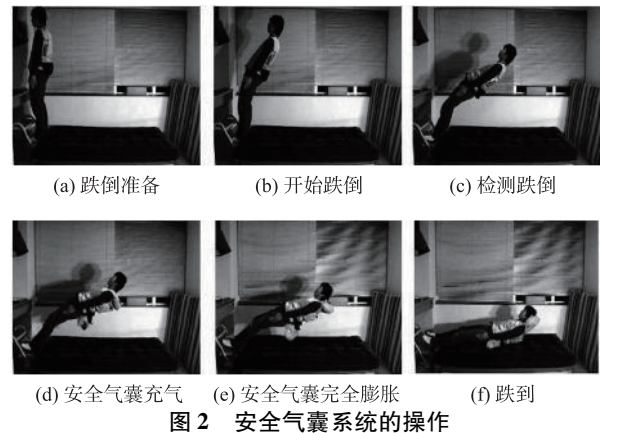


图 2 安全气囊系统的操作

Fig. 2 Operation of the airbag system



图 3 Hip Air 可穿戴安全气囊

Fig. 3 Hip Air wearable airbags



图 4 信安智囊智能防摔马甲

Fig. 4 Fall prevention vest of S-AIRBAG Company

2.2 防走失智能服装

针对 AD 患者频繁走失问题,研究者对防走失产品进行了不同程度的研发,主要利用智能定位手段和传统手段(备注信息)来实现。目前有不少将 GPS 技术应用到服装及其相关穿戴设备的案例,常见的有定位纽扣、挂饰和手环等。智能定位控件可以有效监测老年人行踪,但由于服用性差,老年人常忘记佩戴,同时由于技术限制,存在定位失准、续航能力不足等问题。俞冰等^[14]研发一种基于单片机的蓝牙技术的传感报警器,用于监测 AD 患者的动态,并可及时做出感应报警。但蓝牙报警器对监测距离要求高,且存在配对步骤繁琐的问题。沈雷等^[15]将现代通信技术与服装相结合,利用特殊工艺把 NFC 芯片置入服装纽扣中,患者走失后可以用手机触碰纽扣,进行快速报警及发送定位。但该项功能需要同时满足患者及看护人使用智能手机且安装 App、患者没有遗忘携带手机且没有忘记使用方法等多项条件才能达到监护效果。王莉等^[16]在服装面料中嵌入微型反光涂层,可在夜间视线不好或危急情况下,使患者易被发现,减少危险。

2.3 智能监测服装

AD 患者通常存在感官障碍问题,各项生理指标也逐渐异常,对看护人的依赖性极高,需要看护人实时监测其心率、血压、体温、血氧饱和度等。目前智能穿戴设备日益普及,如测量心率、血氧饱和度的手表、手环,测量呼吸功能的便携设备,监测呼吸频率、睡眠质量的监测带,智能诊脉的养生仪等。但这些穿戴设备只能满足老年人较为单一的需求,若需满足多项需求,则需要佩戴或携带多个监测器,不符合实用性和人性化需求,并且使用这些控件时多需要佩戴者手动操作,但 AD 患者的认知和记忆障碍,会导致其忘记使用方法或忘记佩戴等,因此需要研发更为智能、便捷,可实现多项检测任

务的智能监测服装。

智能监测服装可通过两种方式实现:①在服装中加入智能监测模块。何子俊等^[17]针对基于柔性传感器可穿戴设备的健康检测、运动检测、跌倒预警等功能在康复领域中的应用展开研究。张海军等^[18]从便携式心电监测仪中获取灵感,设计了一款置入了生态化健康监测系统的智能老年服装,可有效监测用户的心率值,并及时反馈信息。②利用智能纺织品采集人体数据。韩国 JOO M I 等^[19]研发出一款利用电子纺织品制作的智能服装,该服装面料可将人体信息转化为数据,经验证其监测心率的准确度与传感器数据一致。美国麻省理工学院 2018 年研发了一款可以实现光通讯的智能纺织品^[20],其原理是将传感器及发光二极管直接编入面料,其中传感器可监测心率;发光二极管可探测人体的温度、位置、磁场等。

2.4 适应性辅助类智能服装

针对 AD 患者体貌变化、行动不便的问题,LEE S M 等^[21]开发了 5 种符合需求的功能服装并进行真人试穿,评价良好。GRASSICK B 等^[22]对服装的开口和闭合方式做出调整,用磁扣代替传统纽扣拉链,开口位置调整到后背、侧缝等,为运动障碍人群带来便利。

针对 AD 患者身体皮肤敏感等问题,主要通过添加功能纤维等提升面料性能,达到辅助治疗、减轻病症的效果。服装面料多采用无污染无甲醛残留的天然纤维,如生态棉服装、竹纤维服装、甲壳素服装等,这类服装安全无毒、刺激性小、抗菌效果好。在提高面料抗菌性方面,可在纺织过程中加入活性氧离子,达到抑菌保洁的效果。

针对 AD 患者体温调节失常问题,可在面料中添加调温纤维,如通过在纤维中添加特殊试剂,使纤维产生红外线,进而达到体感温度升高的效果^[23]。远红外线可以有效激发肌体细胞活性,提高组织供氧能力,改善人体新陈代谢,加强人体免疫力。此外,还可以将发热装置与纺织品面料相结合,实现主动产热且温度可调控。智能发热服装的核心是发热元件,发热元件材料由金属丝发展到碳纤维,再到石墨烯,电热转换效率逐渐提高,既可以实现持久发热,也可以根据需求定制服装的发热位置^[24]。目前智能发热服装也朝着功能高集成化,经济耐用且舒适性高的方向发展。

针对 AD 患者的情绪及心理状态,适应性辅助类服装可以安装智能元件,适当增加服装的娱乐功能和趣味性。

3 AD 患者智能服装发展趋势

随着 AD 患者确诊率增加,人们对智能可穿戴服装及配件的接受度逐渐升高,同时对智能服装的设计提出了更高要求。当前国内外研究存在一定的弊端和不足,如不够便携、功能较为单一、成本过高、误判概率较大等。从 AD 患者智能服装发展趋势看,其整体呈现出智能化、协同化、交互化、人性化的特点。因此,AD 患者智能服装的操作要简单易懂,易洗涤,并要加强高科技智能面料的柔性化和微型化设计,提升实用性和舒适性,将科技与服装产品深度融合。

3.1 智能设计

随着科技进步,AD 患者的智能服装将兼具适应性与功能性。①对患者体貌进行数据积累和深入调查,以便不断调整服装的结构、廓形、穿戴方式;②对面料特性不断优化,提升服装的舒适性和功能性,在降低人体负荷的同时兼具一定的辅助治疗效果;③通过智能控件的微型化及智能化,开发集成多项功能的柔性传感器,使服装穿戴更加便捷,改善穿着体验,提升患者及家庭成员的生活品质及幸福感。

3.2 协同设计

利用大数据及 AI 技术建立数据库,开发针对 AD 患者的服装检测标准。搭建 AD 智能服装研发平台,设计 AD 智能服装 App,简化服装购买流程,打通设计师、打版师、智能技术工程师、产品开发商、研究者和用户(患者及看护人员)之间的通道。及时获取用户的穿着习惯、身体需求、审美品位等信息;明确用户穿着环境;根据用户数据制定设计目标与策略;依据需求选择并开发功能模块;追踪回访并收集用户的使用数据,及时更新用户数据和案例库,并验证设计的可行性。

3.3 交互设计

加强服装的智能交互,实现服装对身体机能的智能识别,如皮肤湿度、身体温度、呼吸频率等,并对此做出反馈和调整,第一时间改善穿着体验。此外,增加服装与生活环境的互动,实现全网络产品交互,帮助患者进行康复训练,使其获得更为便捷的生活感受。

3.4 关怀设计

加强智能服装与配套服务的联系,完善社会保障服务,加强救助站建设,鼓励社会组织积极参与,灵活利用互联网大数据技术、AI 智能技术协助救

助,打造全网救助平台,使得 AD 患者在遇到突发情况时第一时间得到有效救助。

4 结 语

目前针对 AD 患者的研究及智能服装开发已经取得了一些成果,但是大部分仍处于初级实验或应用阶段。符合 AD 患者实际生活需求的智能服装具有良好适应性及功能性,其产品设计与人们日常生活密切相关,设计重点也由原本以技术为主转化成以人为中心,体现了一种内涵更丰富积极的人本主义思想。智能服装的研发和应用在中国老龄化日趋严重的背景下具有可期前景与必要意义。智能服装是高科技发展的产物,其将朝着智能化、高协同交互性、更为人性化的方向发展,设计者及研究者应结合电子纺织品和智能传感器进行服装开发,逐步探索出适合中国 AD 患者的智能服装设计路径与特色。

参考文献:

[1] 任汝静,殷鹏,王志会,等. 中国阿尔茨海默病报告 2021 [J]. 诊断学理论与实践,2021,20(4):317-337.

REN Rujing, YIN Peng, WANG Zhihui, et al. China Alzheimer's disease report 2021 [J]. Journal of Diagnostics Concepts and Practice, 2021, 20(4):317-337. (in Chinese)

[2] 孙琳,沈纪川. 阿尔茨海默病患病情况国内外研究进展 [J]. 慢性病学杂志, 2022, 23 (11): 1611-1614,1618.

SUN Lin, SHEN Jichuan. Research progress of Alzheimer's disease at home and abroad [J]. Chronic Pathematology Journal, 2022, 23(11): 1611-1614, 1618. (in Chinese)

[3] 新华社. 习近平:高举中国特色社会主义伟大旗帜——为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗 [EB/OL]. (2021-10-25) [2023-2-15]. http://www.qstheory.cn/yaowen/2022-10/25/c_1129079926.html.

[4] 佚名. 工信部发文为老年纺织服装研发指明方向 [J]. 纺织科学研究, 2019, 30(11):10.

Anon. The Ministry of Industry and Information Technology issued a document to point out the direction for the research and development of textiles and clothing for the elderly [J]. Textile Science Research, 2019, 30(11): 10. (in Chinese)

[5] 韩旭,邓然,焦路路,等. 适于阿兹海默症患者的景观设计研究 [J]. 设计艺术研究, 2021, 11(6):45-48, 58.

HAN Xu, DENG Ran, JIAO Lulu, et al. Research on landscape design for Alzheimer's patients [J]. Design

Research, 2021, 11(6): 45-48, 58. (in Chinese)

[6] 单振宇,王弘扬. 基于阿尔茨海默症老人的卧室智能家居的设计研究 [J]. 西部皮革, 2019, 41(16):3-4.

SHAN Zhenyu, WANG Hongyang. Research on the design of bedroom smart home based on the elderly with Alzheimer's disease [J]. West Leather, 2019, 41(16):3-4. (in Chinese)

[7] 赵妍. 基于人体工程学的老年功能性服装设计研究 [J]. 纺织报告, 2018(6):61-65.

ZHAO Yan. Study on functional garment design of elderly people based on ergonomics [J]. Textile Textile, 2018(6):61-65. (in Chinese)

[8] 张雪儿,郭梦岩,夏小倩,等. 居家痴呆老年人走失前后行为特征及情境因素的质性研究 [J]. 中华护理杂志, 2021, 56(7):1044-1048.

ZHANG Xue'er, GUO Mengyan, XIA Xiaoqian, et al. The behavioral and environmental patterns of getting lost among community-dwelling older adults with dementia: a qualitative study [J]. Chinese Journal of Nursing, 2021, 56(7):1044-1048. (in Chinese)

[9] 李艳梅,王伟. 老年防跌伤材料应用及防护服装发展趋势 [J]. 服装学报, 2021, 6(3):189-195.

LI Yanmei, WANG Wei. Application of protective materials for falls in the elderly and development trend of protective clothing [J]. Journal of Clothing Research, 2021, 6(3): 189-195. (in Chinese)

[10] 閔珩,陶辉,张晶晶,等. 老年人跌倒防护智能服装设计 [J]. 服装设计师, 2020(9): 88-93.

YIN Jun, TAO Hui, ZHANG Jingjing, et al. Seniors fall protection smart clothing design [J]. Fashion China, 2020(9): 88-93. (in Chinese)

[11] TAMURA T, YOSHIMURA T, SEKINE M, et al. A wearable airbag to prevent fall injuries [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine: a Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2009, 13(6):910-914.

[12] 佚名. 科技 [J]. 走向世界, 2018(10):11.

Anon. Scitech [J]. Openings, 2018(10): 11. (in Chinese)

[13] 信安智囊智能防摔马甲:科技赋能让老人远离伤害,安享晚年 [EB/OL]. (2022-03-18) [2023-02-18]. <http://news.xunj.com/jqys/2022/0318/204397.html>.

[14] 俞冰,张晓霞,张宇雪,等. 基于阿兹海默症患者的感应报警器创新设计 [J]. 中国医疗设备, 2018, 33(5):43-45, 52.

YU Bing, ZHANG Xiaoxia, ZHANG Yuxue, et al. Innovative design of induction alarm for patients based on

Alzheimer's disease[J]. China Medical Devices, 2018, 33(5):43-45,52. (in Chinese)

[15] 沈雷,桑盼盼. 防走失老年智能服装的设计开发[J]. 针织工业,2019(8):61-64.

SHEN Lei, SANG Panpan. Design and development of anti-lost intelligent garment for the old[J]. Knitting Industries, 2019(8):61-64. (in Chinese)

[16] 王莉,张浩. 老年晨晚运动服安全防护性能分析[J]. 染整技术,2019,41(5):7-9.

WANG Li, ZHANG Hao. Safety protection analysis of elderly morning and evening sportswear[J]. Textile Dyeing and Finishing Journal, 2019, 41(5):7-9. (in Chinese)

[17] 何子俊,曾庆,巩泽,等. 基于柔性传感器的可穿戴设备在康复领域中的应用[J]. 康复学报,2021,31(3):258-264.

HE Zijun, ZENG Qing, GONG Ze, et al. Research progress of flexible wearable devices in rehabilitation medicine[J]. Rehabilitation Medicine, 2021, 31(3):258-264. (in Chinese)

[18] 张海军,陈宇刚. 心电监测老年服装的设计与开发[J]. 上海纺织科技,2018,46(6):18-21.

ZHANG Haijun, CHEN Yugang. Design and development of ECG monitoring elderly clothing[J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2018,46(6):18-21. (in Chinese)

[19] JOO M I, GHUNG G S, KIM H C. Implementation of a system to analyze user behavior patterns based on vital signs and user locations[J]. Smart Media Journal, 2014, 3(4):35-40.

[20] 陈宇刚,闫晓梅. 基于关怀设计理念的智能老年服装发展趋势研究[J]. 辽宁丝绸,2020,(3):45-46,38.

CHEN Yugang, YAN Xiaomei. Research on the development trend of intelligent elderly clothing based on caring design concept[J]. Liaoning Tussah Silk, 2020,(3):45-46,38. (in Chinese)

[21] MIN L S, OK I K. A study on the development of adaptive clothing for the dementia patients[J]. Fashion and Textile Research Journal, 2014,16(6):849-859.

[22] GRASSICK B, 姚怡. 为生理有障碍者设计的单片服装[J]. 国外纺织技术,1998(7):32-33.

GRASSICK B, YAO Yi. One-piece clothing designed for the physically handicapped[J]. Textile Technology Overseas, 1998(7):32-33. (in Chinese)

[23] 桑盼盼,沈雷. 功能性服装的作用及分类[J]. 服装学报,2019,4(2):112-116.

SANG Panpan, SHEN Lei. Review of the functions and categories of functional clothing[J]. Journal of Clothing Research, 2019,4(2):112-116. (in Chinese)

[24] 王祯,施养承,田明伟. 智能发热服装研究现状及发展趋势[J]. 山东纺织科技,2020,61(3):1-3.

WANG Zhen, SHI Yangcheng, TIAN Mingwei. Research status and development trend of smart heating clothing[J]. Shandong Textile Science and Technology,2020,61(3):1-3. (in Chinese)

(责任编辑:张 雪)