

盲人定向行走辅具的发展现状*

谌小猛^{1**} 鲁明辉^{2***}

(1. 华南师范大学特殊教育学院, 广州, 510631; 2. 广州大学教育学院特殊教育系, 广州, 510000)

摘要 辅具对于盲人定向行走具有重要的意义,随着科技的进步,各种定向行走辅具层出不穷,这给盲人的独立行走带来了支持和便利,然而这些辅具的发展情形鲜有人探究。本文将定向行走辅具分为建构心理地图的辅具和行走导航辅具两大类,不仅阐述了一些典型辅具的基本原理,而且还介绍了辅具的研发情况。从国内外研究看,定向行走辅具虽然种类繁多,但是现实使用情况并不理想,笔者分析了其中的原因,做出了相关解释,并提出了解决之道。希冀通过此文的介绍,对我国盲人定向行走训练的开展具有一定的启发意义。

关键词 盲人 定向行走 辅具 发展现状

分类号 G761

从第二次全国残疾人抽样调查得知,我国目前有1223万单项视力残疾人,多重残疾中有视力残疾的有458万,视力残疾群体一共有1691万人^[1]。Passini和Proulx指出,在全盲人群中,只有10%的人能够独立搭乘公共交通工具,绝大多数需要其他人的引导和协助^[2]。定向行走是指个体确定自己与环境的相互关系,进而安全有效地行走并接近目标的一种行为,它包括定向和行走两个部分。定向需要依赖心中的空间表征或心理地图,确定个体在环境中的位置以及自己与环境的相互关系,从而确定环境中的行动方向,它是行走的前提。如果没有空间表征的话,个体就不能空间定向,在找寻目标的时候四处碰壁。我国从20世纪80年代后开始重视定向行走训练的培训,培训邀请了多个国家的定向行走训练师来中国指导,促进了中国的定向行走教学,此外我国定向行走训练教师也在不断探索,定向行走教学取得了一定的成效。

定向行走需要相关的辅具,利用辅具可以使盲人较为有效地出行,扩大其行动范围。定向行走的标志性辅具是盲杖,这也是用的最多的出行辅具。然而在科技发达的今天,辅具发展已经进入了一个新时期,当前我国关于盲人定向行走的研究很少,缺乏国际前沿的相关研究,导致我国对世界盲人定向行走辅具的发展趋势了解甚少,这可能会影响我国盲人的定向行走训练或独立出行。所以本文的目的是探究目前世界

盲人定向行走辅具的最新发展动态,对这些辅助技术进行介绍,希冀对我国的定向行走工作有一定的启示。

安全的行走导航既涉及到路径的导航,如A到B该怎么走,也涉及到路径上障碍物的侦测,如A到B路径上有哪些障碍物,更需要盲人了解整个行走环境的空间布局。定向行走辅具包括两大类,一类偏向于辅助盲人了解行走环境的空间布局,即建构心理地图。心理地图是盲人对环境物体位置和空间关系的认识,是盲人定向行走的前提。辅助盲人建构心理地图的辅具包括触觉地图、计算机虚拟技术等。另一类是偏向于实际导航指引的辅具,如盲人步行GPS导航仪,近距离障碍物侦测设备等。下面分别对这两大类辅具进行介绍。

1 建构心理地图的辅具

有学者指出直接行走往往很难帮助个体获得对某个环境的整体认识,如一个医院的护士在该医院工作了三年,仍然对该医院的环境布局不甚了解,不能形成精确的心理地图^[3]。盲人更是如此,单纯依靠盲杖独立探索,存在较多的不便,如果进行针对性的训练,往往可以帮助其建构心理地图,实现精确的定向^[4]。

1.1 触觉地图的研究进展

触觉地图是指以特定符号和触觉线索为图示,供视障学生触摸而制作的地形图,如校园触觉平面图,

* 此文得到2015年教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于空间表征建构的盲人定向行走训练研究”(项目批准号:15YJC880010)支持。

** 谌小猛,博士,讲师,研究方向:视力残疾等特殊儿童的心理与教育。Email: 330833044@163.com。

*** 鲁明辉,博士,讲师,研究方向:自闭症儿童的心理与教育。Email: 1446149363@qq.com。

某区域(地段)触觉地图、商场(家居)触觉平面图等,可以帮助视障群体深入地了解和熟悉目标环境的状况^[5]。

目前触觉地图制作技术有许多种,微塑纸(microcapsule paper)技术是较为流行的一种,因为使用该技术制作的触觉地图便于携带和保存,最为重要的是分辨识别度高,盲人易于将地图图案转化为心中的内部表征^[6]。国内往往也称之为热敏机或热印机技术。热敏机利用颜色越深越容易凸起的原理,将专用微塑纸上的图形以凸起的形式展现。制作完触觉地图后,还要帮助盲人认识,因为行走导航的触觉地图对于盲人来说比较陌生。明眼人要引导盲人逐个学习触觉地图的所有符号及空间布局。然后盲人在触觉地图上探索,他们不仅探索行走的线路,而且还探索线路上的一些地标符号。

Espinosa等人让30名盲人通过三种方式学习西班牙马德里市中心复杂的路径,一是直接经历(direct experience),二是直接经历结合触觉地图(direct experience and a tactile map),三是直接经历结合语言描述(direct experience and a verbal description)。被试完成路径学习之后,对其进行空间知识的测量,结果显示第二种方式,即直接经历结合触觉地图组的盲人完成得最好^[7]。Jacobson让盲人在前测阶段用金属笔在塑胶纸上画出自己校园的几条主干路线图,之后接受触觉地图训练,后测时再画出校园路线图,结果发现被试经过训练后,表现明显比前测好^[8]。Ungar指出触觉地图在帮助盲人空间定向方面至少具有两层意义:一是可以让盲人知晓一个区域的环境布局;二是可以以环境中心参照的方式表征空间环境。他还指出盲人可以利用触觉地图获得对环境的场景表征,并利用这种空间知识决策,定向行走,从而接近目标地^[9]。从以上研究可以得知,恰当地使用触觉地图可提升盲人的空间表征水平,帮助他们空间定向和导航。在现实环境中,越来越多的国家和地区在公共场合设置触觉地图,方便盲人熟悉环境^[10]。

1.2 计算机虚拟技术的发展

虚拟技术理念是上个世纪美国著名的计算机学家Ivan Sutherland于1965年提出的,后来美国VPL公司的创始人之一Jaron Lanier于80年代初最先提出虚拟现实(Virtual Reality)概念^[11]。90年代以来国外研究人员纷纷利用虚拟现实技术(Virtual Reality Technology)进行多个领域的研究,包括航天、医疗、教育、心理和休闲娱乐等,其中残疾人康复方面的研究引人注目^[12]。虚拟技术是一门主要以计算机技术为主,综合利用计算机三维图形技术、模拟技术、传感技术、显示技术,生成一个逼真的三维视觉、听觉、触觉以及嗅觉等感觉世界的综合技术,它的目标是形

成沉浸度较高的虚拟环境。使用者利用头盔显示器、数据手套、数据衣、力反馈等传感设备,感知和操作虚拟世界中的各种对象,实现与虚拟空间的实时交互,从而获得身临其境的感受。盲人由于视觉经验缺失,导致其只能用非视觉通道感知信息,而虚拟技术正是考虑了这一点,主要基于听觉和触觉的科技手段让盲人以听和触摸的形式感知虚拟环境中的空间信息,再加上虚拟环境的沉浸性、互动性和安全性,盲人可以在该系统中自由地探索、导航行走,形成对模拟现实环境的综合性表征,达到熟悉环境的目的。除了进行相关的理论探讨,以往研究也证明了虚拟技术确实可以辅助盲人建构空间表征。利用计算机虚拟技术研究盲人的行走导航,可以克服实地导航研究中的一系列问题,如现场研究中的额外变量控制、环境的操纵等。

目前此类研究分为两类,一类是仅仅在计算机虚拟环境中进行的研究。盲人先在虚拟环境中导航,然后再在虚拟环境中接受空间任务测试。此类研究一般考察的是被试对虚拟环境的熟悉与使用情况。如Picinali等的研究包括两组被试(每组各5名盲人),一组被试探索虚拟环境,另外一组探索虚拟环境对应的现实环境,探索完之后估计环境中地标之间的直线距离,用LOGO积木摆出探索环境的空间布局,结果发现大部分被试能够完成任务^[13]。另一类是转化研究(transfer research),转化研究不仅要求被试熟悉计算机虚拟环境,而且还要到虚拟环境对应的现实环境接受空间任务测试,要将从虚拟环境获得的对环境的认识运用到现实环境中。目前第二类研究逐渐增多,它的应用价值较大。Lahav和Mioduser通过实验探究了计算机虚拟技术辅助盲人建构空间表征的情况,结果实验组盲人建构的心理地图较为精确,他们对房间物体位置的描述更清楚,而控制组遗漏了较多的元素,实验组的盲人在真实环境导航任务上也完成得更好^[14]。

2 行走导航辅具

行走导航设备一般包括两种,即远距离导航设备和近距离障碍物侦测设备。远距离导航设备涉及到GPS系统,同时也需要相应的移动硬件系统来协助盲人从一个地方到达另外一个地方,一般两地的距离较远;而近距离侦测设备用来发现盲人身体周围的障碍物,避免被物体绊倒或伤害。

2.1 GPS移动导航设备

GPS是英文Global Positioning System(全球定位系统)的简称,它于上世纪90年代出现,利用GPS定位卫星,可以在全球范围内实时定位、导航。GPS导航仪可以帮助盲人在现实环境中获得对环境的路线表征,从而让他们准确地定向和导航。较早的盲人GPS移动导航设备是BrailleNote GPS和Trekker,这两种

设备已经出现在商业市场上,许多盲人利用他们在熟悉和陌生的环境中行走探路,这种设备基于全球定位系统指示盲人行走,它指示信息的基础是文本,比如,现在在某地方,再向前走三个街区,然后右拐,再直走两个街区,这些信息通过电子盲文显示器(点显示器)或者合成语音表现出来,一般盲人利用定向行走技能,顺着路沿,听着道路周围的声音,可维持正确的行走方向,然而这仅适用于规则的道路和街区,对于那些复杂,没有规则的道路则效果不佳,于是 Golledge 等人开发出了改进型的导航设备。

美国 Golledge 等人于 1985 年开始构思盲人 GPS 行走导航设备,并于之后的二十多年进行研发、使用和改进,到目前形成了比较成熟的设备——个人导航系统(Personal Guidance System, PGS)。该设备最主要的优势是可利用精确的 GPS 信息辅助盲人在各种路况下行走导航,这种路况不仅包括宽阔的道路,而且还可应用于各种不规则的小路或开阔的广场^[15]。比如,一位盲人要想在一个不熟悉的大学校园里穿梭,一般的 GPS 设备很难提供各个楼房及角落的信息,而 PGS 设备可提供盲人精确的信息,在行动时实时提供行走的方向和距离信息。

此外, Sanchez 和 Torre 发明了一种基于移动电话的行走导航设备。此设备联合声音和 GPS 技术,使得盲人可行走于熟悉和陌生的环境中。用户只要按设备上的某个按钮,就可以基于 GPS 侦测到目前所在位置的信息,然后再在该设备上输入目的地,就可以知道当前地点到目的地的距离和方向信息。当个体行走的时候,设备不断实时更新个体相对于目的地的方向和距离信息。尽管该设备缺乏对近距离眼前的障碍物侦测及过马路时的辨别信息,但是在设备使用实验中,仍然得到了盲人用户的好评^[16]。目前基于手机的 GPS 导航技术成为了一种趋势,因为它可以和手机结合,避免了单独增加辅具的麻烦,所以市场上开发了各种 APP 技术,视障人群借助于手机读屏功能,打开步行导航模式,输入起点和终点,从多条线路中选择,然后按照语音指引到达目的地。

然而 GPS 导航技术也有一些问题,盲人在使用的过程中只是被动行走,并不能主动在心中构建行走区域的心理地图,导致行走一次后,仍然对环境不熟悉。另外,大多数 GPS 导航仪在信号不好的地方不能正常工作。总的来说,目前盲人 GPS 导航技术发展得并不好,主要原因是导航的精确性不高,各项技术还在实验中,缺少用户试用的研究报告,最后真正投入到市场的并不多。

2.2 近距离障碍物侦测设备

之前 GPS 导航设备主要辅助盲人从一个地点到达另外一个地点,但是完全独立和安全的行走导航还

需要关注行走者近距离的任务,比如身体前方的障碍物侦测,危险地点的提示,等等。近距离障碍物侦测设备则正是对 GPS 导航设备的一种辅助,它可以帮助盲人了解近身的行走路况。尽管盲杖是盲人侦测障碍物和危险地带最常用到的辅助器具,但正确使用它还需要接受大量的专业训练,且还需要用手杖不断探扫周围环境。另外,使用盲杖还具有一定的标签效应,部分盲人不愿意使用。为了克服这些问题,研究者发明了诸多基于信息科技的导航设备。

第一个导盲电子行走设备(electronic travel aid)出现于 1897 年,之后于 20 世纪 60 年代得以快速发展。这些产品的主要作用是避开前方的障碍物^[17]。这些产品的原理类似,一般是传感器发出声音(超声波)或光(激光或红外线)能量束感知环境,之后,传感器对所感知到的信息进行加工处理,再以听觉或触觉的方式反馈给用户。设备能够侦测到的范围依赖于传感器的数量、位置、对准方向和能量束的高度、宽度和幅度。使用这些设备之前,还需具备一定的定向行走技能,且还需接受一定程度的训练。

目前代表性的近距离障碍物侦测设备是超声波盲杖(Ultracane),它由英国的一家公司于 2002 年发明,利用超声波探测前方物体。当盲杖侦测障碍物时,手会感到震颤,越靠近障碍物个体感到的震颤越强烈^[18]。2005 年 Penrod 等人的使用研究表明该盲杖具有较强的实用性,研究者让使用者在室内和室外使用,然后进行主观问卷评估,结果使用者对盲杖侦测障碍物的效果表示高度认可,并表示该盲杖能够显著提升行走探路的独立性。但是也有用户反映,在使用前还是需要有一定程度的训练。

除了超声波导盲杖,目前国内外研发者开发出了盲用超声波导航眼镜(iGlasses Ultrasonic Mobility Aid),它是一个头戴式装置,基本原理是通过超声波传感器检测周围的物体,通过振动发送障碍物反馈,从而获取周围环境的信息。当你越靠近障碍物,眼镜的框架振动就越强烈。它非常易于使用,这些眼镜的框架可以根据用户的舒适程度进行调节,电池的续航时间也比较长。

导盲机器人(robotic guide for the blind)是另外一种探路设备。导盲犬在引导视障人群行走时存在诸多的优势,比如避开障碍物、提示可走的路径等,但也存在不便之处,比如培育、抚养的过程偏长,部分视障者不喜欢狗等。这种设备的研发源于 1977 年的 MELDOG 工程,该项目研发了 7 年,然而只是生产出了概念性的导盲机器人。其中一款叫做 Guido 的导盲机器人是唯一进入商业化领域的产品,然而,现在也停产了^[19]。绝大多数导盲机器人的工作原理是机器感受到路径的障碍物后,自动调整方向,然后通过触觉

手柄感受调整后的方向。有些高级的产品安装有导航系统,会计算合适的路径导引视障人群前行。总的来讲,这些导盲机器人在规避障碍物、支持身体平衡、规划路线方面存在一些优势,但仍然存在一些缺点,比如不能上下楼梯,也不便携带,且主要用在室内、封闭小区等部分区域。比如, Moriet 等人于 1994 年利用一种叫做 HITOMI 的机器人进行测试,3 名视障人士操作该机器人在开阔的空间地带探索路径,视障人士借助于它能够在道路上定向行走,并且有效避开障碍物。然而,设备的不足是携带不方便,比如遇到上下楼梯时,被试移动设备存在困难^[20]。

感觉替代设备(sensory substitution device)也是近些年来研发者关注的辅具。感觉替代设备包括听觉替代视觉系统以及触觉替代视觉系统。其中,触觉替代视觉系统(Tactile Vision Substitution System, TVSS)的设计简单实用,有较高的可行性,它是指通过图像获取装置来获取本该由视觉器官看到的环境图像信息,以物理刺激的方式使操作者以触觉的方式“看到”周围环境。综合各国 TVSS 研究现状,主要有以下几个特点:(1)研究最多、最成熟的部位集中在手指和舌头,其他部位有一些基本的辅助性研究。(2)TVSS 装置既能显示图像,又可以显示计算机图形。随着电刺激分辨率的不断提高,有的 TVSS 的分辨率可以达到接近机械刺激的程度。(3)视觉信息的触觉输入,大脑的认知,人体神经系统的相互替代的基本机理研究,仍然处在初级阶段。然而,就整个国内的情况来看,对于触觉替代视觉系统的研究还很少,相应的 TVSS 设备仍然处在试验阶段^[21]。Chebat 等人曾经对 16 名先天盲者和 11 名蒙眼明眼人借助 TVSS 系统探索人工设置的障碍通道的能力进行研究,结果发现大部分被试在仅仅训练了几个小时候的情况下,就能够熟练操作这个设备,其中,相对于蒙眼明眼人,先天盲者借助于 TVSS 设备能够更加熟练辨识障碍物和躲避障碍物^[22]。

最后,介绍一款兼具远距离导航和近距离障碍物侦测功能的设备。这套设备是国内厂家开发出来的,它是一套兼具避障、自动定位、智能导航、智能识别物体等多功能的盲用导航眼镜。该眼镜号称采用计算机视觉及人工智能技术辅助盲人出行。盲人将智能眼镜佩戴在身上,搭载相应的 APP,可以将视觉信息采集处理后转换为听觉信息,及时提示避障,自动定位、智能导航、智能识别物体。通过听觉信息的提示,该智能眼镜可以作为盲人朋友的感官延伸,辅助其安全出行及感知世界。

3 定向行走辅具的发展评析

近几十年来,盲人定向行走辅具发展越来越快,新出现的产品不断朝向智能化、自动化方向发展,一

些辅具进入了商业领域,这给盲人最大程度地实现独立行走提供了希望和曙光。但总的来讲,这些辅具还存在不足,仍有诸多改进的空间,具体表现在以下几个方面。

3.1 辅具设计不够科学,还需要进一步考虑盲人的心理特征及使用习惯

尽管定向行走辅具的发展已经很多年了,但是仍然只有为数不多的辅具被视障群体接受^[23]。目前盲杖仍然是盲人使用最多的辅具。之所以出现这种情况,可能有多种原因,其一是研发出来的辅具没有充分考虑用户的需求,也就是盲人的使用习惯,导致一些产品使用了一两次后,新鲜感褪去,丢之弃用。绝大多数辅具都是由明眼人研发出来的,明眼人按照自己的想法研制,没有考虑不同盲人的心理和使用特点。比如,先天盲者的空间认知偏好自我中心参照,而后天盲者偏好环境中心参照^[24]。所谓自我中心参照是指对于物体位置的表征是相对于观察者自己(如眼睛、头和躯体等)的,空间表征会随着观察者的运动而不断更新。而环境中心参照是指相对于环境中其他物体(如标志性建筑、主要道路等)来表征某个物体的位置,人的运动并不会更新空间表征本身。盲人更多偏好表达某某目标在本人的前后左右,而不喜欢以东西南北来表示环境空间位置,这是典型的自我中心参照认知模式。此外,学校或社区在选购辅具时,要考虑盲人群体的心理特点和使用习惯,不能按照明眼人的思维方式去帮助盲人添置辅具。在辅具大规模配发之前,要多让盲人试用,了解其效果,而不能盲目追求购买价格昂贵、性能先进的辅具,最后导致使用率低,仅仅沦为学校的展示品而已。

3.2 多数辅具提供的感知模式是被动的,需要将被动和主动模式相结合

定向行走探索分为主动感知和被动感知模式。前者指的是个体在行走时,借助于环境的线索,自己对如何行走做出决策,而后者是在辅具的引导下,被动按照辅具的指引确定如何行走。目前绝大部分的定向行走辅具减少了视障者的主动操作,比如 GPS 步行导航、导盲机器人等。而触觉地图及虚拟技术体系有利于个体主动建构某个区域的空间表征,借助于这些设备体系,个体需要思考自己与周围环境的关系,规划最优的行走路线,一旦某条既定路线堵塞,还可以选择其他线路。比如说, GPS 导航只是一种线路引导式的导航,不能兼顾到行走路径周围的环境布局。个体即使利用该信息提示行走导航成功,也未必记得该线路各个地点间的空间关系,或者该线路周围环境的空间布局,一旦在该路径上出现了障碍物, GPS 导航就失去作用了,而触觉地图可以让盲人了解整体的空间环境,选择的行走路径较多,所以说,借助 GPS 导航

只是一种被动式的行走, GPS 导航的频繁使用可能会降低个体独立行走的能力。而使用触觉地图加盲杖探索是一种主动的探路模式, 盲人借助其行走的主动性会提升, 自信心也会增长。这里并不是否定被动探索模式的辅具, 而是建议辅具的设计在以上两个方面有所结合, 发挥辅具的最大作用。

3.3 辅具试用的实证研究不多, 需要增加实验研究和报告

许多辅具研发出来了, 没有经过盲人试用和实证研究, 开发者将其直接投放市场, 往往得不到视障人群的认可。很多产品用明眼人来做测试, 或者用小样本的视障者做测试评估, 没有考虑到视障群体异质性大的特点, 选取较大样本的人群做实验, 结果影响了实验效果。还有一些试用的研究方法不是实验研究法, 采用质性研究方法, 对用户进行访谈, 调查产品的使用效果, 这种方法缺乏对比性, 所得到的结论缺乏可信度。此外, 以往许多研究在小场景空间中进行, 是在室内完成的, 从这种场域中获得的实验结果能否推广到复杂的大场景空间环境还值得商榷, 因为小场景空间任务相对简单, 甚至不需要空间更新就可以完成任务。所以, 这个领域的循证实践较为缺乏。

目前有越来越多的研究探讨视障人群定向行走的脑科学机制, 比如被试在建构心理地图时是如何思考的, 采用何种认知参照框架, 以及对应的脑部激活区域是什么。那么, 之后的定向行走辅具使用的实验研究也可以采用认知神经科学的路径来实施, 探索视障人群辅具介入的有效性。

3.4 多数辅具关注的是成人, 还需加强盲童及盲多重人士辅具的研发

目前的导航设备主要是针对视障成人开发, 缺少适用于儿童的辅具。因为成人是主要的视障群体, 且成年视障群体擅长为自己的不利处境维权, 所以比较容易受到人们的关注。从以往研究也可以看出, 大部分的研究测试对象都是成年视障者, 几乎没有针对儿童进行过研究。但是早期定向行走是基础, 如果缺乏辅具会影响视障儿童独立性的发展。比如在国外, 较多幼儿采用改良调适性辅具 (Adaptive Mobility Devices, AMD) 来学习行走, 之后再过渡到准盲杖 (precane), 最后才使用普通盲杖。所以在我国要注意视障儿童学前阶段辅具的开发与使用训练。此外, 也要注意盲多重障碍人群辅具的开发, 比如视障兼肢体障碍、视障兼听障人群的辅具。这方面的辅具在美国已经有部分学生在使用, 在我国还没有得到太多的关注, 所以要加强轮椅盲杖、盲聋杖及助行器等辅具的开发使用。

目前, 盲用导航辅具投入市场的不多, 许多辅具

还处于研发阶段, 或者处于概念产品阶段。之所以出现这种现象, 除了与以上因素外, 还与视障群体的市场购买力有关。因为视障群体不大, 且能够买得起定向行走辅具的人并不多, 导致导航辅具价格偏高, 这样降低了视障人群的购买热情, 反过来也影响商家的研发, 最后导致视障辅具的有效性和利用率不高。所以, 以后的研发者, 要综合考虑多种因素, 开发适合视障群体使用的定向行走辅具。

参考文献

- 1 钱志亮, Degenhardt. 如何帮助视障人. 北京: 中国盲人出版社, 2008. 1
- 2 Passini R, Proulx G. Wayfinding without vision an experiment with congenitally totally blind people. *Environment and Behavior*, 1988, 20(2): 227-252
- 3 Moeser S D. Cognitive mapping in a complex building. *Environment and Behavior*, 1988, 20(1): 21-49
- 4 Lahav O, Mioduser D. Construction of cognitive maps of unknown spaces using a multi-sensory virtual environment for people who are blind. *Computers in Human Behavior*, 2008, 24(3): 1139-1155
- 5 朱管明. 盲生定向行走“心理地图”的形成及其应用. *现代特殊教育*, 2011, (3): 15-19
- 6 Lobben A, Lawrence M. The use of environmental features on tactile maps by navigators who are blind. *The Professional Geographer*, 2012, 64(1): 95-108
- 7 Espinosa M A, Ungar S, Ochaíta E, et al. Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 1998, 18(3): 277-287
- 8 Ungar S. Cognitive mapping without visual experience. *Cognitive mapping: past, present, and future*, 2000, 4: 221
- 9 Jacobson R D. Cognitive mapping without sight: Four preliminary studies of spatial learning. *Journal of Environmental Psychology*, 1998, 18(3): 289-305
- 10 Wiener, William R., Richard L. Welsh, and Bruce B. Blasch, *Foundations of Orientation and Mobility: Volume 2, Instructional Strategies and Practical Applications*. American Foundation for the Blind, 2010. 315
- 11 陶维东, 孙弘进, 陶晓丽, 等. 浸入式虚拟现实技术在心理学研究中的应用. *现代生物医学展*, 2006, (6): 58-63

- 12 湛小猛, 刘春玲. 计算机虚拟技术提升盲人空间表征之探析. 中国特殊教育, 2012, 147(9): 37-46
- 13 Picinali L, Afonso A, Denis M, et al. Exploration of architectural spaces by blind people using auditory virtual reality for the construction of spatial knowledge. International Journal of Human-Computer Studies, 2014, 72(4): 393-407
- 14 Lahav O, Mioduser D. Exploration of unknown spaces by people who are blind using a multi-sensory virtual environment. Journal of Special Education Technology, 2004, 19(3): 15-23
- 15 Loomis J M, Klatzky R L, Golledge R G. Navigating without vision: basic and applied research. Optometry & Vision Science. 2001, 78(5): 282-289
- 16 Sanchez J, Torre N D L. Autonomous navigation through the city for the blind. Proceedings of the 12th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. Orlando, FL, USA, 2010
- 17 Hersch M A, Johnson M A. A robotic guide for blind people. A multi-national survey of the attitudes, requirements and preferences of potential end-users. Applied Bionics and Biomechanics, 2010, 7(4): 277-288
- 18 Hakobyan L, Lumsden J, O'Sullivan D, et al. Mobile assistive technologies for the visually impaired. Survey of Ophthalmology [serial online]. November 2013, 58(6): 513-528
- 19 Tachi S, Tanie K, Komoriya K, et al. Electrocutaneous communication in a guide dog robot (MELDOG). IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1985 (7): 461-469
- 20 Mori H, Kotani S, Kiyohiro N. A robotic travel aid "HITOMI". <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=407626>, 1994-03-15/2017-06-15
- 21 张竹茂, 刘捷, 赵瑛, 等. 基于手指的触觉替代视觉系统的设计与实现. 中国医学物理学杂志, 2009, 26(4): 1293-1298
- 22 Chebat D R, Schneider F C, Kupers R, et al. Navigation with a sensory substitution device in congenitally blind individuals. Neuroreport, 2011, 22(7): 342-347
- 23 Cuturi L F, Aggius-Vella E, Campus C, et al. From science to technology: Orientation and mobility in blind children and adults. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2016, 71: 240-251
- 24 Thinus-Blanc C, Gaunet F. Representation of space in blind persons: vision as a spatial sense?. Psychological Bulletin, 1997, 121(1): 20

The Current Development of Orientation and Mobility Aids for Hearing-Impaired Persons

CHEN Xiaomeng¹ LU Minghui²

(1. School of Special Education, South China Normal University, Guangzhou, 510631; 2. Department of Special Education, School of Education, Guangzhou University, Guangzhou, 510000)

Abstract Orientation and mobility aids are important for visually-impaired persons. With the development of technology, a variety of orientation and mobility aids have come into being, bringing support and convenience to visually-impaired persons, but there are few probes into the development of these aids. Categorizing orientation and mobility aids into mental map-constructing aids and walking-directing aids, this study introduced the basic principles of typical aids and their developments. Seen from domestic and foreign researches, there are various kinds of orientation and mobility aids, but in practice they are not fully used. The authors analyzed the cause, and gave an explanation and solutions, hoping to offer implications for the research into and the practice of orientation and mobility in China.

Key words hearing-impaired person orientation and mobility aid current development

(责任编辑: 冯雅静)