·文献计量学·

基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的国内外弱视临床研究热点与趋势的可视化分析

贾金金[1],贾 静[2],王 觉[2],孙 燕[3],洒玉萍[1],严兴科[2]

引用:贾金金,贾静,王觉,等. 基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的国内外弱视临床研究热点与趋势的可视化分析. 国际眼科杂志,2026,26(11):1910-1919.

基金项目:国家自然科学基金项目(No.82460971)

作者单位:[1](810016)中国青海省西宁市,青海大学医学院中医系;[2](730101)中国甘肃省兰州市,甘肃中医药大学针灸推拿学院;[3](322023)中国浙江省义乌市,浙江大学医学院附属第四医院眼科

作者简介:贾金金,女,博士研究生,研究方向:针灸调节效应的脑功能机制研究。

通讯作者:严兴科,男,教授,博士研究生导师,研究方向:针灸调节效应的生物学机制及脑功能机制研究. yanxingke@126.com

收稿日期:2026-06-25 修回日期:2026-09-10

摘要

目的:梳理 2015-2025 年中英文弱视临床研究的现状、热点及演变差异,为弱视临床诊疗与相关研究提供参考。

方法:检索 CNKI、VIP、Wanfang 和 Web of Science(WoS)数据库中收录的弱视临床研究中英文文献,采用 CiteSpace 6.4.R1、VOSviewer 1.6.19 软件对文献发文量、机构、作者、关键词等信息进行可视化分析。

结果:共纳入文献 1 302 篇,其中中文文献 920 篇,英文文献 382 篇。中文文献发文量 2019 年后有所下降,英文文献发文量呈增长趋势;相关研究涉及 18 个国家,英文文献机构间协作合作联系相对更为紧密,中英文核心作者合作网络均呈多集群分布;中英文文献分别获得 360 个、283 个关键词节点,高频关键词均涉及弱视类型、研究人群、评价指标和治疗方式 4 个方面。中英文均关注屈光参差性和斜视性弱视,中文研究对象以不同年龄段儿童为主,成人弱视在英文文献中受到较早关注;视力、对比敏感度和立体视功能是共同关注的主要评价指标,屈光矫正与遮盖疗法是基础治疗方式。中文和英文文献分别形成 19 个和 13 个研究聚类。突现分析显示,双眼分视等数字化治疗在英文文献中出现相对较早,近年生活质量及弱视风险因素筛查等受到较多关注;中文文献近年来对数字化视觉训练、中医药干预的关注逐渐增加;英文研究更早开展静息态功能磁共振的神经影像学评估。

结论:2015-2025 年中英文弱视临床研究呈多元化发展,在主要弱视类型、视觉功能评价及基础治疗方面具有较高一致性,但部分研究热点的出现时间和关注重点存在差异。弱视临床研究正逐渐由单一视力改善向双眼视觉功能恢复、多维度疗效评价及视觉神经机制探索拓展,治疗模式亦趋向数字化和个体化。未来应进一步优化规范化治疗,加强成人弱视、数字化双眼视觉训练、视觉神经机制及多维度疗效评价研究,并通过高质量临床研究探索中西医结合干预的临床价值。

关键词:弱视;临床治疗;国内外研究;研究热点与趋势;CiteSpace;VOSviewer

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.11.08

Visualization analysis of clinical research hotspots and trends in amblyopia in China and worldwide based on CiteSpace and VOSviewer

Jia Jinjin[1], Jia Jing[2], Wang jue[2], Sun Yan[3], Sa Yuping[1], Yan Xingke[2]

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No.82460971)

[1]Department of Traditional Chinese Medicine, School of Medicine, Qinghai University, Xining 810016, Qinghai Province, China; [2]College of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730101, Gansu Province, China; [3]Department of Ophthalmology, the Fourth Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Yiwu 322023, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Yan Xingke. College of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730101, Gansu Province, China. yanxingke@126.com

Received:2026-06-25 Accepted:2026-09-10

Abstract

• AIM: To characterize the current status, research hotspots, and evolutionary differences in clinical studies on amblyopia published in Chinese and English from 2015 to 2025, and to provide a reference for the clinical diagnosis and treatment as well as relevant research of amblyopia.

• METHODS: Clinical studies on amblyopia in both Chinese and English were retrieved from the CNKI, VIP, Wanfang and Web of Science (WoS) databases. Bibliometric and visualization analyses of publication output, institutions, authors, and keywords were conducted using Cite Space 6.4.R1 and VOS viewer 1.6.19.

• RESULTS: Totally 1 302 publications were included, comprising 920 Chinese and 382 English publications. The publications of Chinese literature declined after 2019, while that of English literature showed an upward trend. Relevant studies involved 18 countries, and the institutional cooperation connections of English literature were relatively closer. The core author cooperation

networks of both Chinese and English literature presented multi-cluster distribution. A total of 360 and 283 keyword nodes were obtained from Chinese and English literature, respectively. The high-frequency keywords of both literatures covered four aspects, including amblyopia types, research populations, evaluation indicators, and treatment methods. Both Chinese and English studies focus on anisometropic and strabismic amblyopia. Chinese studies predominantly investigated children of different age groups, whereas adult amblyopia received earlier attention in the English literature. Visual acuity, contrast sensitivity, and stereopsis were the major outcome measures of common interest, while optical correction and occlusion therapy remained the mainstay treatments. Totally 19 and 13 keyword clusters were identified in the Chinese and English literatures, respectively. Burst analysis indicated that digital treatment such as binocular dichoptic training appeared relatively early in English literature. In recent years, quality of life and risk factor screening for amblyopia received increasing attention. In Chinese literature, growing focus was placed on digital visual training and traditional Chinese medicine intervention. In addition, neuroimaging evaluation based on resting-state functional magnetic resonance imaging was conducted much earlier in English studies.

• CONCLUSION: From 2015 to 2025, Chinese and English clinical research on amblyopia has shown diversified development, with substantial similarities in the major types of amblyopia investigated, visual function assessment, and basic treatment modalities, but differences in the timing and emphasis of some research hotspots. Clinical research on amblyopia is gradually expanding from improvement in visual acuity toward restoration of binocular visual function, multidimensional outcome assessment, and investigation of visual neural mechanisms, while treatment strategies are becoming increasingly digitalized and individualized. Future research should further optimize standardized treatment, strengthen investigations into adult amblyopia, binocular digital vision training, visual neural mechanisms, and multidimensional outcome assessment, and evaluate the clinical value of integrated traditional Chinese and Western medicine interventions through high-quality clinical studies.

• KEYWORDS: amblyopia; clinical treatment; research in China and worldwide; research hotspots and trends; CiteSpace; VOSviewer

Citation: Jia JJ, Jia J, Wang J, et al. Visualization analysis of clinical research hotspots and trends in amblyopia in China and worldwide based on CiteSpace and VOSviewer. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(11):1910-1919.

0 引言

弱视(amblyopia)是视觉发育关键期内因异常视觉经验引起的最佳矫正视力低于相应年龄的一种视觉发育障碍性疾病[1],根据发病原因不同,弱视可分为斜视性、屈光性及形觉剥夺性弱视[2]。据统计2019年全球有0.992亿弱视患者,预计2030年将增至1.752亿,国内弱视患病率约为1.25%-4.01%,且呈逐年上升趋势[3-4]。作为儿童常见的视力损伤原因,弱视也是成人单眼视力损害的首要原因[5],同时会导致立体视觉、对比敏感度等视功能异常[6],对患者的日常生活与身心健康均产生不良影响,是当前医学界广受关注和亟待解决的难题之一[7-8]。临床诊疗中,弱视的康复疗效取决于治疗时机与方案选择,早期规范干预是改善预后的关键。传统治疗以单眼干预为核心,包括在屈光矫正基础上的遮盖疗法、药物压抑等[9]。近年来,随着弱视机制研究的深入,以双眼分视刺激为核心的新型康复治疗方案成为研究热点,主要包括虚拟现实训练、双眼协同游戏等[10],其在提升治疗效果、改善患者依从性及适配大龄患者等方面均展现出优势。既往关于弱视临床治疗的综述性研究多侧重于治疗方法、疗效评价及机制探讨,缺乏对该领域研究文献的系统性计量与可视化分析,尚难以全面揭示其研究热点、发展趋势及不同发表体系下的研究差异。英文文献通常能够反映国际弱视临床研究的前沿方向与方法学特点,对国内临床诊疗和科研设计具有一定参考价值;中文文献则更贴近我国临床实践环境,可反映国内弱视研究的关注重点与现实需求。基于此,本研究采用CiteSpace和VOSviewer文献计量学工具,对2015-2025年国内外弱视临床研究文献进行系统梳理与可视化分析,比较其研究现状、热点演变及差异特征,以期为我国弱视临床康复治疗及相关研究的进一步发展提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料 中文文献来源于中国期刊全文数据库(CNKI)、维普资讯中文期刊服务平台(VIP)和万方数据知识服务平台(Wanfang)。英文文献来源于核心合集数据库(Web of Science, WoS)。采用PICO检索策略,选用主题词与关键词相结合的方式进行检索,并根据具体数据库规则调整检索策略。检索时限为2015年1月1日至2025年12月31日。中文检索式:(弱视)(临床/疗效/治疗)。英文检索式:(amblyopia OR lazy eye)(curative effect OR treatment outcome OR clinical OR efficacy)。纳入标准:(1)弱视治疗的临床研究,文献信息完整;(2)文献类型限定为公开发表的国内外期刊论文;(3)CNKI数据库语种限定为中文,WoS数据库语种限定为英文;(4)重复发表的文献选择时间较早的1篇。排除标准:(1)文献类型属于会议、报纸、资讯、图书、专利、硕博士学位论文等;(2)作者、关键词等关键信息不全的文献或非全文。文献筛选过程由2名研究者独立完成,首先通过阅览题名、摘要与关键词开展初步筛选;完成交叉核对后,对初筛合格文献进一步通读全文进行复筛。若两人筛选结果存在意见分歧,则由第三位研究者共同讨论并裁定最终结果。

1.2 方法

1.2.1 数据处理 将所纳入的中文文献以“Refworks”格式导出,WoS中的文献以“Plain text file—Full Record and Cited References”的形式导出。为确保数据一致性,对机构名称和关键词等进行归一化处理。对于相同机构的不同名称,统一规范为一致名称,同一机构不细分科室等,如将“泸州医学院”更新为“西南医科大学”、将“江苏省人民医院”统一为“南京医科大学第一附属医院”等。对含义一致但表达形式不同的关键词进行统一处理,如将“视觉

虚拟现实训练”统一为“虚拟现实技术视觉训练”“resting-state functional magnetic resonance imaging”“rs-fMRI”统一为“Resting-state fMRI”。

1.2.2 数据分析 运用 Microsoft Excel 绘制年发文量柱状图;借助 VOSviewer 1.6.19 软件绘制核心作者合作网络图谱,根据赖普斯定律[11]确定核心作者的低发文量 $M=0.749\times Nmax^{1/2}$(M 指发文数量;Nmax 指最高产作者发文数量);使用 CiteSpace 6.4.R1 软件时,依次选取机构(institution)、关键词(keyword)作为节点绘制相应图谱,节点阈值选择 Thresholding(c,cc,ccv)算法,其中阈值选择“Top N=50”,中英文数据库时间跨度均为 2015-2025 年,时间切片为 1 a。并对关键词开展 K-means 聚类分析,生成聚类图及突现图谱。以中介中心性>0.01 为标准,选取中介中心性较高的节点进行分析[12]。

2 结果

2.1 文献检索结果 经查重、初筛及复筛,最终纳入 1 302 篇文献(其中中文文献 920 篇,英文文献 382 篇),文献筛选流程见图 1。

2.2 年发文量 中文文献的年发文量在 2016 年达峰值,为 129 篇。2015-2019 年,年发文量整体保持平稳,维持在 120 篇左右。自 2019 年起,年发文量明显下降。英文文献整体发文量虽低于中文,但年发文量在波动中呈持续增长趋势,2025 年发文量达 57 篇,提示国际弱视临床研究在发展连续性上表现更为稳定,见图 2。

2.3 英文文献空间分布可视化 英文文献 2015-2025 年共有18 个国家发表相关研究,发文量及总链接强度排名前 3 的国家依次为美国、加拿大和中国,见表 1。新西兰与澳大利亚虽发文量相对较少,但总链接强度同样较高,表明上述国家在国际弱视研究网络中活跃度较高。

2.4 机构可视化分析 中文文献发文机构共有 289 所,总连接密度为 0.0018。国内机构以眼科专科医院为主,发文量排名前 3 的机构分别是郑州市第二人民医院、开封市中心医院和甘肃中医药大学针灸推拿学院。但机构间的连线密度较低,提示国内各研究机构间合作不紧密。英文文献发文机构共有 232 所,总连接密度为 0.0117。发文量排名前三的机构是 Harvard University、Harvard University Medical Affiliates 以及 University of Waterloo。而中介中心性排名前三的国外机构是美国的 Retina Foundation of the Southwest、University of Waterloo 和 Boston Children's Hospital。虽然国外研究发文量较国内少,但机构间的联系较为紧密,形成跨区域的合作网络,见表 2,图 3。

2.5 核心作者可视化分析 中文文献中共提取 1 894 位作者、英文文献中提取到 1 587 位作者。基于中英文文献核心作者生成核心作者关系密度图,见图 4,并分别列出排名居前的核心作者,见表 3。中文文献总链接强度排名前三的作者依次为李莉、付晶、刘敬;英文文献排名前三的作者为 Hess Robert F、Thompson Benjamin 及 Gao Tina Y,以上作者均为合作网络中的核心人物。国内研究中形成了以付晶-李蕾、郑煜-杨帆、李娟-谢文娟为代表的多个核心研究网络;英文文献中形成了 6 个较为紧密的合作网络,分别以 thompson Benjamin、Birch Eileen E、li Jinrong、Holmes Jonathan M、Colpa Linda、Greenwood John A 作者为代表。中英文研究中均形成该领域的研究者集群,但英文作者合作网络的连接紧密程度显著高于中文研究。

2.6 关键词可视化分析

2.6.1 关键词共现 关键词共现网络图谱通过挖掘出现频次较多的关键词,展现该领域研究热点。在中文文献中,共有 360 个关键词节点,445 条连线,网络密度为 0.0069,出现频次≥30 次的关键词共有 24 个;在英文文献中,共获得 283 个关键词节点,554 条连线,网络密度为 0.0139,出现频次≥30 次的关键词共有 15 个。相较于中文文献,英文文献中关键词之间关联性较强,见图 5。

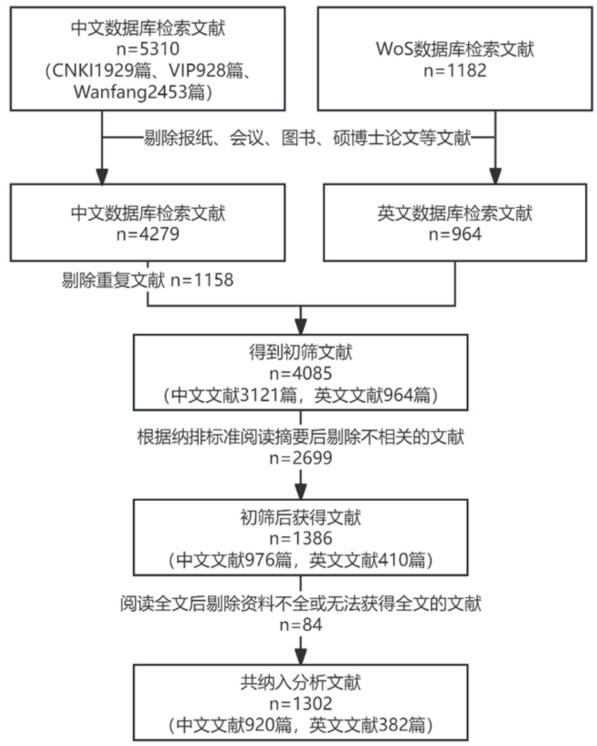

图 1 中英文数据库文献筛选流程图。

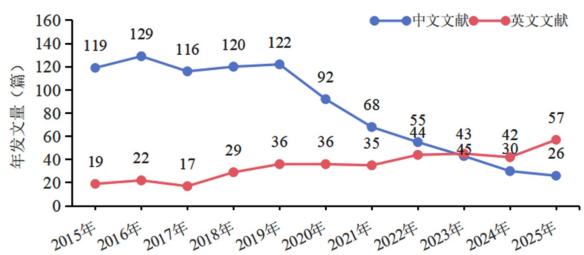

图 2 2015-2025 中英文文献年发文量。

表 1 英文发表文献国家排名

序号	国家	总链接强度	序号	国家	总链接强度
1	美国	64	10	德国	9
2	加拿大	53	11	印度	6
3	中国	52	12	意大利	6
4	新西兰	34	13	荷兰	6
5	英国	32	14	匈牙利	5
6	澳大利亚	31	15	伊朗	4
7	爱尔兰	14	16	巴西	3
8	瑞士	13	17	以色列	3
9	西班牙	10	18	沙特阿拉伯	3

注:总链接强度为该国与网络内其他国家合作链接强度的总和,数值越大,代表该国整体国际合作总量越高。

表 2 中英文文献发文量排名前 10 的机构

中文文献			英文文献		
机构	频次	中介中心性	机构	频次	中介中心性
郑州市第二人民医院	10	0	Harvard University	22	0
开封市中心医院	9	0	Harvard University Medical Affiliates	20	0
甘肃中医药大学针灸推拿学院	7	0	University of Waterloo	19	0.16
中国人民解放军联勤保障部队第九一医院	6	0	Harvard Medical School	18	0.03
天津市眼科医院	6	0	McGill University	18	0.1
郑州大学附属儿童医院	6	0	Boston Children's Hospital	18	0.11
中山大学中山眼科中心	5	0	Retina Foundation of the Southwest	16	0.23
湖南省儿童医院	5	0	University of Auckland	15	0
丽水市人民医院	4	0	University System of Ohio	11	0.07
首都医科大学附属北京同仁医院	4	0	Fudan University	11	0

注:中介中心性反映节点在合作网络中连接其他节点的桥梁作用。中介中心性为 0 表明在本研究构建的机构合作网络中,该机构未表现出明显的中介作用。

图 3 中英文文献机构共现网络图谱 A:英文文献;B:中文文献。

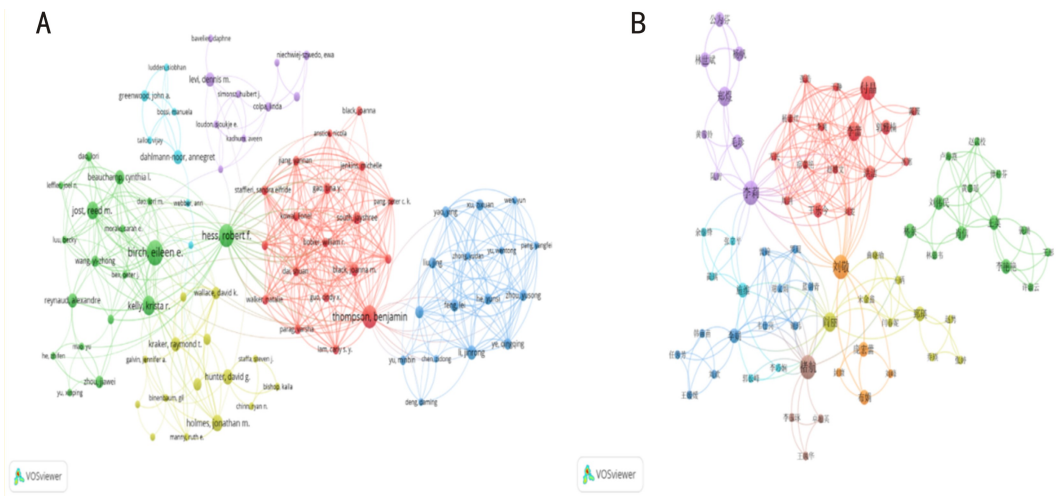

图 4 中英文文献核心作者关系网络图 A:英文文献;B:中文文献。

将出现频次较高的节点进行分类分析发现,高频关键词主要集中在弱视类型、观察人群、治疗方式和观察疗效指标 4 个方面。在弱视类型方面,中文文献以屈光不正性弱视频次最高,其次为屈光参差性弱视;英文文献则以 anisometropic amblyopia 频次最高,其次为 strabismic amblyopia。在观察人群方面,中英文文献均涵盖儿童与成人;中文文献的高频关键词以儿童弱视为主,英文文献的核心节点为 adult amblyopia。在治疗方式上,中文研究以综合治疗频次最高、遮盖疗法次之;英文研究中 occlusion therapy 同样是高频治疗方式,其次是 binocular iPad game,

表 3 中英文献总链接强度排名居前的核心作者

中文文献			英文文献		
作者	连接	总链接强度	作者	连接	总链接强度
李莉	22	23	Hess Robert F	32	96
付晶	17	21	Thompson Benjamin	39	94
刘敬	18	21	Gao Tina Y	19	71
李蕾	17	20	South Jayshree	19	70
洪洁	17	19	Black Joanna M	18	69
阎丽	16	17	Babu Raiju J	18	68
褚航	15	16	Bobier William R	18	68
王乐今	14	15	Dai Shuan	18	68
于静	14	14	Guo Cindy X	18	68
刘雯	14	14	Jenkins Michelle	18	68
周剑	14	14	Jiang Yannan	18	68
宿蕾艳	14	14	Kowal Lionel	18	68
张浩	14	14	Lam Carly SY	18	68
方民	14	14	Parag Varsha	18	68
李爽	14	14	Staffieri Sandra Elfride	18	68
杨素红	14	14	Wadham Angela	18	68
赵博文	14	14	Walker Natalie	18	68
李娟	12	12	Birch Eileen E	20	67
王英	10	10	Li Jinrong	16	60
郑煜	7	10	Feng Lei	16	54
			Pang Peter CK	18	52

注:连接指该作者在合作网络中直接相连的其他作者数量;总链接强度为该作者与网络内其余作者合作链接强度的总和,数值越大,代表该作者整体合作强度越高。

突显数字化、趣味性治疗的研究热点。在观察疗效指标上,中文文献中频次排名前三的依次是临床疗效、视力、治疗效果;英文文献则为 visual acuity、Vision 和 binocular vision,主要聚焦视觉功能的恢复,见表 4、5。

2.6.2 关键词聚类分析 为了更好地研究与展示本领域研究热点,对所得关键词进行聚类分析,聚类模块值(Q 值)>0.3,表明聚类划分结构明显,平均轮廓值(S 值)>0.5,表明聚类合理[13]。中文文献得到 19 个聚类(Q=0.852,S=0.9536),主要涵盖研究人群(#0 儿童、#7 大龄儿童、#18 低龄儿童)、治疗方法(#4 遮盖疗法、#5 中药、#13 推拿疗法、#8 多媒体视觉训练)、评估维度(#1 调节功能、#11 屈光度、#14 视功能、#临床疗效)等。如#1 聚焦调节功能,关注近视性、屈光不正性弱视的视力改善及治疗安全性;#3 针对学龄前弱视儿童,探讨遮盖时长、配镜方案的干预策略;#5 探索中药、耳穴压丸等中医药疗法在中西医结合治疗中的作用,见图 6。

英文文献共获得 13 个聚类(Q=0.7115,S=0.9149)。聚类涵盖研究人群(#4 adults amblyopia)、治疗方法(#0 perceptual learning、#6 patching、#9 refractivesurgery、#10 heat-sensitive moxibustion)、评估维度(#5 quality of life、#11 fixation eye movements、#12 fixation instability)、前沿技术(#2 resting-state fMRI)等。如#1 关注视力筛查与儿童弱视的危险因素,探讨实用筛查方案及新型风险指标;#2 借助静息态功能磁共振成像(resting-state functional magnetic resonance imaging,rs-fMRI),探究弱视患者异常脑功能活动与灰质体积的形态学变化;#3 聚焦随机临床试验,探索双眼 iPad 游戏、双眼分视训练、虚拟现实技术在儿童弱视治疗中的应用,见图 6。

2.6.3 关键词突现 关键词突现可以了解该领域在某时段内广泛受到关注的研究方向与前沿热点[14]。中文文献中,疗效的突现强度最高(strength=6.43,2015-2016 年),提示该阶段疗效评估是核心研究热点。2015-2020 年间,以弱视治疗、光学矫正、短时遮盖和心理护理为主要突现,表明此阶段研究侧重基础治疗方案的优化,同时探讨护理干预对弱视患者治疗依从性及整体康复效果的辅助作用。2020 年后,虚拟现实技术视觉训练、视觉训练系统和黄斑区视网膜厚度等成为主要突现词,体现治疗手段向数字化方向拓展、观察指标向眼底结构深化的研究趋势。截至 2025 年,多功能弱视综合治疗仪、静息态功能磁共振成像、针刺疗法等突现,表明研究进一步聚焦智能化设备、神经影像学评估以及中医药治疗,这些方向未来仍可能是弱视临床研究的重点。

英文文献中,interocular suppression 的突现强度最高(Strength=3.58,2015-2018 年),同期 dichoptic training、binocular vision 等同样突现,提示该阶段的研究热点聚焦于采用双眼分视训练破除眼间抑制,重塑双眼协同功能。2015-2020 年,突现关键词包括 childhood amblyopia、adult amblyopia 和 preschool children 等,体现研究人群范围不断拓展且针对性研究逐步加强。2020 年后,risk factors、contrast sensitivity、quality of life 等成为主要突现词,表明观察指标由传统疗效评估向多维度综合评价拓展。而 resting-state fmri 早在 2020 年之前就已成为研究热点,提示英文研究更早关注神经影像学评估,见图 7。

表 4 中文文献高频关键词一览表

分类	关键词	频次	中介中心性
弱视类型	屈光不正性弱视	143	0.01
	屈光参差性弱视	109	0.04
	近视性弱视	29	0.07
	微小度数斜视性弱视	20	0.01
	远视性弱视	18	0.06
	屈光性弱视	18	0.44
	远视性屈光参差	17	0.04
观察疗效指标	临床疗效	93	0.09
	视力	92	0.12
	治疗效果	81	0.01
	依从性	67	0.11
	立体视功能	52	0.05
	调节功能	40	0.06
	图形视觉诱发电位	34	0.13
	视功能	31	0.14
	疗效	30	0.02
	屈光度	20	0.34
	对比敏感度	15	0.01
	安全性	13	0.08
	静息态功能磁共振成像	10	0.22
	生活质量	9	0.05
观察人群	儿童弱视	190	0.25
	儿童	186	0.2
	大龄儿童	21	0.28
	学龄前儿童	19	0.1
	少年	16	0.06
	成人弱视	8	0.18
治疗方式	综合治疗	116	0.03
	遮盖疗法	114	0.03
	阿托品	64	0
	多媒体视觉训练	42	0.49
	视知觉学习	39	0.07
	视功能训练	38	0.05
	屈光矫正	36	0.05
	压抑疗法	33	0.11
	健康教育	30	0.14
	护理干预	25	0.06
	短时遮盖	24	0.04
	弱视治疗仪	21	0.1
	精细目力训练	20	0.13
	针刺疗法	17	0.26
	耳穴压丸	15	0.25
	配镜	15	0.3
	传统弱视训练	14	0.04

表 5 英文文献高频关键词一览表

分类	关键词	频次	中介中心性
弱视类型	anisometropic amblyopia	105	0.01
	strabismic amblyopia	46	0.07
	moderate amblyopia	37	0.15
	strabismus	16	0.07
观察疗效指标	visual acuity	90	0
	vision	62	0.07
	binocular vision	37	0.08
	contrast sensitivity	32	0.02
	risk factors	26	0.04
	stereoacuity	24	0.04
	visual cortex	18	0.24
	optical coherence tomography	15	0.05
	refractive error	15	0.01
	adaptation	13	0.2
	quality of life	12	0.03
	resting-state fmri	12	0.04
观察人群	children	139	0
	adults	36	0.21
	adults amblyopia	19	0.29
	preschool children	10	0.03
	children aged 7	9	0.02
治疗方式	occlusion therapy	51	0.04
	binocular ipad game	37	0.02
	dichoptic training	31	0.06
	atropine	28	0.19
	binocular therapy	25	0.09
	perceptual learning	22	0.05
	ipad game	18	0.02
	virtual reality	14	0
	action video game	14	0.04
	atropine therapy	11	0.03
	optical treatment	10	0.03

3 讨论

3.1 研究概况 从 2015-2025 年的发文量看,中文文献发文量的变化可能受多种因素共同影响:(1)随着屈光矫正、遮盖治疗等常规诊疗方案日趋成熟,相关研究的创新空间有所收窄;(2)随着国内科研水平不断提升,部分国内研究发表于英文期刊,也可能在一定程度上影响中文数据库中的发文数量。因此,中文文献发文量下降并不必然代表国内弱视研究活跃度降低,而可能与研究主题转变及成果发表平台多元化有关。相比之下,英文文献的发文量总体呈增长趋势,提示弱视仍受到持续关注。近年来视觉神经可塑性、双眼视觉机制及数字化视觉训练等研究不断发展,为弱视临床研究提供了新的研究方向,也可能是相关文献持续增加的重要推动因素。

从研究机构合作特征看,英文文献所呈现的机构间合作网络相对更加紧密,提示跨机构及国际合作在英文弱视临床研究中较为常见。这一特点可能与不同国家和地区的科研组织模式、研究资源配置及项目协作机制有关。欧美等地区部分临床研究以多中心或研究协作网络形式开展,通过整合不同机构的病例资源、技术平台及专业优势,提高样本量和研究结果的代表性[15-16]。相比之下,中文文献中的机构合作相对分散,部分合作主要集中于区域内或相对固定的研究团队。上述差异提示,国内弱视临床研究未来可进一步加强跨地区、跨机构的持续合作,尤其围绕成人弱视、数字化治疗及多维度疗效评价等热点开展多中心、大样本研究,以提高研究结果的外部有效性和推广价值。

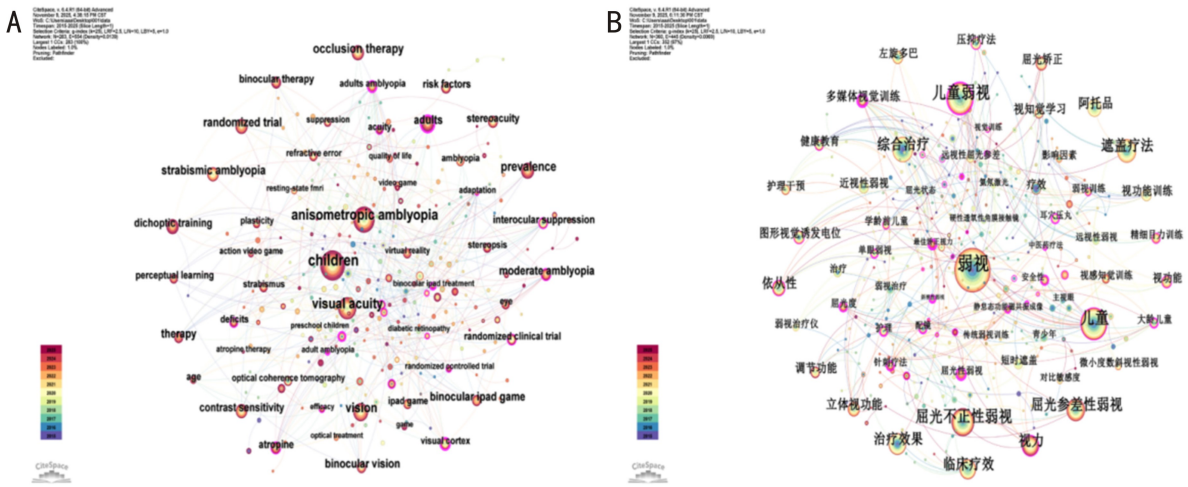

图 5　中英文文献关键词共现图谱　A:英文文献;B:中文文献。

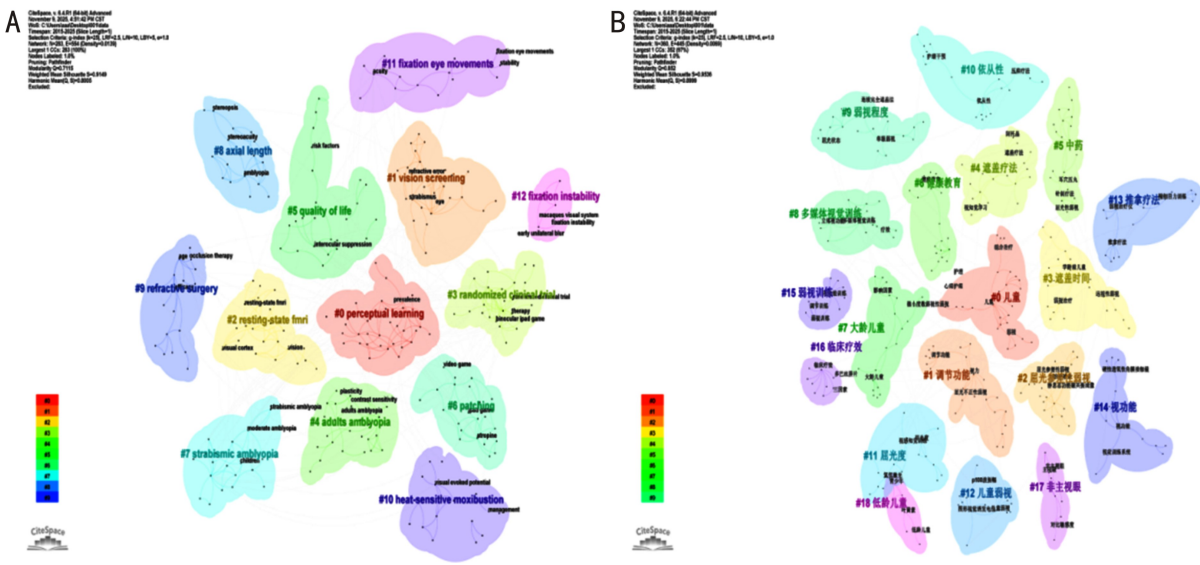

图 6　中英文文献关键词聚类图谱　A:英文文献;B:中文文献。

A　Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2015 - 2025
interocular suppression	2015	3.58	2015	2018	
childhood amblyopia	2015	2.13	2015	2016	
dichoptic training	2015	1.69	2015	2016	
binocular ipad treatment	2015	1.68	2015	2017	
binocular vision	2015	1.65	2015	2016	
adult amblyopia	2016	1.68	2016	2017	
preschool children	2018	3.12	2018	2019	
children aged 7	2018	2.42	2018	2020	
resting-state fmri	2018	1.6	2018	2020	
critical period	2015	1.38	2018	2019	
virual reality	2016	1.29	2018	2020	
randomized clinical trial	2015	1.83	2019	2021	
suppression	2019	1.46	2019	2020	
contrast sensitivity	2016	2.3	2020	2021	
part time patching	2018	1.77	2020	2021	
risk factors	2018	1.2	2020	2021	
ipad game	2019	1.67	2021	2023	
brain	2015	1.26	2021	2022	
refractive errors	2022	1.73	2022	2023	
optical treatment	2018	1.56	2022	2023	
quality of life	2016	3.03	2023	2025	
regimens	2023	2.67	2023	2025	
optical coherence tomography	2015	1.91	2023	2025	
visual plasticity	2016	1.51	2023	2025	
visual evoked potential	2016	1.51	2023	2025	

B　Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2015 - 2025
疗效	2015	6.43	2015	2016	
非主视眼	2015	2.41	2015	2017	
弱视治疗	2015	2.16	2015	2018	
青少年	2016	4.12	2016	2017	
主视眼	2015	2.65	2016	2017	
光学矫正	2016	2.15	2016	2017	
心理护理	2016	2.47	2017	2018	
有效性	2018	2.18	2018	2019	
短时遮盖	2015	3.41	2019	2020	
微小度数斜视性弱视	2015	2.05	2019	2021	
屈光性弱视	2019	5.94	2020	2023	
视力	2015	4.53	2020	2021	
视觉感知训练	2019	2.69	2020	2022	
脱抑制	2020	2.06	2020	2021	
满意度	2020	2.06	2020	2021	
精细目力训练	2017	3.86	2021	2023	
屈光度	2015	3.16	2021	2023	
黄斑区视网膜厚度	2022	4.92	2022	2025	
视觉训练系统	2020	3.88	2022	2023	
多功能弱视综合治疗仪	2022	3.67	2022	2025	
静息态功能磁共振成像	2015	3.38	2022	2025	
针刺疗法	2015	3.03	2022	2025	
虚拟现实技术视觉训练	2020	2.73	2022	2025	
成人弱视	2015	2.11	2022	2025	
最佳矫正视力	2019	2.79	2023	2025	

图 7　中英文文献关键词突现图　A:英文文献;B:中文文献。

核心作者合作网络进一步反映了不同研究团队的学术联系。英文文献中 Hess Robert F 的总链接强度较高,其研究方向主要围绕视觉神经科学及视觉心理学等领域[17-18],并与多个国家和地区的研究团队形成合作关系,包括 Gao Tina Y、Guo Cindy X 以及 Jiawei Zhou 等研究者[19-20]。中文文献中,李莉的总链接强度较高,其团队主要围绕儿童斜弱视诊疗开展临床研究,并与国内相关机构保持一定合作[21-22];阎丽、褚航等研究者则联合不同地区研究机构,开展适配于国内儿童的视觉训练工具研发[23-24]。总体来看,中英文核心作者网络均形成多个相对稳定的研究集群,但不同集群之间的联系仍有进一步加强空间。促进不同优势团队之间的交叉合作,有助于整合临床病例、视觉功能评价、神经影像及数字技术等研究资源,并推动弱视临床研究由单中心经验积累向多中心协同和多学科融合方向发展。

3.2 中英文文献弱视临床研究的热点与差异

3.2.1 观察人群与种类的侧重差异 弱视治疗方案的选择与弱视类型、严重程度及干预时机密切相关。中英文文献均以屈光参差性弱视与斜视性弱视为主要研究对象,二者也是弱视的最主要类型[25]。相关研究同样显示,近年来弱视研究持续关注斜视性弱视和屈光参差性弱视的视觉康复,提示两类弱视仍是临床研究的重要对象[26]。

在研究群体中,中英文文献的关注重点有所不同。中文研究以儿童为主,并进一步细分为学龄前儿童、大龄儿童等亚群。传统观点认为,7 岁前是弱视治疗的重要时期,随着视觉发育敏感期逐渐结束,尤其是 12 岁以后,弱视治疗效果可能有所下降[27]。美国小儿眼病研究小组研究显示,7 岁以下患儿经 6 mo 治疗后,约 75%视力可提升至 0.7 及以上[28];英文文献中“children aged 7”等关键词亦反映出视觉发育关键期是弱视临床研究的重要关注点。相比之下,成人弱视在英文文献中受到较早关注。研究显示,青少年及成年人的视觉皮层仍保留一定可塑性,提示部分大龄及成年患者仍可能从积极干预中获益,但总体治疗反应及疗效稳定性仍需进一步研究[29-30]。

3.2.2 评价指标的研究热点与创新趋势 提高视力是弱视治疗的重要目标,但患者常同时存在立体视异常、对比敏感度降低及固视不稳等视功能缺陷,并可能进一步影响空间感知、阅读效率与精细运动能力[31-32]。因此,弱视疗效评价已逐渐由单一视力指标向多维视觉功能评价拓展。本研究显示,对比敏感度和立体视功能均为中英文弱视临床研究的重要指标,反映出国内外对弱视综合视功能评价的共同关注。

此外,rs-fMRI 已应用于中英文弱视临床研究,用于探索弱视的脑功能机制。从关键词突现结果看,英文文献中相关研究主要集中于 2018-2020 年,关注弱视患者视皮层的自发功能活动异常以及灰质结构改变等[33-34]。中文相关研究的突现时间相对较晚,主要集中于 2022-2025 年,并逐渐涉及不同弱视亚型的脑功能特征[35]以及神经影像指标与治疗效果的关系[36]。Wang 等[37]的文献计量学研究同样指出,眼优势可塑性及大脑视皮层可能是弱视未来的重要研究方向,与本研究结果具有一致性。本研究进一步显示,该类研究热点在中英文文献中的突现时间存在一定差异,可能反映视觉神经机制研究由基础机制探索逐步向临床评价和疗效预测延伸的趋势。

光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)与黄斑区视网膜厚度是近年中英文文献共同出现的研究热点。OCT 可对视网膜及脉络膜结构进行客观、定量评价。传统观点认为弱视属于缺乏明显器质性病变的功能性视觉异常[38],近年来部分研究报道弱视患者可能存在视网膜或脉络膜形态及厚度差异[39],且治疗后部分结构指标可能发生变化[40]。然而,目前相关研究结论尚不一致,其差异可能与弱视类型、年龄、屈光状态、样本量及 OCT 设备和测量参数不同有关,仍需通过标准化、大样本研究进一步验证。

值得关注的是,风险因素(risk factors)在英文文献的关键词共现及突现分析中均有体现,提示弱视筛查及危险因素识别受到较多关注。在生活质量(quality of life)方面,英文文献的研究热度亦高于中文文献。近 5 a 文献计量学研究同样将弱视筛查以及遮盖、压抑治疗对生活质量的影响列为研究热点[26],与本研究结果一致。上述结果提示,弱视评价正在由视力和双眼视功能等直接临床指标逐步扩展至患者日常功能及生活质量等患者中心结局,而中文文献在这一方面的关注相对有限,未来可进一步加强弱视长期功能结局及生活质量评价。

3.2.3 治疗方式的多元化与精准化发展趋势 屈光矫正联合遮盖疗法仍是弱视的重要基础治疗方式。“occlusion therapy”“patching”“part time patching”以及遮盖时间等相关关键词表明,遮盖剂量及治疗方案的规范化仍是临床研究的重点内容。阿托品(atropine)压抑疗法通过降低优势眼调节能力及近距离视觉优势,促进弱视眼的使用,在英文研究中亦受到较多关注[41]。既往研究显示,阿托品与遮盖治疗均可用于儿童弱视治疗,二者在治疗体验、不良反应及适用人群等方面各有特点[42-43]。

随着对弱视双眼视觉异常机制认识的深入,主动视觉训练逐渐成为重要研究方向。精细目力训练、视知觉学习和视功能训练等通过视觉任务刺激弱视眼及双眼视觉系统,在部分研究中显示出改善视功能的潜力[44]。数字技术的发展进一步促进了多媒体及家庭视觉训练的应用,其趣味性与便捷性有利于提高患儿治疗依从性。关键词突现分析显示,中文文献近 3 a 较多关注虚拟现实视觉训练、视觉训练系统及多功能弱视综合治疗仪等数字化方向。而英文文献在 2018-2020 年已出现虚拟现实与 iPad 游戏训练相关热点。自 2015 年起,双眼分视训练及双眼分视 iPad 游戏等双眼协同治疗亦成为英文研究的重要方向。这类治疗通过向双眼呈现不同视觉刺激,改善眼间抑制并促进双眼视觉整合,可有效改善儿童视力与立体视功能[45]。家庭分视游戏训练在成人弱视中的应用亦受到关注[46]。

上述结果与近年来多项相关研究相互印证。陈伟伟等[26]将双眼分视训练列为主要热点;Zhou 等[47]的分析发现,研究重点逐渐转向临床试验及数字平台支持的双眼治疗,并认为治疗个体化和技术优化可能是未来的重要发展方向;Wang 等[37]亦将 iPad 双眼游戏、虚拟现实及视觉可塑性列为值得关注的研究主题。三项研究与本研究共同表明,弱视治疗正在由以传统单眼治疗为主逐渐向双眼化、数字化及个体化方向拓展。本研究进一步发现,部分数字化治疗热点在英文文献中的突现时间相对较早,而中文文献近年关注度逐渐增加,这一差异可能与相关技术平台、设备可及性及临床推广进程不同有关。

与上述国际共同热点不同,针刺、耳穴压丸、中药及推

拿等中医药干预在中文关键词共现网络中具有较明显的研究特征,是 2015-2025 年中文弱视研究的特色方向之一。英文关键词中亦出现“heat-sensitive moxibustion”等相关聚类,提示中医药相关研究已开始进入英文发表体系,但尚未成为国际弱视计量学研究所识别的主要热点。这一差异可能与不同医学体系及临床实践背景有关。未来应在规范基础治疗的前提下,通过设计严谨的临床研究进一步评价中医特色疗法的疗效、安全性、优势人群及其与标准治疗联合应用的价值。

综上,本研究采用 CiteSpace 与 VOSviewer 对 2015-2025 年中英文弱视临床研究进行可视化分析。结果显示,中英文研究均持续关注屈光参差性弱视和斜视性弱视,视力、对比敏感度及立体视功能是主要评价指标,治疗方式则由光学矫正、遮盖及压抑疗法逐渐向双眼分视、视知觉学习、虚拟现实及游戏化训练等数字化干预拓展。同时,OCT、rs-fMRI、生活质量及成人弱视等主题逐渐受到关注,提示弱视临床研究正在由单一视力改善向双眼视觉功能恢复、视觉神经机制探索及多维度临床获益评价延伸。英文文献对成人弱视、神经影像、生活质量及数字化双眼治疗的关注相对较早,而中文文献近年来呈现相似的发展趋势,并形成以中医药干预为代表的特色研究方向。

与既往主要基于英文数据库、针对弱视总体研究领域的文献计量学分析相比,本研究聚焦弱视临床研究,并对 2015-2025 年中文和英文文献进行分析。其创新性在于,在验证双眼治疗、数字化干预、视觉神经可塑性及生活质量等共同热点的同时,进一步揭示了相关热点在不同发表体系中的演变时间及关注重点差异,并识别出中医药治疗等具有本土临床特色的方向。从临床应用角度看,本研究提示弱视诊疗目标正由单纯提高弱视眼视力逐渐向改善双眼视觉功能及整体视觉获益拓展,可为成人弱视、数字化家庭治疗、神经影像辅助疗效预测及多维度疗效评价等临床研究方向提供参考。

基于上述研究现状,未来弱视临床研究进一步围绕精准诊疗、多元干预和视觉功能重塑神经机制展开。在规范光学矫正、遮盖及压抑治疗的基础上,可根据年龄、弱视类型、严重程度及双眼视功能优化个体化治疗方案;加强双眼分视、虚拟现实及游戏化视觉训练的大样本、多中心临床研究,明确不同训练模式、剂量及疗程,并结合家庭训练平台加强依从性监测;进一步关注成人弱视及视觉可塑性,明确不同患者的获益特征及远期疗效;综合应用 OCT、fMRI 等技术,探索视网膜结构、视觉通路及视皮层功能与临床疗效的关系;同时将生活质量、治疗依从性及复发等纳入疗效评价,并通过规范临床研究进一步评价中医特色疗法的疗效、安全性及联合治疗价值。

本研究仍存在一定局限性:(1)受数据库收录范围及分析软件数据格式显示,本研究主要纳入中英文核心数据库期刊文献,未覆盖其他语种及部分类型文献,可能存在语种和文献来源偏倚。(2)本研究比较的是中文与英文数据库中的发表特征,并不能完全等同于国内与国外研究;中国研究者亦有较多成果发表于英文期刊,因此对地区差异的解释应保持谨慎,后续可根据作者所属国家或地区、研究实施地区及国际合作关系进一步分层分析。(3)文献计量学主要反映研究关注度及知识结构,不能直接代表某项治疗措施的循证证据等级或临床疗效,不同数据库的关键词标引及作者用词差异亦可能影响聚类结果。(4)数字化治疗、成人弱视及视觉神经可塑性等领域发展较快,未来仍需结合最新文献进行动态更新,并通过高质量临床研究验证相关热点的实际临床价值。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。
作者贡献声明:贾金金论文选题,初稿撰写,收集数据,资料分析及解释,文章内容修改;贾静收集数据,资料分析及解释,获取研究经费;王觉收集数据,资料分析及解释,可视化作图;孙燕收集数据,对文章知识性内容作批评性审阅及指导;洒玉萍对文章知识性内容作批评性审阅,文章内容修改及指导;严兴科对文章知识性内容作批评性审阅,文章内容修改及指导,获取研究经费。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组, 中国医师协会眼科医师分会斜视与小儿眼科学组. 中国儿童弱视防治专家共识(2021 年). 中华眼科杂志, 2021,57(5):336-340.
[2] Barrett BT, Bradley A, Candy TR. The relationship between anisometropia and amblyopia. Prog Retin Eye Res, 2013,36:120-158.
[3] 王亚丹, 付娟, 闫佳敏. 郑州地区儿童青少年眼病流行病学现状调查. 华南预防医学, 2022,48(7):885-888.
[4] 罗一青, 李崇云, 余萍, 等. 高海拔地区(3~6)岁儿童眼病调查及影响因素分析. 高原医学杂志, 2021,31(4):18-22.
[5] 梁明龙. 儿童及成人屈光参差性弱视脑功能结构改变的磁共振成像对比研究. 第三军医大学, 2017.
[6] Chen X, Liao M, Jiang P, et al. Abnormal effective connectivity in visual cortices underlies Stereopsis defects in amblyopia. Neuroimage Clin, 2022,34:103005.
[7] 张新月, 刘虎. 儿童弱视的非视觉功能损害的研究进展. 中国中医眼科杂志, 2022,32(2):142-145.
[8] Chen YY, Chen XH, Chen J, et al. Longitudinal impact on quality of life for school-aged children with amblyopia treatment: perspective from children. Curr Eye Res, 2016,41(2):208-214.
[9] Park SH. Current management of childhood amblyopia. Korean J Ophthalmol, 2019,33(6):557-568.
[10] Alrasheed SH, Aldakhil S. Childhood amblyopia: a systematic review of recent management options. Saudi J Ophthalmol, 2024,38(3):201-213.
[11] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能. 科学学研究, 2015,33(2):242-253.
[12] 伍振辉, 徐焕华, 王一豪, 等. 中医药防治高原病研究现状及趋势的可视化分析. 环境与职业医学, 2023,40(11):1297-1306.
[13] 张倩, 周蜂人, 张妍, 等. 文献计量视角下全球糖尿病性白内障研究现状及趋势分析. 国际眼科杂志, 2025,25(11):1754-1763.
[14] 衣佳乐, 王栩, 谢艳丽, 等. 基于 CiteSpace 和 VOSviewer 分析针灸干预脑缺血再灌注损伤研究现状和趋势. 中医药导报, 2024,30(12):174-180.
[15] Lumsden JM, Urv TK. The Rare Diseases Clinical Research Network: a model for clinical trial readiness. Ther Adv Rare Dis, 2023,4:26330040231219272.
[16] Murray DD, Babiker AG, Baker JV, et al. Design and implementation of an international, multi-arm, multi-stage platform master protocol for trials of novel SARS-CoV-2 antiviral agents: Therapeutics for Inpatients with COVID-19 (TICO/ACTIV-3). Clin Trials, 2022,19(1):52-61.
[17] Hess RF, Thompson B. Amblyopia and the binocular approach to its therapy. Vision Res, 2015,114:4-16.
[18] Wang X, Baldwin AS, Hess RF. Balanced binocular inputs support superiorStereopsis. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021,62(12):10.
[19] Gao TY, Anstice N, Babu RJ, et al. Optical treatment of

amblyopia in older children and adults is essential prior to enrolment in a clinical trial. Ophthalmic Physiologic Optic, 2018,38(2):129-143.
[20] Gong L, Reynaud A, Wang ZL, et al. Interocular suppression as revealed by dichoptic masking is orientation-dependent and imbalanced in amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2020,61(14):28.
[21] 蔺琪, 阎丽, 褚航, 等. 弱视的感知觉学习模型研究. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2017,25(1):44-46.
[22] 张立平, 蔺琪, 施维, 等. 儿童先天性白内障术后视感知觉训练对双眼视功能康复疗效评估. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2021,29(1):5-7.
[23] 韦仕岗, 蓝剑青, 谢文娟, 等. 虚拟现实视感知觉平台在近视性屈光参差性弱视患者立体视功能可塑性的临床应用研究. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2019,27(4):13-15.
[24] 郭长峰, 施维, 李巧娴, 等. 视感知觉疗法联合调节功能训练治疗近视性弱视的临床观察. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2016,24(1):30-33.
[25] Wiecek E, Kosovicheva A, Ahmed Z, et al. Peripheral binocular imbalance in anisometropic and strabismic amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2024,65(4):36.
[26] 陈伟伟, 叶依娜, 王海燕, 等. 2021~2025 年英文弱视相关文献的计量学分析. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2025,33(4):10-14.
[27] Maconachie GDE, Gottlob I. The challenges of amblyopia treatment. Biomed J, 2015,38(6):510-516.
[28] Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of atropine vs patching for treatment of moderate amblyopia in children. Arch Ophthalmol, 2002,120(3):268-278.
[29] Levi DM. Rethinking amblyopia 2020. Vis Res, 2020, 176:118-129.
[30] Kaur S, Sharda S, Aggarwal H, et al. Comprehensive review of amblyopia: Types and management. Indian J Ophthalmol, 2023,71(7):2677-2686.
[31] Mompart-Martínez R, Argilés M, Cardona G, et al. The relationship between fixation stability and retinal structural parameters in children with anisometropic, strabismic and mixed amblyopia. Life (Basel), 2023,13(7):1517.
[32] Rakshit A, Majhi D, Schmid KL, et al. Fine motor skills, reading speed, and self-reported quality of life in adults with amblyopia and/or strabismus. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2024,65(13):48.
[33] Wang YX, Wu Y, Luo LK, et al. Structural and functional alterations in the brains of patients with anisometropic and strabismic amblyopia: a systematic review of magnetic resonance imaging studies. Neural Regen Res, 2023,18(11):2348-2356.
[34] Wang GQ, Liu LQ. Amblyopia: progress and promise of functional magnetic resonance imaging. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2023,261(5):1229-1246.
[35] 王依格, 赵通, 张向飞, 等. 基于静息态功能磁共振成像技术探讨成人弱视的中枢机制. 磁共振成像, 2022,13(11):12-16.
[36] 贾静, 孙燕, 马重兵, 等. 基于静息态功能磁共振成像低频振幅算法探讨针刺治疗儿童屈光参差性弱视的机制. 中华中医药杂志, 2022,37(5):2734-2739.
[37] Wang YN, Chu HL, Liu XY, et al. Bibliometric and visual analysis of research hotspots and future prospects in the study of amblyopia. Strabismus, 2026,34(3):362-376.
[38] Ammari W, Bayoudh K, Khairallah M, et al. Role of optical coherence tomography in unilateral amblyopia. J Fr Ophtalmol, 2023,46(4):348-355.
[39] 徐治成, 史学锋. 弱视眼底光学相干断层扫描的研究进展. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022,24(12):950-955.
[40] 彭小宁, 李盈龙, 王光鑫, 等. 屈光参差性弱视儿童弱视治疗前后光学相干断层扫描和图形视网膜电图的改变. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2023,31(4):32-36.
[41] Cruz OA, Repka MX, Hercinovic A, et al. American Academy of Ophthalmology Preferred Practice Pattern Pediatric Ophthalmology/Strabismus Panel. Amblyopia Preferred Practice Pattern. Ophthalmology, 2023,130(3):136-178.
[42] Meier K, Tarczy-Hornoch K. Recent treatment advances in amblyopia. Annu Rev Vis Sci, 2022,8(1):323-343.
[43] Sultan P, Demir U, Sonmezay SE, et al. Factors influencing the success of atropine penalization treatment in amblyopia patients non-responsive to occlusion treatment. J Binocul Vis Ocul Motil, 2022,72(4):212-218.
[44] Rodán A, Candela Marroquín E, Jara García LC. An updated review about perceptual learning as a treatment for amblyopia. J Optom, 2022,15(1):3-34.
[45] Ruth ME, Jonathan HM, Raymond KT, et al. A Randomized Trial of Binocular Dig Rush Game Treatment for Amblyopia in Children Aged 4 to 6 Years of Age. Optom Vis Sci, 2022,99(3):213-227.
[46] Ming XL, Huang GT, Chen XH, et al. A systematic review and meta-analysis of perceptual learning and video game training for adults with monocular amblyopia. Ophthalmol Ther, 2025,14(5):857-881.
[47] Zhou CY, Li XR, Luo XL, et al. Research hotspots and trends of amblyopia treatment from 2015 to 2025: a bibliometric analysis. Front Neurosci, 2025,19:1720376.