

年龄相关性双眼视觉变化的研究进展

赖春艳^{1,2*}, 罗长康^{1,2*}, 廖 莹^{1,2}, 兰长骏^{1,2}, 谭青青^{1,2}

引用: 赖春艳, 罗长康, 廖莹, 等. 年龄相关性双眼视觉变化的研究进展. 国际眼科杂志, 2025, 25(11): 1820-1825.

基金项目: 中国眼谷视功能诊疗技术与转化应用实验室“视功能医学创新奖”项目 (No. 20220417); 川北医学院博士启动基金 (No. CBY20-QD05)

作者单位: ¹(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光医学院; ²(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科
*: 赖春艳和罗长康对本文贡献一致。

作者简介: 赖春艳, 女, 硕士研究生, 研究方向: 斜弱视与小儿眼科; 罗长康, 男, 硕士研究生, 研究方向: 眼视光学。

通讯作者: 谭青青, 博士, 副主任医师, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 斜弱视与小儿眼科. qqtan@nsmc.edu.cn

收稿日期: 2025-04-29 修回日期: 2025-09-18

摘要

随着全球人口老龄化的加速, 非斜视性双眼视觉异常 (NSBVAs) 作为老年人群常见的视功能障碍类型, 正对老龄化应对策略和眼科临床诊疗提出新的挑战。现有研究多集中于单项双眼视觉检查结果的异常率分析, 而基于多指标综合诊断标准的流行病学数据仍相对不足, 难以全面反映临床真实患病情况。文章系统综述了相关文献, 对老视前期及老视人群中 NSBVAs 的患病率、危险因素及临床诊断方法进行概述, 并结合既有研究数据探讨了老年人双眼视觉随年龄变化的特征规律。通过整合和比较不同年龄段双眼视觉功能指标的相关性, 旨在加深临床对年龄相关性双眼视觉障碍的认识, 为制定个体化诊疗策略提供理论依据, 从而助力提升老年人群的视觉健康与生活质量。
关键词: 非斜视性双眼视觉异常; 年龄相关性; 调节; 聚散; 患病率

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.11.17

Research progress on age-related changes in binocular vision

Lai Chunyan^{1,2*}, Luo Changkang^{1,2*}, Liao Xuan^{1,2}, Lan Changjun^{1,2}, Tan Qingqing^{1,2}

Foundation items: “Visual Function Medical Innovation Award” Project of China Eye Valley Visual Function Diagnosis and Treatment Technology and Transformation Application Laboratory (No. 20220417); Doctoral Start-up Fund of North Sichuan Medical College (No. CBY20-QD05)

¹Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;

²Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

* Co-first authors: Lai Chunyan and Luo Changkang

Correspondence to: Tan Qingqing. Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. qqtan@nsmc.edu.cn
Received: 2025-04-29 Accepted: 2025-09-18

Abstract

• With the accelerating process of population aging, binocular vision disorders have become increasingly prevalent, posing new challenges for both social aging strategies and ophthalmic clinical practice. Non-strabismic binocular vision anomalies (NSBVAs) are notably prevalent among elderly populations; however, current research predominantly focuses on the abnormality rates derived from individual binocular vision clinical tests, while data on the actual prevalence based on comprehensive diagnostic criteria remain limited. This review synthesizes existing scientific literature to provide a concise yet comprehensive overview of the prevalence, risk factors, and clinical diagnostic methods of NSBVAs in pre-presbyopic and presbyopic populations, with an in-depth examination of age-related changes in binocular vision function among older adults. By integrating and comparing analyses of the correlations between age and various binocular vision parameters, this review aims to enhance understanding of age-related binocular vision dysfunction and establish a theoretical foundation for developing targeted diagnostic and therapeutic approaches. Ultimately, these insights could contribute to improved visual performance and life satisfaction in elderly individuals.

• KEYWORDS: non-strabismic binocular vision anomalies; age-related; accommodation; vergence; prevalence

Citation: Lai CY, Luo CK, Liao X, et al. Research progress on age-related changes in binocular vision. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(11): 1820-1825.

0 引言

随着全球人口老龄化, 视觉功能的年龄相关性变化研究日益重要, 尤其在双眼视觉领域。双眼协同运动以实现最佳视觉感知^[1], 衰老过程常导致这一能力发生显著改变, 包括调节、集合和双眼协调能力下降, 可能损害视觉质量, 引发视疲劳、头痛、视物模糊、复视等症状, 并影响阅读、驾驶等日常活动^[2-4]。老视等年龄相关性视觉障碍已获广泛关注^[5], 而双眼视觉异常对老年人生活质量的影响

正逐渐获得重视^[6-9]。在国内外研究中,老年人非斜视性双眼视觉异常(non-strabismic binocular vision anomalies, NSBVs)患病率在不同年龄层略有差异,约为27%~38%^[7,9]。现有研究表明,年龄对双眼视觉的影响主要源于老视相关的调节功能衰退^[10-12]。随着年龄增长,调节幅度、正相对调节及调节灵活度均呈下降趋势。然而,仅评估老视人群的调节功能并不充分,因为调节与聚散功能存在密切联动关系。要全面理解年龄对这些关键功能的影响,必须进行系统的双眼视觉评估。既往研究多聚焦于双眼视觉某特定检查值,如隐斜视、调节性集合与调节比率(accommodative convergence to accommodation ratio, AC/A)及集合性调节与集合比率(convergent accommodation to convergence ratio, CA/C)^[2,13]。通过整合这些研究成果,可以系统探讨衰老对水平隐斜、集合近点(near point of convergence, NPC)、融像储备、聚散灵活度(vergence facility, VF)及眼球运动等双眼视觉参数的影响。本综述旨在探讨当前关于年龄相关性双眼视觉变化的研究,重点关注非斜视性双眼视觉功能。通过分析双眼视觉异常的患病率、潜在机制及临床意义,系统阐述衰老如何影响双眼视觉。同时,将深入探讨老年人双眼视觉异常的危险因素与诊断难点,强调需制定针对性干预措施和临床指南。最后,本文强调关注老年人群双眼视觉变化的重要性,为老年人群视觉功能的临床实践和未来研究方向提供理论依据。

1 老年人非斜视性双眼视觉异常患病率

NSBVs的患病率在既往不同研究中存在显著差异,可能归因于年龄、诊断标准、检查方法、研究设计、人群特征及用药情况等多种因素^[7,14]。

年龄对双眼视觉具有重要影响,不同年龄段NSBVs患病率呈现明显变化:儿童群体患病率为26%~31.5%。Hussaindeen等^[15]在305名儿童(平均12.7岁)中发现26%的患病率,其团队另一研究显示城乡儿童患病率分别为31.5%和29.6%^[16],Jang等^[17]报告小学生患病率达28.5%;青年群体中,García-Muñoz等^[18]在18~35岁大学生中发现NSBVs患病率为8%,而Atiya等^[19]报道眼科实习生高达55%,可能与高视觉需求相关,Cai等^[20]测得大学生患病率36.71%,与Ma等^[21]报告的21~38岁人群40%基本一致,但低于Kumar等^[22]的81%;对于老年群体,近15 a仅有两项研究明确报道了老年人NSBVs的患病率,本团队研究发现年龄相关性白内障患者(平均70.2岁)NSBVs患病率为32.9%^[9],Leat等^[7]则报告60~69、70~79及80岁以上人群患病率分别为27%、30%和38%。老年人群的NSBVs患病率虽与年轻群体相当,却未得到临床工作者的足够重视,相关临床研究明显不足。究其原因,可能存在以下多重因素:(1)NSBVs与老视在临床症状上存在显著重叠^[10],这种相似性导致临床医师更倾向于优先处理老视的诊断与矫正,而忽视了对NSBVs的系统评估。(2)双眼视觉检查具有特殊性:1)作为主观性检查,其准确性高度依赖受检者的配合程度和理解能力;2)完整的综合双眼视觉检查项目繁多,需要受检者投入较多时间与经济成本。(3)在临床实践中,当NSBVs导致的视觉质量问题尚在老年患者可耐受范围内时,他们往往更关注白内障引起的显著视力下降,或是炎症、青光眼等引

发的眼部疼痛症状。这种“重器质性疾病、轻功能异常”的就诊倾向,同样增加了NSBVs在老年人群中的临床漏诊率。

目前尚无针对老年人群的NSBVs诊断标准共识,以往研究虽采用综合性双眼视觉评估方案,但均依据具体研究目标调整了诊断标准。针对集合不足(convergence insufficiency, CI)的三项研究中,本团队研究^[9]结合Scheiman & Wick的NSBVs诊断标准^[23],并采用Ma等^[24]推荐的三体征诊断法进行了CI分级;Hashemi等^[14,25]采用CITT-ART研究组^[26]制定的四体征诊断标准,而同一团队的另一研究^[27]对融像性聚散异常(fusional vergence dysfunction, FVD)的诊断又采用了Scheiman等标准^[23]。Sánchez-González等^[8]综合了Morgan^[28]及Scheiman等^[23]的标准,评估水平隐斜视、融像性聚散幅度及聚散灵活度;Hashemi等^[6]检查隐斜视、Leat等^[7]检查双眼视觉功能或眼球运动时,采用更宽泛的“超出正常范围即异常”的判定标准,例如Hashemi等^[6]在对平均66.6岁老年人的横断面研究中将“底朝内(base-in, BI)棱镜度远距>3^Δ、近距>9^Δ”定义为外隐斜,“底朝外(base-out, BO)棱镜度远距>1^Δ”即判定内隐斜。值得关注的是,上述所有标准均基于非老视成年人的正常参考值制定,而老年人群调节功能退化的生理特性可能带来漏诊风险增高、误诊可能性增大等问题。

40岁以上的老视前期及老视人群NSBVs患病率的相关研究中,除诊断标准外,检查项目、年龄分层等所致研究方法学差异同样值得关注。本团队研究^[9]通过立体视、隐斜视度、融像性聚散、聚散灵活度及集合近点等全面双眼视觉检查,依据Scheiman等^[23]标准诊断NSBVs,分别报告了CI(24.7%)、基本型外隐斜(4.1%)、集合过度(2.7%)、FVD(1.4%)的患病率。而多数研究仅关注了单项检查指标的异常,例如Hashemi的团队在几项横断面研究中分别报告NSBVs中几个具体类型的患病率,包括:平均年龄66.6岁老年人群的远距外隐斜8.9%、内隐斜0.34%、上隐斜0.29%,近距相应数值为32.4%、0.61%和0.37%^[6];40~49岁年龄组的FVD患病率为5.45%^[27];40~49岁人群CI患病率为4.62%,50~59岁降至3.21%,进入60岁后开始明显上升,60~69岁整体患病率达8.57%^[25],对60岁以上CI患病率作了进一步研究报告:60~64、65~69、70~74和75~79岁人群分别达到20.6%、21.4%、27.0%和16.7%,而80岁以上高龄人群仍维持在19.0%的较高水平^[14]。Leat等^[7]回顾性分析视光诊所病历发现,60岁以上老年人10 a间垂直隐斜(14.4%)、近距外隐斜(12.0%)、集合近点远移(13.8%)及追随运动异常(7.4%)等患病率显著上升,但未提供具体诊断标准,难以反映真实NSBVs患病率。现有证据表明,老年人NSBVs的患病率随年龄增长呈持续上升趋势。然而,不同研究报告的患病率数据存在一定差异,这一现象不仅突显了制定统一诊断标准的必要性,也反映出双眼视觉功能并非仅从发育期过渡至稳定期,还会进一步进入与年龄相关的老化阶段。特别是在60岁左右——这一年龄节点通常标志着老视趋于稳定——更提示我们应在诊断标准中引入“分层化诊疗”的思路。因此,临床实践中需加强早期筛查和个性化视觉干预,以改善老年人群的视觉质量。

2 双眼视觉检查指标的年龄相关性变化

2.1 隐斜视与年龄相关性变化 既往研究表明,随着年龄增长,近距离隐斜视存在向外隐斜发展的趋势,严重者可进展为显性斜视,老视人群的近视外隐斜视度显著高于非老视成人,其均值约为后者的 2 倍^[2, 29]。Spierer 等^[30]对 100 名正常人进行了为期 20 a 的随访,发现随着年龄增长远距内隐斜增加、近距外隐斜增加,由于调节需求随年龄增长而降低^[3],通过 AC/A 与 CA/C 的联动机制导致调节性集合减弱,从而引发近距外隐斜加重。老年性近距外隐斜的发生机制可能涉及以下方面,负融像性聚散(negative fusional vergence, NFV)增强与正融像性聚散(positive fusional vergence, PFV)减弱^[8, 13],PFV 失代偿性外隐斜增加;同时,年龄增长导致内直肌与外直肌功能衰退,可能影响眼球运动的协调性,进而加剧外隐斜程度。这一病理生理过程体现了老年性双眼视觉功能退化中神经肌肉调控机制的多因素相互作用的特性。然而,Palomo Álvarez 等^[31]并未发现远距隐斜与年龄之间存在显著的相关性。这可能归因于不同研究所采用的临床测量方法存在差异;也可能是潜在机制可能涉及随着年龄增长,老年人眼部神经肌肉功能逐渐衰退,尽管中枢神经系统可通过适应性调节维持一定程度的双眼视功能稳定性,但当这种代偿能力不足以应对功能退化时,便可能导致远距内隐斜加重。研究对象在代偿能力方面的个体差异,可能是导致研究结果不一致的重要原因。

2.2 集合近点与年龄相关性变化 多位学者对 NPC 的研究发现,其与年龄呈现正相关^[13, 32-35],NPC 随年龄增长每年远移约 1 mm,其中从非老视到老视的转变期变化最为显著^[2, 34]。这种远移现象主要归因于老视人群调节力降低导致调节性集合减弱。此外,Abraham 等^[36]对 10-35 岁人群及 Fray^[32]对平均 38 岁人群的研究均证实,NPC 随年龄增长而远移,这可能与从儿童期到青年期逐渐发展的水平隐斜随年龄增长向外隐斜漂移^[36]、瞳距增加^[33]等因素有关。

2.3 AC/A 和 CA/C 与年龄相关性变化 既往虽有研究表明,AC/A 比率在生命早期即趋于稳定且不随年龄改变^[37],但也有研究发现,晶状体随年龄变化会引起 AC/A 比率出现年龄相关性差异^[2, 34, 38]。AC/A 比率与年龄呈正相关^[2, 34, 37],在 40-50 岁的老视发生阶段变化最为显著。当老视来临时,反应性 AC/A 比率约增至原先的 3 倍,该变化主要源于调节幅度下降而集合功能保持相对稳定。由于调节滞后的存在,反应性 AC/A 比率略高于刺激性 AC/A 比率,既往研究显示,反应性 AC/A 比率随年龄增长而升高,而 CA/C 比率则呈现下降趋势^[8, 39]。Neveu 等^[40]的研究表明,CA/C 的年龄相关性变化主要源于张力性集合增加及有效集合时间与需求减少。Li 等^[38]研究发现,由于晶状体调节功能衰退,刺激性 AC/A 测量值随年龄增长而升高。这种功能衰退会减弱外周调节,从而增加中枢神经系统调节力,最终导致调节性集合和刺激性 AC/A 升高。但 Mutti 等^[37]指出,刺激性 AC/A 与 CA/C 比率无显著相关性,提示这两者在常规临床检查中可能缺乏实质性关联。

2.4 融像储备与年龄相关性变化 关于融像储备减退的定义存在差异,多数研究^[17, 25, 41]将其定义为检查值低于

标准阈值,且各研究对“模糊点/破裂点/恢复点”的界定不尽相同,或定义为不符合 Sheard 准则^[42],即不满足代偿性融像储备至少为所测隐斜量的 2 倍。融像储备与年龄及水平隐斜存在相关性。多项研究表明,融像储备随年龄增长而下降,主要表现为近距 PFV 的模糊点、破裂点和恢复点降低,以及远距 PFV 恢复点下降^[8, 31]。这种年龄相关变化的机制包括眼外肌老化导致的集合运动幅度减弱,以及晶状体老化引起的调节力减少,后者通过调节性集合和 CA/C 耦合机制影响集合功能。Sánchez-González 等^[8]进一步指出,双眼集合功能的年龄性相关性减退与调节性集合和融像性集合相关,但与近感知性集合及张力性集合无显著关联。Palomo Álvarez 等^[31]的研究发现,远距 NFV 恢复点随年龄下降而破裂点保持稳定。在对非老视成人的研究中,Yekta 等^[13]提出年龄相关性远距外隐斜可能增加远距 NFV 的破裂点和恢复点。然而 Ostadimoghaddam 等^[34]发现近距 PFV、NFV 与年龄和性别无显著关联,表明近距融像储备相对稳定,这一结果挑战了“调节功能减退和外隐斜改变是影响融像储备的主要因素”的传统观点,然而,该研究所纳入的参与者年龄跨度较大(10-86 岁)。因此可以合理推测,除测量方法的差异外,近距融像储备表现出相对稳定的状态,可能主要归因于神经肌肉适应性以及中枢代偿机制的动态调控作用。对于大多数年龄群体而言,年龄的增长并未显著影响神经与肌肉功能的基础水平;只有当年龄相关性神经肌肉功能下降超过中枢神经系统代偿能力的阈值时,PFV 的测量值才会出现明显降低。值得注意的是,这一“代偿失衡临界点”在个体间存在较大差异。在 Ostadimoghaddam 等^[34]的研究样本中,该临界点可能尚未达到或仅在极少数个体中出现,因此未能观察到 PFV 与年龄之间的显著相关性。未来研究应进一步探讨这些关系,以明确集合和散开功能衰退的机制,从而更准确预测老年人群的视觉问题并制定针对性治疗方案。

2.5 聚散灵活度与年龄相关性变化 既往研究一致表明,VF 随年龄增长而逐渐减退^[8, 43]。这种功能下降主要归因于评估双眼维持融像能力的融像性聚散系统动态范围缩小。年龄相关的融像性聚散功能减退可能源于晶状体老化导致的调节功能衰退。

2.6 眼球运动与年龄相关性变化 Leat 等^[7]针对老年人群开展的回顾性研究发现,年龄与双眼视觉功能及眼球运动障碍存在显著相关性。Chavant 等^[44]发现随着年龄增长,眼球运动的潜伏期延长,平均速度与集合幅度随之下降。Seferlis 等^[45]对健康老视参与者的平滑跟随、扫视及视动性眼球运动检查发现,其运动速度与精确性均呈现衰退趋势。眼球运动速度和幅度随年龄增长而下降,可能与中枢神经系统退化、脑血流量减少、神经元萎缩及代谢功能下降有关,这些因素会削弱神经信息向眼外肌的传导,导致运动速度、幅度和精确性降低。此外,眼球结构和眼外肌的退化可能导致垂直斜视或旋转偏斜等病变。年龄因素影响近外隐斜、集合近点和调节性集合,异常的集合功能加重眼球运动障碍^[7, 46]。

3 非斜视性双眼视异常的危险因素

目前针对 NSBVAs 的危险因素尚未有系统性研究,但已知多种因素单独或共同作用可诱发该病症,明确这些因

素将有助于疾病的预防与管理,长时间使用电脑、平板及智能手机等电子设备是常见诱因,可影响隐斜视、NPC、调节近点、融像性聚散及双眼调节灵活度等参数,其中集合过度比调节过度的发生率更高^[47-49]。Rueff 等^[50]表明接触镜可能诱发干眼患者的双眼视觉问题。其他相关因素还包括咖啡因摄入^[51]、糖尿病^[52]及种族差异^[53]等。然而,针对老年人群常见的白内障手术,Tan 等^[43]研究表明,年龄相关性白内障患者的双眼视功能状况主要受术前已存在的双眼视功能异常影响,手术本身并不会显著改变其双眼视觉状态,因此难以作为双眼视觉变化的有效预测指标。此外,已有研究指出,人工晶状体的植入有助于双眼视功能的重建^[54-55]。据此可推测,对于术前双眼视功能正常的年龄相关性白内障患者而言,白内障手术并非引发 NSBVA 的危险因素。尽管目前尚缺乏关于老年人常用药物与双眼视觉变化之间关联性的具体研究,但可以合理推测,任何可能影响晶状体、眼部肌肉、视觉中枢或神经传导通路等眼部相关结构的药物,均有可能对双眼视功能产生一定影响,其具体机制及临床表现仍需进一步研究加以明确。

4 老年人群非斜视性双眼视异常的临床诊断

NSBVA 的诊断依赖临床症状与体征,准确识别症状类型对制定治疗策略、提升视觉功能和改善生活质量至关重要。常见症状包括视物模糊、复视、眼疲劳、头痛、阅读困难等^[56-57],这些症状在长时间近距离用眼或短暂阅读后可能加重^[4]。老视症状与 NSBVA 存在重叠,增加了临床鉴别难度^[10]。作为典型症状的双眼复视在某些研究中未显示年龄相关性,但 70 岁左右复视发病率达峰值,可能与微血管卒中或肿瘤相关^[58]。老年人群斜视失代偿表现为近外隐斜增加、集合融像范围缩小及解剖结构退化,可引发垂直性、水平性或旋转性斜视并伴发双眼复视^[46]。

集合不足症状量表(Convergence Insufficiency Symptom Survey, CISS)用于评估症状性 CI 的疗效,儿童临界值为 16 分^[59],成人 21 分^[60],老视人群建议以 15 分作为识别阈值^[61]。但该量表对 CI 筛查的准确性存在争议,Horan 等^[62]发现 CISS 对于青少年特异性不足,Horwood 等^[63]认为其不适用于青年筛查。值得注意的是,CISS 最初并非专为 CI 评估设计^[62],现有研究将其扩展用于多种双眼视觉异常的症状识别^[64-65]。临床观察显示,CI 患者的 CISS 评分与检查结果常不一致^[66-67],症状严重程度与评分亦无固定相关性^[68],故单纯依赖 CISS 进行 CI 诊断或疗效评估可能欠妥。Menjivar 等^[41]强调集合近点破裂值对儿童 CI 识别效能最佳,建议通过整合特异性临床检查来修订 CISS 问卷。

诊断 NSBVA 的临床检查指标参考范围主要基于 Scheiman 等^[23]标准,其有效性与准确性已获临床及科研验证。研究者结合 Sheard 准则与 Percival 准则进一步完善了该诊断体系,这些标准现已成为 NSBVA 诊断的核心依据^[9, 43, 69]。然而,当前的诊断标准均以儿童或非老视成人的双眼视觉检查指标正常参考范围为基础制定,并未充分考虑年龄相关性双眼视觉变化规律。因此,这些标准是否适用于诊断老年人群的 NSBVA 仍有待进一步探讨。在制定统一诊断标准之前,当前可优先基于传统“金标准”临床检查,建立不同年龄段老年人双眼视功能指标的

正常参考值范围。双眼视功能检查复杂耗时,对受检者配合度和检查者专业能力要求较高,临床实施存在困难。尽管已有新型检查方法的开发,但研究表明,如 Bynocs 等数字化平台的结果尚不能与传统方法互换^[70],其正常值仅适用于特定系统。因此,若不能优化传统检查流程,在确立诊断标准时,除考虑各项指标诊断效能外,还应致力于精简和优化诊断指标,构建一套适用于临床的高效老年 NSBVA 筛查方案。

5 总结与展望

既往研究表明,隐斜视、集合近点、调节性集合与调节比值、集合性集合与调节比值、融像性聚散范围、聚散灵活度以及眼球运动等双眼视觉检查指标均表现出显著的年龄相关变化趋势。非斜视性双眼视觉异常在老年人群中较为普遍。然而,现有研究在老年人群双眼视觉异常流行病学方面的报道存在以下局限性:(1)多数研究仅关注单项双眼视觉检查指标异常的发生率,而非基于综合诊断标准的真实双眼视觉异常患病率,这限制了对当前老年人群双眼视觉异常实际患病率的准确评估;(2)许多研究揭示了年龄相关性双眼视觉变化规律,表明现有的基于儿童及非老视成人的双眼视觉异常诊断标准可能并不完全适用于老年人群,采用现行标准可能导致对老年人群双眼视觉异常患病率的高估或低估。因此,未来的相关研究应重点关注确立老年人群双眼视觉检查指标的正常参考范围,并据此修订具有针对性的诊断标准。同时,鉴于老年人群在双眼视功能方面的特殊性,如神经肌肉调控能力的退化、多系统疾病的共存以及长期用药等因素的叠加影响,建议开展多中心、大样本的临床研究。研究过程中应特别纳入对多种危险因素交互作用的综合分析,以更准确地反映老年人群双眼视觉异常的真实患病率及其发病规律。这将为临床评估提供量化参考,并为制定个体化的干预策略奠定科学基础。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。
作者贡献声明: 赖春艳、罗长康论文选题,撰写初稿与文献检索;廖萱、兰长骏、谭青青选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献
[1] 胡广蕊,王澄澄,翁伟生,等. 双眼视觉新认识及弱视治疗新角度. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2012,20(4):187-191.
[2] Gantz L, Stiebel-Kalish H. Convergence insufficiency: Review of clinical diagnostic signs. J Optom, 2022,15(4):256-270.
[3] Alvarez TL, Kim EH, Yaramothu C, et al. The influence of age on adaptation of disparity vergence and phoria. Vision Res, 2017,133:1-11.
[4] Goering M, Drennan KB, Moshirfar M. Convergence Insufficiency. StatPearls: Treasure Island (FL), 2023:18.
[5] Fricke TR, Tahhan N, Resnikoff S, et al. Global prevalence of presbyopia and vision impairment from uncorrected presbyopia: systematic review, meta-analysis, and modelling. Ophthalmology, 2018,125(10):1492-1499.
[6] Hashemi H, Nabovati P, Yekta AA, et al. Binocular vision disorders in a geriatric population. Clin Exp Optom, 2022,105(5):539-545.
[7] Leat SJ, Chan LL, Maharaj PD, et al. Binocular vision and eye movement disorders in older adults. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013,54(5):3798-3805.

[8] Sánchez-González MC, Sánchez-González JM, De-Hita-Cantalejo C, et al. The effect of age on binocular vision normative values. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2020,57(6):363-371.

[9] Tan QQ, Lewis JS, Lan CJ, et al. Preoperative binocular vision characteristics in the age-related cataract population. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):196.

[10] Stokes J, Shirmeshan E, Graham CA, et al. Exploring the experience of living with and managing presbyopia. *Optom Vis Sci*, 2022,99(8):635-644.

[11] Knaus KR, Hipsley A, Blemker SS. A new look at an old problem: 3D modeling of accommodation reveals how age-related biomechanical changes contribute to dysfunction in presbyopia. *Biomech Model Mechanobiol*, 2024,23(1):193-205.

[12] Chukwuyem EC, Musa MJ, Zeppieri M. Prescribing Glasses for Presbyopia. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.

[13] Yekta A, Khabazkhoob M, Hashemi H, et al. Binocular and accommodative characteristics in a normal population. *Strabismus*, 2017,25(1):5-11.

[14] Hashemi H, Nabovati P, Yekta A, et al. Convergence insufficiency in the geriatric population. *Optom Vis Sci*, 2021,98(6):613-619.

[15] Hussaindeen JR, Rakshit A, Singh NK, et al. The minimum test battery to screen for binocular vision anomalies; report 3 of the BAND study. *Clin Exp Optom*, 2018,101(2):281-287.

[16] Hussaindeen JR, Rakshit A, Singh NK, et al. Prevalence of non-strabismic anomalies of binocular vision in Tamil Nadu; report 2 of BAND study. *Clin Exp Optom*, 2017,100(6):642-648.

[17] Jang JU, Park IJ. Prevalence of general binocular dysfunctions among rural schoolchildren in South Korea. *Taiwan J Ophthalmol*, 2015,5(4):177-181.

[18] García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M, et al. Accommodative and binocular dysfunctions; prevalence in a randomised sample of university students. *Clin Exp Optom*, 2016,99(4):313-321.

[19] Atiya A, Hussaindeen JR, Kasturirangan S, et al. Frequency of undetected binocular vision anomalies among ophthalmology trainees. *J Optom*, 2020,13(3):185-190.

[20] Cai J, Fan WW, Zhong YH, et al. Frequency and associated factors of accommodation and non-strabismic binocular vision dysfunction among medical university students. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(2):374-379.

[21] Ma MM, Yeo ACH, Scheiman M, et al. Vergence and accommodative dysfunctions in emmetropic and myopic Chinese young adults. *J Ophthalmol*, 2019,2019:5904903.

[22] Kumar PP, Shajahan T, Hussaindeen JR. Diagnostic accuracy of indigenously developed computer-based binocular vision assessment. *Oman J Ophthalmol*, 2022,15(2):163-167.

[23] Scheiman M, Wick B. Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013:2-48.

[24] Ma MM, Long W, She ZH, et al. Convergence insufficiency in Chinese high school students. *Clin Exp Optom*, 2019,102(2):166-171.

[25] Hashemi H, Nabovati P, Khabazkhoob M, et al. The prevalence of convergence insufficiency in Iran: a population-based study. *Clin Exp Optom*, 2017,100(6):704-709.

[26] CITT-ART Investigator Group, Scheiman M, Mitchell G L, et al. Convergence Insufficiency Treatment Trial - Attention and Reading Trial (CITT-ART): Design and Methods. *Vis Dev Rehabil*, 2015,1(3):214-228.

[27] Hashemi H, Nabovati P, Khabazkhoob M, et al. The prevalence of fusional vergence dysfunction in a population in Iran. *J Curr Ophthalmol*, 2021,33(2):112-117.

[28] Morgan MW Jr. The clinical aspects of accommodation and convergence. *Optom Vis Sci*, 1944,21(8):301-313.

[29] Wajuihian SO. Normative values for clinical measures used to classify accommodative and vergence anomalies in a sample of high school children in South Africa. *J Optom*, 2019,12(3):143-160.

[30] Spierer A, Hefetz L. Normal heterophoric changes: 20 years' follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 1997,235(6):345-348.

[31] Palomo Álvarez C, Puell MC, Sánchez-Ramos C, et al. Normal values of distance heterophoria and fusional vergence ranges and effects of age. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2006,244(7):821-824.

[32] Fray KJ. Fusional amplitudes: developing testing standards. *Strabismus*, 2017,25(3):145-155.

[33] Hashemi H, Pakzad R, Yekta A, et al. The distribution of near point of convergence in an Iranian rural population; a population-based cross-sectional study. *Saudi J Ophthalmol*, 2019,33(2):148-152.

[34] Ostadimoghaddam H, Hashemi H, Nabovati P, et al. The distribution of near point of convergence and its association with age, gender and refractive error: a population-based study. *Clin Exp Optom*, 2017,100(3):255-259.

[35] Hashemi H, Pakbin M, Ali B, et al. Near points of convergence and accommodation in a population of university students in Iran. *J Ophthalmic Vis Res*, 2019,14(3):306-314.

[36] Abraham NG, Srinivasan K, Thomas J. Normative data for near point of convergence, accommodation, and phoria. *Oman J Ophthalmol*, 2015,8(1):14-18.

[37] Mutti DO, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, et al. The response AC/a ratio before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017,58(3):1594-1602.

[38] Li TX, Liu H, Wang ZJ. The progress in the clinical application of accommodative convergence/accommodation (AC/a). *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2022,58(11):989-993.

[39] Neveu P, Priot A, Philippe M, et al. Agreement between clinical and laboratory methods assessing tonic and cross-link components of accommodation and vergence. *Clin Exp Optom*, 2015,98(5):435-446.

[40] Neveu P, Roumes C, Philippe M, et al. Stereoscopic viewing can induce changes in the CA/C ratio. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016,57(10):4321-4326.

[41] Menjivar AM, Kulp MT, Mitchell GL, et al. Screening for convergence insufficiency in school-age children. *Clin Exp Optom*, 2018,101(4):578-584.

[42] Worrell BE Jr, Hirsch MJ, Morgan MW. An evaluation of prism prescribed by Sheard's criterion. *Am J Optom Arch Am Acad Optom*, 1971,48(5):373-376.

[43] Tan QQ, Lewis JS, Lan CJ, et al. Cataract surgery is not associated with post-operative binocular vision anomalies in age-related cataract patients. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022,42(5):998-1008.

[44] Chavant M, Kapoula Z. Loss of audiovisual facilitation with age occurs for vergence eye movements but not for saccades. *Sci Rep*, 2022,12:4453.

[45] Seferlis F, Chimona TS, Papadakis CE, et al. Age related changes in ocular motor testing in healthy subjects. *J Vestib Res*, 2015,25(2):57-66.

[46] Cioplean D, Nitescu Raluca L. Age related strabismus. *Roman J Ophthalmol*, 2016,60(2):54-58.

[47] Auffret E, Mielcarek M, Bourcier T, et al. Digital eye strain. Functional symptoms and binocular balance analysis in intensive digital users. *J Fr Ophthalmol*, 2022,45(4):438-445.

[48] De-Hita-Cantalejo C, Sánchez-González JM, Silva-Viguera C, et al. Tweenager computer visual syndrome due to tablets and laptops during the postlockdown COVID-19 pandemic and the influence on the binocular and accommodative system. *J Clin Med*, 2022,11(18):5317.

- [49] Talens – Estarellles C, Cerviño A, García – Lázaro S, et al. The effects of breaks on digital eye strain, dry eye and binocular vision: Testing the 20 – 20 – 20 rule. *Contact Lens Anterior Eye*, 2023, 46(2):101744.
- [50] Rueff EM, King – Smith PE, Bailey MD. Can binocular vision disorders contribute to contact lens discomfort? *Optom Vis Sci*, 2015, 92(9):e214–221.
- [51] Abokyi S, Owusu – Mensah J, Osei KA. Caffeine intake is associated with pupil dilation and enhanced accommodation. *Eye (Lond)*, 2017,31(4):615–619.
- [52] Nabovati P, Khabazkhoob M, Fayaz F, et al. Vision – related symptoms, accommodative and binocular vision performance in young diabetics vs. normal controls. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022, 42(4):904–912.
- [53] Jorge J, Diaz – Rey A. Binocular function parameters in elite football players. *J Binocul Vis Ocul Motil*, 2022,72(2):97–104.
- [54] 马琳, 穆红梅, 张鑫. 人工晶状体植入术后双眼视觉分析. *中国医学创新*, 2010,7(21):34–35.
- [55] 李锦玉, 孙斌, 杨春华, 等. 不同类型人工晶状体植入术后双眼视功能差异分析. *眼科新进展*, 2024,44(7):544–548.
- [56] Sangoi A, Scheiman M, Yaramothu C, et al. Convergence insufficiency neuro – mechanism adult population study: phoria adaptation results. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(10):19.
- [57] Li S, Tang A, Yang B, et al. Virtual reality – based vision therapy versus OBVAT in the treatment of convergence insufficiency, accommodative dysfunction: a pilot randomized controlled trial. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):182.
- [58] Kim HJ, Kim HJ, Choi JY, et al. Diplopia: characteristics and etiologic distribution in a referral – based university hospital. *J Neurol*, 2023,270(2):1067–1075.
- [59] Rouse M, Borsting E, Mitchell GL, et al. Validity of the convergence insufficiency symptom survey: a confirmatory study. *Optom Vis Sci*, 2009,86(4):357–363.
- [60] Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2004,24(5):384–390.
- [61] Abdi S, Kangari H, Rahmani S, et al. Is the convergence insufficiency symptom survey applicable to elderly individuals? *BMC Ophthalmol*, 2025,25(1):28.
- [62] Horan LA, Ticho BH, Khammar AJ, et al. Is the convergence insufficiency symptom survey specific for convergence insufficiency? a prospective, randomized study. *Am Orthopt J*, 2015,65:99–103.
- [63] Horwood AM, Toor S, Riddell PM. Screening for convergence insufficiency using the CISS is not indicated in young adults. *Br J Ophthalmol*, 2014,98(5):679–683.
- [64] Pang Y, Gabriel H, Tan QQ. Convergence insufficiency symptom survey: a tool to evaluate convergence excess in young adults. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023,43(4):615–622.
- [65] Long J, Cheung R, Duong S, et al. Viewing distance and eyestrain symptoms with prolonged viewing of smartphones. *Clin Exp Optom*, 2017,100(2):133–137.
- [66] Lorenzana IJ, Leske DA, Hatt SR, et al. Relationships among clinical factors and patient – reported outcome measures in adults with convergence insufficiency. *Optom Vis Sci*, 2022,99(9):692–701.
- [67] Alvarez TL, Scheiman M, Santos EM, et al. Convergence insufficiency neuro – mechanism in adult population study randomized clinical trial: clinical outcome results. *Optom Vis Sci*, 2020,97(12):1061–1069.
- [68] Bade A, Boas M, Gallaway M, et al. Relationship between clinical signs and symptoms of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci*, 2013, 90(9):988–995.
- [69] Franco S, Moreira A, Fernandes A, et al. Accommodative and binocular vision dysfunctions in a Portuguese clinical population. *J Optom*, 2022,15(4):271–277.
- [70] Mena – Guevara KJ, de Fez D, Molina – Martín A, et al. Binocular vision measurements with a new online digital platform: comparison with conventional clinical measures. *Clin Exp Optom*, 2024, 107(7):716–722.