

巩膜镜的临床研究进展

钟宇玲, 薛劲松, 徐英男, 胡 艳, 蒋 沁

引用: 钟宇玲, 薛劲松, 徐英男, 等. 巩膜镜的临床研究进展. 国际眼科杂志 2021;21(12):2109-2112

作者单位: (210029) 中国江苏省南京市, 南京医科大学附属眼科医院

作者简介: 钟宇玲, 在读硕士研究生, 研究方向: 角膜病、视光学。

通讯作者: 薛劲松, 毕业于南京医科大学, 学士, 主任医师, 硕士研究生导师, 副院长, 研究方向: 角膜病、视光学. 25068411@qq.com

收稿日期: 2021-03-16 修回日期: 2021-10-29

摘要

巩膜镜是一种拱形覆盖角膜及角膜缘的大直径硬性透气性接触镜, 用于日间配戴。随着对巩膜镜相关的研究逐步加深, 巩膜镜治疗眼科疾病被更多的应用到临床。与常规硬性透气性角膜接触镜相比, 巩膜镜着落在巩膜上, 在镜片后表面与角膜前表面之间形成一个液态穹窿, 能够创造理想的眼表环境, 并且具有不接触角膜表面及角巩膜缘, 保护角膜组织, 矫正角膜不规则散光, 减少高阶相差, 延缓或避免相关眼部疾病采用手术治疗, 应用范围广, 稳定性好及配戴舒适等优点。镜片材料、设计工艺、专业人员配镜技术及眼科成像技术的提高等推动了巩膜镜的临床应用。目前巩膜镜主要用于解决不规则角膜、眼表疾病及屈光不正等眼科疾病。本文旨在对巩膜镜的发展历史、适应证、验配及相关并发症等方面进行简要的综述。

关键词: 巩膜镜; 接触镜; 适应证及验配; 前节巩膜形态; 不规则角膜; 眼表疾病; 屈光不正

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.17

Clinical research advance of scleral lenses

Yu-Ling Zhong, Jing-Song Xue, Ying-Nan Xu, Yan Hu, Qin Jiang

The Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Jing-Song Xue. The Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China. 25068411@qq.com

Received: 2021-03-16 Accepted: 2021-10-29

Abstract

• Scleral lenses (SL) are large diameter rigid gas permeable contact lenses with vault cornea and limbus and used for daytime wear. In recent years, the study of SL has been gradually deepened, and SL are becoming increasingly used for the ophthalmology clinical practice. Compared with corneal rigid gas permeable contact lenses, SL rest on the sclera and form a fluid reservoir

between the posterior surface of the lens and the anterior surface of the cornea, creating an ideal eye surface environment and with the advantages of non-contact cornea and corneal limbus, protecting cornea, correcting corneal irregular astigmatism, reducing high-order aberrations, delaying or avoiding part of ophthalmic-related surgical, correcting visual acuity of patients with irregular cornea, wide range of application, good stability and comfortable wearing. With the improvement of material, lens design technology, fitting techniques and ophthalmic imaging technology, the clinical application of SL is gradually increasing. This review will give a brief introduction of the historical development, indication, fitting and complications of SL.

• **KEYWORDS:** scleral lenses; contact lenses; indications and fitting methods; anterior scleral shape; corneal irregularity; ocular surface disease; refractive errors

Citation: Zhong YL, Xue JS, Xu YN, et al. Clinical research advance of scleral lenses. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(12):2109-2112

0 引言

巩膜镜(scleral lens)是一种用于日间配戴的硬性透气性接触镜。着落在巩膜上, 不接触角膜表面及角巩膜缘, 在角膜前方形成一个光滑的液态穹窿, 保护角膜组织的同时维持眼表湿润, 并对角膜不规则散光进行光学矫正。近年来, 由于镜片材料的更新, 制作工艺的发展, 眼科成像技术及配镜技术的提升, 巩膜镜的临床应用显著增加。本文就巩膜镜的定义、适应证、验配及相关并发症等进行综述。

1 巩膜镜的概述

1.1 巩膜镜的发展历史 世界上最早出现的巩膜镜是 19 世纪 80 年代末由 Eugen Fick 用玻璃吹制的玻璃囊泡制作的^[1]。当时由于镜片制作工艺限制及镜片材料引起的角膜缺氧等问题, 巩膜镜的应用并未得到广泛的发展。20 世纪 30 年代印模技术的出现和使用推动了巩膜镜的进程^[2]。20 世纪 80 年代, PMMA 与印模技术结合及水凝胶材料的出现, 一定程度上改善了配戴镜片带来的角膜缺氧等问题, 但由于这两种材料在其它角膜接触镜应用更为广泛, 限制了巩膜镜的使用。1983 年, Ezekiel 对硬性透气材料制作的巩膜镜进行了首次描述, 使巩膜镜的临床应用有了突破性的进展。近十多年来, 隐形眼镜镜片设计制造工艺的进步和高透氧性刚性材料的应用, 推动了巩膜镜的发展。

1.2 巩膜镜的定义 巩膜镜教育协会(the scleral lens education society, SLES)将巩膜镜定义为安装在巩膜区域的结膜上, 跨过角膜及角巩膜缘, 即完全覆盖在巩膜上方结膜组织的镜片装置^[3]。巩膜镜镜片直径范围多在 15~25mm,

根据直径大小可分为迷你巩膜镜、大巩膜镜和角巩膜镜。镜片直径在水平可视虹膜直径 (horizontal visible iris diameter, HVID) 外 6mm 内,称为迷你巩膜镜;镜片超过此范围,称为大巩膜镜;没有完全跨过角膜及角巩膜缘,部分位于角膜,部分位于巩膜的镜片不属于标准的巩膜镜范畴,被称为角巩膜片或轮部片^[4-5]。标准的巩膜镜由三部分构成,分别是光学区、过渡区和着陆区。巩膜镜设计独特,巩膜镜厚度在 0.25~0.4mm 之间,较普通硬性接触镜 (rigid gas permeable, RGP) 镜片厚,可保证巩膜镜镜片成型。标准的巩膜镜作为一种大直径硬性接触镜,定位落在角膜及角巩膜缘外,刚性外壳与角膜之间形成一个有适当厚度的水液层,可充填不规则角膜表面,同时可以避免对角膜产生机械性的摩擦。

2 巩膜镜的临床应用

巩膜镜应用广泛。除了有着与角膜接触镜类似用途外,巩膜镜还可为角膜提供机械保护。镜片在角膜前方形成一个碗型的水液层,对不规则角膜表面进行光学矫正,保持角膜湿润,防止角膜干燥。目前巩膜镜在临床上主要是解决三大类眼科疾病:不规则角膜^[6]、眼表疾病^[7]和单纯屈光不正。由巩膜镜片在眼科临床评价中的应用研究小组 (the scleral lenses in current ophthalmic practice evaluation, SCOPE) 提供的调查显示,在 673 例验配巩膜镜的患者中约 74% 应用于角膜不规则,16% 应用于眼表疾病,10% 应用于矫正普通的屈光不正^[8]。

巩膜镜在患者角膜前方形成的具有一定厚度的水液层,可矫正不规则角膜引起的散光,改善视觉质量。圆锥角膜是临床上最常见的角膜不规则疾病。传统的软镜及 RGP 只能用于早中期圆锥角膜患者,矫正高阶相差的效果有限,且易并发机械摩擦和缺氧的问题,对于晚期圆锥角膜患者治疗效果有一定局限性,且部分患者对 RGP 不耐受或 RGP 配适不佳,甚至出现 RGP 配戴后角膜瘢痕加重等情况。高度定制的巩膜镜可为晚期圆锥角膜患者提供更好的光学矫正视力及配戴体验。Sabesan 等^[9]和 Kreps 等^[10]认为巩膜镜可以中和圆锥角膜引起的光学相差,显著改善圆锥角膜患者的视觉质量。有研究者认为,角膜胶原交联联合巩膜镜光学矫正应作为有症状的圆锥角膜患者首选的非手术治疗^[11]。晚期圆锥角膜患者配戴软性隐形眼镜有一定困难,根据 Saraç 等^[12]的研究发现中晚期圆锥角膜患者选择使用迷你巩膜镜可获得比软镜或混合式隐形眼镜更好的视觉效果,并且迷你巩膜镜可以推迟晚期圆锥角膜行角膜移植手术的需要。Kumar 等^[13]在其关于迷你巩膜镜对不规则角膜屈光和高阶相差影响的研究中提出,圆锥角膜、无损伤屈光矫正手术后、放射状角膜切开术后及穿透性角膜移植术后患者配戴镜片后,视力显著改善,高阶相差明显减少。最近有关于配戴个性化设计的波前引导 (wavefront-guided, WFG) 的巩膜镜矫正角膜扩张患者的光学和视觉效果报道,提示 WFG 巩膜镜的配戴与传统巩膜镜相比能更大概率地使患者获得更佳的光学和视觉效果^[14]。角膜瘢痕形成、干眼及角膜营养不良等一些不规则角膜患者也可通过配戴巩膜镜达到改善视觉效果的目的。

巩膜镜在角膜上方形成的硬性穹窿,可以维持眼表疾病患者角膜上皮完整,促进角膜愈合,控制眼表疾病的恶化。根据相关临床病例报告提示,巩膜镜可促进神经营养性角膜炎患者角膜上皮的完整性,减少手术干预,是任何

阶段神经营养性角膜炎患者的有效选择^[15]。眼睑闭合不全、Sjögren 综合征、Stevens-Johnson 综合征及不明原因的干眼患者可以通过配戴巩膜镜改善眼部干燥的症状,延缓病情发展^[5,16-18]。配戴巩膜镜是长期使用绷带镜的慢性干眼患者的首选治疗方式。Sarah 使用巩膜镜治疗 25 例 41 眼中重度干眼患者,发现配戴巩膜镜后,患者泪液渗透压值和 van Bijsterveld 评分明显降低,最佳矫正视力由 0.703 ± 0.55 (LogMAR) 提高到 0.406 ± 0.43 (LogMAR) ($P < 0.001$),患者的干眼症状及生活质量得到显著改善^[19]。巩膜镜在角膜前方形成的泪液层可保持角膜湿润,因此是眼表化学伤或热烧伤以及慢性期 Stevens-Johnson 综合征引起的睑球黏连患者维持穹窿和角膜缘干细胞缺乏症患者的合理的选择^[20-21]。有医生建议所有面瘫患者均使用巩膜镜,可达到预防和治疗暴露性角膜炎的目的^[22]。倒睫和睑内翻的患者配戴巩膜镜可减轻倒睫对眼表进一步损害,促进角膜愈合。眼表疾病患者的眼表同样存在不规则散光,通过配戴巩膜镜可达到视力优化的效果,但视力优化效果不如单纯角膜不规则患者明显。有研究提出有眼表疾病的患者使用巩膜镜可能会有轻微的视力丢失,但由于巩膜镜的眼表保护及提供更为舒适的配戴体验等优点,配戴巩膜镜仍是合理的选择^[23]。巩膜镜还可以协同其他治疗方法,利用巩膜镜作为给药容器,向眼表输送药物,如局部皮质类固醇、免疫抑制剂、非甾体类药物、抗生素等来治疗眼表疾病。近年来还有关于利用巩膜镜传感器测量眼电解质成分变化,早期发现并治疗部分眼部疾病的相关报道^[24]。

巩膜镜不受角膜形态的影响,是某些追求舒适度的屈光不正患者的优先选择。严重或单纯的屈光不正不是巩膜镜的适应证之一,应用于无晶状体眼或高度屈光不正患者的相关案例也有报道^[25]。严重的圆锥角膜患者配戴传统 RGP,可能镜片安装不稳定,并造成一定程度的慢性角膜上皮损伤,相反,巩膜镜完全承载于巩膜上方,防止机械性角膜损伤,避免角膜瘢痕的出现^[10,26-27],与此同时,Salam 等^[28]认为配戴巩膜镜后的视力效果与角膜接触镜类似。目前巩膜镜镜片均使用高 DK 材质 ($>150DK$),透氧性好^[29-30],且结膜和轮部血管可对角膜进行氧气补充,从而减少角膜缺氧水肿的发生。但由于巩膜镜成本较高,配戴操作相对复杂以及验配技术要求高等因素,大多数巩膜镜用于治疗严重的眼表疾病及不规则角膜病变,而不作为单纯屈光不正患者的第一选择。

3 巩膜镜的验配

3.1 眼前节光学相干断层扫描与眼表地形图

巩膜镜的验配需要对眼前段解剖有详细的了解。最早验配巩膜镜是通过石膏印模来了解角膜及巩膜的形态,这种方法不仅具有侵入性,而且耗时长且对镜片材料有一定限制。20 世纪 90 年代出现的非接触、非侵入性的光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 及角膜地形图可替代印模技术,对眼前段解剖结构进行客观评估,为配镜人员验配巩膜镜提供临床参考^[31-32]。

眼前节光学相干断层扫描 (anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT) 提供的横断面成像提示前节巩膜形态非旋转对称,沿以角膜顶点为中心的 15mm 弦逐渐增加不对称性。巩膜角度在不同子午线上不同,鼻侧巩膜比颞侧巩膜更平坦。Hall 等^[33]发现鼻侧巩膜在角巩膜交界处角度最陡,在下侧、颞侧、上侧交界处逐渐变平。

同一子午线上,距离角巩膜缘越远,巩膜非旋转对称性越明显,其中鼻颞侧最为明显。迷你巩膜镜着陆区多位于15mm弦处巩膜,在15mm处各矢高差距约100 μm ,到20mm范围时增加到约400 μm ,说明距离角巩膜缘越远,同一子午线上巩膜矢高差异越大。Ritzmann等^[34]使用AS-OCT扫描受试者眼前节,在弦长12.8mm范围测量时,眼前节近似旋转对称,在15mm时非旋转对称明显。这些研究提示巩膜镜片直径较小时,旋转对称的镜片可满足大多数患者的需求,当验配大直径巩膜镜片时,需要指定象限设计镜片。

角膜地形图在一定条件下可预测巩膜形态。Schornack等^[35]在其研究中将巩膜镜片基本曲线与角膜地形图数据相关联,认为角膜地形图无法有效提高巩膜镜验配效率。相反地,Macedo-de-Araújo等^[36]则认为规则角膜的角膜地形图所测得的眼前节矢状面高度对预估巩膜镜的矢高有一定参考价值,在不规则角膜中,角膜的不对称性不能预测是否需要指定象限设计巩膜片。有其他学者认为,高度角膜散光($\geq 2.00\text{D}$)的健康角膜,角膜形态对巩膜有一定的预测能力,对于先天性高度角膜散光患者,巩膜可能具有相同的散光方向。近年来出现的眼表轮廓仪可以成功测量包括角膜、角膜缘和巩膜在内的整个眼前段的地形图,为验配巩膜镜所需的眼前节角巩膜结构提供高质量角巩膜地形图。

试戴片验配法是目前验配巩膜镜的常规验配方法。根据角膜地形图显示的眼表情况及AS-OCT测量的角巩膜13.5mm弦长处的矢高值加200 μm 挑选首片试戴片试戴,裂隙灯下评估中央区及角巩膜区间隙,1~2h后观察镜下水液层厚度,以中央区泪液厚度100~200 μm 、角巩膜缘区80~100 μm 为佳,通过观察试戴片与患者眼表拟合情况进行相应的镜片参数调整。压模验配法是一种直接的诊断性验配巩膜镜的方法,但由于高度侵入性且验配耗时较长,目前已被不作为常规使用。当患者眼表受损严重,眼表情况复杂,眼球极度变形等情况不适合试戴片验配镜片时,压模验配法是验配巩膜镜最理想的选择^[37]。

3.2 试戴片的评估 评估巩膜镜的各项参数是验配巩膜镜过程中最重要的一步。不恰当的巩膜镜不仅不能提供最好的眼表保护及视觉质量提升,还可能会造成一定程度眼表损害。过去由于对眼表形态认识不足,巩膜镜验配经验缺乏,验配各方向均适配的巩膜镜有一定困难,随着眼科成像技术及眼科医生验配经验的提升,目前巩膜镜的评估过程更加规范、准确,从而为患者提供更加科学、个性化的巩膜镜治疗。

3.2.1 镜片直径评估 选择巩膜镜镜片直径是验配时的首要项目,大直径镜片可容纳更多泪液,为角膜提供更大的保护面积。大直径镜片多应用于高度不规则角膜散光或需进行眼表药物治疗的患者,直径越大,定位区与巩膜接触范围越宽,从而可以缓解局部组织压迫,增加配戴舒适度;小直径镜片使用操作简单,配戴不易产生气泡,由于镜片下泪液更薄,视觉效果更理想,是角膜相对正常及眼睑缝合术后及睑球粘连患者的优先选择,此外,小直径巩膜镜片通常比大直径的巩膜镜片更经济^[38]。光学区直径选择与镜片总直径选择同样重要。光学区直径大小取决于瞳孔直径、前房深度、镜片偏位程度以及角膜与镜片下的泪液厚度。由于大部分厂家镜片的光学区设计为固定参数,可以通过改变镜片总直径来调整光学区直径。

3.2.2 镜片下泪液厚度评估 镜片下泪液厚度可通过配戴使用荧光素染色的生理盐水充填的镜片在裂隙灯下进行评估,也可通过AS-OCT准确判断镜下泪液厚度。巩膜镜与角膜接触镜相比最大的优势在于镜片与角膜之间有液体充填,避免镜片与角膜直接接触。镜下泪液厚度没有统一标准,目前建议泪液层最少保留100 μm ,并根据不同患者病情需求进行调整^[39-40]。通常不规则角膜如圆锥角膜或角膜移植术后的患者所需镜下泪液厚度较薄,而患有严重干眼的患者则需要较高的泪液厚度。

随着配戴时间延长,巩膜镜片会发生沉降,分别在戴镜后20min、1、2、3h评估镜下水液层的厚度变化,直至稳定。理想状态的镜下泪液厚度是镜片不接触角膜及角巩膜缘,中央区泪液厚度100~200 μm 、角巩膜缘区80~100 μm ^[39-40]。镜片中央泪液厚度过薄则需要更换矢高更高的镜片,中央泪液过厚则需更换矢高更低的镜片。镜片矢高可通过改变镜片直径或者基弧来调整,有些镜片可以通过调整局部参数来调整镜片镜下泪液厚度。

3.2.3 定位区及边缘适配评估 定位区设计的目标是使镜片与巩膜区域形态相符。通过裂隙灯或OCT观察镜片与眼表的接触程度,若镜片边缘有气泡产生,则表示镜片定位区过平;定位区内荧光素染色堆积或结膜血管白化,则表示镜片定位区过陡。不适宜的定位区可通过改变定位弧度来调整。与角膜接触镜相同,巩膜镜的边缘翘起可改善泪液循环。巩膜镜的边缘翘起不宜过低,以免造成局部球结膜血管压迫变白,也不宜过高,以免影响配戴舒适度。在镜片配适评估完成后,还需要在配戴巩膜镜的基础上进行验光。

4 巩膜镜的并发症

配戴巩膜镜可引起眼表并发症的产生。患者配戴与眼表不适配的巩膜镜会引起一些常见问题,如镜片下气泡产生、角膜染色、球结膜充血、结膜白化及染色、结膜松弛及脱垂、黏液与沉淀物堆积、中央雾视、镜片黏连及视力问题等,这些情况多数不会对眼表产生持续性的损害^[5,41]。有研究报道由于镜片直径、拱高、陡峭程度与眼表不适配等造成与巩膜镜相关的严重并发症产生^[5],如眼表上皮大疱、上皮微囊、角膜结膜水肿、角膜新生血管、巨乳头性结膜炎、微生物性角膜炎及神经营养性角膜炎等^[42-43]。提高配镜人员专业技术,根据患者眼表状况,个性化选择适宜的镜片,严格验配流程,对患者进行镜片配戴后的长期护理教育,可减少相关并发症发生。

5 总结和展望

巩膜镜有着广阔的应用前景,在改善各种眼部疾病患者视觉质量及生活质量方面表现出巨大的潜力。巩膜镜不仅是眼表疾病传统治疗的辅助治疗,也为传统治疗失败提供另一种治疗选择,或是改变传统治疗手段而成为首选的治疗方式。目前,随着精密的计算机数控车床的广泛应用,镜片材料的改进,设计方式多样性和镜片加工技术的提升,可以制造出更舒适的镜片。通过对眼表轮廓评估能力的不断提高,验配技术的不断优化,巩膜镜的应用将会更加广泛。

参考文献

- 1 Fick AE. A contact-lens. 1888 (translation). *Arch Ophthalmol* 1988; 106(10):1373-1377
- 2 Lyons CJ, Buckley RJ, Pullum K, Sapp N. Development of the gas-permeable impression-moulded scleral contact lens. A preliminary report.

Acta Ophthalmol Suppl 1989;192:162-164

3 Michaud L, Lipson M, Kramer E, *et al.* The official guide to scleral lens terminology. *Cont Lens Anterior Eye* 2020;43(6):529-534

4 Abou Samra WA, Badawi AE, Kishk H, *et al.* Fitting tips and visual rehabilitation of irregular cornea with a new design of corneoscleral contact lens: objective and subjective evaluation. *J Ophthalmol* 2018;2018:3923170

5 van der Worp E, Bormman D, Ferreira DL, *et al.* Modern scleral contact lenses: a review. *Contact Lens Anterior Eye* 2014;37(4):240-250

6 Shorter E, Harthan J, Nau CB, *et al.* Scleral lenses in the management of corneal irregularity and ocular surface disease. *Eye Contact Lens* 2018;44(6):372-378

7 Harthan JS, Shorter E. Therapeutic uses of scleral contact lenses for ocular surface disease: patient selection and special considerations. *Clin Optom* 2018;10:65-74

8 Nau CB, Harthan J, Shorter E, *et al.* Demographic characteristics and prescribing patterns of scleral lens fitters: the SCOPE study. *Eye Contact Lens; Sci Clin Pract* 2018;44(1):S265-S272

9 Sabesan R, Jeong TM, Carvalho L, *et al.* Vision improvement by correcting higher-order aberrations with customized soft contact lenses in keratoconic eyes. *Opt Lett* 2007;32(8):1000-1002

10 Krepes EO, Pesudovs K, Claerhout I, *et al.* Mini-scleral lenses improve vision-related quality of life in keratoconus. *Cornea* 2020;40(7):859-864

11 Myagkov AV, Fedotova K, Mitichkina TS, *et al.* Modern options for non-surgical correction of keratoconus. *Vestnik Oftalmol* 2020;136(5. Vyp. 2):289-295

12 Saraç Ö, Kars ME, Temel B, *et al.* Clinical evaluation of different types of contact lenses in keratoconus management. *Cont Lens Anterior Eye* 2019;42(5):482-486

13 Kumar M, Shetty R, Dutta D, *et al.* Effects of a semi-scleral contact lens on refraction and higher order aberrations. *Cont Lens Anterior Eye* 2019;42(6):670-674

14 Hastings GD, Applegate RA, Nguyen LC, *et al.* Comparison of wavefront-guided and best conventional scleral lenses after habituation in eyes with corneal ectasia. *Optom Vis Sci* 2019;96(4):238-247

15 Witsberger E, Schornack M. Scleral lens use in neurotrophic keratopathy: a review of current concepts and practice. *Eye Contact Lens; Sci Clin Pract* 2020;47(3):144-148

16 Thulasi P, Djalilian AR. Update in current diagnostics and therapeutics of dry eye disease. *Ophthalmology* 2017;124(11):S27-S33

17 Magro L, Gauthier J, Richet M, *et al.* Scleral lenses for severe chronic GvHD-related keratoconjunctivitis sicca: a retrospective study by the SFGM-TC. *Bone Marrow Transplant* 2017;52(6):878-882

18 Bavinger JC, DeLoss K, Mian SI. Scleral lens use in dry eye syndrome. *Curr Opin Ophthalmol* 2015;26(4):319-324

19 La Porta Weber S, Becco de Souza R, Gomes JÁP, *et al.* The use of the esclera scleral contact lens in the treatment of moderate to severe dry eye disease. *Am J Ophthalmol* 2016;163:167-173, e1

20 Ciralsky JB, Chapman KO, Rosenblatt MI, *et al.* Treatment of refractory persistent corneal epithelial defects: a standardized approach using continuous wear PROSE therapy. *Ocul Immunol Inflamm* 2015;23(3):219-224

21 Siqueira AC, Santos MS, Farias CC, *et al.* Scleral contact lens for ocular rehabilitation in patients with Stevens-Johnson syndrome. *Arq Bras Oftalmol* 2010;73(5):428-432

22 Zaki V. A non-surgical approach to the management of exposure keratitis due to facial palsy by using mini-scleral lenses. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(6):e6020

23 Schornack M, Nau C, Nau A, *et al.* Visual and physiological outcomes of scleral lens wear. *Contact Lens Anterior Eye* 2019;42(1):3-8

24 Yetisen AK, Jiang N, Castaneda Gonzalez CM, *et al.* Scleral lens sensor for ocular electrolyte analysis. *Adv Mater Deerfield Beach Fla* 2020;32(6):e1906762

25 Visser ES, Visser R, van Lier HJJ, *et al.* Modern scleral lenses part I: clinical features. *Eye Contact Lens* 2007;33(1):13-20

26 Levit A, Benwell M, Evans BJW. Randomised controlled trial of corneal vs. scleral rigid gas permeable contact lenses for keratoconus and other ectatic corneal disorders. *Contact Lens Anterior Eye* 2020;43(6):543-552

27 Bergmanson JPG, Walker MK, Johnson LA. Assessing scleral contact lens satisfaction in a keratoconus population. *Optom Vis Sci* 2016;93(8):855-860

28 Salam A, Melia B, Singh AJ. Scleral contact lenses are not optically inferior to corneal lenses. *Br J Ophthalmol* 2005;89(12):1662-1663

29 Dhallu SK, Huarte ST, Bilkhu PS, *et al.* Effect of scleral lens oxygen permeability on corneal physiology. *Optom Vis Sci* 2020;97(9):669-675

30 Compañ V, Oliveira C, Aguilera-Arzo M, *et al.* Oxygen diffusion and edema with modern scleral rigid gas permeable contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55(10):6421

31 Bandlitz S, Bäumer J, Conrad U, *et al.* Scleral topography analysed by optical coherence tomography. *Cont Lens Anterior Eye* 2017;40(4):242-247

32 Tom LM, Jacobs DS. Advances in anterior segment OCT for the design and fit of scleral lenses. *Int Ophthalmol Clin* 2019;59(4):31-40

33 Hall LA, Young G, Wolffsohn JS, *et al.* The influence of corneoscleral topography on soft contact lens fit. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52(9):6801-6806

34 Ritzmann M, Caroline PJ, Börret R, *et al.* An analysis of anterior scleral shape and its role in the design and fitting of scleral contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2018;41(2):205-213

35 Schornack MM, Patel SV. Relationship between corneal topographic indices and scleral lens base curve. *Eye Contact Lens; Sci Clin Pract* 2010;36(6):330-333

36 Macedo-de-Araújo RJ, Amorim-de-Sousa A, Queirós A, *et al.* Relationship of placido corneal topography data with scleral lens fitting parameters. *Cont Lens Anterior Eye* 2019;42(1):20-27

37 Nau A, Shorter ES, Harthan JS, *et al.* Multicenter review of impression-based scleral devices. *Cont Lens Anterior Eye*. 2021;44(5):101380

38 Fadel D. Modern scleral lenses: Mini versus large. *Contact Lens Anterior Eye* 2017;40(4):200-207

39 Vincent SJ, Alonso-Caneiro D, Collins MJ. The temporal dynamics of miniscleral contact lenses: Central corneal clearance and centration. *Cont Lens Anterior Eye* 2018;41(2):162-168

40 Courey C, Michaud L. Variation of clearance considering viscosity of the solution used in the reservoir and following scleral lens wear over time. *Contact Lens Anterior Eye* 2017;40(4):260-266

41 Fadel D. Scleral lens issues and complications related to a non-optimal fitting relationship between the lens and ocular surface. *Eye Contact Lens* 2019;45(3):152-163

42 Zimmerman AB, Marks A. Microbial keratitis secondary to unintended poor compliance with scleral gas-permeable contact lenses. *Eye Contact Lens* 2014;40(1):e1-e4

43 Fernandes M, Sharma S. Polymicrobial and microsporidial keratitis in a patient using Boston scleral contact lens for Sjogren's syndrome and ocular cicatricial pemphigoid. *Cont Lens Anterior Eye* 2013;36(2):95-97