

# Piggyback 人工晶状体植入术临床应用进展

罗文静<sup>1</sup>, 胡淑琼<sup>2</sup>, 巩雪<sup>2</sup>, 龙媛<sup>2</sup>, 王勇<sup>2</sup>, 周和政<sup>2</sup>, 邢怡桥<sup>2</sup>

引用: 罗文静, 胡淑琼, 巩雪, 等. Piggyback 人工晶状体植入术临床应用进展. 国际眼科杂志 2022;22(5):818-821

基金项目: 爱尔眼科医院集团科研基金项目 (No.AF1902D9)  
作者单位: <sup>1</sup>(434023) 中国湖北省荆州市, 长江大学医学部; <sup>2</sup>(430063) 中国湖北省武汉市, 武汉大学附属爱尔眼科医院  
作者简介: 罗文静, 在读硕士研究生, 研究方向: 白内障。  
通讯作者: 胡淑琼, 毕业于武汉大学医学院, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 荆州爱尔眼科医院业务院长, 研究方向: 白内障、眼底疾病. zlpaaa@163.com  
收稿日期: 2021-07-13 修回日期: 2022-03-25

## 摘要

随着现代手术设备、人工晶状体种类的不断进步与发展以及人们对视觉质量要求的不断提高, 白内障手术已经从传统复明手术转化为一种高质量、高需求的屈光性手术。Piggyback 人工晶状体植入术起初是临床医生为了 I 期矫正高度远视或者 II 期矫正白内障术后存在屈光误差, 在患者眼内植入 2 枚或 2 枚以上的后房型人工晶状体, 以达到矫正屈光不正目的的一种新型手术方式。近年来, 随着功能性晶状体的诞生和推广, 该技术被应用于屈光性白内障领域, 扩大了功能性人工晶状体的应用范围, 并且达到了良好的术后效果。本综述讨论了 Piggyback 人工晶状体植入术的发展历程以及目前在临床上的应用情况, 并进一步阐明了该技术未来的发展趋势。

关键词: Piggyback 人工晶状体植入术; 白内障; 屈光白内障手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.5.24

## Clinical application progress of Piggyback intraocular lens implantation

Wen - Jing Luo<sup>1</sup>, Shu - Qiong Hu<sup>2</sup>, Xue Gong<sup>2</sup>, Yuan Long<sup>2</sup>, Yong Wang<sup>2</sup>, He - Zheng Zhou<sup>2</sup>, Yi-Qiao Xing<sup>2</sup>

Foundation item: Research Fund Project of Aier Eye Hospital Group (No.AF1902D9)

<sup>1</sup>Yangtze University Health Science Center, Jingzhou 434023, Hubei Province, China; <sup>2</sup>Aier Eye Hospital of Wuhan University, Wuhan 430063, Hubei Province, China

Correspondence to: Shu-Qiong Hu. Aier Eye Hospital of Wuhan University, Wuhan 430063, Hubei Province, China. zlpaaa@163.com

Received: 2021-07-13 Accepted: 2022-03-25

## Abstract

• With the continuous progress and development of modern surgical equipment, the types of intraocular lens and the continuous improvement of people's requirements for visual quality, cataract surgery has been

transformed from traditional vision restoration surgery into a high-quality and high-demand refractive surgery. Piggyback intraocular lens implantation was originally a new surgical method for clinicians to implant two or more posterior chamber intraocular lenses in patients' eyes to correct hyperopia or secondary correction refractive errors after cataract surgery. With the birth and promotion of functional lenses in recent years, this surgical method has been applied to the field of refractive cataract surgery, which expanded the application of functional intraocular lens and achieved good postoperative effect. This review discusses the development and current clinical application of Piggyback intraocular lens implantation, and further expounds its development trend in the future.

• KEYWORDS: Piggyback intraocular lens implantation; cataract; refractive cataract surgery

Citation: Luo WJ, Hu SQ, Gong X, et al. Clinical application progress of Piggyback intraocular lens implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(5):818-821

## 0 引言

白内障是我国乃至全世界首要致盲眼病, 经过几代眼科人的努力以及现代显微手术的不断进步, 白内障诊疗水平取得了巨大进步。白内障手术方式经历了由囊内摘除到囊外摘除、从非超声乳化手术到超声乳化手术, 手术切口从大到小, 最后到现在的微小切口, 使得白内障手术越来越精确。其中 Piggyback 人工晶状体植入术是一种新型的白内障手术方式, 通过在患者眼内植入 2 枚或 2 枚以上的后房型人工晶状体, 以达到矫正屈光不正的目的, Piggyback 人工晶状体植入术为解决临床上一些复杂的屈光问题提供了新的选择, 本文就该技术近年来在临床应用进展做一综述。

## 1 Piggyback 人工晶状体植入术的发展历程

1993 年, Gayton 等<sup>[1]</sup>报道了 1 例小眼球白内障患者, 该患者双眼需植入 +46.0D 的人工晶状体才能达到正视, 超出了人工晶状体度数范围, 因此, 他们在患者眼内植入 2 枚人工晶状体, 术后达到了良好的效果, 自此开创了 Piggyback 人工晶状体植入术的历史。随后不少眼科学者模仿这种方法为高度远视或高度近视的患者矫正屈光不正。Gomaa 等<sup>[2]</sup>通过长达 10a 的随访证明并肯定 piggyback 技术有效性及安全性。近年来, 随着各种功能性人工晶状体的诞生和推广, Piggyback 技术被应用到屈光性白内障手术领域。Mejía<sup>[3]</sup>于 1999 年首次报道 Piggyback 技术应用于多焦人工晶状体植入的案例。2001 年 Till<sup>[4]</sup>首次报道了将 1 枚正度数散光人工晶状体叠加 1 枚负度数人工晶状体植入后房矫正高度近视合并散光的病例, 术后效果患者满意。Piggyback 技术使得功能性人工晶状体应用领域不断扩展, 给临床医生及患者提供了更多的选择。

## 2 Piggyback 人工晶状体植入术的优势

**2.1 解决了人工晶状体度数的范围问题** 由于技术的限制,制造商无法生产出大于 34D 和小于 -10D 的人工晶状体,但如果采用 Piggyback 技术在患者眼内植入 2 枚人工晶状体,可以克服单枚人工晶状体产生的图像失真。所以 Piggyback 技术可以解决人工晶状体度数的范围问题,并且拥有良好的视觉质量。

**2.2 提供更好的景深** 如果 2 枚人工晶状体的中央区域接触,会在中央形成一个环形暗区,环形区域对光线的反射会使光线受到干涉,从而提供更好的景深。

**2.3 可同时看远看近** 两枚人工晶状体的相互接触形成的环形暗区会改变人工晶状体曲率,降低屈光度,适用于看远,没有曲率改变的周边区域仍保留较高的屈光度,适用于看近。

## 3 Piggyback 人工晶状体植入的适应证

随着白内障手术技术、手术设备以及人工晶状体的不断发展,Piggyback 人工晶状体植入术的适应证不断拓宽,手术效果也不断提高,得到了临床医生以及患者的青睐。目前的文献报道中,Piggyback 人工晶状体植入术主要应用于以下几个方面。

**3.1 小眼球** 小眼球往往伴有眼球发育异常,可伴有高度远视、弱视、闭角型青光眼<sup>[5]</sup>。通过摘除晶状体,不仅可以矫正远视,还可以改善房角、加深前房,预防青光眼的发作和发展<sup>[6]</sup>。随着 Piggyback 技术的推广,在过去的几十年里,小眼球手术治疗效果有了很大的改善。王琼等<sup>[7]</sup>采用 Piggyback 技术治疗 7 例 12 眼小眼球患者,随访 3~48mo,患者基本呈正视状态,并且术后无严重并发症,证明了 Piggyback 技术能够安全有效提高小眼球患者的视力。Mohebbi 等<sup>[8]</sup>认为,Piggyback 技术是矫正小眼球患者高度远视的有效手术方式,并且有助于预防闭角型青光眼的发生和发展。但我们认为,小眼球患者前房相对狭小,悬韧带相对脆弱,眼内是否有足够的空间容纳 2 枚人工晶状体,能否承受 2 枚人工晶状体的重量,有待进一步探讨。

**3.2 人工晶状体屈光误差的矫正** 尽管白内障手术取得了很大的进步,但由于各种原因,术后仍有可能存在屈光误差<sup>[9]</sup>。置换原有的人工晶状体,不仅需要手术医师具有娴熟的技术和丰富的经验,而且会对术眼造成较大损害,导致或加重角膜散光。采用 Piggyback 人工晶状体 II 期植入,其度数的测算只需要考虑患眼目前的屈光状态,能非创伤性地矫正人工晶状体眼的屈光误差。Kamiya 等<sup>[10]</sup>关于 Piggyback 人工晶状体 II 期植入治疗人工晶状体眼屈光误差的多中心研究结果显示了该手术方式具有良好的安全性、有效性、可预测性和稳定性。Venter 等<sup>[11]</sup>通过对 80 例白内障术后残余屈光不正的患者应用 Piggyback 技术矫正屈光不正,达到了良好的效果。Levinger 等<sup>[12]</sup>认为,Piggyback 人工晶状体植入术是治疗白内障术后残余屈光不正安全可行的方法。

**3.3 高度近视** 对于高度近视的白内障患者,尤其是极高度近视患者,通常需要应用低度数甚至负度数的人工晶状体,超出了人工晶状体的度数范围,因此,国内外学者尝试使用 Piggyback 技术,在患者眼内植入 2 枚负度数的人工晶状体,达到了矫正屈光不正的目的。Schempf 等<sup>[13]</sup>报道了 1 例高度近视的患者,如果要达到正视,需要再植入 1 枚 -16D 的人工晶状体,因此手术医生选择 Piggyback 技术在患者眼内植入 2 枚人工晶状体,术后第 1d,患者术眼裸眼视力从 20/200 提高到 20/50。Piggyback 技术的应用,为严重屈光不正的治疗提供了另一种方法。

**3.4 穿透性角膜移植** 穿透性角膜移植 (penetrating keratoplasty, PK) 的患者术后散光的存在直接影响术后效果,并且 PK 术后散光的患者在术后晚期发展为白内障的情况也并不少见,行晶状体摘除联合 Piggyback 技术在患者眼内植入散光人工晶状体,可以达到同时治疗白内障和矫正 PK 术后散光的目的。多项研究表明,采用 Piggyback 技术联合散光人工晶状体植入,可以有效降低散光,提高患者视力<sup>[14-15]</sup>。Matsumoto 等<sup>[16]</sup>认为,Piggyback 技术将是角膜移植手术医生寻求提高手术安全性和可预见性的不可或缺的手术方式。

**3.5 其他** Piggyback 技术也可以应用于先天性白内障患者,Wilson 等<sup>[17]</sup>通过一项长达 15a 的研究发现,Piggyback 技术对于白内障儿童患者的治疗是一种安全有效的方法。但 Hwang 等<sup>[18]</sup>研究表明,与普通 I 期人工晶状体植入相比,应用 Piggyback 人工晶状体植入患者视力较差,再次手术率高,继发青光眼风险高,对先天性白内障儿童的治疗并无益处。对于存在负性光感受异常的患者,可以考虑 II 期植入 Piggyback 人工晶状体,Erie 等<sup>[19]</sup>的研究结果表明,通过 II 期植入 Piggyback 人工晶状体,扩大虹膜和 I 期人工晶状体之间的间隔,使得更多的光线绕过 I 期人工晶状体,从而减少周边视网膜暗区。

## 4 Piggyback 技术在功能性人工晶状体中的应用

随着人工晶状体不断发展,人工晶状体的选择性越来越多,功能性人工晶状体的应用给患者带来了福音。但是由于功能性人工晶状体缺乏较低或较高屈光度的产品,使得许多眼部条件适合植入功能性人工晶状体的患者错失良机。国内外学者采用 Piggyback 技术植入功能性人工晶状体,达到了良好的临床疗效。唐琼燕等<sup>[20]</sup>对超高度近视合并角膜散光但无匹配散光人工晶状体度数的患者,采用 Piggyback 技术在患者眼内植入 1 枚负度数的人工晶状体和 1 枚正度数的散光人工晶状体,患者术后裸眼视力明显提高,散光明显降低。Gupta 等<sup>[21]</sup>报道了 1 例应用 Piggyback 技术成功帮助 1 例高度近视患者脱镜的案例,患者右眼所需的人工晶状体度数为 +3.5D,左眼为 +4.0D,但市面多焦点人工晶状体度数范围为 +6.0~+34.0D,手术医生采用了 Piggyback 技术联合多焦点人工晶状体植入的方法,达到了非常好的术后效果。多项研究结果表明,使用 Piggyback 技术联合多焦点人工晶状体植入是一种安全有效的方法,可以起到与囊内多焦点人工晶状体相似的效果,实现患者看近看远的愿望<sup>[11,22]</sup>。Piggyback 技术扩大了功能性人工晶状体的应用范围,给以往不能植入功能性人工晶状体的患者提供了更多的选择。

## 5 Piggyback 技术人工晶状体计算公式和屈光度及晶状体材料的选择

**5.1 人工晶状体计算公式的选择** 随着屈光性白内障手术的到来以及功能性人工晶状体的临床应用,人工晶状体计算公式的精确性要求也越来越高<sup>[23]</sup>。由于植入的 2 枚人工晶状体改变了前房深度与 A 常数的关系,所以 Piggyback 人工晶状体植入术人工晶状体计算公式的选择较常规复杂。Darcy 等<sup>[24]</sup>通过对 10930 眼的分析表明,Holladay II 公式相较于其他公式,准确性更高。Fink 等<sup>[25]</sup>应用 Holladay II 公式进行 Piggyback 人工晶状体度数的测算,术后裸眼视力明显提高,等效球镜的结果与预测值无明显差别。刘后仓等<sup>[26]</sup>认为,可以运用光路追迹法计算 Piggyback 技术人工晶状体度数。Chang 等<sup>[27]</sup>研究结果显示,光线追踪辅助人工晶状体度数计算准确性更高,并且可为临床选择人工晶状体提供更好的指导,因为

其不仅考虑到了屈光度与眼轴长度(AL)、角膜曲率(K)、前房深度(ACD)、晶状体厚度(LT)和白到白(WTW)等均有关,还考虑到了晶状体度数不同所对应的晶状体光学设计也不同等方面的因素<sup>[28]</sup>。对于高度近视的长眼轴患者,使用目前常用的计算公式都会存在较大的误差,有研究结果显示,对高度近视的长眼轴患者,将眼轴优化后代入SRK/T公式计算,可以较准确地预测人工晶状体度数<sup>[29]</sup>。

**5.2 人工晶状体屈光度的选择** 对于Piggyback人工晶状体I期植入,首先应用标准公式计算出所需要的单片人工晶状体的屈光度,如果2枚人工晶状体都放在囊袋内,应将屈光度均分到2枚人工晶状体上,如果是囊袋-睫状沟形式植入,植入睫状沟内的人工晶状体度数应减0.5D。对于Piggyback人工晶状体II期植入,远视患者第2枚人工晶状体度数为球镜度数的1.5倍,近视患者第2枚人工晶状体度数球镜度数相同<sup>[30]</sup>。Piggyback技术应用于幼儿时,Boisvert等<sup>[31]</sup>发现,当术眼的初始目标屈光度为中度远视,且前房型人工晶状体的屈光度约为所需人工晶状体总屈光度的20%时,术后效果最佳。

**5.3 人工晶状体材料的选择** 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)组织耐受性好,生物相容性良好,折射指数高(1.49),比重低(1.19),透光性好、组织炎性反应低等优点<sup>[32]</sup>,Shugar等<sup>[33]</sup>于2000年提出,PMMA人工晶状体是最为安全的Piggyback人工晶状体。但由于PMMA材质的人工晶状体太硬,不易折叠,手术切口过大导致术源性散光和术后恢复时间延长等缺点,不适合现代小切口白内障手术的开展<sup>[34]</sup>。丙烯酸酯(Acrylic)材质的人工晶状体性质稳定、透明性好、生物相容性良好、柔软可折叠,可通过小切口植入,降低术源性散光,迎合了现代小切口白内障手术的优势而更受手术医生的青睐<sup>[35]</sup>。但相较于PMMA、硅凝胶材质的人工晶状体,Acrylic材质的人工晶状体更易发生人工晶状体间的混浊<sup>[36-37]</sup>。而PMMA人工晶状体发生的混浊可以手术处理,双联丙烯酸酯人工晶状体之间的混浊只能取出混浊的人工晶状体<sup>[38]</sup>。有学者认为,对小眼球患者应用Piggyback技术时应使用折叠丙烯酸人工晶状体缩小切口,以减少脉络膜渗漏和脉络膜脱离甚至暴发性脉络膜出血等严重并发症的发生<sup>[30]</sup>。对于Piggyback技术人工晶状体材料的选择,没有确切的标准,需要手术医生根据具体情况评估后做出选择。

## 6 手术技巧

**6.1 手术方式** 高度近视的患者由于眼轴增长,眼球后极受到牵拉,易并发视网膜脱离、脉络膜视网膜萎缩、近视性牵拉性黄斑病变(myopic traction maculopathy, MTM)、近视性黄斑劈裂(myopic macular retinoschisis, MRS)、黄斑裂孔等<sup>[39]</sup>。小眼球患者由于眼球发育异常,眼轴明显缩短,常常伴有高度远视、浅前房,易发生闭角型青光眼、葡萄膜渗漏综合征等严重并发症,并且术中及术后易发生出血、脉络膜脱离、视网膜脱离、恶性青光眼以及葡萄膜渗漏等并发症<sup>[40]</sup>,这两类患者手术难度以及风险极高。但随着人们对白内障的认识提高以及超声乳化技术的不断发展,尤其是飞秒激光成功应用于白内障摘除手术,通过辅助连续环形撕囊、劈核、制作透明角膜切口等关键步骤,大大提高了白内障手术的安全性和有效性<sup>[41]</sup>。飞秒激光联合Piggyback技术,给这类患者带来了福音,可以明显降低这一类患者手术并发症的发生率。

**6.2 人工晶状体放置的位置** 两枚人工晶状体的放置位

置有两种类型,第一种为2枚人工晶状体都放在囊袋内(囊袋/囊袋型),另一种为1枚人工晶状体放在囊袋内,另1枚放在睫状沟内(囊袋/睫状沟型)。Elhofi等<sup>[42]</sup>比较了两种人工晶状体放置位置在小眼球患者中的屈光效果,结果显示囊袋/睫状沟型的放置方法在小眼球中的术后效果更佳,且人工晶状体间出现混浊的几率相较于囊袋/囊袋型更低。但有学者认为,在睫状沟放置人工晶状体可能会导致人工晶状体偏心、虹膜擦伤等并发症<sup>[43]</sup>。如果植入散光人工晶状体,唐琼燕等<sup>[20]</sup>建议将2枚人工晶状体均放入囊袋内,因为囊袋/囊袋型放置方法最接近人眼生理结构,囊袋的限制可以降低2枚人工晶状体旋转移位的几率,而且接触的紧密人工晶状体不会产生附加的衍射而影响散光人工晶状体发挥矫正散光的作用。

**6.3 人工晶状体襻位置的调整** 大部分术者喜欢将2枚人工晶状体的襻调至平行位或垂直位使囊袋上有同样的张力。我们认为,人工晶状体的襻调成何种角度应视情况而定,如果将2枚人工晶状体襻放在不同轴线上,人工晶状体的襻不会长期如此,只有当人工晶状体的襻位于相同轴线的位置时,人工晶状体的位置才能稳定。

## 7 并发症

Piggyback技术术中或术后可能出现脉络膜渗漏和脉络膜脱离甚至暴发性脉络膜出血等严重并发症,但是,最常见的并发症是增生艾立氏小体,随着艾立氏小体的增多,会出现人工晶状体间的混浊、远视漂移等症状<sup>[44]</sup>。减少此类并发症的方法:(1)采用囊袋/睫状沟型的植入方法;(2)手术过程中可使用前囊膜抛光器进行抛光,并反复进行水分离,尽可能充分地清除晶状体上皮细胞;(3)尽可能做大直径连续环形撕囊,防止残留的晶状体上皮细胞从囊膜向人工晶状体迁移。Park等<sup>[45]</sup>报道,可以通过YAG激光去除人工晶状体间的混浊,并纠正造成的远视漂移。但Day等<sup>[46]</sup>认为,YAG激光对后囊膜和玻璃体前界膜的破坏可能会使靠后的人工晶状体后移加剧而加重患者远视漂移。而且有学者报道,并不是所有的人工晶状体间的混浊可以通过YAG激光清除,像膜样混浊附着紧密可能需要二次手术取出混浊的人工晶状体<sup>[47]</sup>。

## 8 展望

Piggyback技术目前认为是安全有效的,解决了许多以往单片人工晶状体植入所不能解决的问题,更随着屈光性白内障手术的到来以及功能性人工晶状体的不断发展,Piggyback技术更是展现了其独特的优势,扩大了复杂情况下功能性人工晶状体植入的应用范围。但由于人工晶状体材料不断优化以及技术的不断进步,制造商能够生产出目标屈光度的产品而不需要应用Piggyback技术即可达到矫正屈光不正的目的,并且由于Piggyback技术在人工晶状体计算方面准确预测以及术后并发症的局限性,所以Piggyback技术未来的发展还有待探讨。

### 参考文献

- Gayton JL, Sanders VN. Implanting two posterior chamber intraocular lenses in a case of microphthalmos. *J Cataract Refract Surg* 1993;19(6):776-777
- Gomaa A, Lee RMH, Liu CSC. Polypseudophakia for cataract surgery: 10-year follow-up on safety and stability of two poly-methyl-methacrylate (PMMA) intraocular lenses within the capsular bag. *Eye (Lond)* 2011;25(8):1090-1093
- Mejía LF. Piggyback posterior chamber multifocal intraocular lenses in anisometropia. *J Cataract Refract Surg* 1999;25(12):1682-1684
- Till JS. Piggyback silicone intraocular lenses of opposite power. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(1):165-168

- 5 Liu JJ, Chen YY, Zhang X, *et al.* Clinical features of posterior microphthalmic and nanophthalmic eyes. *Int J Ophthalmol* 2018; 11(11):1829-1834
- 6 Zheng TY, Chen ZH, Xu J, *et al.* Outcomes and Prognostic Factors of Cataract Surgery in Adult Extreme Microphthalmos With Axial Length 18 mm or Corneal Diameter 8 mm. *Am J Ophthalmol* 2017;184:84-96
- 7 王琼, 邢怡桥, 贺涛. 真性小眼球白内障患者的手术疗效观察. *临床眼科杂志* 2011;19(3):263-265
- 8 Mohebbi M, Fallah-Tafti MR, Fadakar K, *et al.* Refractive lens exchange and piggyback intraocular lens implantation in nanophthalmos: visual and structural outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(9):1190-1196
- 9 Lundström M, Dickman M, Henry Y, *et al.* Risk factors for refractive error after cataract surgery: analysis of 282 811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for cataract and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(4):447-452
- 10 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, *et al.* Piggyback implantable collamer lens implantation for the correction of residual refractive errors after cataract surgery: a multicenter study. *Acta Ophthalmol* 2019; 97(6):e946-e947
- 11 Venter JA, Oberholster A, Schallhorn SC, *et al.* Piggyback intraocular lens implantation to correct pseudophakic refractive error after segmental multifocal intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 2014; 30(4):234-239
- 12 Levinger E, Mimouni M, Finkelman Y, *et al.* Outcomes of refractive error correction in pseudophakic patients using a sulcus piggyback intraocular lens. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(2):422-426
- 13 Schempf T, Jung HC. Off-label use of phakic intraocular lens with a "piggyback" technique. *Case Rep Ophthalmol* 2018;9(3):465-472
- 14 Srinivasan S, Ting DSJ, Lyall DAM. Implantation of a customized toric intraocular lens for correction of post-keratoplasty astigmatism. *Eye (Lond)* 2013;27(4):531-537
- 15 Porter AJ, Lee GA, Whitehead K. Infectious crystalline keratopathy after Descemet's stripping endothelial keratoplasty. *BMJ Case Rep* 2017[Published online]
- 16 Matsumoto Y, Dogru M, Shimazaki J, *et al.* Novel corneal piggyback technique for consecutive intraocular lens implantation and penetrating keratoplasty surgery. *Cornea* 2015;34(6):713-716
- 17 Wilson ME, Trivedi RH. Safety of piggyback intraocular lenses (polypseudophakia) in children: long-term outcomes of a 15-year, single-surgeon study. *J Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2020;24(4):230.e1-230.e4
- 18 Hwang S, Lim DH, Lee S, *et al.* Temporary piggyback intraocular lens implantation versus single intraocular lens implantation in congenital cataracts: long-term clinical outcomes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018; 59(5):1822-1827
- 19 Erie JC, Simpson MJ, Bandhauer MH. Effect of a sulcus-fixed piggyback intraocular lens on negative Dysphotopsia: ray-tracing analysis. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(4):443-450
- 20 唐琼燕, 彭满强, 林丁. Piggyback 技术在超高度近视合并白内障手术的应用. *国际眼科杂志* 2014;14(9):1599-1601
- 21 Gupta I, Oakey Z, Stagg BC, *et al.* Minus piggyback lens overlaying ReSTOR<sup>®</sup> multifocal lens in high myopia. *Case Rep Ophthalmol* 2013; 4(2):57-60
- 22 Cassagne M, Porterie M, Gauthier L, *et al.* Primary sulcus implantation of a diffractive multifocal pseudophakic piggyback intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(3):266-273
- 23 张玉婷, 赵春梅, 刘湘云, 等. 人工晶状体度数计算公式的研究现状. *国际眼科杂志* 2021;21(3):462-466
- 24 Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, *et al.* Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10 930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46(1):2-7
- 25 Fink AM, Gore C, Rosen ES. Refractive lensectomy for hyperopia. *Ophthalmology* 2000;107(8):1540-1548
- 26 刘后仓, 高富军. 小眼球高度远视眼透明晶状体摘除联合后房型 Piggyback 人工晶状体植入. *眼视光学杂志* 2001;3(3):177-179
- 27 Chang PJ, Zhang F, Wang JJ, *et al.* Accuracy of constant C for ray tracing: assisted intraocular lens power calculation in normal ocular axial eyes. *Ophthalmic Res* 2021;64(1):85-90
- 28 Chen C, Xu X, Miao YY, *et al.* Accuracy of intraocular lens power formulas involving 148 eyes with long axial lengths: a retrospective chart-review study. *J Ophthalmol* 2015;2015:976847
- 29 Wang L, Shirayama M, Ma XJ, *et al.* Optimizing intraocular lens power calculations in eyes with axial lengths above 25.0 mm. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2018-2027
- 30 程玉瑛, 崔增敏. Piggyback 人工晶状体植入术. *中国实用眼科杂志* 2001;11:808-809
- 31 Boisvert C, Beverly DT, McClatchey SK. Theoretical strategy for choosing piggyback intraocular lens Powers in young children. *J Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2009;13(6):555-557
- 32 Özyol P, Özyol E, Karel F. Biocompatibility of intraocular lenses. *Turk J Ophthalmol* 2017;47(4):221-225
- 33 Shugar JK, Keeler S. Interpseudophakos intraocular lens surface opacification as a late complication of piggyback acrylic posterior chamber lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(3):448-455
- 34 杨丽, 兰长骏, 廖莹. 新型老视矫正型人工晶状体的研究进展与临床应用. *国际眼科杂志* 2020;20(7):1167-1170
- 35 Chassain C, Chamard C. Posterior capsule opacification, glistenings and visual outcomes: 3 years after implantation of a new hydrophobic IOL. *J Fr Ophthalmol* 2018;41(6):513-520
- 36 Dick HB, Schultz T, Lesieur G, *et al.* Evaluation of clinical outcomes following implantation of a sub-2-mm hydrophilic acrylic MICS intraocular lens. *Int Ophthalmol* 2019;39(5):1043-1054
- 37 Wang GQ, Dang YL, Huang Q, *et al.* *In vitro* evaluation of the effects of intraocular lens material on lens epithelial cell proliferation, migration, and transformation. *Curr Eye Res* 2017;42(1):72-78
- 38 尹小磊, 叶秀荣, 赵红地, 等. 先天性小眼球白内障手术晶状体的选择. *国际眼科杂志* 2011;11(4):640-641
- 39 张宇. 高度近视眼球后壁形态分类及其与近视相关并发症关系研究进展. *中华实验眼科杂志* 2020;38(11):997-1000
- 40 Agarkar S, Koladiya N, Kumar M, *et al.* Nanophthalmos in children: morphometric and clinical characterization. *J AAPOS* 2020; 24(1):27.e1-5
- 41 Stanojic N, Roberts HW, Wagh VK, *et al.* A randomised controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: 12-month results. *Br J Ophthalmol* 2021;105(5):631-638
- 42 Elhofi A, Helaly HA, Said A. Comparison between refractive outcome of primary piggyback intraocular lens versus secondary lens/Iris claw lens in posterior microphthalmos. *J Ophthalmol* 2019;2019:1356982
- 43 Sorenson R, Scott IU, Tucker SH, *et al.* Practice patterns of cataract surgeons at academic medical centers for the management of inadequate capsule support for intracapsular or sulcus intraocular lens placement during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(2):239-245
- 44 Moustafa B, Häberle H, Wirbelauer C, *et al.* Refractive long-term results after piggyback intraocular lens implantation. *Ophthalmologie* 2007;104(9):790-794
- 45 Park S, Ressiniotis T, Wood C. Intraocular lens pupillary capture after neodymium: YAG laser treatment of interlenticular opacification of posterior chamber piggyback intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(6):1056-1058
- 46 Day AC, MacLaren RE, Bunce C, *et al.* Outcomes of phacoemulsification and intraocular lens implantation in microphthalmos and nanophthalmos. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(1):87-96
- 47 Hua X, Yuan XY, Song H, *et al.* Long-term results of clear lens extraction combined with piggyback intraocular lens implantation to correct high hyperopia. *Int J Ophthalmol* 2013;6(5):650-655