



Boston-Keratoprothese

Erste Erfahrungen bei 13 Hochrisikoaugen aus der Kölner Universitätsaugenklinik

Die chirurgische Behandlung von Hornhauterkrankungen hat in den letzten Jahrzehnten wesentliche Fortschritte gemacht, z. B. durch den selektiven Ersatz der erkrankten Hornhautschichten in Normalrisikoaugen [3, 7, 8]. Es existiert allerdings trotz fortlaufender Weiterentwicklung eine kleine Gruppe von Hochrisikoaugen, bei der eine Hornhauttransplantation eine Herausforderung mit schlechter Prognose bleibt. Als Ultima Ratio steht hier die Versorgung mit Keratoprothesen zur Verfügung [1, 18]. Die Boston-Keratoprothese (B-KPro) ist die künstliche Hornhaut mit der größten Erfahrung weltweit [15, 18, 21, 27].

Hintergrund und Fragestellung

In der chirurgischen Behandlung von Hornhauterkrankungen zeigte sich in den letzten Jahrzehnten ein stetiger Optimierungsprozess. Der Fortschritt geht vom vollständigen, alle Hornhautschichten durchgreifenden Ersatz (perforierende Keratoplastik) zum selektiven Ersatz der jeweils erkrankten Hornhautschicht über [„deep anterior lamellar keratoplasty“ (DALK) bei Erkrankungen des Stromas, „Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty“ (DSAEK) oder „Descemet's membrane endothelial keratoplasty“ (DMEK) bei Erkrankungen des Hornhautendothels; [3, 7, 9]]. Diese Techniken sind bei ca. 90 % aller Patienten möglich, deren Erkrankung eine Hornhauttransplantation erfordert [23].

Bei einer sehr kleinen, heterogenen, aber keinesfalls irrelevanten Gruppe von Augen ist eine Hornhauttransplantation mit sehr hohem Risiko, meist vielen Komplikationen und schlechter Prognose behaftet. Hierbei handelt es sich um sog. „Hochrisikoaugen“. Diesen gemeinsam ist oftmals das Vorliegen von oberflächlichen und/oder tiefen Hornhauttrübungen und -vaskularisationen mit Verlust der normalen Hornhautoberfläche (Konjunktivalisierung). Als häufigste Ursachen sind zu nennen: Steven-Johnson-Syndrom, Zustand nach Verätzung, Verbrennung oder Bulbustraua, chronische atopische Keratitis, Hornhauttrübungen bei Uveitis, kongenitalem Glaukom oder auch Zustand nach mehrfacher Hornhautchirurgie und Transplantatversagen oder -abstoßungen [15, 16, 18]. Für dieses Patientenkollektiv steht seit einigen Jahren die Möglichkeit der Versorgung mit verschiedenen Keratoprothesen, wie z. B. der Osteo-Odonto-Keratoprothese (OOKP) oder der Boston-Keratoprothese (B-KPro) zur Verfügung [1, 3–5]. Die am häufigsten eingesetzte Form der Keratoprothese weltweit ist die B-KPro Typ 1 und 2 (BI-KPro und BII-KPro). Diese setzen sich im Wesentlichen zusammen aus einer Spenderhornhaut als physiologisches Trägermaterial der Prothese, einem optischen, pilzförmigen Stift aus Kunststoff [Polyethylmethacrylat (PMMA)], einer fenestrierten Rückplatte mit in der Regel 8 oder 16 Perforationen. Zur Fixierung dient ein C-Ring aus Titan (Abb. 1). Die BII-KPro ist für eine Implantation durch das Lid vorgesehen, erfordert eine permanente Tarsorrhaphie und bleibt somit Patienten mit schwersten Endstadien von austrocknenden Augenerkrankungen vorbehalten

[11, 18, 23]. Der große Vorteil der B-KPro besteht darin, dass der optische Zylinder aus Kunststoff klar bleibt, auch wenn sich die Trägerhornhaut postoperativ eintrübt. Somit bietet sie als weiteren großen Vorteil, dass keine standardmäßige Anwendung von Immunsuppressiva erforderlich ist [14, 16, 19]. In schwer trockenen Augen, bleibt die logistisch komplexere OOKP die Therapie der Wahl.

Auch im Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln, Köln, Deutschland, werden Patienten seit September 2013 mit der BI-KPro versorgt. Diese Arbeit fasst die Ergebnisse der ersten 13 behandelten Augen zusammen.

Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Einschlusskriterien und Rahmenbedingungen

Eingeschlossen wurden alle Augen, die im Zeitraum zwischen September 2013 und Mai 2015 am Zentrum für Augenheilkunde, Universität zu Köln, Köln, Deutschland, mit einer BI-KPro versorgt wurden. Es wurden keine Patienten ausgeschlossen.

Eine Zustimmung des lokalen Ethikkomitees war nicht erforderlich, da es sich um eine retrospektive Betrachtung handelt. Die operative Intervention war nicht für Studienzwecke bestimmt. Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen wurden im Einklang mit nationalem Recht sowie der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Die Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht wurde durch

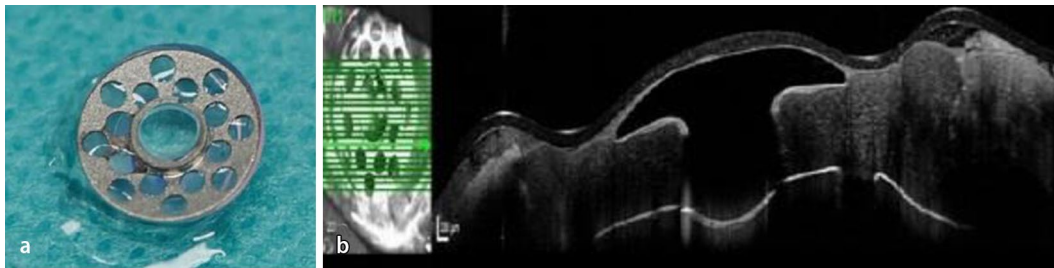


Abb. 1 ▲ **a** Bestandteile der Boston-Keratoprothese und **b** Vorderabschnitts-OCT nach erfolgreicher Implantation einer Boston-Keratoprothese Typ 1 (BI-KPro). Dargestellt ist die BI-KPro mit dem optischen Zylinder aus Polyethylmethacrylat, der gelöcherten Rückplatte aus Titan und dem Hornhauttransplantat (rückseitige Ansicht). Als mechanischer Schutz ist nach Implantation eine Verbandslinse aufgesetzt. (Aus [23])

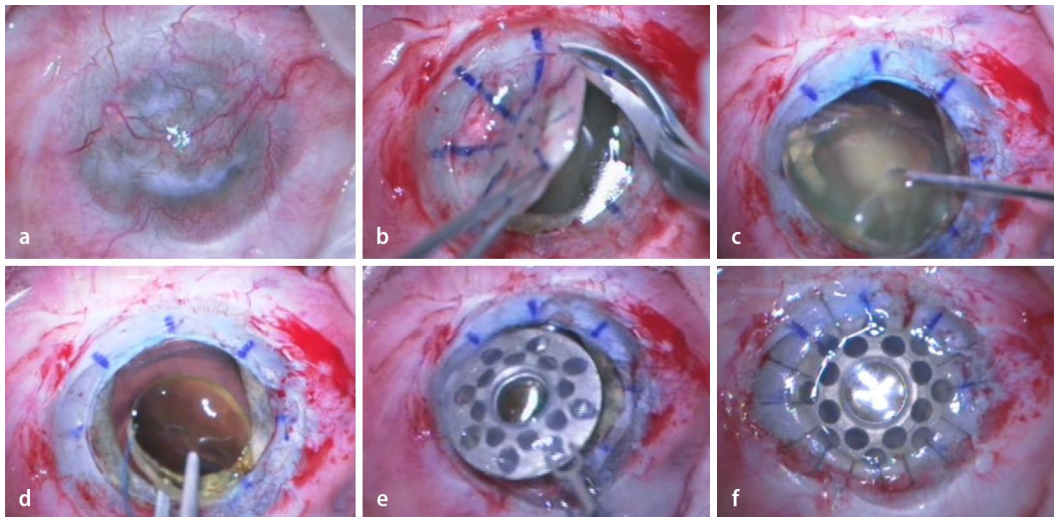


Abb. 2 ◀ Intraoperative Aufnahmen einer Boston-Keratoprothese-Typ-1-Implantation in Kombination mit einer Open-sky-Kataraktextraktion und Hinterkammerlinsen (HKL)-Implantation. **a** Erseheinungsbild vor Operation, **b** Präparation des Empfängerbettes, **c** Kataraktextraktion, **d** HKL-Implantation, **e** Positionierung der Prothese, **f** direkt postoperatives Erscheinungsbild

Pseudonymisierung der Patientendaten gewährleistet.

Implantation der B-KPro

Die Operation wurde an allen 13 Augen unter stationären Bedingungen in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Verwendet wurde die BI-KPro mit 8,5 mm 16-Loch-Rückplatte aus Titan (Abb. 1 und 2).

In allen Augen erfolgte die Implantation der B-KPro durch einen erfahrenen Operateur (CC) in gleicher Technik. Zuerst wurde die Spenderhornhaut trepaniert ($\geq 8,5$ mm), dann erfolgte das Ausstanzen einer 3 mm großen runden, zentralen Öffnung, durch die der Optikstift geschoben wurde. Zur Befestigung wurde die Rückplatte aufgesetzt und mit dem Titanring versiegelt. Daraufhin konnte die Empfängerhornhaut trepaniert und die Keratoprothese mit Einzelknopfnähten eingenäht werden (Abb. 2). Die Assemblierung wurde

bei 3 Augen mittels intraoperativem OCT (iOCT; OptoMedical Technologies, Lübeck, Deutschland, bzw. Rescan 700, Carl Zeiss Meditec, Deutschland) kontrolliert (Abb. 3). Je nach vorliegenden okulären Pathologien wurde die Versorgung mit der B-KPro mit weiteren Eingriffen kombiniert: Symblepharolyse ($n=3$), lamelläre Keratektomie ($n=2$), Gefäßkauterisation ($n=2$), Vorderkammer-/Kammerwinkelrekonstruktion ($n=2$), Iridektomie ($n=2$), in phaken Augen Open-sky-Kataraktextraktion und Hinterkammerlinsen (HKL)-Implantation ($n=2$), Explantation eines Irisdiaphragmas ($n=3$), anteriore Vitrektomie ($n=2$), Zyklophotoakulation ($n=1$), Amnionmembrandeckung ($n=3$), Tarsorrhaphie ($n=4$). In allen Fällen konnte die Operation ohne unerwarteten intraoperativen Zwischenfall durchgeführt werden, auf alle Augen wurde direkt postoperativ eine therapeutische Verbandslinse aufgesetzt. Die anschließende postoperative Ver-

sorgung erfolgte nach Empfehlungen der Entwickler der B-KPro inklusive Dauertherapie mit weicher Verbandslinse [18, 20, 27].

Patientenuntersuchung und Nachbeobachtung

Die Untersuchung der Empfänger einer B-KPro beinhaltete eine umfangreiche Voruntersuchung spätestens am Tag vor der Operation, eine Reevaluation am ersten postoperativen Tag, eine Kontrollvisite nach 2 Wochen und nach 1, 3, 6, 9 und 12 Monaten. Anschließend erfolgten halbjährliche Routinekontrollen. Bei jeder Visite erfolgte die Bestimmung des bestkorrigierten Visus („best-spectacle-corrected visual acuity“, BSCVA) mit subjektiver Refraktion, des Augendruckes (postoperativ nur palpatorisch möglich), die Spaltlampenuntersuchung mit Seidel-Probe und Funduskopie. Mindestens bei der ersten und der letzten Vorstellung wurde der Hornhautbefund fotografiert

F. Schaub · D. Hos · F. Bucher · S. Siebelmann · B.O. Bachmann · C. Cursiefen

Boston-Keratoprothese. Erste Erfahrungen bei 13 Hochrisikoaugen aus der Kölner Universitätsaugenklinik

Zusammenfassung

Hintergrund. Die Boston-Keratoprothese (B-KPro) ist eine Therapieoption für Patienten mit schwersten kornealen Erkrankungen und schlechter Prognose mit einer konventionellen perforierenden Keratoplastik. Diese Operationstechnik wird seit 2013 am Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln angewandt. Geschildert werden die Ergebnisse der ersten 13 Augen.

Methoden. Eingeschlossen wurden alle Empfänger einer Boston-Keratoprothese Typ I (BI-KPro), die im Zeitraum zwischen September 2013 und Mai 2015 versorgt wurden. Untersucht wurden die Durchführbarkeit der Operation, die klinischen Ergebnisse, Komplikationen und ggf. erforderliche Revisionseingriffe. Die Darstellbarkeit der Wundheilung mittels SL (Spaltlampen)-OCT

(optische Kohärenztomographie) wurde analysiert.

Ergebnisse. Das Alter der BI-KPro-Empfänger betrug 26 bis 92 Jahre ($57,3 \pm 20,9$ Jahre). Bei allen 13 Augen (bei 12 Patienten; 6 Männer, 6 Frauen) lag eine tiefe Hornhauttrübung mit Vaskularisation und z. T. Konjunktivalisierung vor, die präoperative Sehschärfe war auf Wahrnehmung von Lichtschein bis maximal 1/35 Lesetafel reduziert. Alle 13 Augen konnten ohne intraoperative Komplikationen mit einer BI-KPro versorgt werden. Bei 6 Augen zeigten sich keine revisionsbedürftigen postoperativen Komplikationen, bei 7 Augen waren unterschiedliche Revisionseingriffe erforderlich, 1 Keratoprothese konnte nicht erhalten werden. Die postoperative Sehschärfe be-

trug Lichtscheinwahrnehmung bis 0,6; bei 85 % der Augen kam es zu einer signifikanten Visusbesserung. Die SL-OCT half reproduzierbar beim Erkennen von Stromaeinschmelzungen nach B-KPro.

Schlussfolgerung. Die B-KPro stellt eine zuverlässige Behandlungsalternative bei Hochrisikoaugen dar. Trotz höherer Komplikationsrate ist diese Technik als wesentlicher Fortschritt in der operativen Versorgung komplexer Hornhautpathologien anzusehen. Intensive postoperative Kontrollen sind nötig, um Langzeiterfolge zu erzielen.

Schlüsselwörter

Hornhauterkrankung · Komplikationen · Spaltlampen-OCT · Keratoplastik · Künstliche Hornhaut

Boston-keratoprosthesis. Preliminary experiences in 13 high-risk eyes from the Department of Ophthalmology of the University of Cologne

Abstract

Background. Corneal transplantation in high-risk eyes remains a challenge. The Boston keratoprosthesis (B-KPro) is a final option for patients with end-stage corneal disease and a poor prognosis with conventional penetrating keratoplasty. In this article the results of the first 13 eyes that received a B-KPro type I at the Department of Ophthalmology, University of Cologne, Germany are reported and the usefulness of postoperative slit-lamp optical coherence tomography (SL-OCT) for control purposes is evaluated.

Material and methods. All recipients of a B-KPro type I between September 2013 and May 2015 were included in the study. The feasibility of the operation, clinical outcomes, complications and revision surgery were investigated. The visualization of wound healing by SL-OCT was analyzed.

Results. The age of the patients ranged from 26 to 92 years (mean 57.3 ± 20.9 years). In all 13 eyes from 12 patients (6 males and 6 females) dense corneal opacification with vascularization and sometimes also conjunctivalization was present. Preoperative visual acuity was reduced and ranged from mere light perception up to a maximum of 1/35 eye chart. All 13 eyes could be supplied with a B-KPro type I without any intraoperative complications, in 6 eyes no significant postoperative complications occurred, whereas in 7 eyes various additional surgical interventions were required and 1 B-KPro could not be preserved. Postoperative visual acuity ranged from light perception to 20/32 and was significantly improved in 85 % of the treated eyes. The use of SL-OCT reproduc-

ibly allowed the postoperative assessment of stromal thinning.

Conclusion. The B-KPro provides the possibility of visual rehabilitation in high-risk eyes that could never be achieved without artificial cornea replacement. Despite higher complication rates this technique represents a significant progress in the surgical treatment of complex corneal pathologies. Regular and intensive postoperative controls are necessary to achieve good long-term results.

Keywords

Corneal diseases · Complications · Keratoplasty · Artificial cornea · Split lamp optical coherence tomography

(**Abb. 4**); wenn möglich, wurde der Befund auch mittels SL (Spaltlampen)-OCT (optische Kohärenztomographie; Heidelberg Engineering SL-OCT mit Haag-Streit BD 900, Stuttgart, Deutschland; **Abb. 5**) dokumentiert.

Im SL-OCT jeder Visite wurde zur Analyse der stromalen Wundheilung im zentralen Scan jeweils nasal und temporal neben dem optischen Stift die Hornhaut-

dicke der Spenderhornhaut bestimmt. Diese Position wurde bei horizontaler Schnittführung des Moduls zur besseren Reproduzierbarkeit der Messergebnisse gewählt. Dies erfolgte manuell nach Inspektion durch den Untersucher mithilfe der integrierten Funktion zur Distanzmessung des Heidelberger Eye Explorers (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Deutschland) (**Abb. 5**).

Die ermittelten Dickenwerte (nasal und temporal des optischen Stifts) wurden für jede Visite dokumentiert. Veränderungen (insbesondere Dickenabnahme) konnten somit detektiert werden. Zusätzlich wurde die jeweils dünnste Stelle vermessen und im Verlauf beobachtet (**Abb. 5**).

Intra- und postoperative Komplikationen sowie erforderliche Folgeeingriffe wurden dokumentiert.

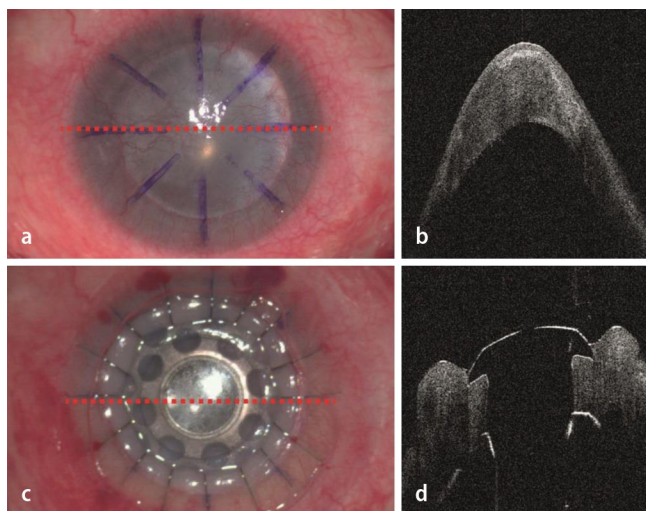


Abb. 3 ◀ Intraoperatives OCT (iOCT) bei Boston-Keratoprothese. **a** Hornhautbefund vor Boston-Keratoprothese-Typ-1 (BK-Pro)-Implantation, die rote Markierung zeigt die Ebene der in **b** dargestellten iOCT-Aufnahme. **c** Hornhautbefund nach erfolgreicher BK-Pro-Implantation, **d** entsprechende iOCT-Kontrolle

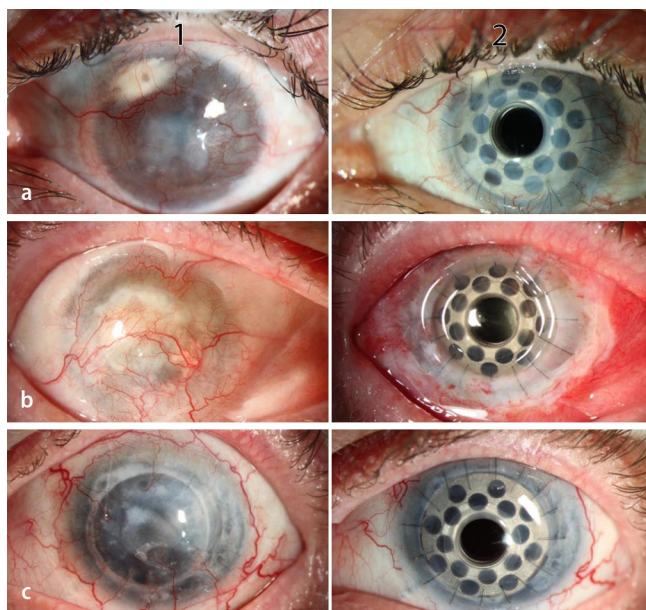


Abb. 4 ◀ Typische Spaltlampenbefunde prä- (1) und postoperativ (2) in ausgewählten Fällen nach Boston-Keratoprothese Typ 1. **a** Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung, **b** okuläres Schleimhautpemphigoid, **c** Transplantatversagen nach perforierender Keratoplastik nach mykotischer Durchwanderungsendophthalmitis

Auswertung

Die deskriptive, statistische Auswertung erfolgte mittels Excel (Version 2000 für Windows).

Ergebnisse

Patientenkollektiv

Es wurden 13 Augen von 12 Patienten (6 Frauen, 6 Männer) zwischen September 2013 und Mai 2015 mit einer BK-Pro versorgt. Das Durchschnittsalter $\pm$ SD der Betroffenen lag bei $57,3 \pm 20,9$ Jahren (26 bis 92 Jahre, Median 55). Bei allen Patienten lag eine tiefe Hornhauttrübung mit Vaskularisation und Konjunktivalisierung vor. Darüber hinaus lagen folgende

Pathologien vor: Transplantatversagen nach perforierender Keratoplastik ($n=5$), okuläres Pemphigoid ($n=1$), vaskularisierte Hornhautnarben ($n=9$), Steven-Johnson-Syndrom ($n=1$), Limbusstammzellinsuffizienz ($n=4$), neurotrophe Keratopathie ($n=2$) und Zustand nach Verätzung ($n=3$).

Bei 2 Augen handelte es sich das Ultimatsauge (Visus des Partnerauges $\leq$ Wahrnehmung von Lichtschein, **Tab. 1**). Eine Glaukomanamnese lag bei 7 Augen vor [Sekundärglaukom nach Trauma, Uveitis oder multiplen Voroperationen ($n=5$), primäres Offenwinkelglaukom ($n=1$), kongenitales Glaukom ($n=1$)]. Fünf Patienten wurden vor der Versorgung mit der BK-Pro lokal mit Antiglaukomatosa therapiert.

An allen Augen waren bereits mehrere ophthalmochirurgische Eingriffe durchgeführt worden [u. a. mindestens 1-malig perforierende Hornhauttransplantation ($n=9$), Limbusstammzelltransplantationen ($n=4$), Amniondeckung ($n=8$), Glaukomoperation ($n=5$), vitreoretinale Chirurgie ($n=2$)]. Der Linsenstatus variierte präoperativ zwischen Pseudophakie ($n=7$), Phakie ($n=4$) und Aphakie ($n=2$). Der beste präoperative Visus lag in einem Fall bei 1/35 Metervisus ($n=1$), Fingerzählen war in einem weiteren Fall möglich ($n=1$), alle weiteren Augen hatten lediglich Wahrnehmung von Handbewegung ($n=8$) oder Lichtscheinwahrnehmung ($n=3$) (**Tab. 1**).

Ergebnisse und postoperative Komplikationen

Bei 11 Augen (84,6%) konnte mit der BK-Pro ein Visusanstieg erzielt werden. Der bestkorrigierte Visus (Dezimal) $\pm$ SD lag im Mittel bei $0,18 \pm 0,2$ (Schwankungen reichten von Wahrnehmung von Lichtschein bis 0,6). Der größte Visusanstieg war von 1/35 Metervisus auf 0,6. Der Augendruck war bei 12 von 13 Augen durchgehend gut reguliert (palpatorisch gemessen 10–25 mmHg), in 3 Fällen unter lokaler drucksenkender Therapie, nur 1 Auge entwickelte im Verlauf eine Bulbushypotonie bei PVR (proliferative Vitreoretinopathie)-Amotio, die bei ausbleibender Visusprognose nicht saniert wurde.

Bei 6 Augen (46,2%) zeigten sich im postoperativen Verlauf keine relevanten Komplikationen. Bei 7 Augen (53,8%) hingegen wurden Revisionseingriffe erforderlich [u. a. antibakterielles Cross-linking bei ulzerierender Keratitis ($n=2$), Fadennachlegung und Sklerarevision bei Haptiklockerung oder Transplantatdehiszenzen ($n=2$), Mini-PK (perforierende Keratoplastik) bei gedeckter Perforation aufgrund eines Hornhautulkus ($n=1$), Amnionmembrandeckung bei großer Erosio ($n=1$)]. Korneale Einschmelzungen aufgrund infektiöser Ulzerationen zeigten sich in 2 Augen ($n=2$), eine BK-Pro ($n=1$; 7,7%) konnte nicht erhalten werden bei ulzerierender Keratitis mit Transplantat-

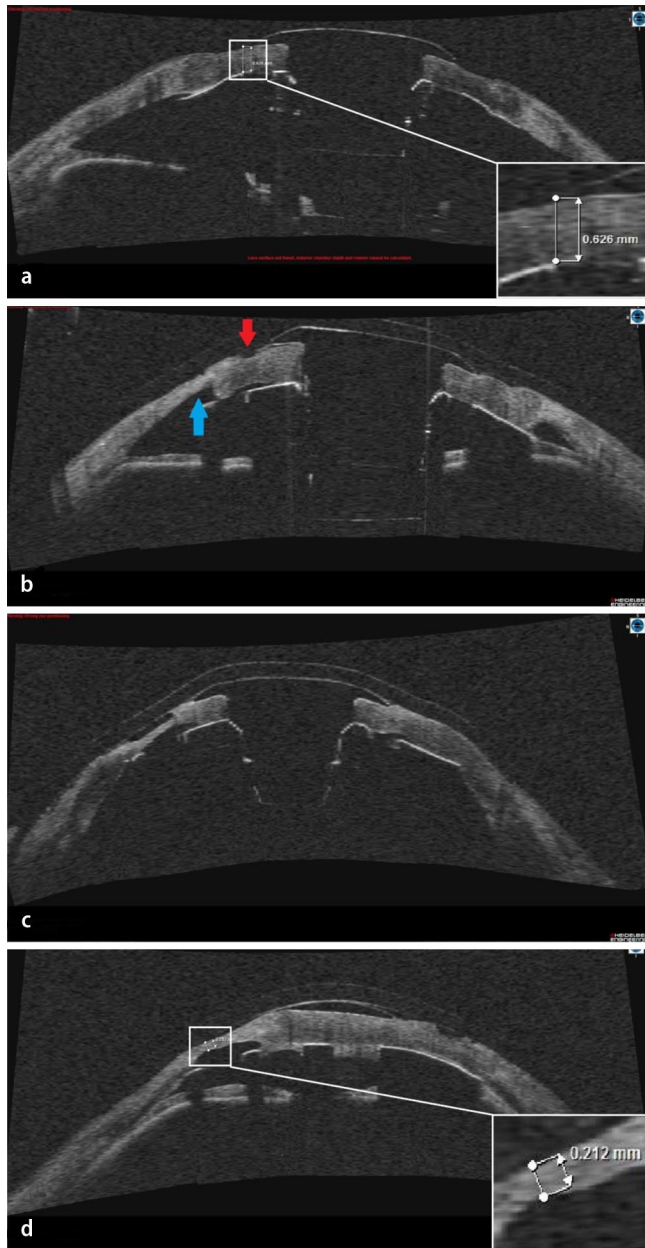


Abb. 5 ◀ Spaltlampen-OCTs (SL-OCT) nach Boston-Keratoprothese ohne und mit kornealer Verdünnung. **a** Vermessung der Hornhautdicke am Rand des optischen Zylinders. **b** Korneale Verdünnungen (roter Pfeil) und innere Stufe (blauer Pfeil) können in der SL-OCT frühzeitig detektiert werden. **c** Beginnende korneale Einschmelzung bei ulzerierender Keratitis. **d** Korneale Verdünnungen können vermessen und im Verlauf beurteilt werden

nekrose, sodass die Explantation der BI-KPro mit reperforierender Keratoplastik erforderlich wurde. Als weitere Komplikationen waren zu verzeichnen: retroprothetische Membranbildung ($n=7$), zystoides Makulaödem ($n=3$), PVR-Amotio ($n=1$), Vitritis ($n=1$) (► Tab. 2).

Analyse der stromalen Wundheilung mittels SL-OCT

Die stromale Wundheilung wurde mittels SL-OCT dokumentiert und analysiert (► Abb. 5). Für die Auswertung lagen 44 SL-OCTs von 13 Augen vor. Nasal des

optischen Zylinders zeigte sich im Verlauf eine Verdünnung der Spenderhornhaut um 11,7 % ($\pm 11,6$ %), temporal um 6,2 % ($\pm 13,6$ %) während der individuellen Nachbeobachtungszeit. Bei 6 Augen (46,2 %) lag die dünnste Stelle außerhalb des zentralen Scans. Hierbei zeigte sich keine bevorzugte Lokalisation. Bei 2 Augen kam es zu einer Verdünnung bis auf 184 μm . Die einschmelzenden Prozesse konnten besonders gut und sehr früh in der SL-OCT detektiert werden, noch bevor diese makroskopisch in der Spaltlampenuntersuchung auffällig wurden. Somit war eine frühzeitige Intervention (korneales Crosslinking und

Amniondeckung [2]) erfolgreich möglich.

Diskussion

Die B-KPro stellt eine vielversprechende Alternative bei Patienten dar, die eine schlechte Voraussetzung für eine Keratoplastik haben. Dieser „künstliche“ Hornhautersatz in Hochrisikoäugen kann schwerwiegende korneale Erkrankungen erfolgreich behandeln. Die B-KPro hat darüber hinaus den Vorteil, dass sie auch in komplexen anatomischen und okulären Pathologien mit hoher Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit anwendbar ist [11, 15, 18, 26].

Eine Hornhauttransplantation trägt ein lebenslanges Risiko der Transplantatabstoßung und des -versagens. Trotz der stetigen Optimierung der Transplantationstechniken hat sich das Transplantatüberleben bei Autoimmunerkrankungen, Verätzungen und Patienten mit schwerstem trockenem Auge nur unwesentlich in der Prognose verbessert. Somit gewinnt der Einsatz an Keratoprothesen wie der B-KPro fortlaufend an Bedeutung [5, 18, 21, 23].

Eine ausreichende Benetzung der okulären Oberfläche und die Fähigkeit, dauerhaft weiche Kontaktlinsen tragen zu können, sind Mindestanforderungen für den Einsatz einer BI-KPro [5, 18]. Weiterhin sollten betroffene Patienten die möglichen Komplikationen kennen, weitere Operationen und die Notwendigkeit häufiger ophthalmologischer Kontrollen akzeptieren und in der Lage sein, regelmäßige Follow-ups einzuhalten [5].

Sinnvoll ist der Einsatz von bildgebenden Verfahren des vorderen Augenabschnitts intraoperativ mittels iOCT zur besseren Darstellung des Prothesensitzes bei reduziertem Einblick in die Vorderkammer [24] und Vorderabschnitts-OCT-Aufnahmen postoperativ in der Nachsorge, um korneale Verdünnungen/Einschmelzungen detektieren zu können [25, 30]. Verfahren, die auf dem Scheimpflug-Prinzip basieren (z. B. Pentacam) sind wegen Artefakten in diesen alterierten und z. T. trüben Hornhäuten nicht sinnvoll. Die Ultraschallbiomikroskopie ist aufgrund des technisch höheren Aufwandes, der schwierigeren Standardisierung, des

Tab. 1 Übersicht aller Patienten

Indikationen zur BI-KPro	Alter und Geschlecht		Linsenstatus vor B-KPro-Implantation	Beste Visus präoperativ (Visus des Partnerauges)	Beste Visus postoperativ
1. Transplantatversagen nach PK à chaud bei mykotischer Durchwanderungsendophthalmitis	30	w	Aphak	HBW (0,6)	0,15
2. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	65	m	Phak	HBW (1,0)	0,2
3. Okuläres Pemphigoid	74	w	Phak	HBW (LSW)	0,5
4. Neurotrophe Keratopathie bei Steven-Johnson-Syndrom	81	w	Pseudophak	LSW (HBW)	HBW
5. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	26	m	Phak	LSW (1,25)	0,1
6. Transplantatversagen nach PK bei Endotheldekompensation aufgrund multipler Glaukom- und vitreoretinaler Chirurgie, Zustand nach Immunreaktion	49	m	Aphak	LSW (FZ)	HBW
7. Neurotrophe Keratopathie bei Steven-Johnson-Syndrom	81	w	Pseudophak	HBW (FZ)	0,4
8. Hornhautnarben nach rezidivierender Herpeskeratitis und Transplantatversagen nach PK	92	w	Pseudophak	HBW (HBW)	HBW
9. Hornhautnarben nach rezidivierender Herpeskeratitis und Transplantatversagen nach PK, Buphthalmus	51	w	Pseudophak	FZ (0,3)	LSW mit Projektion
10. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	58	m	Pseudophak	HBW (1,0)	0,2
11. Transplantatversagen nach Limbokeratoplastik	77	w	Pseudophak	HBW (nulla lux)	1/20 MV
12. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	37	m	Phak	1/35 MV (FZ)	0,6
13. Limbusstammzellinsuffizienz, Aniridie bei PAX-6-Genmutation	48	m	Pseudophak	HBW (HBW)	0,05

Zusammengefasst werden die zugrunde liegenden Diagnosen, die zur Indikationsstellung zur B-KPro führten, das Alter und Geschlecht der Betroffenen, Linsenstatus präoperativ sowie der beste prä- und postoperative Visus (dezimal).

BI-KPro Boston-Keratoprothese Typ 1, **B-KPro** Boston-Keratoprothese, **PK** perforierende Keratoplastik, **LSW** Wahrnehmung von Lichtschein, **HBW** Wahrnehmung von Handbewegung, **FZ** Wahrnehmung von Fingerzählen, **MV** Metervisus.

erforderlichen Kontakts zur Augenoberfläche mit der Notwendigkeit der lokalen Applikation von anästhetischen Augentropfen, der möglicherweise auftretenden Artefaktüberlagerung im Bereich des Keratoprothesen-Hornhaut-Interfaces und nicht zuletzt aufgrund des niedrigeren Patientenkomforts hierbei nicht primär anzuwenden. Eingesetzt werden kann hier sehr gut die Vorderabschnitts-OCT-Untersuchung (z. B. SL-OCT oder Spectralis-OCT), insbesondere zur Beurteilung des Keratoprothesen-Hornhaut-Interfaces und der epithelialen Interaktionen am Rand der Keratoprothese. Korneale Einschmelzungen sind meist mit infektiösen Keratitiden oder Ulzerationen assoziiert und sollten frühzeitig erkannt werden

[6, 12, 13, 18, 28]. Prophylaktisch kann hier ggf. die transplantatstabilisierende Crosslinking-Behandlung sein [14]. Wichtig bei der Implementierung bildgebender Verfahren des vorderen Augenabschnittes nach B-KPro ist zur besseren Beurteilbarkeit und Interpretation der Aufzeichnungen die standardisierte Durchführung der jeweiligen Technik. Es empfiehlt sich, während der postoperativen Kontrollen bei einem Auge gleichbleibende Untersuchungsmodalitäten anzuwenden.

Die klinischen Ergebnisse nach B-KPro im Hinblick auf die Visusrehabilitation zeigen große Schwankungsbreiten. In verschiedenen Studien werden Visusanstiege nach erfolgreicher Versorgung mit B-KPro in 11–85 % verzeichnet [22,

29, 31]. In unserem Patientenkollektiv zeigte sich ein Visusgewinn bei 85 % der Augen. Sicherlich ist hier die Heterogenität der Gruppe der B-KPro-Empfänger für die große Schwankungsbreite verantwortlich. Unbestritten ist jedoch die Tatsache, dass durch diese innovative Technik Betroffene mit schweren kornealen Erkrankungen in vielen Fällen vor einer Erblindung bewahrt werden können [5, 17, 19]. Voraussetzung ist hier natürlich eine intakte Funktion der Netzhaut und der Sehbahn.

Zu den häufigen Komplikationen nach B-KPro, die einen Revisionseingriff erfordern, zählen ulzerierende Keratitiden, Keratolysen, Faden- und Haptiklockerungen, Skleritiden, Sekundärglaukom, Ausbildung von

Tab. 2 Übersicht zu Komplikationen, die Revisionseingriffe erforderlich machten

Indikationen zur BI-KPro	Nachbeobachtungszeitraum (Monate)	Anzahl an Revisionseingriffen und Intervall bis zur Revision		Grund zur Revision	Art der Revision
1. Transplantatversagen nach PK à chaud bei mykotischer Durchwanderungsendophthalmitis	24	0	–	–	–
2. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	24	0	–	–	–
3. Okuläres Pemphigoid	17	1	4 Monate	Retroprothetische Membran	YAG-KT
4. Neurotrophe Keratopathie bei Steven-Johnson-Syndrom	17	2	8 Monate	Ulzerierende Keratitis, Transplantatnekrose	1. Antibakterielles Crosslinking 2. BI-KPro-Explantation, Re-PK
5. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	17	4	6 Wochen bis 5 Monate	Ulzerierende Keratitis, gedeckte Perforation	1. Mini-PK à chaud und Amniondeckung 2. Antibakterielles Crosslinking 3. und 4. Amniondeckungen
6. Transplantatversagen nach PK bei Endotheldekompensation aufgrund multipler Glaukom- und vitreoretinaler Chirurgie, Zustand nach Immunreaktion	12	1	5 Monate	Glaskörperblutung bei CNV	PPV
7. Neurotrophe Keratopathie bei Steven-Johnson-Syndrom	9	0	–	–	–
8. Hornhautnarben nach rezidivierender Herpeskeratitis und Transplantatversagen nach PK	9	0	–	–	–
9. Hornhautnarben nach rezidivierender Herpeskeratitis und Transplantatversagen nach PK, Buphthalmus	8	1	4,5 Monate	Ulzerierende Keratitis	Antibakterielles Crosslinking
10. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	4	0	–	–	–
11. Transplantatversagen nach Limbokeratoplastik	4	1	1 Monat	Transplantatdehiszenz	Fadennachlegung, Sklerarevision
12. Limbusstammzellinsuffizienz nach Verätzung	4	2	2 Wochen und 2,5 Monate	Fadenlockerung, zirkuläre Erosio	1. Fadennachlegung 2. Amniondeckung
13. Limbusstammzellinsuffizienz, Aniridie bei PAX-6-Genmutation	3	0	–	–	–

Aufgelistet sind alle dokumentierten Komplikationen, die einen Revisionseingriff erforderten.

BI-KPro Boston-Keratoprothese Typ 1, *PK* perforierende Keratoplastik, *YAG-KT* Kapsulotomie mit dem Neodym-dotierten Yttrium-Aluminium-Granat-Laser, *CNV* choroidale Neovaskularisation, *PPV* Pars-plana-Vitrektomie.

retroprothetischen Membranen und auch Komplikationen im hinteren Augenabschnitt (u. a. die Entwicklung einer Vitritis, Endophthalmitis, Amotio, choroidale Blutungen, choroidale Effusionen und Bulbushypotonie). Die meisten Komplikationen treten in den ersten 2 Jahren postoperativ auf, insbesondere in den ersten 2 Monaten [6, 18, 19]. Als häufigste Komplikation ist in der Literatur die retroprothetische Membranbildung zu finden (1–66%), gefolgt von der Glaukomentwicklung bzw. Progression (2–64%) [4, 17, 18, 21, 29]. Komplikationen im hinteren Augen-

abschnitt sind deutlich seltener zu verzeichnen als solche im vorderen Augenabschnitt. Die Endophthalmitisrate liegt beispielsweise bei 0–12,5% [10, 18, 22]. In unserem Patientenkollektiv kam es in 53,8% zu Komplikationen, die mindestens eine erneute chirurgische Intervention zur Folge hatten. Lediglich in 7,7% (n=1) konnte die B-KPro nicht erhalten werden. Diese Daten entsprechen den bisher publizierten Erfahrungen [1, 6, 10, 15, 16, 18].

Die Rate der postoperativen Komplikationen ist sicherlich nicht als gering einzuschätzen. Betrachtet man hier

jedoch den zu erwartenden Nutzen, kann trotz der Notwendigkeit der intensiven Nachbetreuung mit ggf. Folgeeingriffen mit einem Zugewinn an Lebensqualität für die Betroffenen gerechnet werden, gerade bei Patienten, bei denen eine beidseitige starke Visuseinschränkung besteht.

Schlussfolgerung

Die B-KPro stellt eine vielversprechende Alternative zur Visusrehabilitation bei Patienten dar, die eine schlechte Voraussetzung für eine Keratoplastik haben. Unsere ersten Erfahrungen mit der B-

KPro zeigen, dass diese in Hochrisikoaugen effektiv eingesetzt werden kann und meistens zu einer signifikanten Visusbesserung führt. Langzeitnachbeobachtungen in unserer Klinik stehen jedoch noch aus. SL-OCT-Aufnahmen helfen bei der Frühdiagnose von Stroma-Verdünnungen postoperativ.

Fazit für die Praxis

- Die B-KPro ist eine Alternative zur Behandlung kornealer Erblindung in schwerst erkrankten Hochrisikoaugen.
- Am Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln konnten bisher 13 Augen mit einer BI-KPro versorgt werden.
- Bei einem Großteil der operierten Augen (85 %) führte die Versorgung mittels B-KPro zu einem signifikanten Visuanstieg.
- Die regelmäßige postoperative SL-OCT-Kontrolle hilft bei der Detektion klinisch schwer erkennbarer Stroma-Verdünnungen.
- Aufgrund der nicht zu vernachlässigenden Komplikationsrate nach B-KPro ist eine intensive Nachbeobachtung – ggf. mit Folgeeingriffen – notwendig.

Korrespondenzadresse



Dr. F. Schaub

Zentrum für Augenheilkunde,
Universität zu Köln,
Universitätsklinikum Köln
Kerpener Straße 62
50924 Köln
friederike.schaub@uk-koeln.de

Finanzielle Unterstützung. EU COST BM1302 „Joining Forces in Corneal Regeneration“ an D. Hos und C. Cursiefen (www.biocornea.eu); DFG FOR 2240 „(Lymph)Angiogenesis And Cellular Immunity In Inflammatory Diseases Of The Eye“ an D. Hos, F. Bucher, S. Siebelmann und C. Cursiefen (www.for2240.de).

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Schaub, D. Hos, F. Bucher, S. Siebelmann, B.O. Bachmann und C. Cursiefen geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen wurden im Einklang mit nationalem Recht sowie der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Es handelt sich um eine retrospektive Auswertung klinischer Daten der Routinediagnostik. Eine Genehmigung des Studienprotokolls durch das lokale Ethikkomitee war nicht erforderlich. Die Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht wurde durch Pseudonymisierung der Patientendaten gewährleistet.

Literatur

1. Al Arfaj K (2015) Boston keratoprosthesis – clinical outcomes with wider geographic use and expanding indications – a systematic review. Saudi. J Ophthalmol 29:212–221
2. Ammermann C, Cursiefen C, Hermann M (2014) [Corneal cross-linking in microbial keratitis to prevent a chond keratoplasty: a retrospective case series]. Klin Monbl Augenheilkd 231:619–625
3. Anshu A, Price MO, Tan DT, Price FW Jr (2012) Endothelial keratoplasty: a revolution in evolution. Surv Ophthalmol 57:236–252
4. Aquavella JV, Qian Y, McCormick GJ, Palakuru JR (2006) Keratoprosthesis: current techniques. Cornea 25:656–662
5. Avadhanam VS, Smith HE, Liu C (2015) Keratoprosthesis for corneal blindness: a review of contemporary devices. Clin Ophthalmol 9:697–720
6. Ciolino JB, Belin MW, Todani A, Al Arfaj K, Rudnisky CJ (2013) Retention of the Boston keratoprosthesis type 1: multicenter study results. Ophthalmology 120:1195–1200
7. Cursiefen C, Kruse FE (2010) [DMEK: descemet membrane endothelial keratoplasty]. Ophthalmologie 107:370–376
8. Cursiefen C, Steven P, Roters S, Heindl LM (2013) [Prevention and management of complications in Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) and Descemet stripping automated endothelial keratoplasty (DSAEK)]. Ophthalmologie 110:614–621
9. Dapena I, Ham L, Melles GR (2009) Endothelial keratoplasty: DSEK/DSAEK or DMEK – the thinner the better? Curr Opin Ophthalmol 20:299–307
10. Goldman DR, Hubschman JP, Aldave AJ, Chiang A, Huang JS, Bourges JL, Schwartz SD (2013) Post-operative posterior segment complications in eyes treated with the Boston type I keratoprosthesis. Retina 33:532–541
11. Hager JL, Phillips DL, Goins KM, Kitzmann AS, Greiner MA, Cohen AW, Welder JD, Wagoner MD (2015) Boston type 1 keratoprosthesis for failed keratoplasty. Int Ophthalmol. [Epub ahead of print]
12. Hou JH, Sivaraman KR, de la CJ, Lin AY, Cortina MS (2014) Histopathological and immunohistochemical analysis of melt-associated retroprosthetic membranes in the Boston type 1 keratoprosthesis. JAMA Ophthalmol 132:1133–1136
13. Kammerdiener LL, Speiser JL, Aquavella JV, Harissi-Dagher M, Dohlman CH, Chodosh J, Ciolino JB (2015) Protective effect of soft contact lenses after Boston keratoprosthesis. Br J Ophthalmol. doi:10.1136/bjophthalmol-2014-306396
14. Kanellopoulos AJ, Asimellis G (2014) Long-term safety and efficacy of high-fluence collagen crosslinking of the vehicle cornea in Boston keratoprosthesis type 1. Cornea 33:914–918
15. Koller B, Neuhann T, Neuhann I (2012) [Results with the Boston keratoprosthesis]. Ophthalmologie 109:454–461
16. Kosker M, Suri K, Rapuano CJ, Ayres BD, Nagra PK, Raber IM, Hammersmith KM (2015) Long-term results of the boston keratoprosthesis for unilateral corneal disease. Cornea 34:1057–1062
17. Kwitko S (2012) [Boston type I keratoprosthesis: review]. Arq Bras Oftalmol 75:447
18. Lee WB, Shtein RM, Kaufman SC, Deng SX, Rosenblatt MI (2015) Boston Keratoprosthesis: outcomes and Complications: a report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology 122:1504–1511
19. Mori Y, Nejima R, Minami K, Miyata K, Kamiya K, Fukuda M (2013) [Long-term outcomes of Boston keratoprosthesis]. Nihon Ganka Gakkai Zasshi 117:35–43
20. Nau AC, Drexler S, Dhalwal DK, Mah F, Raju L, Deschler E (2014) Contact lens fitting and long-term management for the Boston keratoprosthesis. Eye Contact Lens 40:185–189
21. Neuhann T, Koller B, Neuhann I (2015) Die Boston-Keratoprothese: eine Übersicht auf der Basis eigener Erfahrungen. Spektrum Augenheilkd 29:3745
22. Robert MC, Harissi-Dagher M (2011) Boston type 1 keratoprosthesis: the CHUM experience. Can J Ophthalmol 46:164–168
23. Schrage N, Hille K, Cursiefen C (2014) [Current treatment options with artificial corneas: boston Kpro, Osteo-odontokeratoprosthesis, Miro Cornea(R) and KeraKlear(R)]. Ophthalmologie 111:1010–1018
24. Siebelmann S, Steven P, Cursiefen C (2015) Intra-operative optical coherence tomography: ocular surgery on a higher level or just nice pictures? JAMA Ophthalmol 133:1133–1134
25. Sivaraman KR, Hou JH, Allemann N, de la CJ, Cortina MS (2013) Retroprosthetic membrane and risk of sterile keratolysis in patients with type I Boston Keratoprosthesis. Am J Ophthalmol 155:814–822
26. Srikumar D, Munoz B, Aldave AJ, Aquavella JV, Hannush SB, Schultze R, Belin M, Akpek EK (2014) Long-term outcomes of boston type 1 keratoprosthesis implantation: a retrospective multicenter cohort. Ophthalmology 121:2159–2164
27. Thomas M, Shorter E, Joslin CE, McMahon TJ, Cortina MS (2015) Contact lens use in patients with Boston Keratoprosthesis type 1: fitting, management, and complications. Eye Contact Lens 41:334–340
28. Utine CA, Tzu JH, Akpek EK (2011) Clinical features and prognosis of Boston type I keratoprosthesis-associated corneal melt. Ocul Immunol Inflamm 19:413–418
29. Yaghouti F, Nouri M, Abad JC, Power WJ, Doane MG, Dohlman CH (2001) Keratoprosthesis: preoperative prognostic categories. Cornea 20:19–23
30. Zarei-Ghanavati S, Betancourt C, Mas AM, Wang J, Perez VL (2015) Ultra high resolution optical coherence tomography in Boston type I keratoprosthesis. J Ophthalmic Vis Res 10:26–32
31. Zerbe BL, Belin MW, Ciolino JB (2006) Results from the multicenter Boston Type 1 Keratoprosthesis Study. Ophthalmology 113:1779–1777