

www.augenklinik-saarland.de

DOC Master Class Kurs

Perforierende und lamelläre Keratoplastik - Indikation, Operation & Nachsorge

Berthold Seitz¹ & Gerd Geerling²

¹ Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes (UKS), Homburg/Saar
² Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

Director: Prof. Dr. Berthold Seitz M., FEBO

Perforierende und lamelläre Keratoplastik - Indikation, Operation & Nachsorge

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

Gliederung

- In Abhängigkeit von der Tiefen-Lokalisation der „Trübung“ in der Hornhaut und der ggf. bestehenden Krümmungsanomalie wird unter Berücksichtigung des Alters des Patienten und der Refraktion am kontralateralen Auge (Stichwort: Anisometropie) entschieden, ob ein **hinterer** (in Deutschland am 98,7% als **DMEK**, ausnahmsweise als DSAEK) oder **vorderer** (in Deutschland sinnvollerweise nur als **DALK**) **lamellärer Hornhautersatz** möglich ist, oder ob besser a priori die gesamte zentrale Hornhaut im Sinne einer **perforierenden Keratoplastik (PKP)** ausgetauscht wird.
- In gleicher Weise erfolgt – besonders bei der Fuchs-Dystrophie – die Abwägung, ob eine **gleichzeitig bestehende Katarakt simultan oder sequentiell** und in welcher Reihenfolge operiert werden soll.
- **Vor DMEK und DALK** empfiehlt sich eine **präoperative YAG-Iridotomie bei 6 Uhr** zur Prophylaxe eines Gas/Luft-Blocks mit unkontrolliertem IOD-Anstieg. Bei der **PKP ist eine simultane open-sky Iridotomie bei 12 Uhr** zur Prophylaxe eines Urrets-Zavalia-Syndroms geboten.

Perforierende und lamelläre Keratoplastik - Indikation, Operation & Nachsorge

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

Elektive Excimer-PKP bei herpetischen Narben

Präop Visus 0,1 - letztes Rezidiv vor 1 Jahr - 3 Augenkliniken raten von der Keratoplastik ab

5 Wochen postop Visus 0,5 ...

30-jährige Patientin

www.augenklinik-saarland.de

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

DOC Master Class Kurs

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Berthold Seitz, Elias Flockert², Shady Sulfo, Loïc Hamon, Tim Berger, Yaser Abu Dalil, Loay Daas

Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes (UKS), Homburg/Saar

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

Director: Prof. Dr. Berthold Seitz M., FEBO

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

Gliederung

- **Prä**operative OP-Planung und Auswahl von Spendergewebe
- **Prophylaxe/Management intra**operativer Komplikationen
- **Prophylaxe/Management früh** postoperativer Komplikationen
- **Prophylaxe/Management von Spät**komplikationen

... **Nachsorge** ...
 ... **Nachsorge** ...
 ... **Nachsorge** ...

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

UKS
 Universitätsklinikum
 des Saarlandes
 Klinik für Augenheilkunde

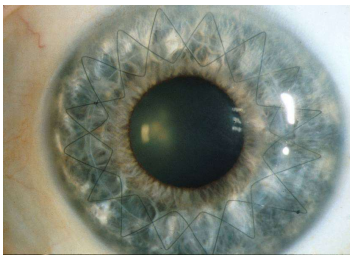
Katastrophen nach Keratoplastik

immunologisch

optisch

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Kornea-Transplantation



- Älteste
- Häufigste
- Erfolgreichste

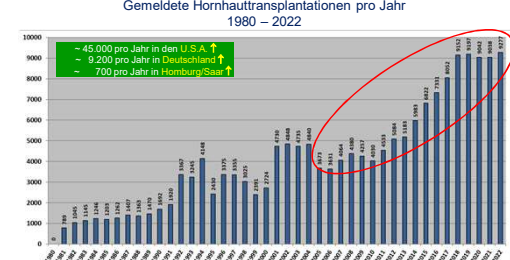
Transplantation beim Menschen

Seitz B, Langenbucher A, Nümann GGH: Die perforierende Keratoplastik - Eine 100-jährige Erfolgsgeschichte. *Ophthalmologie* 2005; 102: 1128-1139

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Deutsches Keratoplastik-Register

Gemeldete Hornhauttransplantationen pro Jahr 1980 - 2022




- 45.000 pro Jahr in den U.S.A. ↑
 - 9.200 pro Jahr in Deutschland ↑
 - 700 pro Jahr in Homburg/Saar ↑

Flockert E, Maier P, Böhringer D, Reinshagen H, Kruse F, Cursiefen C, Reinhard T, Geiering G, Tann N, Seitz B: Trends in corneal transplantation from 2007 to 2016 in Germany - A report of the Section DGS-DGK and its Keratoplasty Registry. *Am J Ophthalmol* 2018; 188: 614-618

Flockert E, Turner C, Seitz B, Collaborators GSG, GeierR Study Group: Descemet's membrane endothelial keratoplasty is the predominant keratoplasty procedure in Germany since 2016: a report of the DGS-section cornea and its keratoplasty registry. *Br J Ophthalmol* 2024; 108: 646-650

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Patienten-Warteliste in Deutschland 2012-2022



Ø Wartezeit bei:
 PKP: 8 Wochen
 DMEK: 9 Wochen
 DALK: 4 Wochen

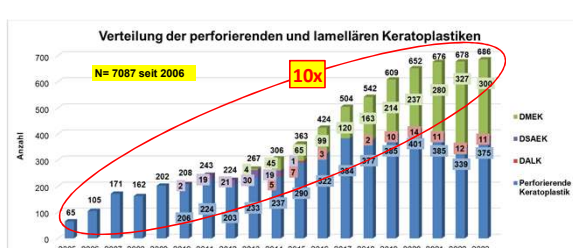
Flockert E, Maier P, Böhringer D, Reinshagen H, Kruse F, Cursiefen C, Reinhard T, Geiering G, Tann N, Seitz B: Trends in corneal transplantation from 2007 to 2016 in Germany - A report of the Section DGS-DGK and its Keratoplasty Registry. *Am J Ophthalmol* 2018; 188: 614-618

Flockert E, Turner C, Seitz B, Collaborators GSG, GeierR Study Group: Descemet's membrane endothelial keratoplasty is the predominant keratoplasty procedure in Germany since 2016: a report of the DGS-section cornea and its keratoplasty registry. *Br J Ophthalmol* 2024; 108: 646-650

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Universitäts-Augenklinik des Saarlandes UKS

Verteilung der perforierenden und lamellären Keratoplastiken



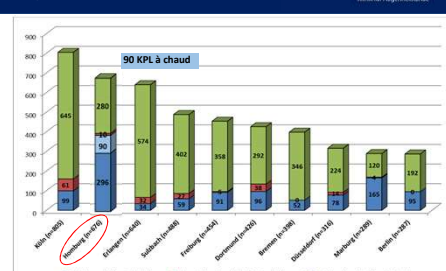
N = 7087 seit 2006

10x

Flockert E, Turner C, Seitz B, Collaborators GSG, GeierR Study Group: Descemet's membrane endothelial keratoplasty is the predominant keratoplasty procedure in Germany since 2016: a report of the DGS-section cornea and its keratoplasty registry. *Br J Ophthalmol* 2024; 108: 646-650

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

TOP 10 Keratoplastik-Zentren in Deutschland in 2021



90 KPL à chaud

Flockert E, Maier P, Böhringer D, Reinshagen H, Kruse F, Cursiefen C, Reinhard T, Geiering G, Tann N, Seitz B: Trends in corneal transplantation from 2007 to 2016 in Germany - A report of the Section DGS-DGK and its Keratoplasty Registry. *Am J Ophthalmol* 2018; 188: 614-618

Flockert E, Turner C, Seitz B, Collaborators GSG, GeierR Study Group: Descemet's membrane endothelial keratoplasty is the predominant keratoplasty procedure in Germany since 2016: a report of the DGS-section cornea and its keratoplasty registry. *Br J Ophthalmol* 2024; 108: 646-650

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Zwei Homburger Postulate

1. Die Nachsorge **bei** Keratoplastik beginnt bereits **VOR** und **WÄHREND** der Keratoplastik.
2. Die **Technik** der Keratoplastik reicht bei weitem über den Austausch zweier Kollagenscheiben hinaus.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

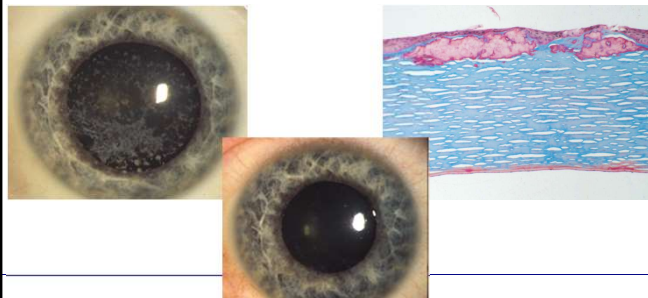
Gliederung

Präoperative Komplikations-Prophylaxe



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Granuläre Dystrophie vor/nach Excimerlaser PTK



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Ziel der PTK: Vermeidung der Keratoplastik



Salzmannsche noduläre Degeneration vor/nach PTK

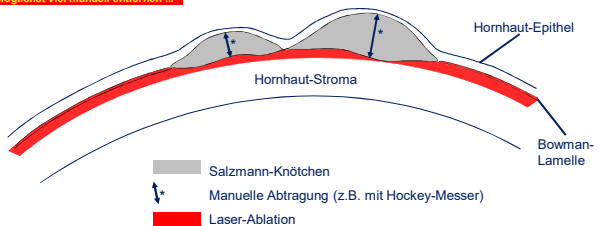
Das S. Längenbucher A, Pogorelec P, Link B, Seitz B: Long-term outcome of excimer laser phototherapeutic keratectomy for treatment of Salzmann's nodular degeneration. J Cataract Refract Surg 2005; 31: 1396-1399.

Das S, Link B, Seitz B: Salzmann's nodular degeneration of the cornea: A review and case series. Cornea 2005; 24: 770-777.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

PTK für Salzmannsche noduläre Degeneration

„Möglichst viel manuell entfernen ...“



Hornhaut-Epithel
Hornhaut-Stroma
Bowman-Lamelle

Salzmann-Knötchen
Manuelle Abtragung (z.B. mit Hockey-Messer)
Laser-Abtragung

Link B/Welser S

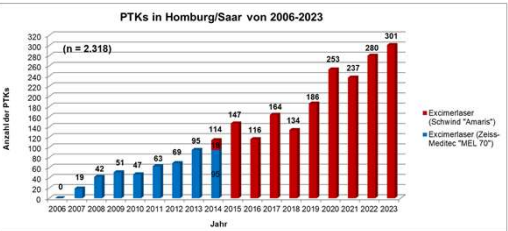
Das S, Längenbucher A, Pogorelec P, Link B, Seitz B: Long-term outcome of excimer laser phototherapeutic keratectomy for treatment of Salzmann's nodular degeneration. J Cataract Refract Surg 2005; 31: 1396-1399.

Das S, Link B, Seitz B: Salzmann's nodular degeneration of the cornea: A review and case series. Cornea 2005; 24: 770-777.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

PTKs in Homburg/Saar

PTKs in Homburg/Saar von 2006-2023



Jahr	Excimerlaser (Schwind 'Amaris')	Excimerlaser (Zeiss-Meditec 'MEL 70')
2006	19	0
2007	42	0
2008	51	0
2009	47	0
2010	63	0
2011	89	0
2012	95	0
2013	114	0
2014	147	0
2015	118	0
2016	194	0
2017	134	0
2018	186	0
2019	253	0
2020	237	0
2021	280	0
2022	301	0
2023	361	0

Mahler S, Adams C, Dax L, Längenbucher A, Seitz B: Phototherapeutische Keratokoile bei Salzmann'scher nodulärer Degeneration. Welche Auswirkung hat die Wahl des Excimerlasers auf den Erfolg der Behandlung? Klin Monats Augenheilkd 2023; 240: 1262-1268.

Adams C, Mahler S, Dax L, Längenbucher A, Seitz B: Phototherapeutische Keratokoile bei Epithel-Basalzellkrebs-Degeneration - Einfluss verschiedener Excimerlaser-Systeme auf die Entwicklung von Visus, Refraktion und Astigmatismus. Ophthalmologe 2022; 119: 945-951.


PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Systemische Grunderkrankungen

- Neurodermitis
- Rosazea
- Primär chronische Polyarthrit
- Alkoholabusus
- Lebererkrankungen
- Diabetes mellitus
- Oberflächenprobleme !!

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Neurodermitis



- Cyclosporin A systemisch vor und nach der PKP
- Lidrandpflege
- Dermatologisches Konsil

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Liderkrankungen

Medikamentöse Therapie der Blepharitis
 Operative Korrektur von Lidfehlstellungen (z.B. Entropium mit Trichiasis)
 vor der Keratoplastik !!



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Grundsätzlich gilt:

Keratoplastik nicht bei nicht reguliertem IOD präoperativ !!

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Augeninnendruck - präoperativ

- Keine Keratoplastik bei nicht reguliertem Augeninnendruck
- Validität der indirekten Methoden zweifelhaft (CAVE: Tensio höher bei bullöser Keratopathie)
- Direkte intrakamerale Nadeldruckmessung kann therapeutisch wegweisen sein



Madjezi F, Marx W, Rheinhard T, et al. Impressions- und Applanations-tonometrie bei pathologischen Hornhäuten. Vergleich mit der intrakamerale Nadeldruckmessung. Ophthalmologie 2000; 97:473-481

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Sekundär"glaukome"

Prädisponierende Faktoren für Tensionsanstieg:

- Vorbestehendes „Glaukom“/PEX
- Aphakie
- Narben nach perforierender Verletzung !!!!!
- Persistierende vordere Synechien
- Simultaner Kunstlinsenaustausch
- Simultane Vitrektomie

Kohnera CM & Ficker LA. Risk factors for the development of postkeratoplasty glaucoma. Cornea 1992; 11:427-432

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Prophylaxe - Optimale Transplantatgröße

Transplantatgröße individuell anpassen (Spaltlampe mit Messvorrichtung !!)
 ("so groß wie möglich, so klein wie nötig")

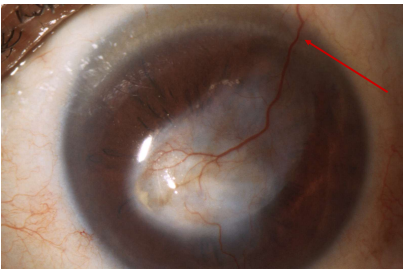
Exzessive Über- und vor allem Unterdimensionierung des Transplantates im Vergleich zum Empfängerbett müssen vermieden werden, um einer Streckung oder Stauchung des peripheren Spendergewebes vorzubeugen.



Keratokonus Fuchs-Dystrophie

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge


Feinnadel-Diathermie ?



Filali CT, Dua HS, Hassan P. Fine needle diathermy occlusion of corneal vessels. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 41:2148-2153

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Anforderungen an die Hornhautbank



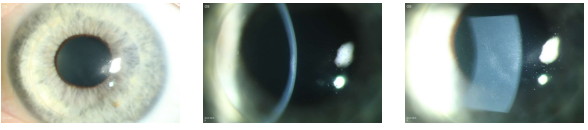
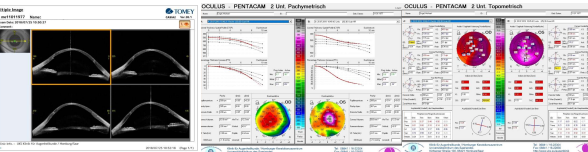
- > Serologie
- > Mikrobiologie
- > Narben → DMEK/DSAEK
- > Endothelzellzahl und -morphologie
- > Erkennung der Guttata

> Ausschluss Krümmungsanomalien (Keratokonus, Z.n. PRK/LASIK)

L.S. Buschhoff M, Schirra F, Langerbucher A, Ong M, Hafmann A, Herrmann M, Seitz B. Korrelation zwischen mikrobiellem Wachstum in Bindehautabstrichen von Hornhautspendern und Kontamination des Organkulturmediums. *Ophthalmologe* 2014; 111:553-559


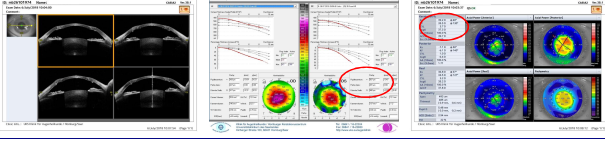
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

„Transplantierte Keratokonus“

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

„Transplantierte Kornea nach PRK“

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Sterile Spender-Tomographie

(N = 1800 seit 2018)

- > Spendergewebe bleibt steril in Zellkulturflasche
- > Flaschenpositionierung vor dem VA-OCT mithilfe eines auf der Kinntüte angebrachten Halters
- > Aufnahme von Volumendatensätzen mithilfe eines Raster-scans



„Anomale“ Spenderhornhäute werden für die DMEK benutzt!

Maurer S, Ail F, Rawel A, Dambli A, Seitz B, Langerbucher A, Eppig T. Konzept zur 3-D-Messung von Hornhautspendergewebe mithilfe eines kinntütchen OCT. *Ophthalmologie* 2018; 118:645-646

Seitz B, Ail F, Maurer S, Hamon L, Quirin A, Langerbucher A. Anterior Segment OCT Application to Improve Graft Selection for Corneal Transplantation. In: Ail F, & Ail F del Barrio JL, Atlas of Anterior Segment Optical Coherence Tomography (Series: Essentials in Ophthalmology). Springer Nature Publications, Berlin, 2021

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Routinemäßige sterile Spender-Tomographie

- Steiler / flacher anteriorer Krümmungsradius: $7,46 \pm 0,28$ (6,07 - 9,27) / $7,69 \pm 0,24$ (7,00 - 9,50) mm
- Steiler / flacher posteriorer Radius: $6,48 \pm 0,32$ (5,30 - 8,00) / $6,80 \pm 0,31$ (5,81- 8,00) mm
- Zentrale Hornhautdicke: 611 ± 85 (379 - 1057) μm
- Anteriorer Astigmatismus: $0,23 \pm 0,28$ (0,0 - 2,1) mm
- Posteriorer Astigmatismus: $0,32 \pm 0,27$ (0,0 - 2,0) mm

(N = 1800 seit 2018)

- Anomalien (jenseits ± 2 bzw. ± 3 SD):
- 163 (9,3%) bzw. 42 (2,4%) bzgl. Vorderflächenkrümmung
- 151 (8,6%) bzw. 37 (2,1%) bzgl. Rückflächenkrümmung
- 73 (4,2%) bzw. 17 (1,0%) bzgl. Pachymetrie

Insgesamt wurden 71 Spenderhornhäute (4,1%) für die elektive PKP/DALK ausgeschlossen wegen Anomalien jenseits ± 3 SD

Seitz B, Ail F, Maurer S, Hamon L, Quirin A, Langerbucher A. Anterior Segment OCT Application to Improve Graft Selection for Corneal Transplantation. In: Ail F, & Ail F del Barrio JL, Atlas of Anterior Segment Optical Coherence Tomography (Series: Essentials in Ophthalmology). Springer Nature Publications, Berlin, 2021

Hamon L, Dasa L, Quirin A, Sall T, Weinstein I, Seitz B. Modern Eye Banking In: Ail F, del Barrio JL, Modern keratoplasty: Surgical Techniques and Indications. Springer Nature Switzerland AG, 2023, pp 17-40

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Patientenaufklärung durch Operateur

- Operationsrisiko (Verlust des Auges!)
- Langsamer Visusanstieg
- **Transplantatreaktion auch noch nach Jahren**
- Risiko der Fadenlockerung
- Gefahr von Epitheldefekten mit Infektion
- Hypästhesie des Transplantates (Seitenschutz)

Bei „rotem Auge“, Tränen, Schmerzen, **Blindung, Verschwommensehen sollte der Patient **SOFORT** einen AA aufsuchen!**

→ Sicherung von Patienten-Compliance und Operationserfolg

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Gliederung

Intraoperative Komplikations-Prophylaxe



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Astigmatismus nach Keratoplastik

Früh postoperativ mit liegenden Fäden:

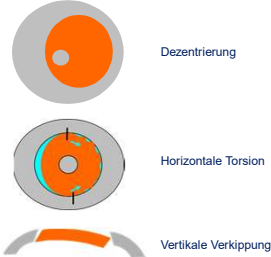
- Symmetrie der Fäden
- Homogenität der Fadenspannung

Spät postoperativ persistierend ohne Fäden:

- Schnittqualität
- Wundkonfiguration (horizontal/vertikal)
- Symmetrie der Transplantat-Einfügung

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Intraoperative Determinanten



Dezentrierung

Horizontale Torsion

Vertikale Verkipfung

Seitz B, Langerbacher A, Naumann GOH: Astigmatismus bei Keratoplastik. In: Seiler T (Hrsg.): Refraktive Chirurgie. Enke-Verlag, Stuttgart, 2000; S. 197-202

Seitz B, Szarmány N, El-Hassany M, Vesteriz A, Langerbacher A, Naumann GOH: The penetrating keratoplasty (PKP) – A century of success. In: Hoffer J (ed): Corneal Transplantation. Springer International Publishing, Birkhäuser, 2016; S. 67-92

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Trepanationstechniken

Mechanische = Konventionell

- Hand-Trepan/ frei stehende Klinge
- Motor-Trepan (Mikrokerator, Aesmotom)
- Saug-Trepan (Hessburg-Barron)
- Geführtes Trepansystem (GTS, Hanna)

Nichtmechanisch = Laser

- 193 nm Excimerlaser (seit 1989)
- Femtosekundenlaser (seit 2005)

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Details beim Keratokonus ...

1886 Arthur v. Hippel



Trepan = Rundmesser



„... kaum ein Unterschied ...“

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Prinzipielle Nachteile der mechanischen Trepanation

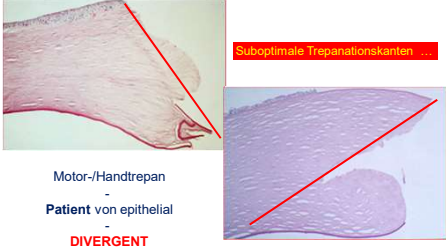


Kein mechanischer Schnitt ohne Druck/Deformierung...

UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Prinzipielle Nachteile der mechanischen Trepanation



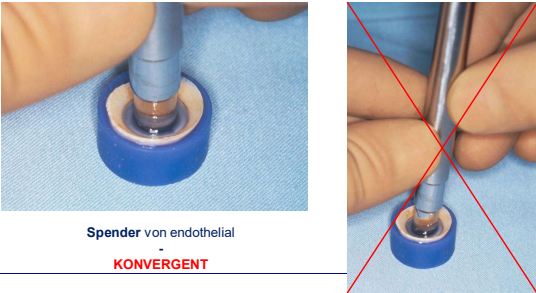
Suboptimale Trepanationskanten ...

Motor-/Handtrepan
-
Patient von epithelial
DIVERGENT

UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Lochpfeiffentrepan



Spender von endothelial
KONVERGENT

UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

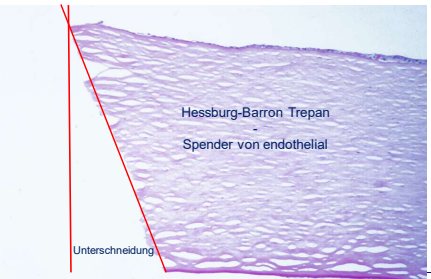
Trepanation



UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Hessburg-Barron Trepan



Hessburg-Barron Trepan
Spender von endothelial

Unterschneldung

UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Abflachung



Abflachung

"Vertikale Verkipfung"

UKS Universitätsklinikum des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Einführung der „Nichtmechanischen“ Trepanation im Jahr 1989



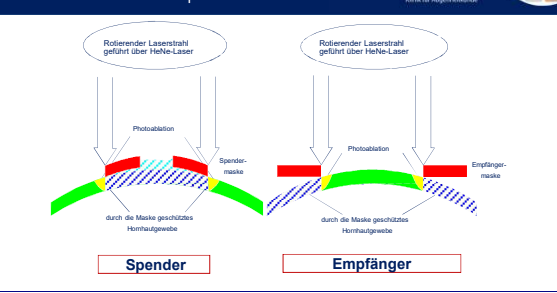
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. G.O.H. Naumann

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. G.O.H. Naumann
*25.04.1928

NAUMANN GOH, SEITZ B, LANG GK, et al: Excimer laser 193nm trepanation in penetrating keratoplasty - Report on the first 76 patients. Klin Monats Augenheilkd 1993; 203:252-261

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Methode der Excimerlaser-Trepanation



Rotierender Laserstrahl geführt über HeNe-Laser

Photoablation

Spendermaske

Empfängermaske

durch die Maske geschütztes Hornhautgewebe

Spender **Empfänger**

Seitz B, Lengenbacher A, Naumann GOH: Trepanation in Penetrating Keratoplasty. In: Reinhard T & Linkin F (Hrsg.): Essentials in Ophthalmology - Corneal and External Eye Disease. Springer-Verlag, Berlin, 2006, S. 125-152

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Orientierungszähne bei der Laser-Trepanation



Spendermaske mit 8 „Orientierungszähnechen“

Empfängermaske mit 8 „Orientierungskerben“

Behrens A, Seitz B, Kichle M, Lengenbacher A, Kus MM, Rummel C, Naumann GOH: „Orientation teeth“ in nonmechanical laser corneal trepanation for penetrating keratoplasty. J Refract Surg 1998; 14:1008-1012

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Künstliche Vorderkammer - GTS modifiziert



Spendermaske auf Korneoskleral-Scheibe in künstlicher Vorderkammer

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Allgemeinanästhesie



Kontrollierte arterielle Hypotension + Maximale Relaxation (kein Mivacurium!!!!)

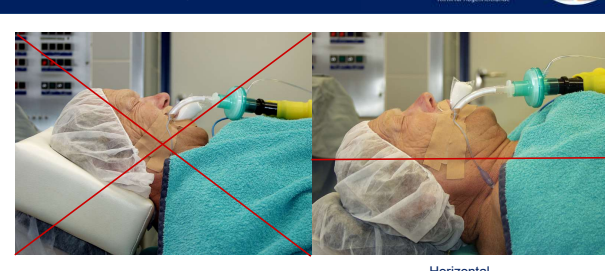
RR →

Diamox i.v.
Mannit i.v.

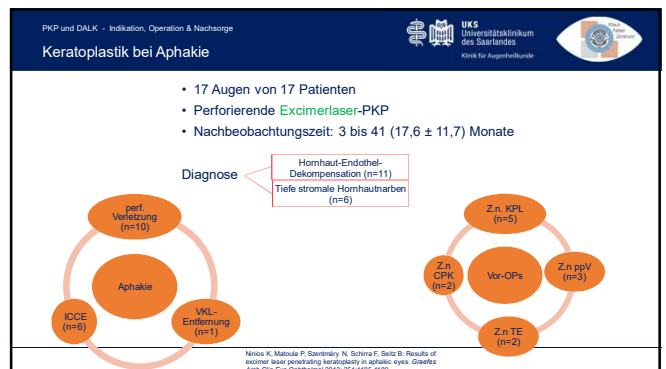
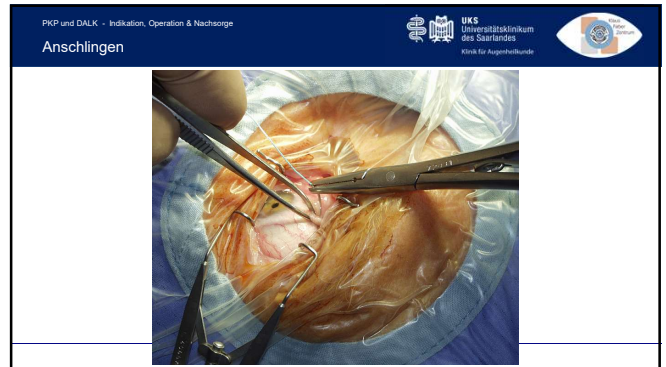
Seitz B, Lengenbacher A, Naumann GOH: Controlled hypotension and maximum relaxation during penetrating keratoplasty. A prospective, randomized study. Acta Anaesth 1997; 11:2074-2079

PKP and DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Details im Umfeld der Trepanation



Horizontal



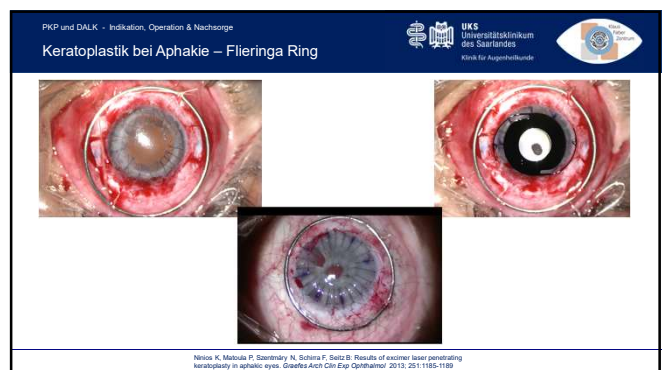
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Keratoplastik bei Aphakie

Simultane Operationen:

Immer: Flieringa-Ring	(n=17)
Vordere Vitrektomie	(n = 9)
AMT	(n = 1)
Synechiolyse	(n = 3)
Sklerafixierte IOL	(n = 3)
Retropupilläre irisfixierte IOL	(n = 3)
Sulcusfixierte IOL	(n = 1)

Nirou K, Maloua P, Saemmler N, Schira F, Seitz B: Results of excimer laser penetrating keratoplasty in aphakic eyes. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013; 251:1185-1189



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Immer: Parazentese

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Radialer Keratotomie-Marker für Zentrierung

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Optimale Zentrierung

- **Optische Verlagerung der sichtbaren ("entrance") Pupille beim Keratokonus !!**
- **Im Zweifel → Limbuszentrierung !!**

Langerbucher A, Neumann J, Kus MM, Seitz B. Berechnung von Lokalisation und Dimension der realen Pupille bei Keratokonus mittels Plastizität von Hornhauttopographietaten. Klin Monats-Augenheilkd. 1999; 215: 163-168

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Orientierungskerben

Laserspot an der Innenseite der Patientenmaske

Acht "Orientierungskerben" an der Patientenmaske werden mit den acht radialen Keratotomie-Markierungen zur Deckung gebracht

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Excimerlaser Trepanation

Keratokonus ist die Hauptindikation für die Excimerlaser Trepanation

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Pellucide Marginal Degeneration PMD

Einzelknüpfnähte !

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Keratoglobus

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

Einzelknüpfnähte!

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

ALT: Excimerlaser Trepanation

mit
Zeiss-Meditec
MEL70

Joy stick

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

NEU: Excimerlaser Trepanation

mit
Schwind AMARIS
1050 RS
seit 2014

Pseudo-Ring-Profil
=
Modifizierter PALK Modus

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Orientierungszähnen

Spendertrepanation
unmittelbar vor der Perforation

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Excimerlaser-Trepanationskanten im VA-OCT

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Open Sky Iridotomie

Seitz B, Szendrői N, Eshkassy M, Veske A, Langerbacher A, Naumann GOH: The penetrating keratoplasty (PKP) - A century of success. In: Herzig J (ed): Corneal Transplantation. Springer International Publishing, Switzerland 2016, S. 87-99

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

... zur Vermeidung des sog. Urrets-Zavalía Syndroms



Urrets-Zavalía A. **Fixed dilated pupil, iris atrophy and secondary glaucoma. A distinct clinical entity following penetrating keratoplasty for keratoconus.** *Am J Ophthalmol* 1963; 56:257-265

Schieltl G, Hager T, Seitz B. **Maximal weite Lichtstare Pupille** und primäre Transparenzstoffsuffizienz nach perforierender Keratoplastik. *Ophthalmologie* 2016; 115:63-66

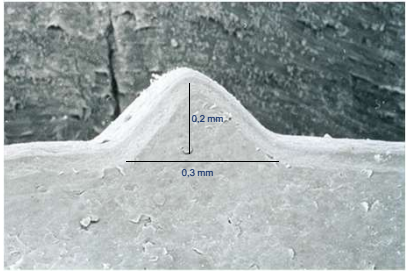
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Fassen des Zähnchens mit der Sautter-Pinzette



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge


Orientierungszähnchen



Behrens A, Seitz B, Kroll M, Langenbacher A, Aua MM, Rummel C, Naumann GOH. **"Orientation teeth" in nonmechanical laser corneal trephination for penetrating keratoplasty: 2.0 mm by 1.0 mm vs. 1.0 mm by 0.5 mm.** *Br J Ophthalmol* 2009; 93:1016-1019

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

„Orientierungszähnchen“

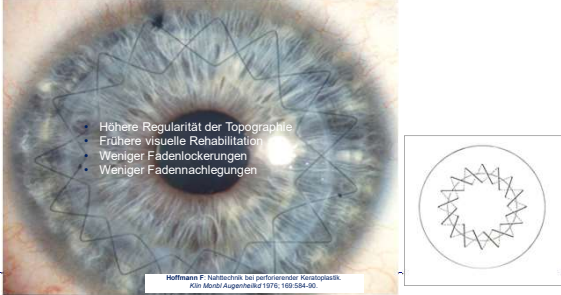


Wichtigster Vorteil für den Operateur: **Exakte Position der zweiten Situationsnaht**

Behrens A, Seitz B, et al. **"Orientation teeth" in nonmechanical laser corneal trephination for penetrating keratoplasty: 2.0 mm by 1.0 mm vs. 1.0 mm by 0.5 mm.** *Br J Ophthalmol* 1999; 83:1008-1012

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Doppelt-fortlaufende Kreuzstich-Naht



- Höhere Regularität der Topographie
- Frühere visuelle Rehabilitation
- Weniger Fädenockerungen
- Weniger Fadennachlegungen

Hoffmann F. **Nahttechnik bei perforierender Keratoplastik.** *Klin Monats Augenheilkd* 1976; 139:584-90.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Homburger Kreuzstichnaht-Marker nach Suffo

von Geuder



Buffo S, Seitz B, Daas L. **The Homburg Cross-Stitch Marker for Double-Running Sutures in Penetrating Keratoplasty.** *Klin Monats Augenheilkd* 2021; 238:908-914

Buffo S, El Habbli M, Seitz B, Abidin AD, Murtanau C, Daas L. **Penetrating Excimer Laser Keratoplasty with vs. without the Homburg Cross-Stitch Marker in Irregularized Surfaces.** *Clin Ophthalmol* 2021; 15:4607-4614

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Homburger Kreuzstichnaht-Marker nach Sufo

von Geuder

... für junge Mikrochirurgen, die erst ihr „Augenmaß“ entwickeln müssen ...



Sufo S, Seitz B, Daas L: The Homburg Cross-Stitch Marker for Double-Running Sutures in Penetrating Keratoplasty. *Klin Monats Augenhellv* 2021; 238:908-914

Sufo S, El-Halabi M, Seitz B, Abidin AD, Murtasani C, Daas L: Penetrating Excimer Laser Keratoplasty with vs without the Homburg Cross-Stitch Marker: An Inexperienced Surgeon. *Clin Ophthalmol* 2021; 15:4637-4644

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

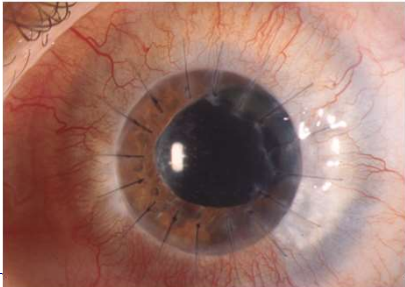
Nahttechnik

Doppelt-fortlaufende Kreuzstichnaht
Standard
Alle Knoten im Spender-Stroma versenken!!
Tief lamelläre Stiche anstreben („Wave of Descemet's“)

Einzelknüpfnähte
Bei allen Erkrankungen mit Defekten der Bowman-Lamelle oder Einschmelzungsgefahr

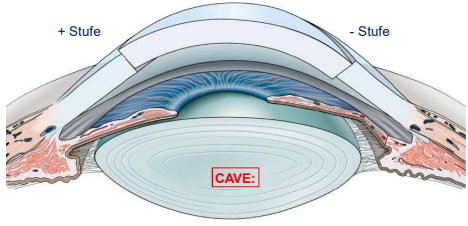
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Nahttechnik



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Unverzichtbar: Homogene Oberfläche



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Astigmatismus Prophylaxe - Intraoperative Keratoskopie

Nach Entfernung von deformierenden Haltevorrichtungen


Justierung der fortlaufenden Nähte vor Ende der Operation

[Ersetzen von zu straffen/lockeren Einzelknüpfnähten]



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Excimerlaser PKP

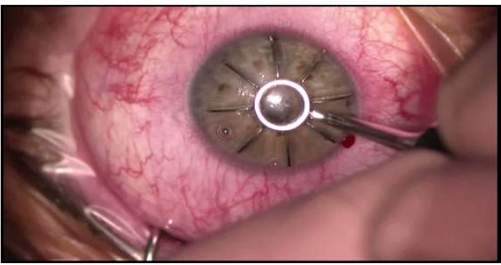


Excimerlaser PKP
bei Keratokonus

Alle Situationsnähte sind nach 6 Wochen entfernt

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Excimerlaser-PKP - Video



Seitz B, Szarmely N, El-Hakemy M, Vestanz A, Langenbacher A, Neumann GDH: The penetrating keratoplasty (PKP) - A century of success. In: *Histol J (ed): Corneal Transplantation*. Springer International Publishing, Switzerland, 2016, S. 67-82.

Seitz B, Dasz L, Haron L, Fraenkel D, Szarmely N, Langenbacher A, Sultis S: *La keratoplastie transpaerentielle*. In: *Thuret G & Marone M (eds): L'endobulbair combiné*. Elsevier-Masson, Paris, 2021, pp. 174-196.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Triple-Prozedur

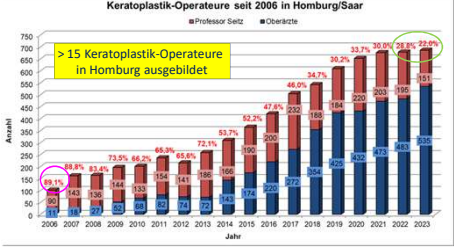


Gut zentrierte
 > Trepanation
 > Kapsulorhexis (möglichst bei geschlossenem Auge)
 > Kunstlinse (möglichst komplett in den Kapselsack)

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Mikrochirurgische Ausbildung in Homburg

Keratoplastik-Operateure seit 2006 in Homburg/Saar



A bar chart showing the number of keratoplasty surgeons in Homburg/Saar from 2006 to 2023. The y-axis represents the number of surgeons (Anzahl) from 0 to 750. The x-axis represents the year (Jahr). The chart is divided into two categories: Professor Seitz (blue bars) and Oberärzte (red bars). The total number of surgeons increases from 100 in 2006 to 650 in 2023. A yellow box highlights that more than 15 surgeons were trained in Homburg. A red box indicates that currently 5 surgeons are performing keratoplasty.

Aktuell: 5 Keratoplastik-Operateure

Seitz B, Turner C, Haron L, Dreyers A, Ales P, Maunz A, Gabelitz-Kunnenow S, Florentz M, Barthala NE: *Leadership in ophthalmologic training: Opportunities and risks of medical specialist education*. *Ophthalmologe* 2024, doi:10.1007/s00146-024-0144-6

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Abwägung: DMEK nach PKP vs. Re-PKP

- > **Anamnese:**
 - Bester Visus und subjektive Zufriedenheit mit dem alten Transplantat
 - Kontaktlinsentoleranz
- > **Wenn ja -> DMEK**

Vor Indikationsstellung routinemäßige VA-OCT, um zirkulär nach posterioren Stufen am PKP-Tx-Rand zu fahren.

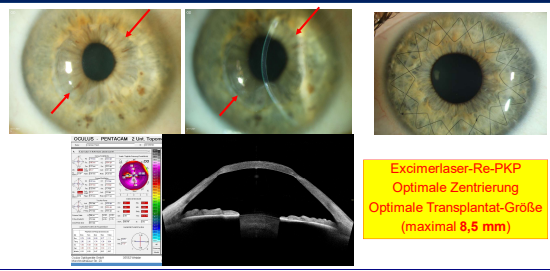
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Abwägung: DMEK nach PKP vs. Re-PKP

- > Die **klassische Indikation** für eine **DMEK nach einer PKP** ist die endotheliale Transplantat-Dekompensation mit/ohne bullöse Keratopathie **ohne** stromale Narben:
 - Transplantat-Ermüdung
 - Endotheliale Immunreaktionen
 - Z.n. Glaukomdrainage-Operation
- > **Kontraindikationen:**
 - **stromale Narben** auf dem Transplantat
 - **ein hoher und/oder irregulärer Astigmatismus**
 - > in diesen Fällen -> **Excimer Re-PKP mit größerem Transplantatdurchmesser**

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

„Keratokonus-Rezidiv“ bei kleinem Tx-Durchmesser



Excimerlaser-Re-PKP
 Optimale Zentrierung
 Optimale Transplantat-Größe (maximal 8,5 mm)

Szarmely N, Seitz B, Langenbacher A, Neumann GDH: *Repeat keratoplasty for correction of high or irregular corneal astigmatism by clear corneal grafts*. *Am J Ophthalmol* 2003; 139:826-830.

Alvaro Rangel P, Szarmely N, Lippert S, Langenbacher A, Seitz B: *8.5x8.5-mm excimer laser-assisted penetrating keratoplasties in a tertiary corneal subspecialty referral center - Indications and outcomes in 107 eyes*. *Cornea* 2020; 39:806-811.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

„Keratokonus-Rezidiv“ bei kleinem Tx-Durchmesser

**Excimerlaser-Re-PKP
Optimale Fadenspannung
Keine „Barrel-Top-Konfiguration“**

Szarmány N, Seitz B, Langerbucher A, Naumann GGH: Repeat keratoplasty for correction of high or irregular postkeratoplasty astigmatism in clear corneal grafts. *Am J Ophthalmol* 2005; 139:926-930 Albani-Raugel R, Szarmány N, Lepper S, Langerbucher A, Seitz B: 8.00-8-mm excimer laser assisted penetrating keratoplasty in a tertiary corneal subspecialty referral center - Indications and outcomes in 107 eyes. *Cornea* 2020; 39:806-811

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Keratometrischer Astigmatismus

[Dioptrien]	Excimer	Motortrepan
Mit Fäden: KK	3,6 ± 1,9	3,6 ± 2,6
Fuchs	3,2 ± 1,6	3,8 ± 2,1
Ohne Fäden: KK	2,8 ± 2,1**	5,7 ± 2,6**
Fuchs	3,1 ± 1,9**	6,7 ± 2,8**

**** = p < 0,001**

Seitz B, Langerbucher A, Kus MM, Kützb M, Naumann GGH: Nonmechanical corneal trephination with the excimer laser improves outcome after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1999; 106:1156-1165

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Bestkorrigierter Brillenvisus

[Dioptrien]	Excimer	Motortrepan
Mit Fäden: KK	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,2
Fuchs	0,5 ± 0,2	0,4 ± 0,2
Ohne Fäden: KK	0,8 ± 0,2**	0,6 ± 0,2**
Fuchs	0,6 ± 0,2**	0,4 ± 0,2**

**** = p < 0,001**

Seitz B, Langerbucher A, Kus MM, Kützb M, Naumann GGH: Nonmechanical corneal trephination with the excimer laser improves outcome after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1999; 106:1156-1165

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Vorteile – Praktische Aspekte

	EXC	Femto
• "Umständliche Prozedur"	+	--
• Zentrierung	+++	+
• Vermeidung von Deformierung und Kompression	+++	---
• Hoher IOD während der Laseraktion	+++	-
• Minimierung der Schnitt-Kompletierung mit Schere	(+)	++
• Eindeutige Lokalisation der ersten 8 Situationsnähte	+++	+
• Stabile Vorderkammer während der Naht	++	+++
• Möglichkeit einer doppelt-fortlaufenden Naht	++	+++
• Keine Notwendigkeit zusätzlicher EKN	+++	+
• Möglichkeit der Trepanation bei instabiler Kornea	+++	---

+++ = sehr gut, --- = sehr schlecht

Seitz B, Langerbucher A, Hager T, Janunts E, El-Hasseiny M, Szarmány N: Penetrating keratoplasty for keratoconus - Excimer versus femtosecond laser trephination. *Open Ophthalmol J* 2017 Jul 31;11:225-240 Toth G, Szarmány N, Langerbucher A, Ahmedova E, El-Hasseiny M, Seitz B: Comparison of excimer laser versus femtosecond laser assisted trephination in penetrating keratoplasty. *Adv Ther* 2019; 36:3471-3482

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Nachteile der Applanation bei der Trepanation

**Prof. H. Kaufman:
„Don't use an obturator
in keratoconus!“**

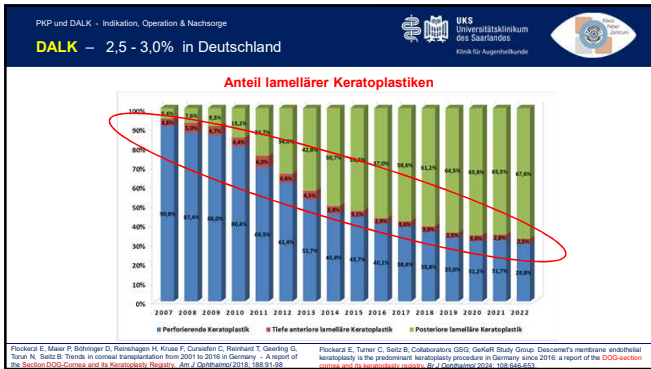
**Analogie:
Applanation des Konus bei der
Femtosekundenlaser Trepanation ...
(Femto-PKP)**

Kaufman HE: Astigmatism after keratoplasty - possible cause and method of prevention. *Am J Ophthalmol* 1982; 94:558-557

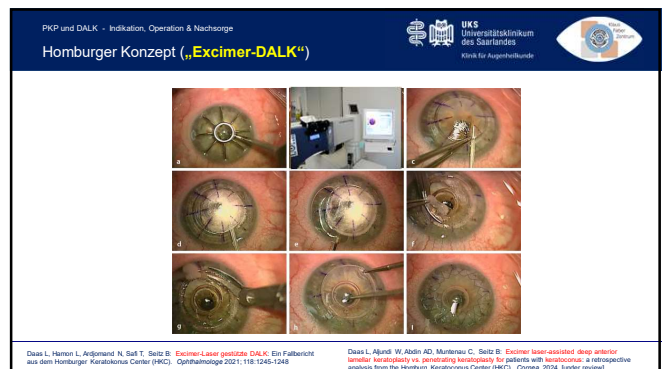
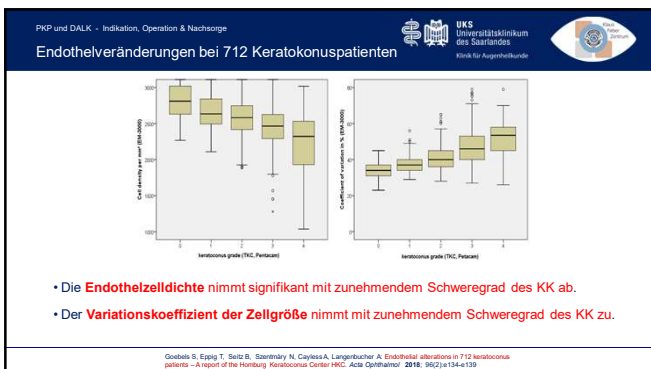
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Nachteile der Applanation bei der Trepanation

Seitz B, Langerbucher A, Hager T, Janunts E, El-Hasseiny M, Szarmány N: Penetrating keratoplasty for keratoconus - Excimer versus femtosecond laser trephination. *Open Ophthalmol J* 2017 Jul 31;11:225-240 Toth G, Szarmány N, Langerbucher A, Ahmedova E, El-Hasseiny M, Seitz B: Comparison of excimer laser versus femtosecond laser assisted trephination in penetrating keratoplasty. *Adv Ther* 2019; 36:3471-3482



- PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge
- Potentielle DALK Indikationen**
- **Keratokonus** (besonders bei jungen Patienten mit Neurodermitis)
 - **Pelluzide marginale Degeneration (PMD) = Keratorotus**
 - **Stromale Hornhautdystrophien ohne Endothelbeteiligung**
- **Das Hornhaut-Endothel muss "intakt" sein!**
- Seitz B, Cursiefen C, El-Hasseiny M, Westenz A, Langenbacher A, Szarmay N, DALK und perforierende Laser-Keratoplastik bei fortgeschrittenem Keratokonus. *Ophthalmologie* 2015; 110:836-848
- Weiss JS, Rapuano CJ, Seitz B, Busin M, Kuvshinov T, Bohnerova N, Brodag C, Nechal KK, Chawla H, Borzic N, Koyori M, Kim EK, Maier HJ, Maier FJ, Berger T, Seitz W: **ICD Classification of Corneal Dystrophies - Edition 3**. *Cornea* 2024 Apr 1;43(4):466-527



- PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge
- Homburger Konzept („Excimer-DALK“)**
- Reguläre **Spendergewinnung** mittels Excimerlaser-Trepanation mit „Zähnhchen“
 - Beim **Patienten** tief lamelläre Excimerlasertrepanation **80% (VA-OCT)** mit „Kerben“
 - Versuch der „Big Bubble“
 - bei Gelingen DALK
 - sonst großzügig „Konversion“ zur PKP
- Die Excimerlaser-assistierte DALK erhöht die technischen Vorteile für den Mikrochirurgen und reduziert die Nachteile für den (jungen) Patienten im Falle der Notwendigkeit der Konversion.**
- Amor M & Tolmanis KD: Big-bubble technique to both Descemet's membrane anterior lamellar keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:398-403
- Daas L, Hamon L, Arjmand N, Sall T, Seitz B: **Excimer-Laser gestützte DALK: Ein Fallbericht** aus dem Homburger Keratoconus Center (KCC). *Ophthalmologie* 2021; 118:1245-1248
- Daas L, Aljndi W, Abidin AD, Muntau C, Seitz B: **Excimer laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty vs. penetrating keratoplasty for patients with keratoconus: a retrospective analysis from the Homburg Keratoconus Center (KCC)**. *Cornea* 2024 (under review)



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Standardbestandteile Diagnostik nach PKP

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

Spaltlampenbiomikroskopie mit **Fluorescein/ Blaulicht**

Faden fest ?

Leckage – Seidel ?

Erosio ? Ulcus ? Infiltrat ?

Vorderkammer tief und reizfrei?
Retrokorneale Präzipitate?
Vordere/hintere Synechien?
Stroma-/Epithelödem?

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Routinemäßige Fadentfernung

Erster Faden: nach 1 Jahr

Zweiter Faden: nach 1,5 Jahren

CAVE: Stufenbildung



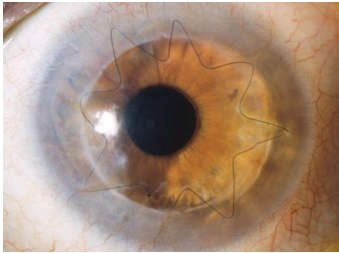
PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Fadenlockerung

UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

Prädisponierende Faktoren:

- Defekte der Bowman-Lamelle
- Stromale Vaskularisation
- Rheumatische Grunderkrankung
- Einfach fortlaufende Naht
- Kindliche Keratoplastik (26% - 34%)**
- Akuter Keratokonus !!!**



Jonas JB, Budde WM. Loosening of single versus double running sutures in penetrating keratoplasty for keratoconus. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1990; 28:824-828

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Bitte

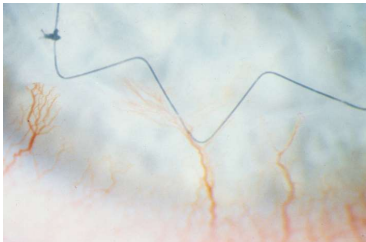
Jeder lockere Hornhautfaden muss
schnellstmöglich entfernt werden !!!!

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Fadenkomplikationen

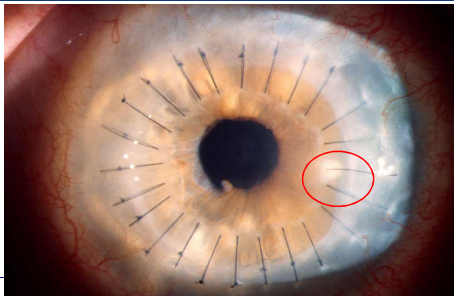
UKS
Universitätsklinikum
des Saarlandes
Klinik für Augenheilkunde

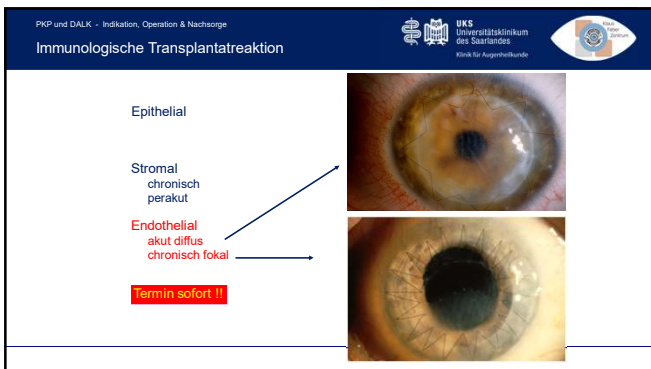
- Vaskularisation
- Immunologische Transplantatreaktion
- Erosio/ Ulcus corneae
- Infektiöse Keratitis
- Durchwanderungsendophthalmitis**



PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Fadenkomplikationen





PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Zusammenfassung

- Spender- und Empfängerreparatur mit dem gleichen (Excimerlaser-) Trepan **von epithelial**
- **Horizontallagerung** der Limbusebene essentiell
- Transplantatgröße individuell anpassen („so groß wie möglich, so klein wie nötig“)
- In der Regel hat die **Limbuszentrierung** Präferenz vor der Pupillenzeichnung (bes. beim Keratokonus!)
- Keine exzessiven Über- oder Unterdimensionierungen
- **Intraoperative Justierung** einer doppelt-fortlaufenden Naht

Seitz B, Daas L, Milot G, Szarmány N, Langenbacher A, Sultis S. Excimerlaser-assistierte perforierende Keratoplastik – das 21. Jhd 2019: Trends der perforierende Excimerlaserkeratoplastik. In: **Deutscher Webchirurg**. Göttingen 2019; 116:1221-1230.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Schlussfolgerung I

Langfristiger **Erfolg** der Keratoplastik beruht auf:

- (1) Situationsgerechter Indikationsstellung
- (2) Adäquater Operationsplanung
- (3) Kritischer Auswahl des Spendergewebes
- (4) **Minimal invasiver mikrochirurgischer Technik**
- (5) Indikationsabhängiger engmaschiger Nachsorge mit adäquatem Komplikationsmanagement

Seitz B, Szarmány N, El-Hassany M, Westenz A, Langenbacher A, Naumann GOH. The penetrating keratoplasty (PKP) – A century of success. In: **Hortdal J (ed): Corneal Transplantation**. Springer International Publishing, Switzerland, 2016, S. 67-92.

Seitz B, Daas L, Heron L, Fraenkel D, Szarmány N, Langenbacher A, Sultis S. La keratoplastia transplante. In: **Thuret G & Marano M (eds): L'endophthalmo comen**. Elsevier/Masson, Paris, 2001, pp.174-196.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Schlussfolgerung II

Langfristiger **Erfolg** der Keratoplastik setzt voraus:

- (1) Wiederholte eindrückliche Sensibilisierung des Patienten gegenüber alarmierenden subjektiven Symptomen
- (2) Aufgeklärte Einbindung des nachbehandelnden Augenarztes in geeignete Nachsorgekonzepte


Seitz B, Szarmány N, El-Hassany M, Westenz A, Langenbacher A, Naumann GOH. The penetrating keratoplasty (PKP) – A century of success. In: **Hortdal J (ed): Corneal Transplantation**. Springer International Publishing, Switzerland, 2016, S. 67-92.


Seitz B, Daas L, Heron L, Fraenkel D, Szarmány N, Langenbacher A, Sultis S. La keratoplastia transplante. In: **Thuret G & Marano M (eds): L'endophthalmo comen**. Elsevier/Masson, Paris, 2001, pp.174-196.

PKP und DALK - Indikation, Operation & Nachsorge

Teamwork

HORNHAUTSPENDER

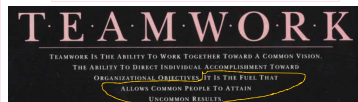




OP-TEAM

HORNHAUT-SPRECHSTUNDE

Niedergelassene Augenärzte



Andrew Carnegie

AUGENÄRZTE SIND ORGANSPENDER!



hochmotiviert
leistungsstark
loyal

BESTEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

www.augenklinik-saarland.de
berthold.seitz@uks.eu



