



Phototherapeutische Keratektomie bei Epithel-Basalmembran-Dystrophie

Einfluss verwendeter Excimerlaser-Systeme auf die Entwicklung von Visus, Refraktion und Astigmatismus

C. Adams¹ · S. B. C. Mahler¹ · L. Daas¹ · A. Langenbucher² · B. Seitz¹

¹Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS, Homburg/Saar, Deutschland

²Experimentelle Ophthalmologie, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS, Homburg/Saar, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Excimerlaser-assistierte phototherapeutische Keratektomie (PTK) hat sich in der Behandlung der Epithel-Basalmembran-Dystrophie (EBMD) – auch Map-Dot-Fingerprint-Dystrophie (MDF) – als Goldstandard etabliert. An der Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS in Homburg/Saar, kamen Systeme von Zeiss und Schwind zum Einsatz, die wir in dieser Studie bezüglich der postoperativen Ergebnisse verglichen haben.

Patienten und Methoden: In die retrospektive Studie eingeschlossen wurden Patienten, die im Zeitraum 2007 bis 2017 mit der Diagnose MDF mittels PTK behandelt wurden. Es erfolgten 170 Operationen mittels des Lasersystems Zeiss Meditec MEL-70 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Deutschland) und 98 mittels Schwind eye-tech-solutions Amaris 750S (Schwind eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim, Deutschland). Erhoben wurden prä- und postoperative Werte zu Visus, Refraktion, Astigmatismus sowie Krümmungsdaten aus der Pentacam und Endothelzellcount. Der betrachtete Follow-up-Zeitraum betrug im Mittel 8 Monate.

Ergebnisse: In beiden Lasergruppen zeigten Patienten postoperativ eine signifikant bessere Sehschärfe (Zeiss: $p < 0,001$, Schwind $p < 0,004$). In der Schwind-Gruppe fiel diese jedoch geringer aus, wodurch ein signifikanter Unterschied zwischen den Lasersystemen mit Vorteil für die Zeiss-Gruppe bestand ($p < 0,017$). Zu signifikanten Veränderungen des sphärischen Äquivalents kam es weder im prä-/postoperativen Vergleich noch zwischen den Lasergruppen. Der Astigmatismus nahm postoperativ in der Zeiss-Gruppe ab ($p < 0,042$), während sich dieser bei Schwind-Patienten nicht signifikant änderte ($p < 0,217$). Dies führte postoperativ zu einem signifikanten Unterschied zwischen beiden Systemen ($p < 0,014$).

Schlussfolgerung: In Zusammenschau aller Ergebnisse kann die PTK im Einklang mit der bisherigen Literatur und unabhängig von den untersuchten Lasersystemen als eine effektive Behandlungsmethode bei EBMD empfohlen werden. Patienten profitieren von einer langen Rezidivfreiheit bei gebessertem oder gleichbleibendem Visus und stabiler Refraktion.

Schlüsselwörter

Excimerlaser · MDF · Map-Dot-Fingerprint-Dystrophie · Hornhautdystrophie · PTK



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Die Epithel-Basalmembran-Dystrophie (EBMD) stellt eine der Hauptursachen für rezidivierende Hornhauterosionen dar. Die phototherapeutische Keratektomie (PTK) hat sich in der Vergangenheit als operativer Goldstandard erwiesen und

führt zu einer stärkeren Adhärenz des neu gebildeten Epithels. Ob die unterschiedlichen Eigenschaften der verfügbaren Lasersysteme zu einem besseren Outcome führen, ist zentrale Fragestellung dieses Beitrages.

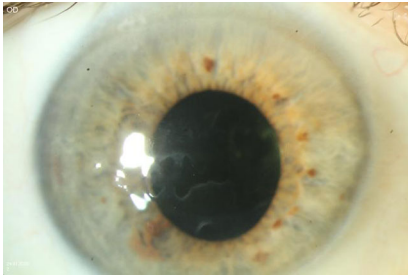


Abb. 1 ▲ Typische Veränderungen der Hornhaut bei MDF

Hintergrund und Ziele

Die Epithel-Basalmembran-Dystrophie (EBMD), die aufgrund ihres Erscheinungsbildes mit Mikrozysten, Fingerabdruck- und Landkarten-ähnlichen Gebilden auf der Hornhaut (■ **Abb. 1**) auch als Map-Dot-Fingerprint-Dystrophie (MDF) oder – nach ihrer Erstbeschreibung 1964 durch David G. Cogan – als Cogan's Dystrophie bezeichnet wird, ist eine teils erbliche, meist beidseitig auftretende und eher langsam fortschreitende Erkrankung des Hornhautepithels. Neben Traumata stellt sie mit rund 10% die häufigste Ursache für rezidivierende Hornhauterosionen dar. Die Erkrankung tritt variabel mit einer Prävalenz von bis zu 42% meist nach dem 50. Lebensjahr auf und ist geschlechtsunabhängig [5–7, 13, 17, 25–27].

Durch eine untypisch gebildete, verdickte, multilamelläre und in das darüber liegende Epithel inserierende Basalmembran (■ **Abb. 2**) kommt es im Rahmen des natürlichen Neubildungsprozesses der oberen Hornhautschichten zum Einschluss alter Basalzellen unterhalb dieser Membran und zu deren Untergang. Die Membranen selbst und die Einschlüsse verleihen der Erkrankung ihr typisches Erscheinungsbild und den Namen [10, 12].

Die meisten Betroffenen bleiben asymptomatisch – Patienten klagen über Einschränkungen in der Sehschärfe und über Schmerzattacken durch das Auftreten rezidivierender Erosionen aufgrund schlechter Adhärenz des Epithels [10, 17, 23].

Durch eine rein konservative Behandlung können die Beschwerden oftmals zufriedenstellend verbessert werden. Rezidive sind jedoch häufig [4, 18, 19]. In diesen Fällen erfolgt eine vollständige Abrasio des lockeren Epithels, um eine bessere Ausgangssituation für den erneuten Epi-

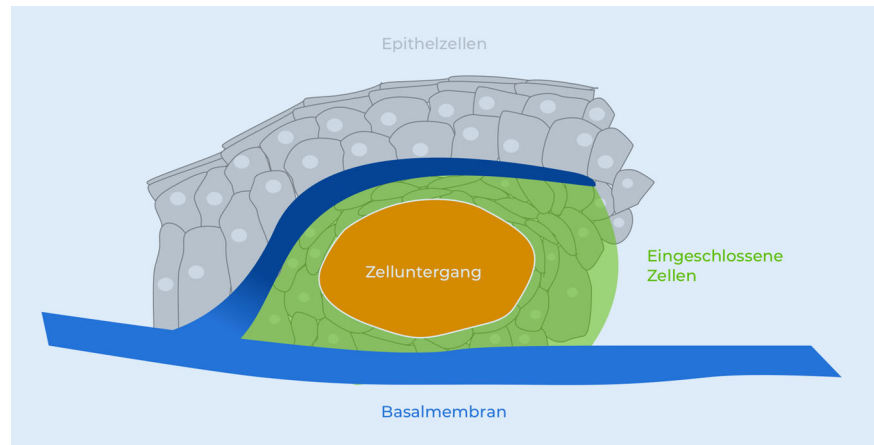


Abb. 2 ▲ Die Basalmembran zeigt sich teils multilamellär und inseriert in das darüber liegende Epithelgewebe [25]

thelschluss zu schaffen. Treten innerhalb eines Jahres mehrfach Erosionen auf, kann auf die phototherapeutische Keratektomie (PTK) mittels Excimerlaser als Goldstandard gesetzt werden [14].

Ziel der PTK ist die Entfernung der oberflächlichen Trübungen sowie eine Verbesserung der Epithelhaftung durch Anregung der Hemidesmosomenbildung [20, 26]. Für den Patienten wird die Steigerung der Sehschärfe insbesondere durch Verbesserung eines möglicherweise durch die inhomogene Oberfläche bedingten Astigmatismus erreicht – gleichzeitig werden hierdurch aber auch Nebenprobleme wie eine reduzierte Tränenfilmaufrisszeit (Break-up-Time) gemildert [1, 2, 8, 22, 24, 30]. Eine Visusverbesserung um 0,3–0,4 ist ein realistisches Ziel. Eine Verlängerung der freien Intervalle einer rezidivierenden Erosio corneae stellt den wahrscheinlich größten Benefit für den Patienten dar. Rezidive bleiben jedoch nicht aus. Pogorelov et al. beschrieben 2006 eine Rezidivfreiheit von 9 Jahren nach PTK-Behandlung bei rezidivierenden Erosionen. Eine Wiederholung des Eingriffs ist problemlos möglich [10, 17].

In der Augenklinik der Universität des Saarlandes kamen in den Jahren 2007 bis 2017 Lasersysteme der Firmen *Zeiss Meditec* und *Schwind eye-tech-solutions* zum Einsatz. Die Lasersysteme unterscheiden sich zum einen durch die Behandlungszeit, die bei Schwind durch Einsatz eines Auto Fluence-Verfahrens und einer Pulsrate von 750 Hz verkürzt ist, und zum anderen durch die Abtragung selbst. Während

beim bis 2014 verwendeten Zeiss *MEL 70* durch den Operateur intendierte Ablationstiefen mäanderförmig bei einer Pulsrate von 50 Hz abgetragen werden, erfolgt dies beim *Schwind Amaris 750S* exakter und computergestützt.

Ziel der Arbeit war es zu untersuchen, ob die Wahl des Lasersystems zu signifikanten Unterschieden in den Behandlungsergebnissen führt.

Patienten und Methoden

In die retrospektive Studie wurden insgesamt 251 Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum von 2007 bis 2017 im Rahmen einer MDF mittels PTK an der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes UKS behandelt wurden. Es wurden prä- und postoperative Daten von 268 Operationen erfasst. Eine Aufnahme in die Studie erfolgte bei klinisch gestellter Diagnose einer MDF und erfolgter PTK unabhängig des Vorliegens rezidivierender Erosionen und zuvor erfolgter Behandlungsversuche sowie bei vorhandenen Daten zu prä- und postoperativem Visus, Refraktion und Astigmatismus.

Datenerhebung und Statistik. Wenn vorhanden, wurden subjektive Daten verwendet, ansonsten wurde auf autorefraktometrisch (Tomey Nidek) ermittelte Werte zurückgegriffen. Ferner wurden Daten zur Hornhauttomographie mittels *Oculus Pentacam HR* (Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Deutschland) und zur Endothelzellschicht mittels *Tomey*

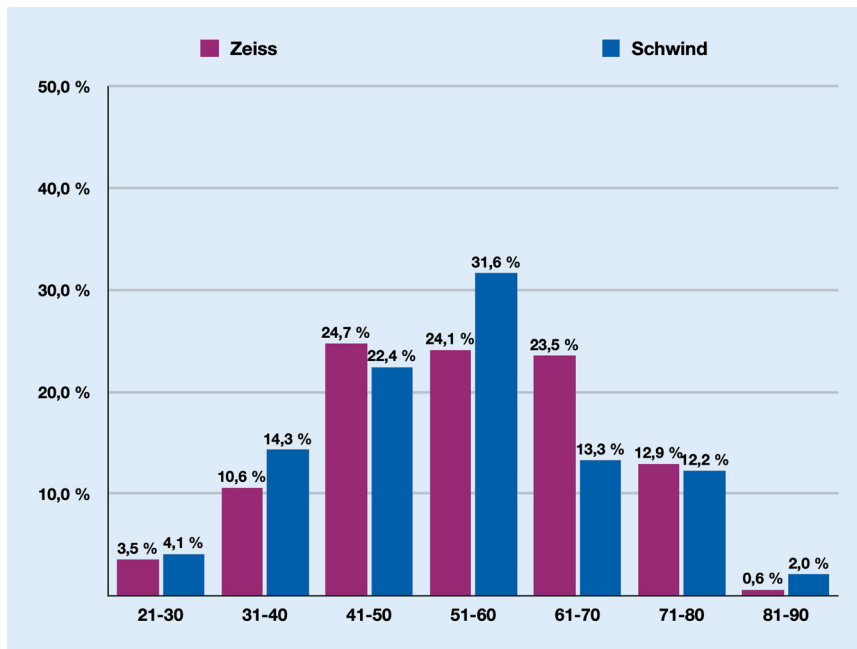


Abb. 3 ▲ Altersverteilung der Patientengruppen (Angabe in Jahren)

EM-3000 Specular Microscope (Tomey GmbH, Nürnberg, Deutschland) erhoben.

Im Rahmen der beschreibenden Statistik wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie Median, Minima und Maxima gebildet. Zur Prüfung der beiden unabhängigen Lasergruppen auf signifikante Unterschiede wurde der statistische nichtparametrische Wilcoxon-Mann-Whitney-Test gewählt. Die Berechnung des Vertrauensbereichs und des Konfidenzintervalls erfolgte zweiseitig. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

Verwendete Excimerlaser. Bis zum 13.11.2014 erfolgten die Eingriffe mittels des Excimerlasers Zeiss MEL 70, danach mittels Schwind Amaris 750S. Beide Lasersysteme arbeiten mit einer Wellenlänge von 193 nm. Mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Laserspotgröße von 1,2–10 mm unterscheidet sich das Zeiss-System deutlich vom neueren Schwind Amaris 750S, welcher mit einer Spotgröße von 0,54 mm und einer Pulsfrequenz von 750 Hz präziser und schneller agieren kann. Patienten müssen die Lichtquelle für eine kürzere Zeit fixieren, und die Behandlung ist schneller abgeschlossen. Die Gefahr der Hornhautdehydratierung wird reduziert. Dank des Auto Fluence Level Adjustment (AFLA) erfolgen bei Schwind automatisch ca. 80% des Abtrags mit

höherer Leistung, bei den restlichen 20% wird im Low-Fluence-Bereich eine noch präzisere Abtragung möglich.

Perioperative Vorgehensweise. Die perioperative Behandlung war in beiden Gruppen gleich. Es erfolgte zunächst eine lokale Tropfanästhesie, und die Hemidesmosomen wurden mittels Cocain 3% Augentropfen aufgebrochen, um intraoperativ die vollständige Abrasio zu erleichtern. Im Anschluss an das manuelle Débridement erfolgte die Laserablation. Hierbei lag die intendierte Abtragtiefe bei 15–20 μm , die Ablation erfolgte in der 10-mm-Zone. Postoperativ wurde bis zum Epithelschluss eine Verbandskontaktlinse eingesetzt und zur Verhinderung einer Infektion mit Ofloxacin-Augentropfen 5-mal täglich behandelt. Natriumhyaluronat wurde 8-mal täglich zur Oberflächenbenetzung angewendet. Im Rahmen der Schmerzbehandlung kamen systemische Substanzen wie Ibuprofen, Metamizol, Tramadol oder Oxycodon/Naloxon zum Einsatz.

Ergebnisse

Studienkollektiv. An 251 Patienten wurden 261 Augen mittels 268 PTKs behandelt. Sieben Operationen erfolgten aufgrund eines Rezidivs; 145 (53,5%) Operationen erfolgten an Frauen, 123 (46,4%)

an Männern. Das mittlere Alter lag bei $54,2 \pm 13,2$ Jahren bei einer Altersspanne von 21 bis 88 Jahren (Abb. 3). Es wurden 129 (48,1%) Operationen am rechten Auge durchgeführt, 139 (51,8%) am linken. Durchschnittlich erfolgte bei Patienten, die mittels Zeiss-Laser operiert wurden, ein Follow-up (Zeit von Operation bis zur letzten erfassten Nachuntersuchung) von 351, bei Schwind-Patienten von 118 Tagen. Weder bei Alter noch bei Geschlecht gab es signifikante Unterschiede zwischen den Studiengruppen.

Visus. Der bestkorrigierte Visus verbesserte sich in beiden Lasergruppen im Vergleich zum präoperativen Wert signifikant (Tab. 1). In der Zeiss-Gruppe konnte eine signifikante Steigerung ($p < 0,001$) von $0,59 \pm 0,26$ ($0,28 \pm 0,25$ logMAR) auf $0,81 \pm 0,28$ ($0,12 \pm 0,20$ logMAR) erreicht werden. Patienten, die mittels Schwind-Laser operiert wurden, erreichten im Vergleich zum präoperativen Wert von $0,58 \pm 0,26$ ($0,29 \pm 0,22$ logMAR) nach der PTK eine bestkorrigierte Sehschärfe von $0,70 \pm 0,28$ ($0,20 \pm 0,24$ logMAR) ($p < 0,004$). Postoperativ bestand dadurch ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Lasersystemen mit Vorteil für das Zeiss-System ($p < 0,017$).

Refraktion. Das sphärische Äquivalent (SEQ) lag in der Zeiss-Gruppe präoperativ bei $-0,91 \pm 3,01$ dpt, postoperativ bei $-0,68 \pm 3,07$ dpt. Diese Veränderung in Richtung Emmetropie war nicht signifikant ($p < 0,870$). Innerhalb der Schwind-Gruppe ergab sich für das SEQ vor der Operation ein Wert von $-0,89 \pm 2,53$ dpt, postoperativ von $-1,57 \pm 3,74$ dpt ($p < 0,380$). Es bestand postoperativ kein signifikanter ($p < 0,406$) Unterschied zwischen den Lasergruppen (Tab. 2).

Astigmatismus. Der Astigmatismus wurde zum einen im Rahmen der subjektiven Refraktion bestimmt, zum anderen bei der erweiterten Diagnostik mittels Pentacam ermittelt. Der Zylinder reduzierte sich in der Zeiss-Gruppe von präoperativ $1,58 \pm 1,31$ dpt zu postoperativ $1,04 \pm 0,80$ dpt ($p < 0,042$). Innerhalb der Schwind-Vergleichsgruppe ergab sich vor Intervention ein Messwert von durchschnittlich $1,38 \pm 0,86$ dpt, nach der Ope-

Tab. 1 Vergleich beider Lasersysteme bezüglich des bestkorrigierten Visus (Angabe in logMAR)

Parameter	Zeiss					Schwind						Signifikanz <i>p</i> Zeiss/Schwind
	<i>n</i>	MW + SD	MED	MIN	MAX	<i>n</i>	MW + SD	MED	MIN	MAX	Einheit	
<i>Präoperativ</i>												
Visus	156	0,28 ± 0,25	0,22	-0,10	1,30	78	0,29 ± 0,22	0,30	-0,10	1,30	logMAR	<0,513
<i>Postoperativ</i>												
Visus	107	0,12 ± 0,20	0,10	-0,10	1,30	56	0,20 ± 0,24	0,38	-0,10	1,00	logMAR	<0,017
<i>Signifikanz <i>p</i> prä-/postoperativ</i>												
Visus	<0,001					<0,004						-

Messungen präoperativ sowie postoperativ
n Anzahl, *MW* Mittelwert, *SD* Standardabweichung, *MED* Median, *MIN* kleinster Wert, *MAX* größter Wert

Tab. 2 Vergleich beider Lasersysteme bezüglich subjektiver Refraktionswerte präoperativ sowie postoperativ (Angabe in Dioptrien)

Parameter	Zeiss					Schwind						Signifikanz <i>p</i> Zeiss/Schwind
	<i>n</i>	MW + SD	MED	MIN	MAX	<i>n</i>	MW + SD	MED	MIN	MAX	Einheit	
<i>Präoperativ</i>												
Sphäre	85	-0,10 ± 2,94	0,25	-7,50	7,50	33	-0,11 ± 2,46	0,25	-9,50	3,50	Dpt	<0,976
Zylinder	79	1,58 ± 1,31	1,25	-0,75	6,50	32	1,38 ± 0,86	1,25	0,25	3,50	Dpt	<0,857
Sphärisches Äquivalent	79	-0,91 ± 3,01	-0,63	-8,75	6,88	32	-0,89 ± 2,53	-0,63	-10,63	2,50	Dpt	<0,909
<i>Postoperativ</i>												
Sphäre	28	-0,28 ± 2,91	0,75	-6,25	7,00	26	-0,65 ± 3,51	-0,38	-9,25	5,00	Dpt	<0,835
Zylinder	24	1,04 ± 0,80	0,86	0,25	3,00	25	1,76 ± 1,11	1,50	0,00	4,25	Dpt	<0,014
Sphärisches Äquivalent	24	-0,68 ± 3,07	-0,25	-7,50	6,88	25	-1,57 ± 3,74	-0,88	-10,50	4,25	Dpt	<0,406
<i>Signifikanz <i>p</i> prä-/postoperativ</i>												
Sphäre	<0,501					<0,422						-
Zylinder	<0,042					<0,217						
Sphärisches Äquivalent	<0,870					<0,380						

Messungen präoperativ sowie postoperativ
n Anzahl, *MW* Mittelwert, *SD* Standardabweichung, *MED* Median, *MIN* kleinster Wert, *MAX* größter Wert

ration lag der Wert bei $1,76 \pm 1,11$ dpt – diese Veränderung war nicht signifikant ($p < 0,217$). Postoperativ zeigte sich aufgrund der gegensinnigen postoperativen Werteentwicklung beider Lasersysteme ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Lasern ($p < 0,014$). Die mittels Pentacam gemessenen Werte lagen in der Zeiss-Gruppe präoperativ bei $1,32 \pm 1,22$ dpt, postoperativ bei $1,24 \pm 1,01$ dpt ($p < 0,897$). Für die mittels Schwind-Laser operierten Patienten ergab sich eine Änderung von $1,55 \pm 1,25$ dpt zu $1,63 \pm 0,78$ dpt ($p < 0,241$). Hierbei zeigte sich postoperativ ein hoch signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zwischen den Lasersystemen.

Veränderungen der Hornhauttomographie. Die Pachymetrie zeigte im Bereich des Apex in der Zeiss-Gruppe eine Reduktion von $572 \pm 43 \mu\text{m}$ auf $548 \pm 37 \mu\text{m}$ ($p < 0,001$). Innerhalb der Schwind-Gruppe

kam es zu einer Reduktion von $577 \pm 36 \mu\text{m}$ auf $551 \pm 32 \mu\text{m}$ ($p < 0,001$). Auch im Zentrum und an der dünnsten Stelle der Hornhaut kam es für beide Laser zu einer signifikanten Reduktion ($p < 0,001$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Lasersystemen postoperativ bestand jedoch nicht ($p < 0,455$). Auch das Hornhautvolumen zeigte sich in beiden Gruppen postoperativ signifikant ($p < 0,035$) reduziert, jedoch ohne signifikanten Unterschied zwischen den Lasersystemen ($p < 0,409$). Der Index der Oberflächenvarianz (ISV) veränderte sich in beiden Gruppen nach der Intervention nicht signifikant zu den präoperativ erhobenen Werten.

Endothelzellveränderungen. Die Zelldichte des Endothels blieb nach der PTK stabil. Es kam in keiner der Gruppen zu signifikanten Änderungen. Die Hornhautdicke, die ebenfalls im Rahmen der Mess-

reihen des Tomey EM-3000 erfasst wird, zeigte sich entsprechend der Pachymetrie der Pentacam im postoperativen Verlauf reduziert. Innerhalb der Zeiss-Gruppe kam es zu einer Reduktion von $554 \pm 42 \mu\text{m}$ auf $531 \pm 38 \mu\text{m}$ ($p < 0,001$). Bei Schwind-Patienten lagen die Werte anfänglich bei $554 \pm 34 \mu\text{m}$, nach der Intervention bei $525 \pm 34 \mu\text{m}$ ($p < 0,016$). Zwischen den Lasersystemen bestand postoperativ kein signifikanter Unterschied ($p < 0,643$).

Diskussion

Geschlechterverteilung. Wie schon von Werblin et al. und Suri et al. beschrieben, handelt es sich bei der MDF um eine Erkrankung, von der sowohl Frauen als auch Männer gleich häufig betroffen sind [21, 27]. In unserer Studie zeigte sich ein Verhältnis von 54,1% Frauen zu 45,9% Männern, wodurch wir diese Aussagen unterstützen konnten (s. **Abb. 3**). Zudem

werden als Ursache auch mögliche Veränderungen des *TGFβ1*-Gens auf Chromosom 5 diskutiert [3, 16, 26].

Altersverteilung. Durchschnittlich lag das Patientenalter bei Durchführung der PTK in beiden Studiengruppen bei 54 Jahren. Auch Suri et al. sprachen 2013 von einem mittleren Alter von $46,5 \pm 14,6$ Jahren bei Auftreten von rezidivierenden Erosionen, wobei in dieser Studie 52,9% der Patienten als Ursache eine MDF aufwiesen [27]. In unserer Studiengruppe fallen in beiden Lasergruppen mehr als 70% der Patienten in die Altersgruppe von 41 bis 70 Jahre (s. **Abb. 3**). Die Erstdiagnose mit letztendlich notwendiger PTK kann aber auch schon in jüngeren Jahren erfolgen.

Visus. Postoperativ zeigten sowohl mittels Zeiss-Laser als auch durch Schwind-Laser operierte Patienten eine signifikant bessere Sehschärfe als vor der Intervention. Die Verbesserung fiel bei letzterer Gruppe jedoch weniger stark aus, wodurch sich postoperativ ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Lasersystemen ergab. Pogorelov et al. postulierten 2006 eine Verbesserung der bestkorrigierten Sehschärfe bei allen mittels PTK behandelten MDF-Patienten von im Mittel $0,7 \pm 0,26$ auf $0,9 \pm 0,16$ [17]. In unserer Untersuchung zeigte sich ein Anstieg bei Zeiss-Patienten von 0,59 auf 0,81 (0,28 logMAR auf 0,12 logMAR), bei Schwind-Patienten von durchschnittlich 0,58 auf 0,70 (0,29 logMAR auf 0,20 logMAR). Beide Lasersysteme unterscheiden sich insbesondere in Bezug auf die Pulsrate sowie die Art der Laserführung. Im Rahmen der Studie von Pogorelov et al. wurde ebenfalls ein Lasersystem aus dem Hause Zeiss verwendet. Dabei wurde von einer ähnlich guten Verbesserung des bestkorrigierten Visus berichtet, die sich auch in den Daten unserer Studie bei Verwendung des Zeiss-Lasersystems zeigte [17]. Trotz der postoperativen Unterschiede beider Lasersysteme zeigte sich in beiden Gruppen ein Zugewinn der Sehschärfe, weshalb unsere Daten die Effektivität der PTK bei der Behandlung der MDF bezüglich einer schnell zu erreichenden Visusverbesserung unabhängig vom verwendeten Lasersystem unterstreichen.

Refraktion und Astigmatismus. Signifikante Unterschiede zwischen und auch innerhalb beider Lasersysteme ergaben sich in unserer Studie im Rahmen der sphärischen Äquivalente nicht. Die Werte blieben im Vergleich zur präoperativen Messung stabil, weshalb wir einen wie von Pogorelov et al. postulierten hyperopen Shift nicht nachweisen konnten. Bezüglich eines Astigmatismus ergab sich postoperativ innerhalb der Zeiss-Gruppe eine signifikante Abnahme ($p < 0,042$) von $1,58 \pm 1,31$ dpt auf $1,04 \pm 0,80$ dpt, während sich innerhalb des Schwind-Systems keine signifikanten Änderungen ergaben ($p < 0,217$). Postoperativ resultierte hieraus ein signifikanter Unterschied mit Vorteil für Zeiss-Patienten ($p < 0,014$). Die PTK führte daher unabhängig vom verwendeten Lasersystem im Beobachtungszeitraum weder zu einer Verschlechterung eines bereits bestehenden Astigmatismus, noch wurde ein solcher induziert, was sich mit Aussagen zu konstanten Astigmatismuswerten im postoperativen Verlauf von Pogorelov et al. aus dem Jahr 2006 deckt [17]. Im Rahmen des Remodelings der Hornhaut sind Schwankungen der Refraktion postoperativ nicht ungewöhnlich und können sich über einen längeren Zeitraum hinziehen. Laut Literatur vergehen bis zum vollständigen Epithelschluss ca. 3 bis 5 Tage [14, 17]. Nach etwa 6 Wochen kann von einer stabilen Krümmung der Hornhautoberfläche ausgegangen werden. Zu diesem Zeitpunkt kann dann auch die Biometrie für eine etwaig notwendige Kataraktoperation geplant werden [11, 15, 18].

Veränderungen der Hornhauttomographie. Das Ziel der PTK ist eine Verbesserung der Adhäsion des neuen Epithels sowie Glättung der Hornhautoberfläche nach manuellem Débridement, ohne hierbei Unregelmäßigkeiten der Hornhaut herbeizuführen. Präoperativ lagen die Pentacam-Messwerte für die Hornhautdicke an der dicksten Stelle bei Zeiss-Patienten mit $573 \pm 43 \mu\text{m}$ und bei Schwind-Patienten mit $577 \pm 53 \mu\text{m}$ oberhalb der durchschnittlichen Dicke einer gesunden Hornhaut von $533 \pm 53 \mu\text{m}$ [28]. Im Hinblick auf den Pathomechanismus ist diese Verdickung durch die inserierende Basalmembran und Einschlüsse zu erklären. Im postoperativen Verlauf zeigte sich er-

wartungsgemäß in beiden Patientengruppen eine hoch signifikante Reduktion der Hornhautdicke (Zeiss $p < 0,001$; Schwind: $p < 0,001$) ohne Unterschied zwischen den beiden Lasersystemen. Die Abtragungstiefe in unserer Studie von 15–20 μm ist vergleichbar hoch wie bei der von Eschstruth et al. 2006 beschriebenen „aggressiven“ Durchführungsform der PTK, welche sich in der damaligen Studie durch eine sehr geringe Rezidivquote von 6% auszeichnete – alle Rezidive konnten nachfolgend mittels konservativer Therapie behandelt werden und heilten dann ohne erneuten Rückfall ab [9]. In unserer Studie kam es in 7 Fällen (2,6%) aufgrund eines Rezidivs zur Notwendigkeit einer Re-PTK, weshalb wir insgesamt den langfristigen Erfolg der Behandlungsmodalität unterstreichen können.

Endothelzellveränderungen. Die Therapie der MDF mittels PTK spielt sich lediglich im Bereich des Epithels und der Bowman-Lamelle ab. Veränderungen bezüglich der Hornhaurückfläche und damit der Endothelzellschicht sind daher nicht zu erwarten. Weder bei Operationen mittels Zeiss-System ($p < 0,586$) noch mittels Schwind-System ($p < 0,902$) waren signifikante Unterschiede zur präoperativen Messung auszumachen. In unserer Studie konnte somit kein Einfluss der PTK auf die Endothelzelldicke nachgewiesen werden. Die PTK kann daher in der Behandlung der MDF als Verfahren auch dann angewendet werden, wenn die Endothelzelldicke oder auch die Zellzahl bereits präoperativ niedriger als normal ist – beispielsweise bei gleichzeitig vorliegender Fuchs-Endotheldystrophie [26].

Insgesamt zeigen sich in den Untersuchungsergebnissen leichte Vorteile bei der Entwicklung von Refraktion und Visus für Patienten, die mittels Zeiss-Laser behandelt wurden. Dies könnte möglicherweise auf den größeren Laserspot des Zeiss-Lasers zurückzuführen sein, der ihm Rahmen der PTK eine bessere Gewebereaktion und dadurch auch stabilere Epithelanhaftung hervorrufen könnte. Ein hierdurch transient auftretendes Haze – wie von Wirbelauer et al. 2002 in OCT-Aufnahmen gezeigt – wirkt sich möglicherweise positiv auf die Erfolgsrate aus [29].

Für den Patienten ergeben sich aber bei Verwendung beider Lasersysteme postoperativ stabile oder gebesserte Visus- sowie Refraktionswerte. Rezidive mit der Notwendigkeit einer Re-PTK sind die Ausnahme, was für die Patienten zu einer Steigerung der Lebensqualität führt.

Schlussfolgerungen

In Zusammenschau aller Ergebnisse dieser Studie kann die PTK im Einklang mit bisheriger Literatur auch unabhängig von den in dieser Studie verwendeten Lasersystemen als eine effektive Behandlungsmodalität bei Patienten mit einer MDF angesehen sowie empfohlen werden und führt im Verlauf zu einer signifikant besseren Sehschärfe bei gleichzeitig stabiler Refraktion.

Fazit für die Praxis

- Die PTK kann unabhängig von den in dieser Studie untersuchten Lasersystemen als effektive Behandlungsmethode bei Patienten mit MDF angewandt werden.
- Beide Lasersysteme führten trotz bestehender Unterschiede in Pulsrate und Ablationsart zu einer postoperativ signifikant besseren Sehschärfe der Patienten.
- Nach Ausreizen der konventionellen Therapiemöglichkeiten über Monate hinweg stellt die PTK eine operative Maßnahme dar, die zu deutlich längeren rezidivfreien Intervallen führt und Betroffenen dadurch eine höhere Lebensqualität bietet.
- Unabhängig vom Lasersystem ist die Durchführung der PTK für den Patienten nicht mit dem Risiko eines induzierten Astigmatismus oder einer deutlichen Refraktionsänderung verbunden.

Phototherapeutic keratectomy for epithelial basement membrane dystrophy. Impact of excimer laser systems used on the changes of visual acuity, refraction and astigmatism

Background: Excimer laser-assisted phototherapeutic keratectomy (PTK) has become established as the gold standard in treatment of epithelial basement membrane dystrophy (EBMD), commonly also known as map-dot-fingerprint dystrophy (MDF). At the Department of Ophthalmology, Saarland University Medical Center in Homburg/Saar, systems from Zeiss Meditec and Schwind have been used. The outcomes of both were compared in this study.

Patients and methods: The retrospective study included patients who underwent PTK with a diagnosis of MDF between 2007 and 2017. A total of 170 operations were performed using Zeiss Meditec MEL-70 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) and 98 using a Schwind eye-tech-solutions Amaris 750S laser (Schwind eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim, Germany). Preoperative and postoperative data for visual acuity, refraction and astigmatism as well as curvature data from the Pentacam and endothelial cell count were collected. The follow-up period averaged 8 months.

Results: In both groups visual acuity postoperatively was significantly better (Zeiss: $p < 0.001$, Schwind $p < 0.004$). The improvement in the Schwind group was less than in the Zeiss group, which is the reason why there was a significant difference between the laser systems postoperatively ($p < 0.017$). There were no significant changes regarding the spherical equivalent after PTK. Regarding astigmatism, there was a significant decrease in the Zeiss group ($p < 0.042$), while it did not change significantly in patients treated with Schwind laser ($p < 0.217$). Overall, this led to a significant postoperative difference between both laser systems ($p < 0.014$).

Conclusion: The PTK can be recommended as an effective treatment method for patients with EBMD, regardless of the laser systems used. Patients benefit from long relief from recurrences with improved or constant visual acuity and stable refraction.

Keywords

Excimer laser · MDF · Map-dot-fingerprint dystrophy · Corneal dystrophy · PTK

Korrespondenzadresse



C. Adams

Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS
Kirrberger Str. 100, 66424 Homburg/Saar,
Deutschland
ch.adams@me.com

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Adams, S.B.C. Mahler, L. Daas, A. Langenbacher und B. Seitz geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung

nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Arbelaez MC, Vidal C, Arba-Mosquera S (2009) Excimer laser correction of moderate to high astigmatism with a non-wavefront-guided aberration-free ablation profile: Six-month results. *J Cataract Refract Surg* 35:1789–1798
2. Arfaj KA, Jain V, Hantera M et al (2011) Phototherapeutic keratectomy outcomes in superficial corneal opacities. *Ophthalmol Eye Dis* 3:1–6
3. Boutboul S, Black GCM, Moore JE et al (2006) A subset of patients with epithelial basement membrane corneal dystrophy have mutations in TGFBI/BIGH3. *Hum Mutat* 27:553–557
4. Cavanaugh TB, Lind DM, Cutarelli PE et al (1999) Phototherapeutic keratectomy for recurrent erosion syndrome in anterior basement membrane. *Ophthalmology* 106:971–976
5. Cogan DG, Donaldson DD, Kuwabara T et al (1964) Microcystic dystrophy of the corneal epithelium. *Trans Am Ophthalmol Soc* 62:213–225
6. Cogan DG, Kuwabara T, Donaldson DD et al (1974) Microcystic dystrophy of the cornea. A partial explanation for its pathogenesis. *Arch Ophthalmol* 92:470–474
7. Das S, Seitz B (2008) Recurrent corneal erosion syndrome. *Surv Ophthalmol* 53:3–15
8. Dedes W, Faes L, Schipper I et al (2015) Phototherapeutic keratectomy (PTK) for treatment of recurrent corneal erosion: correlation between etiology and prognosis—prospective longitudinal study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 253:1745–1749
9. Eschstruth P, Sekundo W (2006) Rezidivierende Erosio corneae. *Ophthalmologe* 103:570–575
10. Germundsson J, Fagerholm P, Lagali N (2011) Clinical outcome and recurrence of epithelial basement membrane dystrophy after phototherapeutic keratectomy. *Ophthalmology* 118:515–522
11. Goerlitz-Jessen MF, Gupta PK, Kim T (2019) Impact of epithelial basement membrane dystrophy and Salzmann nodular degeneration on biometry measurements. *J Cataract Refract Surg* 45:1119–1123
12. Kobayashi A, Yokogawa H, Sugiyama K (2012) In vivo laser confocal microscopy findings in patients with map-dot-fingerprint (epithelial basement membrane) dystrophy. *Clin Ophthalmol* 6:1187–1190
13. Laibson PR (2010) Recurrent corneal erosions and epithelial basement membrane dystrophy. *Eye Contact Lens* 36:315–317
14. Lee WS, Lam CK, Manche EE (2017) Phototherapeutic keratectomy for epithelial basement membrane dystrophy. *Clin Ophthalmol* 11:15–22
15. Nassaralla BRd BRA, Nassaralla JJ (2012) Ten-year results of phototherapeutic keratectomy on recurrent corneal erosions. *Arq Bras Oftalmol* 75:33–37
16. Paliwal P, Sharma A, Tandon R et al (2010) TGFBI mutation screening and genotype-phenotype correlation in north Indian patients with corneal dystrophies. *Mol Vis* 16:1429–1438
17. Pogorelov P, Langenbucher A, Kruse F, Seitz B (2006) Long-term results of phototherapeutic keratectomy for corneal map-dot-fingerprint dystrophy (Cogan-Guerry). *Cornea* 25:774–777
18. Seitz B, Langenbucher A, Hafner A et al (2002) Phototherapeutische Keratektomie bei rezidivierender Erosio corneae (e-PTK). Bericht über 116 konsekutive Eingriffe. *Ophthalmologe* 99:703–708
19. Sekundo W, Geerling G (2006) Phototherapeutische Keratektomie. Grundprinzipien, Techniken und Indikationen. *Ophthalmologe* 103:563–569
20. Szentmary N, Seitz B, Langenbucher A et al (2006) Histologic and ultrastructural changes in corneas with granular and macular dystrophy after excimer laser phototherapeutic keratectomy. *Cornea* 25:257–263
21. Suri K, Kosker M, Duman F et al (2013) Demographic patterns and treatment outcomes of patients with recurrent corneal erosions related to trauma and epithelial and Bowman layer disorders. *Am J Ophthalmol* 156:1082–1087
22. Trokel SL, Srinivasan R, Braren B (1983) Excimer laser surgery of the cornea. *Am J Ophthalmol* 96:710–715
23. Tzelikis PF, Rapuano CJ, Hammersmith KM et al (2005) Diamond burr treatment of poor vision from anterior basement membrane dystrophy. *Am J Ophthalmol* 140:308–310
24. Viestenz A, Bischoff-Jung M, Langenbucher A et al (2016) Phototherapeutic keratectomy in Salzmann nodular degeneration with “optical cornea plana”. *Cornea* 35:843–846
25. Waring GO, Rodrigues MM, Laibson PR (1978) Corneal dystrophies. I. Dystrophies of the epithelium, Bowman’s layer and stroma. *Surv Ophthalmol* 23:71–122
26. Weiss JS, Seitz B, Lisch W (2015) IC3D classification of corneal dystrophies—edition 2. *Cornea* 34:117–159
27. Werblin TP, Hirst LW, Stark WJ et al (1981) Prevalence of map-dot-fingerprint changes in the cornea. *Br J Ophthalmol* 65:401–409
28. Wirbelauer C, Thannhäuser CL, Pham DT (2009) Influence of corneal curvature on central and paracentral pachymetry with optical coherence tomography. *Cornea* 28:254–260
29. Wirbelauer C, Scholz C, Häberle H (2002) Corneal optical coherence tomography before and after phototherapeutic keratectomy for recurrent epithelial erosions. *J Cataract Refract Surg* 28:1629–1635
30. Zalentein WN, Holopainen JM, Tervo TMT (2007) Phototherapeutic keratectomy for epithelial irregular astigmatism: an emphasis on map-dot-fingerprint degeneration. *J Refract Surg* 23:50–57