


Ophthalmologie 2022 · 119:1041–1046
<https://doi.org/10.1007/s00347-022-01638-y>
Eingegangen: 19. Januar 2022
Überarbeitet: 30. März 2022
Angenommen: 4. April 2022
Online publiziert: 2. Mai 2022
© Der/die Autor(en) 2022



Phototherapeutische Keratektomie bei rezidivierenden Hornhauterosionen verschiedener epithelialer Genese: Einfluss der Ablationstiefe auf Pachymetrie und Refraktion

Vitus Grauvogel¹ · Nikolaus Luft¹ · Niklas Mohr¹ · Matthias Nobl¹ · Maximilian J. Gerhardt¹ · Jakob Siedlecki¹ · Mehdi Shajari^{1,2} · Wolfgang J. Mayer¹ 

¹ Augenklinik, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

² Augenklinik, Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt, Deutschland

Rezidivierende Erosionen nach Trauma oder oberflächlichen Hornhautdystrophien des kornealen Epithels stellen für die betroffenen Patienten eine starke Einschränkung der Lebensqualität dar. Dem schmerzhaften Aufreißen des Epithels ist oftmals mit konservativen Mitteln wie lokaler Applikation von Tränenersatzmittel oder dem zeitweisen Tragen einer therapeutischen Kontaktlinse gut beizukommen. In schwereren Fällen jedoch kommt regelhaft die phototherapeutische Keratektomie (PTK) zum Einsatz. Ziel dabei ist die reine Beseitigung der dystrophen Areale, ohne dabei die Refraktion des Patienten zu beeinflussen. In diesem Beitrag soll eine Betrachtung der refraktiven und pachymetrischen Veränderungen nach PTK vorgestellt werden.

Die bisherige Studienlandschaft zur phototherapeutischen Keratektomie (PTK) bei epithelialer Basalmembrandystrophie (EBMD) und rezidivierenden Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie beschreibt eine über weite Strecken erfolgreiche Therapie zur Wiederherstellung der kornealen Gewebintegrität [1]. Jedoch liegen derzeit keine qualitativ hochwertigen Studien vor, wel-

che eine belastbare Aussage über die begleitenden refraktiven Veränderungen treffen.

Patienten, welche für eine PTK infrage kommen, stellen sich in der Regel Monate vor Eingriff augenärztlich vor. Klinisch zeigen sich gelockerte Epithelverbände als „Maps“, „Dots“ (auch Cogan-Mikrozysten), „Fingerprint“-Linien oder kieselsteinartige epitheliale Muster (auch Bron-Zysten). Aus diesem Befund heraus erklärt sich auch der vormalige Name der „Map-Dot-Fingerprint-Dystrophie“.

Hauptbeschwerden sind hierbei stark schmerzhafte Einrisse des kornealen Epithels. Diese treten am häufigsten in den Morgenstunden nach dem Aufstehen auf. Weiterhin klagen betroffene Patienten häufig über Tränenfluss und Sehminde- rung [2]. Als Pathomechanismus wird unter anderem eine in Quantität und Qualität mangelhafte Lubrikation des Auges über die Nachtstunden diskutiert, sodass bei morgendlicher Augenöffnung eine Erosion durch tarsale Verklebungen der Konjunktiva bei bereits vorbestehender stromaler oder epithelialer Instabilität ausgelöst wird [3].

Prädisponierend für dieses Leiden scheinen 1) Dystrophien der Kornea, im Speziellen des Epithels und der Bowman-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Membran und 2) Traumata oder alte Narben des kornealen Epithels, der Bowman-Membran und des Stromas, welche zu einer nicht suffizienten Narbenreaktion führen [3, 4].

Typischer Auslöser einer solchen rezidivierenden Erosion ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie ist ein traumatisches Ereignis mit Verletzung des kornealen Epithels sowie der Bowman-Membran wie etwa Verletzung durch einen Fremdkörper. Teils treten diese rezidivierenden Erosionen auch bei vorgeschädigter Hornhaut z. B. durch Herpesviren auf [4].

Histopathologisches Korrelat der EBDM stellen mehrerlei Veränderungen dar: Einerseits zeigt sich bei den flächigen Veränderungen der „Maps“ und „Fingerprints“ eine Verlagerung der Basalmembran nach intraepithelial, oder es zeigen sich Basalmembranduplikaturen, welche die Erosionen kleineren und größeren Ausmaßes begünstigen. Andererseits zeigen sich im Bereich der Bron-Zysten irreguläre Ablagerungen von fibrillogranulärem Material im subepithelialen Raum, während die Cogan-Mikrozysten oder auch „Dots“ tatsächlich als intraepithelial gelegene Mikrozysten mit zytoplasmatischen Ablagerungen imponieren [2].

Daneben führen auch zahlreiche weitere Dystrophien neben der am weitesten verbreiteten Ursache EBDM zu ähnlichen Beschwerden. Beispielhaft zu nennen sind hier mit dem *TGFBI*-Gen vergesellschaftete Hornhautdystrophien wie die gittrige oder Reis-Bückler-Dystrophie, welche in der durchgeführten Studie explizit nicht betrachtet wurden [2].

Ziel der PTK-Behandlung bei EBDM und rezidivierenden Erosionen ist eine Verdichtung der Hemidesmosomen und somit eine Stabilisierung des Zellverbandes zwischen Bowman-Membran und Epithel [5].

Als übliche primäre, konservative Therapiemöglichkeiten kommen Tränenersatzmittel sowie therapeutische Kontaktlinsen, teils unter Begleitung oraler systemischer Analgetika, zum Einsatz. Neuere, weniger erprobte Therapiemöglichkeiten beinhalten den Einsatz von Matrix Metalloproteinaseinhibitoren, topischen Wachstumsfaktoren und autologen, serumbasierten Augentropfen [6]. In konservativ therapieresistenten Fällen folgt in der Regel eine manuelle Abrasio des

Einführung: Die phototherapeutische Keratektomie gilt heute als etabliertes Therapieverfahren für Patienten, welche unter therapierefraktären genetisch bedingten Hornhautdystrophien oder rezidivierenden Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie leiden.

Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit war es, Änderungen der Refraktion und der Pachymetrie nach phototherapeutischer Keratektomie bei Patienten, welche eine epitheliale Basalmembrandystrophie oder rezidivierende Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie (traumatisch/nichttraumatisch bedingt) aufweisen, zu analysieren.

Material und Methoden: Die Patientendaten wurden retrospektiv aus dem Smart-Eye-Data-Datenbank-System der Augenklinik der LMU in den Jahren 2014 bis 2020 zusammen mit diagnostischen Daten aus Pentacam HR und Autorefraktometer ausgewertet. Als festes Therapieregime wurde eine Photoablation von 10 µm für epitheliale Basalmembrandystrophie und 6 µm für Patienten ohne Basalmembrandystrophie gewählt.

Ergebnisse: In beiden Kollektiven konnte eine Abnahme der Pachymetrie am Apex nachgewiesen werden (epitheliale Basalmembrandystrophie: Abnahme 25,8 µm, ±19,6 µm SD, Bandbreite –12–97 µm; keine Basalmembrandystrophie: Abnahme 12,3 µm, ±17,6 µm SD, Bandbreite –39–68 µm). Es kam zu keiner signifikanten Zu- oder Abnahme der „total corneal refractive power“ im epitheliale Basalmembrandystrophie-Kollektiv, im Kollektiv der rezidivierenden Erosionen ohne Basalmembrandystrophie zu einer signifikanten Zunahme von 42,3 dpt auf 42,6 dpt (Veränderung ±0,8 dpt SD, $p < 0,05$). Das sphärische Äquivalent zeigte keine Veränderung im Follow-up-Intervall für das epitheliale Basalmembrandystrophie Kollektiv. Hingegen zeigte das Kollektiv ohne Basalmembrandystrophie eine statistisch signifikante Abnahme des SE um 0,4 dpt (±0,7 dpt SD, $p < 0,05$). Das mittlere Follow-up-Intervall betrug 126 Tage (CI 95 %: 104 bis 147 Tage).

Schlussfolgerung: Ein signifikanter Einfluss auf die Refraktion konnte in der durchgeführten Studie in Bezug auf die „total corneal refractive power“ für beide Kollektive nur in geringem Maße festgestellt werden. Der finale Abtrag anhand der Pachymetrie am Apex hingegen kann auf das 2,3- bis 2,6-Fache der ursprünglichen Ablationstiefe geschätzt werden. Ursachen hierfür sind einerseits der Laserabtrag selbst sowie der Einfluss der reaktiven Wundheilung des kornealen Epithels.

Schlüsselwörter

Excimerlaser · Korneales Epithel · Korneale Dystrophien · Phototherapeutische Keratektomie · PTK

kornealen Epithels mit Applikation einer therapeutischen Kontaktlinse. In vereinzelten Fällen wird aus dem osteuropäischen und asiatischen Raum auch über eine Glättung der Bowman-Membran mittels Diamantfräse berichtet, welche vielversprechende Erfolge zu zeigen scheint, jedoch gilt es hier, noch weitere Studien und Metaanalysen dieses Vorgehens abzuwarten [7, 8].

Auch wenn der therapeutische Erfolg im Sinne einer Beschwerdefreiheit des Patienten gut einschätzbar ist [9], so erlauben die in der bisherigen Literatur angegebenen Werte leider noch keine zuverlässige Einschätzung der postoperativen Veränderungen zu Pachymetrie, sphärischem Äquivalent der Refraktion (SE) und „total corneal refractive power“ (TCRP) [10, 11].

Ziel der Arbeit ist daher, anhand eines festen Therapieregimes mit standardisierten Werten für Region und Tiefe des Abtrags mittels PTK ein besseres Verständnis für die refraktiven sowie topografischen Auswirkungen des Lasereingriffs auf die Kornea zu erzielen.

Methodik

Bei der aktuellen Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie zu Patienten, welche sich in den Jahren 2014 bis 2020 einer PTK an der Augenklinik der LMU München unterzogen haben.

Alle Patienten stellten sich entweder primär oder nach vorheriger Zuweisung in der spezialisierten Hornhautsprechstunde des Universitätsklinikums der LMU vor. Nach Anamneseerhebung und klinischer

Tab. 1 Übersichtstabelle zum Kollektiv der eingeschlossenen Patienten		
	EBMD (n = 75)	Rez. Erosio ohne EBMD (n = 44)
Frauen, n (%)	37 (49%)	18 (41%)
Alter in Jahren, Mittelwert ± SD	55,5 ± 13,2	44,6 ± 13,5
Pachymetrie in µm, Mittelwert ± SD	566,4 ± 37,0	562,0 ± 45,7
TCRP Km in dpt, Mittelwert ± SD	43,9 ± 1,9	42,3 ± 2,2
EBMD epitheliale Basalmembrandystrophie, SD Standardabweichung, TCRP „total corneal refractive power“, dpt Dioptrien		

Untersuchung mithilfe der Spaltlampe erfolgte bei allen eingeschlossenen Patienten die Diagnose 1) einer epithelialen Basalmembrandystrophie oder 2) einer rezidivierenden Erosion ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie [12].

Zur Planung der Therapie wurde vor Laserung eine Bildgebung mittels Pentacam HR (Firma Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar) durchgeführt, bei der unter anderem eine Pachymetrie zur Ermittlung des „Pachy Apex“-Wertes durchgeführt wurde. Hierbei wurde im Speziellen auf eine gute Aufnahmequalität geachtet (Quality Score ≥ OK, Korrekte Zentrierung stets gegeben). Weiterhin wurden bei allen Patienten die beste subjektive Refraktion, das sphärische Äquivalent mittels des Oculus/Nidek AR-1s Autorefraktometers (Oculus) sowie die TCRP mittels der Pentacam HR (Oculus) gemessen.

Die PTK selbst wurde mittels ZEISS MEL90 (500 Hz, Standard treatment plan für PTK, Gaussches Strahlenprofil mit Halbwertsbreite 0,7 mm, Wellenlänge 193 nm) durchgeführt. Nach Zustimmung zum Eingriff und erfolgter Anästhesievorbereitung erfolgte zunächst eine Desinfektion der Lider, anschließend ein komplettes Abkleben der Lider inklusive Lidkanten und der Wimpern durch eine sterile Klebefolie und Abdeckung des restlichen Situs durch ein steriles OP-Tuch. Es erfolgte das Einsetzen des adjustierbaren Lidsperrers und sukzessives Öffnen bis auf die erforderliche Weite, Ansetzen des Trepanns mit 9 mm Durchmesser und anschließendem Trepanieren des Epithels. Daraufhin wurde ein Trichter des Durchmessers 9,5 mm adjustiert, um das Überschichten des Epithels im Trichter mit 20%iger Alkohollösung zu ermöglichen. Nach 30 s erfolgte das Abtupfen der aufgebrauchten Lösung. Nachfolgend Spülung mit Aquadest, vorsichtiges Anpräparieren und komplettes Zurückstreichen des

Epithels zum 3:00 Uhr-Steg sowie Entfernung des Epithels mittels modifizierten Hockeymessers. Anschließend erfolgte die Applikation des Excimerlasers unter Eye-tracker-Kontrolle. Die Abtragstiefe wurde abhängig von der zuvor gestellten Diagnose für EBMD-Patienten in Höhe von 10 µm gewählt, für Patienten ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie in Höhe von 6 µm. Abschließend erfolgten eine weitere Spülung der Kornea mit Aquadest sowie Gabe von Steroid- und antibiotischen Augentropfen ohne Konservierungsmittel (wie z. B. Levofloxacin). Zum postoperativen Procedere gehörten standardmäßig das Einsetzen einer therapeutischen Kontaktlinse für mindestens 1 Woche sowie das Anbringen einer Lochklappe.

Alle relevanten erhobenen Daten wurden im Smart-Eye-Data-Datenbank-System der Augenklinik gespeichert [13]. Zur Datenerhebung wurde auf ebendiese klinikeigene Befunddatenbank sowie ärztliche Berichte der Spezialambulanz Hornhautleiden zurückgegriffen. Nach Zusammentragen der erhobenen Daten erfolgte die statistische Auswertung mittels des Statistik-Programmes RStudio (Version 1.3.959 © 2009–2020 RStudio, PBC).

Es wurde eine separate Auswertung für das Patientenkollektiv mit EBMD, mit rezidivierenden Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie sowie für die Gesamtgruppe durchgeführt. Die Normalverteilung wurde geprüft mithilfe grafischer Tests anhand von Histogrammen sowie zusätzlich mittels Shapiro-Wilk-Test.

Zur statistischen Auswertung wurde der t-Test durchgeführt, Standardabweichungen, 95 %-Konfidenzintervalle wurden ermittelt sowie die Vergleiche anhand des statistischen Mittels und der zugehörigen Abweichungen angestrengt. Als statistisch signifikant wurden Ergebnisse

gewertet mit einem *p*-Wert von <0,05 und geringer.

Ergebnisse

Es wurden insgesamt 119 Augen von 106 Patienten im Rahmen der Studie untersucht.

Alle genannten Bildgebungen und Messungen wurden beim jeweiligen Patientenkollektiv nach erfolgreichem Eingriff wiederholt innerhalb eines mittleren Follow-up-Intervalls von 130 Tagen (CI 95%: 108,3–151,2).

Die Verteilung des Kollektivs vor Eingriff lässt sich anhand der **Tab. 1** nachvollziehen.

Auswirkungen der PTK auf die Pachymetrie

Sowohl im Kollektiv des 10 µm Abtrags/EBMD-Kollektiv als auch in der Vergleichsgruppe mit 6 µm Abtrag/rezidivierende Erosio ohne EBMD-Kollektiv zeigte sich im mittleren Follow-up nach 125,8 Tagen (CI 95% 104 bis 147 Tage) ein stärkerer Abtrag, als rein rechnerisch vorliegen müsste:

Ein Abtrag von 10 µm führte nach abgeschlossener Narbenreaktion des Stromas und Epithels zu einem Verlust in der Pachymetrie von 25,8 µm (2,58-facher Abtrag) (CI 95% 21,2–30,3; *n* = 74; *p* < 0,001).

Ein geringerer Abtrag von 6 µm beim Kollektiv der rezidivierenden Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie führte nach Abschluss zu einem Verlust von 12,3 µm (2,05-facher Abtrag) (CI 95% 7,0–17,7; *n* = 44; *p* < 0,001).

Eine grafische Darstellung der Abweichung vom rechnerisch zu erwartenden Ergebnis lässt sich in **Abb. 1** nachvollziehen.

Auswirkungen der PTK auf die TCRP

Die geringere Änderung der TCRP von 43,87 dpt (CI 95% 43,5–44,2 dpt; *n* = 66) auf 43,93 dpt (CI 95% 43,5–44,3 dpt; *n* = 66) im EBMD/10-µm-Kollektiv stellte sich als nicht signifikant in jegliche Richtung heraus.

Demgegenüber zeigte das Kollektiv der rezidivierenden Erosionen ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie/6 µm

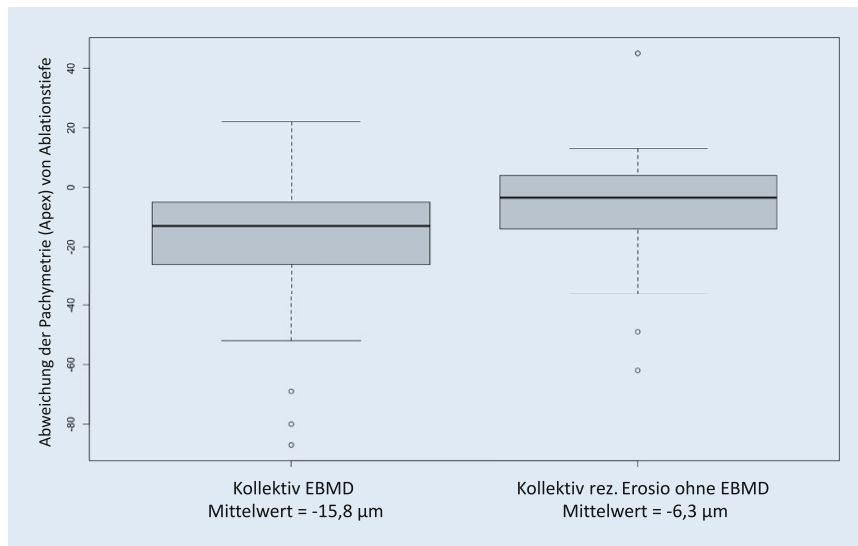


Abb. 1 Die vorliegende Studie zeigt auf, dass nach PTK von Hornhauterosionen verschiedener Genese unterschiedliche Pachymetriewerte erhoben werden. Die angeführten Tabellen verdeutlichen die Ergebnisse. Gezeigt ist die Abweichung der finalen Pachymetrie von der präoperativen Pachymetrie abzüglich der Ablationstiefe

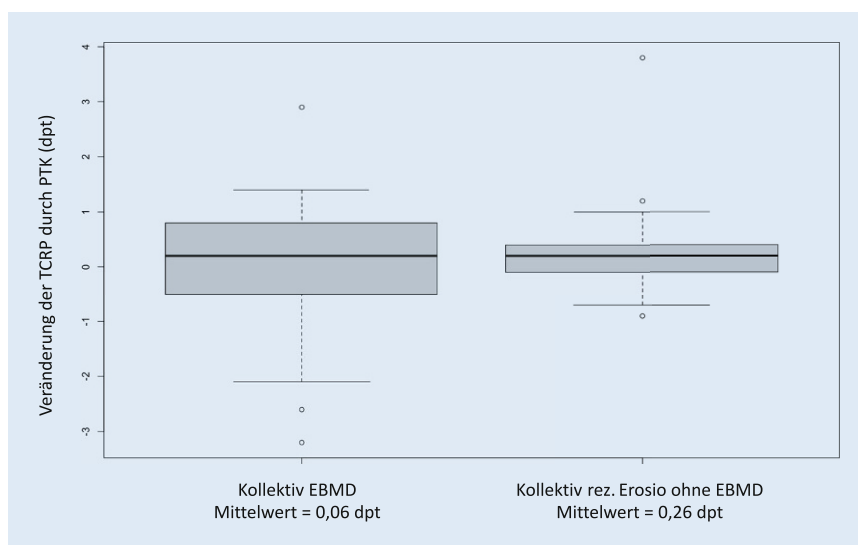


Abb. 2 Veränderung der totalen Brechkraft der Kornea vor und nach PTK-Einsatz. Das Kollektiv der rezidivierenden Erosionen ohne EBMD zeigt eine signifikante Zunahme von 0,3 dpt

eine signifikante Zunahme ($p < 0,05$) von 42,3 dpt (CI 95 % 41,6–43,1 dpt; $n = 35$) auf 42,6 dpt (CI 95 % 41,8–43,4 dpt; $n = 35$).

Grafisch stellen sich diese Ergebnisse, wie in **Abb. 2** präsentiert, dar. Mittels Darstellung in Form eines Bland-Altman-Plots (**Abb. 3**) zeigt sich die Gruppierung der postoperativen Werte nahe um die Ausgangswerte (Nulllinie).

Auswirkungen der PTK auf das SE

Vor Eingriff betrug die mittlere SE des EBMD-Kollektivs $-2,6$ dpt (CI 95 % $-3,7$ bis $-1,6$ dpt; $n = 46$), nach dem Eingriff $-2,7$ dpt (CI 95 % $-3,6$ bis $-1,8$ dpt; $n = 46$). Eine signifikante Veränderung konnte nicht bewiesen werden.

Das Kollektiv der Patienten ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie hingegen senkte sich von einer SE $-1,4$ dpt (CI 95 % $-3,4$ – $0,5$ dpt; $n = 18$) auf

$-1,8$ dpt (CI 95 % $-3,6$ – $0,1$ dpt; $n = 18$) auf einem Signifikanzniveau $p = 0,02$.

Dieses Verhältnis lässt sich **Abb. 4** entnehmen.

Diskussion

In dieser retrospektiven Analyse wurden die durch eine PTK verursachten Veränderungen der Kornea bei Patientengruppen mit EBMD-Dystrophie und rezidivierender Erosio ohne zugrundeliegende Basalmembrandystrophie betrachtet und verglichen.

Auffällig in der Analyse stellte sich der Vergleich zwischen dem rechnerisch zu erwartenden und tatsächlichen Abtrag dar. Bei einer Ablationstiefe von $6 \mu\text{m}$ ließ sich schlussendlich in der Pachymetrie eine im Mittel $12,3 \mu\text{m}$ dünnere Pachymetrie der zentralen Kornea darstellen, bei einem Abtrag von $10 \mu\text{m}$ gar eine Differenz von $25,8 \mu\text{m}$. Diese Differenz zwischen rechnerischem und tatsächlichem Abtrag nach Heilungsvorgang kommt zustande als Mischung aus einerseits dem vorgenommenen Abtrag durch Lasereinsatz, zum anderen im Rahmen einer Narbenreaktion des Stromas und Epithels [11]. Ähnliche Beobachtungen zeigen sich in Fällen, bei denen eine solche narbige Reaktion iatrogen hervorgerufen wird wie etwa im Rahmen des Corneal-cross-Linkings (CXL). Durch das zusätzlich entfernte Gewebe kommt es jedoch anders als bei CXL zu keiner vollständigen Restitution der Pachymetrie am Apex [14]. Weiterhin ist davon auszugehen, dass auch die vor Laserapplikation erfolgte mechanische Abrasio der bei EBMD oftmals mehrfach vorliegenden bzw. verdickten Bowman-Membran zu einer verringerten Pachymetrie am Apex beiträgt.

Aus diesen Gründen kann die festgestellte 2,1- bis 2,6-fache Abtragstiefe keinesfalls als linearer Faktor in die Planung mit einbezogen werden. Vielmehr scheint die Abnahme der Pachymetrie am Apex bei höherer (geplanter) Abtragstiefe im Verhältnis abzunehmen.

In der betrachteten Studiengruppe konnte keine signifikante Änderung der besten subjektiven Refraktion durch den Eingriff nachgewiesen werden. Auch die Werte der TCRP vor bzw. nach Lasereinsatz zeigen nur einen sehr geringen Anstieg bei einer Ablationstiefe von $6 \mu\text{m}$ von

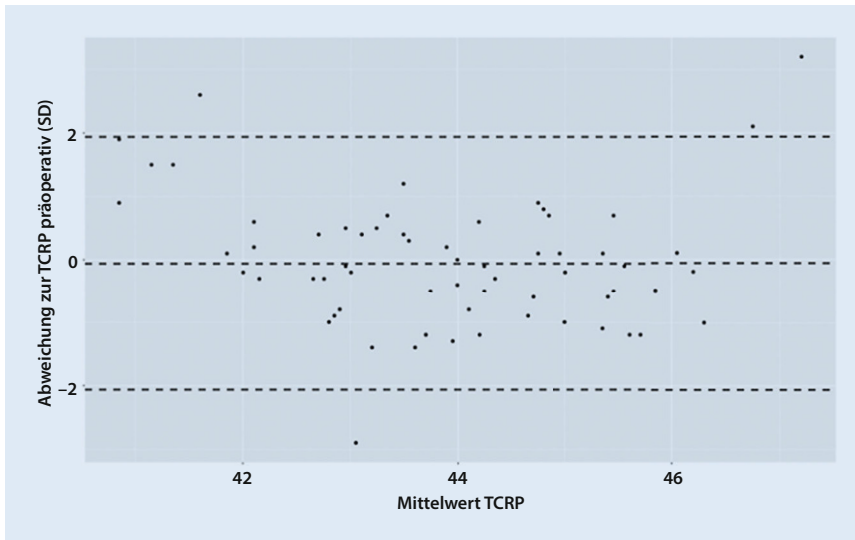


Abb. 3 ▲ Bland-Altman-Plot zur Veränderung der TCRP nach Eingriff. Die absolute Brechkraft zeigt nach Eingriff eine Streuung um präoperativen Wert, eine Abhängigkeit von der ursprünglichen Brechkraft ist nicht erkennbar. Die *mittlere gestrichelte Linie* zeigt den Mittelwert, die beiden *äußeren gestrichelten Linien* zeigen die 1,96-fache Standardabweichung vom Mittelwert

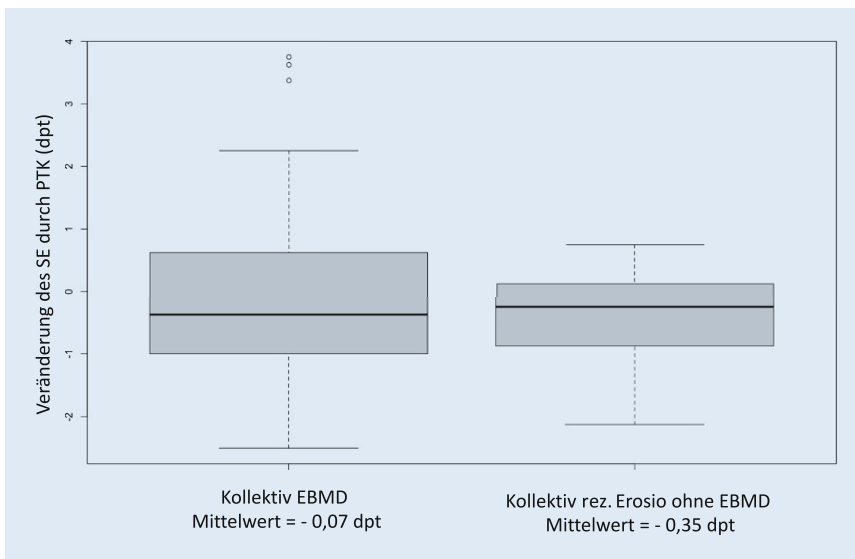


Abb. 4 ▲ Veränderung des sphärischen Äquivalents vor und nach PTK-Einsatz. Beide Kollektive zeigen eine diskrete Myopisierung, nur im Kollektiv der rezidivierenden Erosiones ist diese signifikant

42,3 auf 42,6 dpt, bei einer Ablationstiefe von 10 µm gar nur Bereich der zweiten Nachkommastelle (43,87 auf 43,93 dpt). Einen wesentlichen Faktor zur Stabilität der Brechkraft stellt die optische Zone des Patienten dar. Aufgrund des standardisierten Protokolls wurde für alle in die Studie eingeschlossenen Patienten eine einheitliche Ablationszone von 8 mm gewählt.

Als besondere Auffälligkeit zeigte sich die signifikante Abnahme des SE nach PTK-Einsatz im Kollektiv der rezidivierenden

Erosiones ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie. Das vermehrt myope Outcome konnte bereits in einer anderen Studie von Tobalem et al. nachgewiesen werden und deckt sich mit den von uns vorgenommenen Beobachtungen [15]. Als mögliche Erklärung werden hier Lasereigenschaften angeführt, welche zu einer stärkeren Ablation der Peripherie im Gegensatz zum Zentrum führen. Zum besseren Verständnis ist hier weitere Forschung vonnöten.

Limitierende Faktoren stellt einerseits die manuelle Abrasio unter Alkohol auf das postoperative Ergebnis dar, andererseits der retrospektive Charakter des Studiendesigns.

Da in den beiden vorliegenden Kollektiven mit einem standardisierten Abtrag abhängig von der vorbestehenden Diagnose gearbeitet wurde, ist eine Beeinflussung durch die jeweilige Hornhauterkrankung nicht auszuschließen. Ein Vergleich zwischen Kollektiven mit EBMD und Patienten ohne zugrunde liegende Basalmembrandystrophie könnte hier weiterführend vorgenommen werden.

In Zukunft bedarf es zum gezielteren und individualisierten Einsatz der PTK standardisierter Therapieregime, welche anhand objektiver Kriterien angewendet werden können. In der durchgeführten Studie konnte durch die einheitlich verwendeten Abtragswerte für Ablationsregion und -tiefe eine bessere Einschätzung zum Verhalten der Kornea postoperativ getroffen werden.

Eine Aussage über Auswirkungen auf die vollständige Topografie der Kornea kann mittels der erhobenen Daten nicht getroffen werden. Aus diesem Grund sind weitere Studien unter Nutzung eines Epithelial-Mappings vonnöten.

Fazit für die Praxis

- Bei Wahl der Ablationstiefe sollte neben den therapeutischen Aspekten ebenfalls berücksichtigt werden, dass die finale Pachymetrie nach Eingriff etwa um das 2-Fache bis 2,5-Fache des angestrebten Abtrags geringer ausfällt verglichen mit dem präoperativen Befund.
- Eine namhafte Änderung der refraktiven Werte für TCRP und SE ließ sich im EBMD-Kollektiv nicht nachweisen.
- Bei Patienten mit rezidivierenden Erosiones ohne zugrunde liegende Dystrophie ist mit einer geringen Myopisierung von ca. 0,3 dpt nach PTK-Applikation zu rechnen.

Korrespondenzadresse

Herr apl. Prof. Dr. med. Wolfgang J. Mayer, FEBO

Augenklinik, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)
Mathildenstr. 8, 80336 München, Deutschland
wolfgang.j.mayer@med.uni-muenchen.de

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

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. V. Grauvogl, N. Luft, N. Mohr, M. Shajari und W.J. Mayer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. J. Siedlecki: Vortragshonorare und Reisekostenerstattung von Carl Zeiss Meditec AG, Novartis Pharma GmbH, Bayer AG, Pharm-Allergan GmbH, Oculentis OSD Medical GmbH, Heidelberg Engineering GmbH. Beraterhonorare von Novartis GmbH, Apellis Pharmaceuticals, Bayer AG, Pharm-Allergan GmbH. Reisekostenerstattung von Oertli AG. M. Gerhardt: Vortragshonorare und Reisekostenerstattung von Novartis GmbH. M. Nobl: Reisekostenerstattung von Alcon Pharmaceuticals AG, Santen GmbH.

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.

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

- Wilson SE et al (2017) Phototherapeutic keratectomy: science and art. *J Refract Surg* 33(3):203–210
- Weiss JS et al (2015) IC3D classification of corneal dystrophies—edition 2. *Cornea* 34(2):117–159
- Miller DD et al (2019) Recurrent corneal erosion: a comprehensive review. *Clin Ophthalmol* 13:325–335
- Kasparova EA et al (2010) Recurrent herpetic corneal erosion: diagnosis and treatment. *Vestn Oftalmol* 126(5):3–8
- Kohnen T (2011) *Refraktive Chirurgie*. Springer, Berlin, Heidelberg, S390
- Lin SR, Aldave AJ, Chodosh J (2019) Recurrent corneal erosion syndrome. *Br J Ophthalmol* 103(9):1204–1208
- Mamikonyan VRet al (2018) Polishing of Bowman's membrane with diamond burr in the treatment of recurrent corneal erosion syndrome. *Vestn Oftalmol* 134(5):162–167

Phototherapeutic keratectomy for recurrent corneal erosion of various epithelial origins: influence of depth of ablation on pachymetry and refraction

Background: Phototherapeutic keratectomy (PTK) is an established treatment method for patients suffering from either genetic corneal dystrophy or recurrent corneal erosion (RCE) without underlying basement membrane dystrophy, often caused by trauma.

Objective: This study aimed to describe the changes in manifest subjective refraction and pachymetry after PTK treatment in patients suffering from epithelial basement membrane dystrophy (EBMD) and traumatic or atraumatic RCE without underlying EBMD.

Material and methods: This was a retrospective, single-center study performed at the Department of Ophthalmology of the Ludwig-Maximilians University (Munich). Patient data were retrospectively collected using the smart-eye database of the Department of Ophthalmology including diagnostic data from an autorefractometer and from the Pentacam HR. All laser treatments were performed with an ablation depth of 10 µm for EBMD patients and 6 µm for RCE patients without EBMD.

Results: Both collectives showed a decrease in pachymetry larger than the calculated ablation depths after a follow-up interval of 126 days (95% CI 104–147 days). While the EBMD collective receiving an ablation of 10 µm showed a decrease of 25.8 µm ($N=74$; 95% CI 21.2–30.3; $p < 0.001$), the non-EBMD collective receiving an ablation of 6 µm showed a decrease of 12.3 µm ($N=44$, 95% CI 7.0–17.7; $p < 0.001$). Both, total corneal refractive power (TCRP) as well as spherical equivalent (SE) offered no significant change in preoperative and postoperative comparison for the EBMD collective. On the other hand, patients without underlying EBMD showed a significant myopic decrease in SE of 0.4 dpt (± 0.7 dpt SD, $p < 0.05$). The mean follow-up interval was 126 days (95% CI 104–147 days).

Conclusion: PTK treatment offers an effective method for patients suffering from either EBMD dystrophy or RCE syndrome without underlying EBMD. The final ablation based on pachymetry at the apex can be estimated at 2.3 to 2.6 times higher compared to the original ablation depth. The reasons for this are on the one hand the laser ablation itself and the influence of the reactive wound healing of the corneal epithelium.

Keywords

Excimer laser · Corneal epithelium · Corneal dystrophies · Phototherapeutic keratectomy · PTK

- Watson SL, Leung V (2018) Interventions for recurrent corneal erosions. *Cochrane Database Syst Rev* 7(7):Cd1861
- Dedes W 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(10):1745–1749
- Nassaralla BR, Nassaralla Junior JJ (2012) Ten-year results of phototherapeutic keratectomy on recurrent corneal erosions. *Arq Bras Oftalmol* 75(1):33–37
- Siebelmann S et al (2018) Intraoperative changes in corneal structure during excimer laser phototherapeutic keratectomy (PTK) assessed by intraoperative optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 256(3):575–581
- Weiss JS et al (2011) The IC3D classification of the corneal dystrophies. *Klin Monbl Augenheilkd* 228(1):S1–39
- Kortüm K et al (2016) Smart eye data : development of a foundation for medical research using smart data applications. *Ophthalmologie* 113(6):469–477
- Greenstein SA et al (2011) Corneal thickness changes after corneal collagen crosslinking for keratoconus and corneal ectasia: one-year results. *J Cataract Refract Surg* 37(4):691–700
- Tobalem S et al (2021) Myopic outcomes after excimer laser phototherapeutic keratectomy (PTK). *J Fr Ophthalmol* 44(1):35–40