

Faltenbildung der Hornhautlamelle nach LASIK

Diagnostik, Ursache, Vermeidung, Behandlung

I. Neuhann, Th. Neuhann, M. Bauer, B. Lege
ALZ Augenklinik München

Zusammenfassung: Die LASIK hat sich unter anderem aufgrund der relativ niedrigen Rate an Komplikationen weltweit als bei weitem bevorzugtes Verfahren für die Korrektur niedriger und mittlerer Ametropien durchgesetzt. Eine verbliebene häufigere visusrelevante Komplikation ist die Ausbildung von Falten in der Hornhautlamelle. Sie kann durch intraoperative und früh postoperative Maßnahmen weitgehend vermieden werden. Dazu gehört vor allem eine perfekte Adaptation der Lamelle, und, daß Epitheldefekte und das Austrocknen der Lamelle verhindert werden. Durch sorgfältige postoperative Untersuchung, vorzugsweise in Mydriasis, kann die Diagnose von Falten frühzeitig gestellt werden. Die Therapie besteht in der Anhebung der Lamelle, der Faltenglättung an beiden Oberflächen unter Einsatz von hypotoner Flüssigkeit und mechanischer Dehnung und einer perfekten Re-Adaptation der Lamelle. Der Erfolg dieser Therapie hängt nicht zuletzt von ihrem frühzeitigen Einsatz ab.

OPHTHALMO-CHIRURGIE 16: 329 – 334 (2004)

Summary: LASIK has become the most popular method for the correction of low to intermediate ametropia worldwide, mainly due to the low rate of associated complications. Among these, flap folds can become a cause of permanent visual impairment. The risk of folds can be minimized by certain intraoperative and postoperative precautions such as perfect readaptation of the flap, avoiding epithelial defects and preventing drying out of the flap. Once flap folds are present, careful postoperative examination of the patient, preferably in mydriasis, will ensure early diagnosis. Surgical therapy of flap folds consists of relifting the flap, smoothing of the folds on both surfaces, employing hypotonic fluid and mechanical stretching, and perfect readaptation of the flap after treatment. Early diagnosis and treatment are crucial for the success of this therapy.

OPHTHALMO-CHIRURGIE 16: 329 – 334 (2004)

Für die chirurgische Korrektur niedriger Myopien und Hypermetropien, auch mit Astigmatismus, hat sich die LASIK weltweit als bei weitem bevorzugtes Verfahren durchgesetzt. Dies ist neben der hohen Sicherheit, Wirksamkeit und Stabilität der optischen Korrektur nicht zuletzt der Tatsache zu verdanken, daß die erforderliche lamelläre Keratotomie heute eine extrem niedrige Komplikationsrate aufweist. Schnittfehler sind in großen Serien auf 0,3% [9]

gesunken und in diesen wenigen Fällen zumeist auch ohne bleibende Visusverluste [4, 5, 21]. Die diffuse lamelläre Keratitis (DLK) ist ebenfalls – nach Klärung ihrer wahrscheinlichsten Ursachen [7, 10, 11, 15, 16, 17, 24] – äußerst selten geworden. Eine verbliebene, häufigere, visusrelevante Komplikation der Keratektomie ist die Ausbildung von gröberen oder feineren Falten (Striae) der Hornhautlamelle [4, 13, 22]. Es spricht viel dafür, daß nicht nur generell

ihre Häufigkeit unterschätzt wird, sondern auch ihr Anteil an Ursachen einer postoperativen Verschlechterung des Seheindrucks. Es sind mehrere morphologische Differenzierungen nach Tiefenlokalisierung und Ausprägung von Falten vorgeschlagen worden [2, 6, 22]. Für die Art des praktischen Vorgehens ist neben diesen beiden Parametern vor allem auch die subjektive Symptomatik ausschlaggebend. Die folgende systematische Übersicht soll einen Bei-

trag zur Erkennung, Vermeidung und gegebenenfalls Behandlung solcher Faltenbildungen leisten. Sie beruht auf einer Gesamterfahrung mit zirka 15 000 LASIK-Operationen an der ALZ Augenklinik München.

Beste Diagnostik: Im regredienten Licht bei weiter Pupille

Die subjektive Symptomatik bei Striae reicht von Verschwommen- und Nebelsehen, über unterschiedliche Lichtstreuungsphänomene und Blendempfindlichkeit, bis zu meßbarer Verschlechterung des bestkorrigierten Tageslichtvisus. Bei der routinemäßigen morphologischen Untersuchung mit schräger Spaltbeleuchtung werden Falten, insbesondere wenn sie von feiner Ausprägung sind, leicht übersehen. Dies kommt auch darin zum Ausdruck, daß ihre fotografische Dokumentation im schrägen Spalt

äußerst schwierig ist (Abbildung 1). Die beste Darstellung auch subtiler Falten gelingt im regredienten Licht. Dabei ermöglicht regredientes Licht von der Iris bereits eine bessere Diagnostik als die schräge Spaltbeleuchtung (Abbildung 2). Jedoch ist die Untersuchung vor dem roten Fundusreflex bei erweiterter Pupille allen anderen Darstellungen weit überlegen – umso mehr, je diskreter Veränderungen sind (Abbildung 3). Auch Anfärben mit Fluoreszein ermöglicht eine Negativ-Darstellung der Falten (umschriebene Unterbrechung des Tränenfilms) und erleichtert so die Diagnostik [19].

Mydriasis: Zur Abklärung visueller Beschwerden unerlässlich

Weitergehende diagnostische Möglichkeiten umfassen z.B. Refraktometrie, Aberrometrie und Topographie. Bei der Refraktometrie

wird die Testfigur nie ganz scharf abgebildet. Bei der Wellenfrontmessung rufen Falten irreguläre Aberrationen hervor. Dahingegen wird eine Oberflächenirregularität bei der Computertopographie nur bei größeren Falten sichtbar – insbesondere bei der Anwendung von Glättungsalgorithmen. In vielen refraktiv-chirurgischen Zentren wird wegen der Unannehmlichkeit für den Patienten die diagnostische medikamentöse Mydriasis/Zykloplegie nur sehr ungern und deshalb selten durchgeführt. Da sie aber auch zur Abklärung anderer möglicher Ursachen für visuelle Beschwerden unerlässlich ist (z.B. hypermetropes Refraktionsergebnis oder unerwartete induzierte Aberrationen), ist es immer zu empfehlen, sie gleichzeitig zur Untersuchung auf Falten zu nutzen.

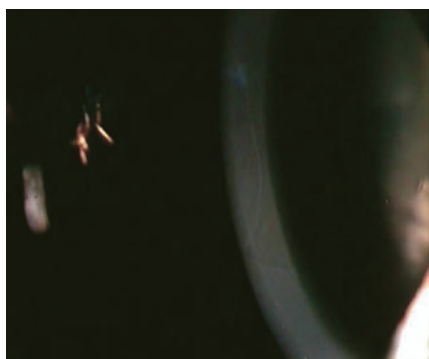


Abbildung 1: Darstellung von Flapfalten unter dem Spaltlampenmikroskop.

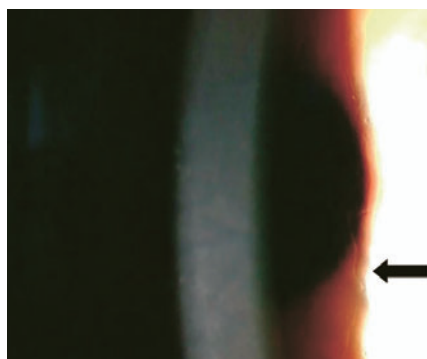


Abbildung 2: Spaltlampenmikroskopische Darstellung von Flapfalten im regredienten Licht von der Iris (Pfeil).

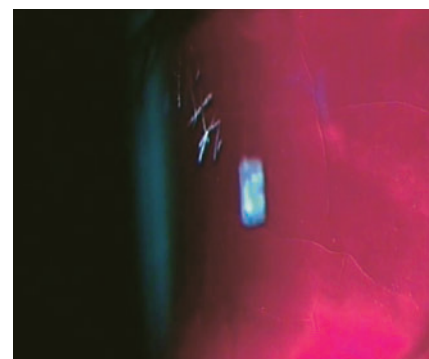


Abbildung 3: Spaltlampenmikroskopische Darstellung von Flapfalten im regredienten Licht vom Fundus bei erweiterter Pupille.

Risiko der Faltenbildung: Dünne Lamellen und hoher myopischer Abtrag

Risikofaktoren für die Entstehung von Falten sind besonders dünne Lamellen und ein hoher, besonders myopischer Abtrag [3, 18]. Manche refraktiven Chirurgen berichten darüber hinaus, daß im Vergleich zwischen nasaler und superiorer Scharnierposition („hinge“) Lamellen mit nasalem Scharnier häufiger Faltenbildung aufweisen. Falten können bereits intraoperativ oder früh postoperativ entstehen. Um dies zu verhindern, greifen die folgenden Maßnahmen.

Faltenbildung verhindern: Intraoperative Maßnahmen

1. Schlechte Adaptation der Hornhautlamelle durch Markierung vermeiden

Die Markierung der Hornhaut – gleich, mit welchem der zahllosen existierenden Instrumente – ermöglicht die Sicherstellung einer perfekten Reposition der Lamelle. Versetzungen einer senkrecht zum Schnitttrand verlaufenden Markierung sind auch bei kleinstem Ausmaß sofort zweifelsfrei erkennbar („Nonius-Prinzip“) und damit korrigierbar. Die Autoren bevorzugen darüber hinaus nach der Reposition ein nachhaltiges Anspannen der Lamelle in meridionaler Richtung, z.B. mit einem relativ trockenen Schwammtupfer, gleichsam wie das Straffen eines Tischtuchs über einem Tisch.

2. Starkes Spülen bei der Reposition vermeiden

Eine übermäßige Quellung des Flaps wird durch reichliches Spülen von Lamelle und Zwischenraum („interface“) verursacht. Die Reposition der Lamelle sollte mit einem Minimum an Spülflüssigkeit erfolgen. Auf das Spülen des „interface“ verzichten die Autoren gänzlich, weil es keinen für sie ersichtlichen Sinn hat.

3. Epitheldefekte sind operationstechnisch weitgehend vermeidbar

Epitheldefekte führen manchmal, wahrscheinlich durch eine begleitende entzündliche Reaktion, zur Faltenbildung. Sie lassen sich heute durch geeignete Instrumente, die Sicherstellung perfekter Instrumentenoberflächen, die reichliche Verwendung von Gleitmittel während des Schnittes und durch den Abbruch des Soges während des „Rückwegs“ des Keratoms auf ein Minimum reduzieren [1, 12, 23].

4. Übermäßige Manipulation der Lamelle ist ein erhebliches Risiko

Daß eine übermäßige Manipulation der Lamelle bis hin zu ihrer mechanischen Traumatisierung tunlichst zu vermeiden ist, bedarf keiner weiteren Erklärung. Die damit unweigerlich verbundene entzündliche Reaktion beinhaltet ein erhebliches Risiko der Faltenbildung.

Faltenbildung verhindern: Früh postoperative Maßnahmen

1. Austrocknung der Lamelle durch Uhrglasverband und Schließen der Augen verhindern

Eine – wenn auch nur relative – Austrocknung der Lamelle kann dazu führen, daß sie schrumpft, während sich eine feste Anhaftung auf der Unterlage bildet. Dies betrifft insbesondere die ersten postoperativen Stunden. Nach Rehydratisierung führt die Volumenzunahme zwangsläufig zur Faltenbildung, weil die Anhaftungsfläche kleiner als die Lamellenoberfläche ist.

Die Autoren halten deshalb das Epithel während der Reposition sorgfältig feucht. Bis zur ersten postoperativen Kontrolle am folgenden Tag tragen die Patienten einen dichten Uhrglasverband. Darüber hinaus werden sie eindringlich angehalten, wenigstens während der ersten 4 - 6 postoperativen Stunden die Augen weitestgehend geschlossen zu halten. Nach Erfahrung der Autoren hat dies die Inzidenz der Faltenbildung auf wenige Einzelfälle verringert.

2. Dislokation der Lamelle ist heute extrem selten

Eine postoperative Dislokation der Lamelle ist heute glücklicherweise extrem selten, wenn man unmittelbar nach der Reposition genügend geduldig auf eine feste Verbindung mit der Unterlage wartet – im Regelfall 1-2 Minuten. Je mehr Spülung zur Reposition verwendet wird, umso länger braucht die Verbindung, um eine

ausreichende Festigkeit zu erreichen. Die oben erwähnten postoperativen Maßnahmen (Uhrglasverband und geschlossene Lider bis zum folgenden Morgen) fördern eine rasche feste Verbindung zusätzlich.

3. Prophylaktische Lokalbehandlung soll Keratitis verhindern

Daß eine Keratitis, gleich welcher Ursache, durch das assoziierte entzündliche Ödem Faltenbildung bewirken kann, ist offensichtlich. Die wesentlichen Vermeidungsstrategien sind: Peinlichste Sauberkeit des „interface“, die durch reichliches Spülen nicht gefördert wird. Weiterhin ist jegliches mechanische Trauma der Lamelle zu vermeiden. Zur weiteren Prophylaxe einer Keratitis ist eine postoperative prophylaktische Lokalbehandlung mit einer Antibiotikum-Steroid-Kombination empfehlenswert.

Visusrelevante Falten: Sofort behandeln

Feine, geringfügige, nur peripher gelegene und deshalb visuell symptomlose Falten bedürfen keiner Behandlung [18]. Hier kann übertriebener Perfektionismus eher kontraproduktiv wirken. Sind die Falten dagegen optisch wirksam, beeinträchtigen sie gar den zentralen Tageslichtvisus, so ist ihre Behandlung nicht nur erforderlich, sondern umgehend und sofort angezeigt: Falten vergehen nie von selbst – der Versuch, Zeit zu gewinnen, bedeutet in diesem Fall immer, Zeit zu verlieren. Die

Behandlung richtet sich grundsätzlich danach, ob die Falten auf der stromalen Seite liegen oder subepithelial die Bowmansche Schicht betreffen – oder beides. Die Unterscheidung läßt sich durch exakte Spaltlampenuntersuchung bei höherer Vergrößerung und sehr schmalen Spalt gut treffen. Finden sich Falten nur an der stromalen Oberfläche, so kann die Epithelentfernung und Oberflächenbehandlung, wie sie unten beschrieben wird, unterbleiben. Bei oberflächlichen Falten und ihrer Ausbildung an beiden Oberflächen – wie dies zumeist der Fall ist – muß die im folgenden beschriebene kombinierte Behandlung durchgeführt werden.

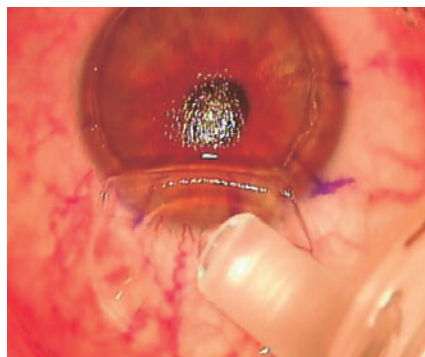


Abbildung 4a: Intraoperative Aufnahme der Faltenbehandlung nach Epithelentfernung und Anheben der Hornhautlamelle: Spülung des Flaps mit hypotoner Flüssigkeit

Glättung erfolgt mit hypotoner Kochsalzlösung und Dehnung mit Schwammtupfern

Sie besteht in der Anhebung der Lamelle, der Falten glättung an beiden Oberflächen – wobei die Entfernung des Epithels unerlässlich ist – sowie einer perfekten Re-Adaptation. Die Epithelentfernung geschieht am besten vor der Anhebung der Lamelle. Die Autoren sind dabei sorgsam darauf bedacht, einen schmalen Epithelrand zirkulär an der Schnittkante zu belassen, um einer Epithelinvasion unter die Lamelle vorzubeugen. Anschließend erfolgt, nach vorheriger Markierung, die stumpfe Anhebung der Lamelle mit einem Spatel. Hierbei bewirken relativ scharfe Spatelkanten eine möglichst glatte Epithelkante und beugen damit ebenfalls einer Epithel einwachsung vor. Die Lamelle wird von ihrer stromalen Seite mit

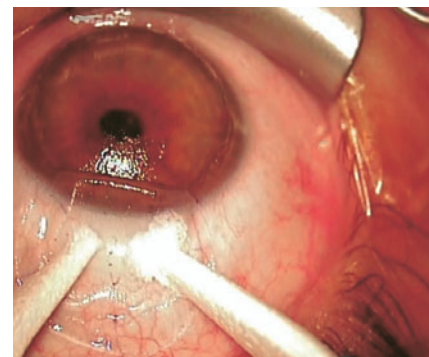


Abbildung 4b: Intraoperative Aufnahme der Faltenbehandlung nach Epithelentfernung und Anheben der Hornhautlamelle: Manuelle Dehnung der Falten auf der Lamellenrückseite mit Schwammtupfern

einer hypotonen Elektrolytlösung beträufelt. Je nach Intensität der Falten wird Balanced Salt Solution (BSS) 1:1 oder 1:2 mit destilliertem Wasser vermischt oder gänzlich reines destilliertes Wasser verwendet. Die damit verbundene Quellung glättet die Falten (Abbildung 4 a). Gleichzeitig wird mit Hilfe trockener Schwammtupfer die Lamelle gedehnt (Abbildung 4 b). Dieser Vorgang erfordert viel Zeit und Geduld – eine Faltenglättung kann 20-30 Minuten in Anspruch nehmen. Sie erscheint den Autoren aber schonender als die „sandwich compression“, die Hernandez-Matamoros et al. vorschlagen [6], eine Technik, bei der die Hornhautlamelle mit einer speziellen Pinzette mechanisch dehydratisiert wird. Sind die Falten erkennbar geglättet, so wird die Lamelle sorgfältig readaptiert. Der gleiche Vorgang wird nun auf der Vorderseite wiederholt. Die Glättung der Falten auf der Vorderfläche wird ebenfalls durch vielfaches Aufträufeln hypotoner Flüssigkeit und

Dehnen mit Tupfern erreicht (Abbildung 4 c und 4 d). Wegen der beträchtlich dichteren Textur der Bowmanschen Schicht ist hierfür noch deutlich mehr Geduld und Zeit erforderlich.

Nachbehandlung: Lokale Steroidtherapie empfehlenswert

Grundsätzlich soll vermieden werden, die Hornhautlamelle, gleich wie, mit Pinzetten anzufassen. Die gelegentlich empfohlene Dehnung der Lamelle durch Nähte, die für eine bestimmte Zeit belassen werden [2, 6, 8, 14], würden die Autoren nur vornehmen, wenn die Falten sich entweder während oder nach der Behandlung nicht ausreichend beheben lassen. Glücklicherweise trat ein solcher Fall im ALZ München bisher noch nicht ein. Steinert et al. haben über eine erfolgreiche Faltenbehandlung durch phototherapeutische Keratektomie (PTK)

berichtet [20]. Die Autoren selbst haben bisher keinen Anlaß für eine solche PTK gehabt. Die ermutigenden Ergebnisse lassen aber einen Versuch sinnvoll erscheinen, wenn die oben beschriebene Verfahrensweise nicht ausreichend zum Ziel führt.

Postoperativ empfiehlt sich wegen der erheblichen Manipulationen, die eine Faltenbehandlung erfordert eine intensive lokale Steroidtherapie bei engmaschigen Kontroll-Intervallen. Aus dem gleichen Grund benötigt die Ausbildung eines normalen, perfekt transparenten Epithels nach Epithelschluß oft längere Zeit.

Früh-postoperative Untersuchung, frühzeitige Therapie bei Falten

Eine Faltenbildung der Hornhautlamelle im Rahmen einer LASIK-Operation läßt sich durch sorgfältige, überlegte intraoperative sowie postoperative Verfahrensweisen und bei guter Compliance der Patienten weitgehend vermeiden. Kommt es dennoch zur Ausbildung von Falten, ist eine frühzeitige Diagnosestellung für den Behandlungserfolg ausschlaggebend. Eine sorgfältige früh-postoperative Untersuchung des Patienten, insbesondere bei Funktionseinschränkung, ist hierfür unerlässlich. Bei frühzeitiger Therapie sind die Aussichten, entstandene Falten vollständig – zumindest aber ohne behindernde visuelle Folgen – zu beheben, sehr gut. Zuwarten ist nutzlos und verschlechtert sogar die Erfolgsaussichten für eine Behandlung.



Abbildung 4c: Intraoperative Aufnahme der Faltenbehandlung nach Epithelentfernung und Anheben der Hornhautlamelle: Falten glättung mit Schwammtupfern auf der epithelialen Seite des Flaps

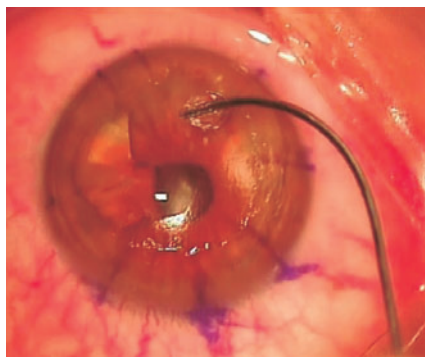


Abbildung 4b: Intraoperative Aufnahme der Faltenbehandlung nach Epithelentfernung und Anheben der Hornhautlamelle: Spülung der Oberfläche

Literatur

1. *Bashour, M.*: Risk factors for epithelial erosions in laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 28: 1780 - 1788 (2002)
2. *Carpel, E. F., Carlson, K. H., Shannon, S.*: Folds and striae in laser in-situ keratomileusis flaps. *J. Refract. Surg.* 15: 687 - 690 (1999)
3. *Charman, W. N.*: Mismatch between flap and stromal areas after laser in-situ keratomileusis as source of flap striae. *J. Cataract Refract. Surg.* 28: 2146 - 2152 (2002)
4. *Gimbel, H. V., Penno, E. E., van Westenbrugge, J. A., Ferensowicz, M., Furlong, M. T.*: Incidence and management of intraoperative and early postoperative complications in 1000 consecutive laser in-situ keratomileusis cases. *Ophthalmology* 105: 1839 - 1847 (1998)
5. *Gimbel, H. V., van Westenbrugge, J. A., Anderson, Penno E. E., Ferensowicz, M., Feinerman, G. A., Chen, R.*: Simultaneous bilateral laser in-situ keratomileusis. *Ophthalmology* 106: 1461 - 1468 (1999)
6. *Hernandez-Matamoros, J., Iradier, M. T., Moreno, E.*: Treating folds after laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 27: 350 - 352 (2001)
7. *Holland, S.P., Mathias, R.G., Morck, D.W., Chiu, J., Slade, S. G.*: Diffuse lamellar keratitis related to endotoxins released from sterilizer reservoir biofilms. *Ophthalmology* 107: 1227 - 1234 (2000)
8. *Jackson, D. W., Hamill, M. B., Koch, D. D.*: Laser in-situ keratomileusis flap suturing to treat recalcitrant flap striae. *J. Cataract Refract. Surg.* 29: 264 - 269 (2003)
9. *Jacobs, J. M., Taravella, M. J.*: Incidence of intraoperative flap complications in laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 28: 23 - 28 (2002)
10. *Johnson, J. D., Harissi-Dagher, M., Pineda, R., Yoo, S., Azar, D. T.*: Diffuse lamellar keratitis: incidence, associations, outcomes, and a new classification system. *J. Cataract Refract. Surg.* 27: 1560 - 1566 (2001)
11. *Kaufman, S. C., Maitchouk, D. Y., Chiou, A. G. Y., Beuerman, R.W.*: Interface inflammation after laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 24: 1589 - 1593 (1998)
12. *Kohnen, T., Terzi, E., Mirshahi, A., Bühren, J.*: Intraindividual comparison of epithelial defects during laser in-situ keratomileusis using standard and zero-compression Hansatome microkeratome heads. *J. Cataract Refract. Surg.* 30: 123 - 126 (2004)
13. *Lyle, W. A., Jin, G. J. C.*: Results of flap repositioning after laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 26: 1451 - 1457 (2000)
14. *Mackool, R. J., Monsanto, V. R.*: Sequential lift and suture technique for post-LASIK corneal striae. *J. Cataract Refract. Surg.* 29: 785 - 787 (2003)
15. *MacRae, S., Macaluso, D. C., Rich, L. F.*: Sterile interface keratitis associated with micropannus hemorrhage after laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 25: 1679 - 1681 (1999)
16. *Noda-Tsuruya, T., Toda I., Asano-Kato, N., Hori-Komai, Y., Fukumoto, T., Tsubota, K.*: Risk factors for development of diffuse lamellar keratitis after laser in-situ keratomileusis. *J. Refract. Surg.* 20: 72 - 75 (2004)
17. *Peters, N. T., Iskander, N. G., Anderson, Penno E. E., Woods, D. E., Moore, R. A., Gimbel, H. V.*: Diffuse lamellar keratitis: isolation of endotoxin and demonstration of the inflammatory potential in a rabbit laser in-situ keratomileusis model. *J. Cataract Refract. Surg.* 27: 917 - 923 (2001)
18. *Probst, L. E., Machat, J.*: Removal of flap striae following laser in-situ keratomileusis. *J. Cataract Refract. Surg.* 24: 153 - 155 (1998)
19. *Rabinowitz, Y. S., Rasheed, K.*: Fluorescein test for the detection of striae in the corneal flap after laser in-situ keratomileusis. *Am. J. Ophthalmol.* 127: 717 - 718 (1999)
20. *Steinert, R. F., Ashrafzadeh, A., Hersh, P. S.*: Results of phototherapeutic keratectomy in the management of flap striae after LASIK. *Ophthalmology* 111: 740 - 746 (2004)
21. *Stulting, R. D., Carr, J. D., Thompson, K. P., Waring, G. O., Wiley, W. M., Walker, J. G.*: Complications of laser in-situ keratomileusis for the correction of myopia. *Ophthalmology* 106: 13 - 20 (1999)
22. *Tehrani, M., Dick, H. B.*: Striae im Lentikel nach Laser-in-situ-Keratomileusis. *Ophthalmologie* 99: 645 - 650 (2002)
23. *Tekwani, N. H., Huang, D.*: Risk factors for intraoperative epithelial defect in laser in-situ keratomileusis. *Am. J. Ophthalmol.* 134: 311 - 316 (2002)
24. *Thammano, P., Rana, A. N., Talamo, J. H.*: Diffuse lamellar keratitis after laser in-situ keratomileusis with the Moria LSK-One and Carriazo-Barraquer microkeratomes. *J. Cataract Refract. Surg.* 29: 1962 - 1968 (2003)

Korrespondenzadresse:
 Prof. Dr. med. Th. Neuhann
 ALZ Augenklinik München
 Bayerstraße 3
 80335 München
 E-Mail: prof@neuhann.de