



LE LASER EXCIMER DANS LA CHIRURGIE DE LA CORNÉE: LE RETOUR À LA SURFACE - UNE REVUE EXCIMER LASER IN CORNEAL SURGERY: BACK TO THE SURFACE – A REVIEW.

F. CHRAIBI, H. Moutei, A. Bennis, M. Abdellaoui, I. A. Benatiya

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah (Fès) et CHU Hassan II de Fès.

Correspondance: Fouad Chraibi ; Email :fouadchraibi@gmail.com

Résumé

La chirurgie réfractive cornéenne a passé par 3 grandes étapes: d'abord la chirurgie incisionnelle avec Sviatoslav Fiodorov et sa technique de kératotomie radiaire, puis la chirurgie soustractive par laser excimer utilisé initialement en surface, c'est la photokératectomie réfractive (PKR), le gold standard entre les années 1980 et 1990, rapidement supplanté après cette période; par la chirurgie de kératomileusis in situ assisté par laser (Lasik). Enfin la chirurgie additive en plein développement et qui trouve ses indications s'élargir pour englober la chirurgie de la presbytie.

Dans la chirurgie soustractive; l'engouement pour le lasik a été motivé par le confort et la rapidité de rétablissement presque instantané, ce qui correspondait aux changements de paradigmes sociétaux de l'époque suscités par la consommation et la dominance de l'économie de marché après la chute du mure de Berlin en 1989. Cependant, dans les années 2000, le nombre d'ectase cornéennes post-lasik, a fait remonter en surface la PKR comme moyen de correction par l'amélioration des profils photo-ablatifs et l'usage rationalisé de la mitomycine C.

Abstract

Corneal refractive surgery went through 3 major stages: first; incisional surgery with Sviatoslav Fiodorov and his radial keratotomy technique, then subtractive surgery by excimer laser used initially on the surface, this is photorefractive keratectomy (PRK), the gold standard between the years 1980 and 1990, quickly supplanted after this period; by laser assisted in situ keratomileusis surgery (Lasik). And finally, additive surgery is currently in full development and which finds its indications to broaden to encompass surgery for presbyopia.

In subtractive surgery; the rush for Lasik was motivated by the comfort and an almost instant recovery, which corresponded to the changes in societal paradigms of the time brought about by consumption and the dominance of the market economy after the fall of the wall of Berlin in 1989. However, in the 2000s, the number of post-Lasik corneal ectasia brought to the surface the PRK as a mainstream means of refractive correction by the improvement of photoablative profiles and the rationalized use of mitomycin C.

Épistémologiquement, le mot «Excimer» résulte de la contraction des mots «excité» et «dimmer». En fait, il s'agit d'un terme impropre, car il n'existe pas de «dimmer» dans le vrai sens du terme dans le générateur du laser, mais il existe deux molécules différentes (molécules de gaz rares et d'halogènes) qui forment un complexe appelé exciplex sous l'effet d'une haute tension électrique. Lors de la séparation des molécules de l'exciplex, l'énergie des photons est libérée dans l'ultraviolet (193 nm). Ces photons sont ensuite concentrés par des mécanismes complexes pour devenir le laser excimer.

L'ablation laser de surface comprend différentes techniques:

- * Photokératectomie réfractive (PKR) [1]: dans laquelle l'épithélium est enlevé et la photoablation appliquée à la membrane de Descemet et au stroma sous-jacent.
- * Laser keratomileusis épithélial (LASEK): dans cette technique, un volet d'épithélium est créé après avoir relâché son adhérence à la membrane basale par l'alcool. La photoablation est ensuite appliquée avec mise en place du volet épithélial.
- * Kératomileusis épithélial in situ assisté par Laser (Epi-lasik): les concepts sont les mêmes qu'un Lasek, la seule différence est la création du volet épithélial par un épikératectomie.
- * La photokératectomie thérapeutique (PKT): le la-

ser est utilisé pour lisser la surface oculaire afin d'améliorer la transparence et aider à promouvoir une surface oculaire saine.

Les profils d'ablation ont évolué au fil du temps pour devenir plus précis, plus lisse, avec moins de haze induit et une meilleure gestion des aberrations optiques de haut ordre (AHO).

Il y a quatre profils d'ablation possibles:

- * Ablation standard: même si elle n'est plus pratiquée de nos jours, il convient de noter que les premières générations des plates-formes de laser excimer ne traitaient que les sphères et les cylindres et que la zone de transition était réalisée au bord de la zone de traitement. Toutefois, ces profils induisaient une proportion élevée d'aberrations optiques de haut ordre.
- * Photoablation topoguidée: Dans ces profils, les ablations cornéennes sont réalisées sur la base des aberrations optiques de haut ordre et d'asphéricité mesurées au niveau de la cornée par la topographie cornéenne.
- * Les profils photoablatifs optimisés: permettent de donner à la surface cornéenne finale son asphéricité proche de la cornée normale réduisant ainsi les aberrations sphériques induites.
- * Photoablation guidée par le front d'onde: grâce aux nouvelles générations d'abérromètres, ces profils d'ablation sont basés sur l'ensemble des aberrations optiques de haut ordre de l'ensemble



du système oculaire.

La PKR était la procédure réfractive la plus utilisée au cours des années 80 jusqu'à la fin des années 90. Mais après cette période; elle a été supplantée par la chirurgie de kératomileusis in situ assisté par laser (Lasik) en tant que procédure de choix. Jusqu'à récemment, la PRK a retrouvé sa popularité grâce à ses avantages inhérents qui n'étaient pas évidents au départ.

Deux facteurs principaux ont contribué à ce retour à la surface: premièrement, il y avait davantage de cas d'ectasies de la cornée, la chirurgie au Lasik étant une chirurgie courante; et deuxièmement, par l'utilisation optimisée de la mitomycine [2] [3] [4] et les progrès des systèmes d'ablation par profils laser améliorés et des systèmes de suivi du regard (eye trackers).

1- LA PKR ET SES AVANTAGES:

A- Technique

La PKR est mieux indiquée en cas de myopie faible à modérée (moins de 6D), d'hypermétropie basse (moins de 3D) et d'astigmatisme faible à modéré (moins de 6D).

Il comprend deux étapes principales: le retrait de l'épithélium et la photoablation au laser de la membrane de Descemet et du stroma antérieur dans la zone optique [5].

L'élimination de l'épithélium devrait se faire en moins de 1 à 2 minutes. Le chirurgien doit être attentif aux risques de dessiccation ou au contraire de l'hydratation de la cornée, car cela pourrait influencer sur le taux d'ablation. C'est pourquoi il est généralement recommandé de commencer par l'épithélium périphérique et de garder le centre jusqu'au dernier stade. Les bords pliés ou les bords épaissis de l'épithélium restant pourraient être une source d'inconfort pendant la période postopératoire.

Différentes méthodes ont été décrites pour enlever l'épithélium; l'épithélium est soit éliminé à l'aide d'un instrument tranchant, aidé par une dilution d'alcool, soit par une fraise cornéenne motorisée [6], plus confortable pour le patient lors de la chirurgie et rapide à mettre en œuvre pour éviter une hydratation excessive de la cornée.

Il existe également la kératectomie photoréfractive transépithéliale [7] dans laquelle l'épithélium et le stroma sont atténués en une seule étape avec des résultats similaires à ceux obtenus avec l'alcool [8]. Lors de l'exécution d'une PKR transépithéliale, le chirurgien doit tenir compte de la différence d'épaisseur épithéliale entre le centre et la périphérie. Il présente de nombreux avantages, tels que l'obtention de bords lisses, la simplicité de la technique, une perte de temps moindre et la possibilité d'être réalisée en tant que retraitement après une chirurgie cornéenne antérieure. Mais; ses inconvénients résident dans le fait

que l'épaisseur de l'épithélium dépend de l'hydratation cornéenne et que certains auteurs font état d'une plus grande gêne en période postopératoire chez les patients opérés d'une PKR transépithéliale [9]. La prévisibilité à long terme des résultats de la réfraction dans la PKR est similaire à celle du LASIK, mais dans la PKR, les patients sont plus sujets à la régression [10].

B- Avantages

a- La PKR est techniquement plus facile à réaliser:

Alors que dans le Lasik, la courbe d'apprentissage est plus raide, surtout avec les micro-kératomes mécaniques et, dans une moindre mesure, dans le cas de la réalisation du volet cornéen par laser femtoseconde.

b-Aspects biomécaniques de la cornée[11]:

Le stroma résiduel après chirurgie réfractive étant reconnu comme un facteur de risque important d'ectasie, de nombreux chirurgiens préfèrent la PKR, et parfois en association avec le cross-linking, en cas de topographie cornéenne suspecte. Il n'y a pas de consensus sur l'épaisseur résiduelle minimale de la cornée, mais la plupart des chirurgiens préconisent une valeur de 400 à 350 microns.

L'ectasie post-PKR existe, mais elle est très rare comparativement à l'ectasie post-Lasik. On a également signalé des cas d'ectasie de la cornée à la suite d'un LASIK dans un œil, mais pas après une PRK dans l'œil adelphe.

c- Contraintes anatomiques:

Dans certains cas où le rebord orbitaire est proéminent ou la fente palpébrale est étroite, la PKR pourrait être une alternative plus sûre que Lasik.

d-La PKR une chirurgie sans volet:

Toutes les complications liées aux volet cornéen du Lasik sont simplement évitées. Il convient de citer ces complications potentielles liées au volet; qui peuvent être peropératoires comme un volet mince, un volet partiel, une boutonnière et un épithélium lâche; postopératoires précoce comme le volet décalé et la kératite lamellaire diffuse. Et enfin en postopératoire tardif comme la luxation du volet pouvant survenir des mois, voire des années après la chirurgie.

e-Le Kératocône:

La PKR peut être réalisée dans les cas de kératocône à réfraction stable et à astigmatisme limité. Deux profils d'ablation sont principalement utilisés dans le cadre du kératocône: l'ablation guidée par front d'onde et l'ablation guidée par la topographie.

Lors de l'ablation guidée par front d'onde, l'ensemble du système visuel est traité en tenant compte des erreurs optiques lenticulaires et cornéennes antérieures et postérieures. Cependant, la mesure des aberrations d'ordre élevé n'est pas précise dans les cas de kératocône avancé.



Dans l'ablation guidée par la topographie: elle aplatit une partie du sommet du cône et une zone plus large et arquée du cône, ce qui accentue la cornée aplatie adjacente au cône entraînant un aplatissement cornéen relatif. À noter qu'avec l'ablation guidée par la topographie, le tissu économisé est plus important que dans l'ablation guidée par front d'onde.

f- Dans les complications de Lasik:

La PRK peut être utilisée pour convertir un Lasik avorté si perte d'aspiration. Ou comme procédure d'amélioration d'un Lasik avec une erreur de réfraction postopératoire significative. Dans ce dernier cas, les brosses motorisées et épi-kératomes ne sont pas recommandées.

Dans les cas de volet de Lasik compliqué avec un astigmatisme irrégulier, une PKT ou une PRK transépithéliale sont plus appropriées.

g- La bioptique:

La PRK peut être utilisée efficacement pour gérer les erreurs de réfraction chez les patients opérés pour un échange lenticulaire réfractif (chirurgie à cristallin clair) ou lors de chirurgie de cataracte. Surtout lorsque des lentilles intraoculaires multifocales sont utilisées; où le moindre astigmatisme peut être problématique et dans les implants monofocales pour les grandes surprises de réfraction sphériques.

h- Dans le cadre des yeux implantés avec des implants phaqes:

L'amélioration par la chirurgie au laser de surface convient mieux que le Lasik; car il est préférable d'éviter les anneaux d'aspiration du Lasik afin d'empêcher le déplacement d'un implant phaque dans un œil autrement fragile.

i- Après kératoplastie à membrane de Descemet [12]:

La PRK peut être très utile pour corriger les erreurs de réfraction induites ou préexistantes chez les patients opérés d'une kératoplastie à la membrane de Descemet.

j- Cornée «limite»:

La PRK est plus sûre dans la cornée mince avec une topographie normale que si elle était opérée par Lasik [13]; et dans certains cas de cornée avec une topographie suspecte, une PRK associée à un crosslinking pourrait être utilisée.

k-Dystrophie de la membrane basale antérieure:

En cas de dystrophie préexistante de la membrane basale antérieure avec ou sans érosion récurrente, la PRK est le traitement idéal offrant à la fois une correction réfractive et un traitement de la maladie cornéenne sous-jacente.

l- Oeil sec:

La sécheresse oculaire peut être une contre-indica-

tion transitoire ou une complication en chirurgie réfractive; et la chirurgie au Lasik est plus susceptible de provoquer une sécheresse oculaire sévère [14].

Cela dit, même avec la PRK, les symptômes de sécheresse oculaire doivent être traités rigoureusement pour éviter que le patient ne blâme la chirurgie, et en raison du fait que les patients ressentiront plus les symptômes d'œil sec après la chirurgie s'ils ne sont pas traités convenablement au préalable.

m- En combinaison avec l'ablation guidée par front d'onde:

Certains auteurs pensent qu'il y a de meilleurs résultats si l'ablation guidée par front d'onde est combinée avec la PRK que si elle est combinée avec le Lasik. Cependant, de nombreuses études n'ont montré aucune différence statistiquement significative entre les deux approches [15].

n-La PRK est moins cher:

La PRK a un coût inférieur à celui de Lasik en raison de ses coûts supplémentaires représentés par le microkératome ou le laser femtoseconde.

2- LASEK ET SES AVANTAGES:

Le paradigme de la chirurgie de Lasek est de restaurer l'épithélium immédiatement après la photo-ablation du stroma à l'aide d'alcool dilué [16]. Il existe un débat sur l'intérêt de remettre le volet épithélial en termes de la rapidité de la récupération et de la douleur postopératoire éventuellement réduite [17] [18]. Théoriquement, d'une part, il présente des avantages en termes de création de rabat avec moins de gêne et éventuellement une vitesse de récupération accrue. Pourtant, cette technique est moins pratiquée de nos jours qu'auparavant en raison de questions relatives à la viabilité des cellules épithéliales après exposition à l'alcool [19].

3- EPI-LASIK ET SES AVANTAGES:

Dans cette variante de la PRK, le volet épithélial est créé en utilisant un épikératome adapté qui coupe juste au-dessus de la membrane de descemet, permettant ainsi de remettre le volet épithélial après photoblation stromale.

Il existe un débat sur la douleur et la vitesse de récupération car certaines études ont montré qu'il existait plus de douleur et une récupération plus lente si le volet était remplacé, mais la plupart des études montrent que les résultats sont égaux, que le lambeau soit remplacé ou pas [20].

La plupart des chirurgiens utilisent l'épikératome pour créer le lambeau épithélial, puis le soulèvent simplement pour éviter l'utilisation de l'alcool et pour obtenir un bord très lisse de l'épithélium restant avec moins de douleur postopératoire.



L'épikératome est très doux pour les cellules épithéliales, à la différence des brosses à dents motorisées qui écrasent les cellules épithéliales. Il y a donc moins de cytokines libérées et moins d'inflammation, ce qui réduit les risques de douleur et de haze postopératoire.

Avec l'épikératome, nous obtenons une ligne de fusion plus petite, très différente de la ligne de fusion stellaire obtenue dans la PKR classique, qui induit des perturbations visuelles persistantes pendant des semaines (image fantôme).

4- PKT ET SES AVANTAGES:

La PKT est utilisée pour traiter les troubles de la surface de la cornée avec une ablation égale dans toute la zone de traitement en utilisant un fluide masquant pour les niveaux bas situés pour effectuer l'ablation des seules lésions cornéennes surélevées; dans la PKT transépithéliale, l'épithélium est utilisé comme agent masquant.

De nos jours, la PKT est principalement utilisée pour améliorer l'acuité visuelle; il peut donc être utilisé pour traiter les lésions surélevées telles que la dégénérescence nodulaire de Salzmann et les cicatrices stromales antérieures (dystrophies stromales antérieures, kératopathie en bande) et pour traiter les complications du lambeau de Lasik (boutonnière). En outre, il peut être utilisé pour traiter la douleur telle que le syndrome d'érosion récurrente et la kératopathie bulleuse; et dans quelques rares cas pour traiter la kératite infectieuse (fongique, acanthamoeba).

Les tests auxiliaires sont obligatoires avant de réaliser la PKT. La tomographie par cohérence oculaire du segment antérieur (OCT) est obligatoire pour évaluer la profondeur des lésions; et la topographie cornéenne pour planifier une PKT guidée par la topographie [21]. Lors de la planification de la chirurgie par PKT, trois paramètres importants doivent être pris en compte: la profondeur de l'ablation, le statut de réfraction des deux yeux et le taux d'ablation qui peut être inférieur en présence de calcifications cornéennes et supérieur en cas de cicatrisation cornéenne et d'hydratation excessive de la cornée. La profondeur d'ablation ne doit pas dépasser le tiers du stroma cornéen avec un lit résiduel de 250 microns ou plus.

De nombreuses techniques sont décrites dans la réalisation de la PKT:

- * Débridement épithélial partiel: comme dans l'érosion récurrente dans laquelle il y a un débridement épithélial au site de la maladie suivi d'un laser localisé à une profondeur de 5 à 6 microns pouvant induire de l'astigmatisme, ou par photo-ablation plus large incluant la zone à traiter et l'axe visuel.

- * PKT transépithéliale: Dans cette variante l'épithélium est utilisé comme agent masquant. La fluorescence bleue lors de la photoablation est un signe qui indique que l'épithélium est complètement retiré. Cette variante de PKT est principalement indiquée dans la kératite infectieuse, les stries de la boutonnière et des volets dans le Lasik[22].
- * Utilisation de fluides masquants (p. Ex.: Hydroxyméthylcellulose de 0,7 à 2%) qui protègent les zones moins saillantes tout en permettant la photoablation de la zone surélevée.
- * Et enfin, la dernière alternative est représentée par le raclage mécanique des lésions surélevées à l'aide d'un instrument adapté.

En cas de chirurgie réfractive avec haze persistant, la PKT, associée à la mitomycine, peut être utilisée pour soulager cette complication potentielle de la PKR notamment.

La PKT peut entraîner certaines complications, notamment:

- * Problèmes de cicatrisation de la surface: guérison épithéliale retardée, fibrose et perforation.
- * -Biomécanique: ectasie cornéenne.
- * -Complications infectieuses: risque d'abcès de cornée.
- * Problèmes de réfraction: il existe principalement un shift hypermétropique (+3 à +9D) dans la PKT centrale ou un shift myopique avec astigmatisme dans la PKT périphérique. Une PKR avec ablation hypermétropique peut être utilisée pour compenser l'hypermétropie induite, soit pratiquée simultanément ou plusieurs semaines après la chirurgie initiale.
- * Problèmes de récurrence après le traitement initial: principalement dans les cas de kératite herpétique, de dystrophie maculaire et de maladie de Reis-Buckler.

CONCLUSION:

Le retour à la surface est une réalité, ce retour est principalement motivé par les avantages offerts par la PKR surtout après avoir maîtrisé les problèmes de cicatrisation de la surface. Est-ce que l'avenir apportera d'autres changements de paradigme? C'est la question à laquelle les chercheurs s'attaquent de nos jours à la recherche d'alternatives pour le meilleur de nos patients.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] M. B. McDonald, H. E. Kaufman, J. M. Frantz, S. Shofner, B. Salmeron, and S. D. Klyce, "Excimer laser ablation in a human eye. Case report," *Arch. Ophthalmol.*, vol. 107, no. 5, pp. 641–642, May 1989.
- [2] T.-I. Kim, J. H. Pak, S. Y. Lee, and H. Tchah, "Mitomycin C-induced reduction of keratocytes and fibroblasts after photorefractive keratectomy," *Investig. Ophthalmol. & Vis. Sci.*, vol. 45, no. 9, pp. 2978–2984, Sep. 2004.
- [3] E. G. Faktorovich and K. Melwani, "Efficacy and safety of pain relief medications after photorefractive keratectomy: review of prospective randomized trials," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 40, no. 10, pp. 1716–1730, Oct. 2014.
- [4] J. Wachtlin, K. Langenbeck, S. Schröder, E. P. Zhang, and F. Hoffmann, "Immunohistology of corneal wound healing after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. wachtlin@ukbf.fu-berlin.de," *J. Refract. Surg.*, vol. 15, no. 4, pp. 451–458, Aug. 1999.
- [5] C. R. Munnerlyn, S. J. Koons, and J. Marshall, "Photorefractive keratectomy: a technique for laser refractive surgery," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 14, no. 1, pp. 46–52, Jan. 1988.
- [6] S. P. Amols, "Photorefractive keratectomy using a scanning-slit laser, rotary epithelial brush, and chilled balanced salt solution," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 26, no. 11, pp. 1596–1604, Nov. 2000.
- [7] A. Fadlallah et al., "Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 37, no. 10, pp. 1852–1857, Oct. 2011.
- [8] M. H. A. Luger, T. Ewering, and S. Arba-Mosquera, "Consecutive myopia correction with transepithelial versus alcohol-assisted photorefractive keratectomy in contralateral eyes: one-year results," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 38, no. 8, pp. 1414–1423, Aug. 2012.
- [9] K. D. Kanitkar, J. Camp, H. Humble, D. J. Shen, and M. X. Wang, "Pain after epithelial removal by ethanol-assisted mechanical versus transepithelial excimer laser debridement," *J. Refract. Surg.*, vol. 16, no. 5, pp. 519–522, Oct. 2000.
- [10] K.-S. Na, S.-H. Chung, J. K. Kim, E. J. Jang, N. R. Lee, and C.-K. Joo, "Comparison of LASIK and surface ablation by using propensity score analysis: a multicenter study in Korea," *Investig. Ophthalmol. & Vis. Sci.*, vol. 53, no. 11, pp. 7116–7121, Oct. 2012.
- [11] P. Sánchez, K. Moutsouris, and A. Pandolfi, "Biomechanical and optical behavior of human corneas before and after photorefractive keratectomy," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 40, no. 6, pp. 905–917, Jun. 2014.
- [12] J. Prince and R. S. Chuck, "Refractive surgery after Descemet's stripping endothelial keratoplasty," *Curr. Opin. Ophthalmol.*, vol. 23, no. 4, pp. 242–245, Jul. 2012.
- [13] G. D. Kymionis et al., "Long-term results of thin corneas after refractive laser surgery," *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 144, no. 2, pp. 181–185, Aug. 2007.
- [14] C. Hodge, M. Lawless, and G. Sutton, "Keratectasia following LASIK in a patient with uncomplicated PRK in the fellow eye," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 37, no. 3, pp. 603–607, Mar. 2011.
- [15] E. E. Manche and W. W. Haw, "Wavefront-guided laser in situ keratomileusis (Lasik) versus wavefront-guided photorefractive keratectomy (Prk): a prospective randomized eye-to-eye comparison (an American Ophthalmological Society thesis)," *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.*, vol. 109, pp. 201–220, Dec. 2011.
- [16] D. T. Azar et al., "Laser subepithelial keratomileusis: electron microscopy and visual outcomes of flap photorefractive keratectomy," *Curr. Opin. Ophthalmol.*, vol. 12, no. 4, pp. 323–328, Aug. 2001.
- [17] P. Vinciguerra, F. I. Camesasca, and A. Randazzo, "One-year results of butterfly laser epithelial keratomileusis," *J. Refract. Surg.*, vol. 19, no. 2 Suppl, pp. S223–S226, Apr. 2003.
- [18] D. Wen et al., "Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis," *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 178, pp. 65–78, Jun. 2017.
- [19] C. C. Chen, J.-H. Chang, J. B. Lee, J. Javier, and D. T. Azar, "Human corneal epithelial cell viability and morphology after dilute alcohol exposure," *Investig. Ophthalmol. & Vis. Sci.*, vol. 43, no. 8, pp. 2593–2602, Aug. 2002.
- [20] S. Taneri, S. Oehler, J. Koch, and D. Azar, "Effect of repositioning or discarding the epithelial flap in laser-assisted subepithelial keratectomy and epithelial laser in situ keratomileusis," *J. Cataract. Refract. Surg.*, vol. 37, no. 10, pp. 1832–1846, Oct. 2011.
- [21] P. Vinciguerra and F. I. Camesasca, "Custom phototherapeutic keratectomy with intraoperative topography," *J. Refract. Surg.*, vol. 20, no. 5, pp. S555–S563, Oct. 2004.
- [22] A. Ashrafzadeh and R. F. Steinert, "Results of phototherapeutic keratectomy in the management of flap striae after LASIK before and after developing a standardized protocol: long-term follow-up of an expanded patient population," *Ophthalmology*, vol. 114, no. 6, pp. 1118–1123, Jun. 2007.