Technische Hochschule Brandenburg
University of Applied Sciences
Fachbereich Technik

Universitätsklinikum Brandenburg an der Havel
Campus für Gesundheit

Keratometrische Veränderungen durch den Salzmannknoten und Einfluss der chirurgischen Entfernung

Problemstellung

- Die Salzmann'sche noduläre Hornhautdegeneration ist eine seltene Hornhauterkrankung.
- Behandelt wird diese standardmäßig mit einer phototherapeutischen Keratektomie (PTK) oder einer manuellen oberflächlichen Keratektomie.
- Zur operativen Entfernung der Hornhautveränderungen, die mit der Erkrankung einhergehen, wurden bereits zahlreiche Studien zur PTK durchgeführt.
- Angesichts der bislang begrenzten Studienlage zur manuellen oberflächlichen Keratektomie wurde im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit diese Methode beleuchtet.

Zielsetzung

- Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war die Evaluation prä- und postoperativer Veränderungen ausgewählter Hornhautparameter von Patienten mit Salzmann'scher nodulärer Hornhautdegeneration.
- Mit Hilfe der Ergebnisse sollte ermittelt werden, inwieweit sich der Visus der Patienten nach dem operativen Eingriff verbessert hat und welche Parameter diesen am stärksten beeinflusst haben.

Methodik

- Für die Diagnostik wurden eine Haag-Streit Spaltlampe verwendet sowie die Pentacam AXL von Oculus.
- Insgesamt haben zehn Patienten mit der Diagnose eines Salzmannknotens an der Studie, im Zeitrahmen von Juni 2024 bis Februar 2026, teilgenommen und ließen sich die Knötchen im Universitätsklinikum in Brandenburg an der Havel operativ entfernen. Davon waren neun Patienten weiblich und ein Patient männlich.
- Das Durchschnittsalter der behandelten Personen lag bei rund 67 Jahren. Es wurde jeweils fünfmal das rechte Auge sowie das linke Auge operiert.

Ergebnisse

- Die refraktiven Parameter Astigmatismus und Sphäre sind postoperativ gesunken und wiesen mit $p < 0,05$ statistische Signifikanz auf. Der Visus steigerte sich von 0,46 ± 0,25 vor dem operativen Eingriff auf 0,72 ± 0,30 nach dem Eingriff.
- Durch den operativen Eingriff wurden die Irregularitäten beseitigt, sodass die maximale Hornhautkrümmung K_{max} insgesamt weniger stark gekrümmt und die Zahl an Dioptrien um ca. 6,50 dpt gesunken ist. Auffällig ist die Entwicklung des Wertes der mittleren Hornhautkrümmung K_m. Dieser erhöhte sich postoperativ, im Gegensatz zu den anderen Messdaten.
- In Tabelle 1 sind die Veränderungen der gemessenen Hornhautparameter mit den Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD), Testarten, dem Signifikanzwert p sowie der Effektgröße aufgeführt. Hier wurden die Parametermittelwerte aller Probanden zusammengefasst.

Tab. 1: Veränderungen der topographischen Parameter von prä- zu postoperativ

Parameter	prä (MW±SD)	post (MW±SD)	Test	p	Effektgröße
K_{max}	56,27 ± 9,91 dpt	50,53 ± 5,86 dpt	Wilcoxon	0,0091	-0,87 (r)
K_m	42,89 ± 2,95 dpt	46,02 ± 2,98 dpt	t-Test	0,0003	2,04 (Cohen's d)
Q	-0,32 ± 1,45	-0,53 ± 0,37	t-Test	0,7312	-0,13 (Cohen's d)

- Die optische Qualität der Hornhaut zeigt eine Verbesserung aufgrund der Verringerung der untersuchten Aberrationen.
- Der RMS* Koma ist von 3,02 ± 3,48 µm auf 0,69 ± 0,54 µm nach dem operativen Eingriff gesunken.
- Der Dreiblattfehler wies mit einem p-Wert von 0,009 statistische Signifikanz auf. Insgesamt liegt dort eine Verringerung von ca. 2,76 µm vor.
- Der Großteil der Patienten wies eine Abnahme der RMS-Werte der sphärischen Aberration nach dem operativen Eingriff auf.
- Präoperativ betrug der RMS-Wert des Peak to Valley 81,60 ± 39,89 µm und postoperativ 20,78 ± 14,83 µm. Das beträgt im Mittel eine Verringerung um ca. drei Viertel.

*RMS = Root Mean Square (quadratischer Mittelwert)

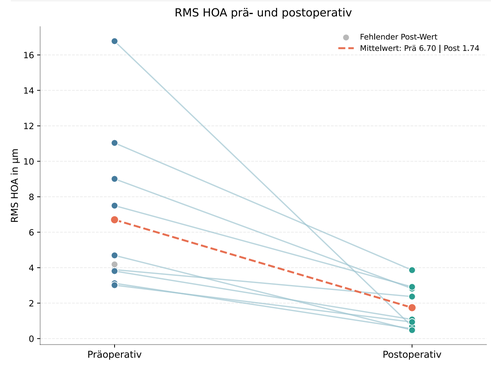


Abb. 1: Individuelle prä- und postoperative RMS HOA-Verläufe der untersuchten Augen

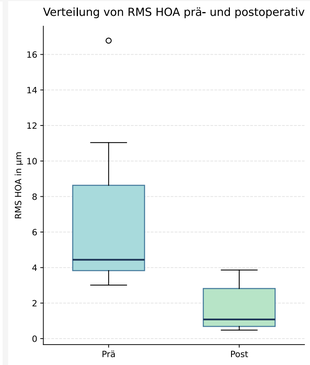


Abb. 2: Boxplot der prä- und postoperativen RMS HOA-Werte

*HOA = Higher-order aberration (Aberrationen höherer Ordnung)

Fazit

- Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die manuelle oberflächliche Keratektomie, auch ohne phototherapeutische Maßnahmen, eine effektive Methode ist, um den Salzmannknoten zu behandeln.
- Die Oberfläche der Hornhaut konnte nachweislich verbessert und relevante Aberrationen reduziert werden.
- Insgesamt lässt sich aus den vorliegenden Analysen allerdings nicht ableiten, welcher Parameter den Visus am stärksten beeinflusst hat.
- Das Resultat daraus deutet dennoch auf eine Steigerung der Sehqualität hin.

Literatur

[1]Z. Qi, R. Mukhija, G. Quiney, und M. A. Nanavaty, „Impact of Superficial Keratectomy on Corneal Topography, Aberration, and Densitometry in Salzmann Nodular Degeneration", *J. Clin. Med.*, Bd. 15, Nr. 1, Dez. 2025, doi: 10.3390/jcm15010178.
[2]M. Messina, M. Poddi, N. De Santi, E. Bianchi, und C. Cagini, „Combined superficial keratectomy, alcohol delamination and amniotic membrane patch with fibrin glue in Salzmann nodular degeneration", *Eur. J. Ophthalmol.*, Bd. 34, Nr. 4, S. 1281–1285, Juli 2024, doi: 10.1177/11206721241251890.
[3]G. K. Lang, J. Esser, O. Gareis, und G. E. Lang, Hrsg., *Augenheilkunde*, 5., Überarbeitete Auflage. in Thieme electronic book library. Stuttgart New York: Thieme, 2014. doi: 10.1055/b-002-96292.
[4]F. Grehn, *Augenheilkunde*, 31., Überarbeitete Auflage. in Springer-Lehrbuch. Berlin Heidelberg: Springer, 2012. doi: 10.1007/978-3-642-11333-8.
[5]A. Berke, *Biologie des Auges: eine Einführung in die Anatomie und Physiologie des Auges*. in WVAO Bibliothek, no. 10. Mainz a. Rh: WVAO, 1999.
[6]M. Salzmann, „I. über eine Abart der knötchenförmigen Hornhaut-dystrophie", *Z. Für Augenheilkd.*, Bd. 57, Nr. 1–6, S. 92–99, März 2010, doi: 10.1159/000295975.
[7]K. Wang und C. W. See, „Salzmann's nodular degeneration", *Exp. Eye Res.*, Bd. 202, S. 108351, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.exer.2020.108351.
[8]E. V. L. Brown und D. Katz, „Salzmann's Nodular Corneal Dystrophy: Its Pathology and a Suggested Therapy", *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.*, Bd. 32, S. 110–127, 1934.
[9]E. O. Graue-Hernández *u. a.*, „Salzmann Nodular Degeneration", *Cornea*, Bd. 29, Nr. 3, S. 283–289, März 2010, doi: 10.1097/ICO.0b013e3181b7658d.
[10]M. Tripathi, A. Markan, und B. Gurnani, „Salzmann Nodular Corneal Degeneration", in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. Zugegriffen: 4. Februar 2026. [Online]. Verfügbar unter: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560684/
[11]R. Khaireddin, T. Katz, R. B. Baile, G. Richard, und S. J. Linke, „Superficial keratectomy, PTK, and mitomycin C as a combined treatment option for Salzmann's nodular degeneration: a follow-up of eight eyes", Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol., Bd. 249, Nr. 8, S. 1211–1215, Aug. 2011, doi: 10.1007/s00417-011-1643-7.

Betreuer THB: Prof. Dr. Andreas Jechow
Betreuer Universitätsklinikum: Univ.-Prof. Dr. med. Stefan Lang
Autorin: Helene Wawrok (Bachelor of Eng.)