

Martin Vogel · Kyra Lauritzen · Universitäts-Augenklinik Göttingen

Punktueller Excimerlaserablation des Trabekelwerks

Klinische Ergebnisse*

Zusammenfassung

Problemstellung: Wie weit ist eine Drucksenkung bei Glaukomaugen durch punktförmige Ablation des Trabekelwerks mit dem Excimerlaser möglich?

Methode: Bei 27 konsekutiven Augen mit Glaucoma chronicum simplex (GCS) und 8 Augen mit Normaldruckglaukom (NDG) wurden in Lokalanästhesie 3–5 Poren mit dem Excimerlaser (308 nm, 35–55 mJ/mm²) über eine 400-µm-Quarzfasern in das Trabekelwerk gesetzt, mit dem Ziel, den intraokularen Druck zu senken. Alle Patienten waren Kandidaten für eine Gonioreparation, da trotz maximaler medikamentöser Therapie weitere Gesichtsfeldeinschränkungen auftraten.

Ergebnisse: Von 27 Augen mit GCS wurde bei 22 Augen eine Drucksenkung um durchschnittlich 7 mmHg (maximal 10,5 – 1,5 mmHg) erreicht. 12 Augen mußten weiter mit Tropfen behandelt werden, jedoch auf einem niedrigeren Druckniveau und niedrigerer Dosierung. Bei 5 Augen versagte die Therapie. Bei 3 von diesen Augen mußte eine Gonioreparation durchgeführt werden. Bei den 8 Augen mit NDG wurde eine mittlere Drucksenkung von 5 mmHg (maximal 10 – 0,5 mmHg) erreicht. Von diesen mußten 5 weiter mit Tropfen behandelt werden. Bei einer mittleren Beobachtungszeit von 7 Monaten trat keine Druckerhöhung auf. **Schlußfolgerung:** Mit der von uns durchgeführten punktuellen Ablation des Trabekelwerks mit dem Excimerlaser wurde der intraokulare Druck bei insgesamt 30 von 35 Augen über eine mittlere Beobachtungszeit von 7 Monaten gesenkt. Die minimale Traumatisierung des Auges bei gleichzeitiger Drucksenkung verspricht einen neuen Weg der Glaukomchirurgie.

Schlüsselwörter

Glaukomchirurgie · Trabekelwerkchirurgie · Excimerlaseranwendung bei Glaukom

Moderne Lasertechnologien wie der Excimer- oder Er:YAG-Laser ermöglichen die Ablation von Gewebe mit minimalen thermischen Reaktionen [1, 2, 4, 10, 11, 16, 19]. Dadurch wird eine minimale Nekrose mit entsprechend geringer entzündlicher Reaktion und damit geringer Vernarbung hervorgerufen. Diese günstigen Voraussetzungen haben wir uns bei unseren Überlegungen zunutze gemacht, den Hauptabflußwiderstand des Auges im Trabekelwerk und der Innenwand des Schlemm-Kanals zu reduzieren. Experimentelle Untersuchungen an Schweine- und menschlichen, zur Keratoplastik nicht geeigneten Augen hatten ergeben, daß es ohne nennenswerte Traumatisierung des Auges möglich ist, offene Verbindungen zwischen Vorderkammer und Schlemm-Kanal herzustellen [16]. Unsere Überlegungen wurden durch erste Ergebnisse an Glaukomaugen bestätigt, die uns ermutigt haben, diese neue Form der Glaukomtherapie an einer größeren Zahl von Glaukomaugen anzuwenden. Damit wurde der Excimerlaser erstmals zur Ablation des Trabekelwerks verwendet [19].

Patienten und Methode

27 Augen mit Glaucoma chronicum simplex (GCS) und 8 Augen mit Normaldruckglaukom (NDG) wurden behandelt. In allen Fällen handelte es sich um solche Augen, die trotz maximaler medikamentöser Therapie weitere Gesichtsfeldausfälle aufwiesen. Alle Augen waren für eine Gonioreparation vorgesehen.

Entsprechend der bereits dargestellten Technik [16] wurde in Lokalanästhesie in medikamentöser Miosis eine Parazentese angelegt, die Vorderkammer mit Methocel aufgestellt und eine 400-µm-Quarzfasern unter Sicht über ein modifi-

ziertes Trokelgonioskop in den Kammerwinkel geführt. Die Quarzfasern wurde nach Gebrauch am vorderen Ende mit einer Spezialzange abgekniffen, so daß ein glatter, runder Querschnitt entstand. Es wurden zwischen 3 und 6 Poren mit einer Energie von 35–58 mJ/mm² und 15 Hz über 3 s in das Trabekelwerk ablatiert. Danach wurden das Methocel und evtl. ausgetretenes Blut mit BSS über die Parazentese aus der Vorderkammer gespült. Die Parazentese wurde mit einer 9/0-Vicrylnaht adaptiert.

Ergebnisse

Von 27 Augen mit GCS wurde bei 22 Augen eine Drucksenkung erzielt. Sie betrug im Mittel 7 mmHg.

Bei 18 Augen mußten weiter drucksenkende Tropfen verordnet werden, jedoch konnten 1 oder 2 Substanzklassen weggelassen werden.

Bei 5 Augen gelang dies nicht, so daß bei 3 Augen eine Gonioreparation durchgeführt werden mußte.

In 1 Fall kam es zu einer ausgeprägten intraoperativen Blutung mit einem Druckanstieg um 38 mmHg. Hier mußten das Blutkoagel entfernt und anschließend eine Gonioreparation durchgeführt werden. Ursache dieser Komplikation war eine zu periphere Ablation im Bereich des Skleralalpsorns und der Iriswurzel.

In 10 Fällen trat während der Operation eine Blutung als Rückfluß aus dem Schlemm-Kanal auf, die mit BSS über die

* Vortrag gehalten auf der 94. Tagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft

Prof. Dr. M. Vogel
Universitäts-Augenklinik,
Robert Koch-Straße 40, D-37075 Göttingen

Clinical results of selective excimer laser ablation of the trabecular meshwork

Summary

Purpose: Examination of the efficacy of pore formation in the trabecular meshwork by excimer laser to reduce intraocular pressure in glaucoma eyes.

Patients and methods: In 27 consecutive eyes with chronic simple glaucoma and 8 eyes with low-tension glaucoma, 3 to 5 pores were ablated into the trabecular meshwork with an excimer laser (308 nm, 35–55 mJ/mm²), creating an open communication between the anterior chamber and Schlemm's canal. This was accomplished by the use of a 400-µm quartz fiber and a modified Trokel gonioscope. All patients were candidates for trabeculectomy because visual fields continued to deteriorate in spite of maximum medication.

Results: Intraocular pressure was median reduced by 7 mmHg (range 10.5 to 1.5 mmHg) in 22 of 27 eyes with chronic simple glaucoma over a median follow-up of 7 months. In 12 eyes, further medication has to be continued, yet at a lower dose and lower level of intraocular pressure. In five eyes therapy failed. In three of these eyes, a trabeculectomy had to be performed. In eight eyes with low-tension glaucoma, a median reduction of intraocular pressure of 5 mmHg (range 10 to 0.5 mmHg) was accomplished over a median follow-up of 7 months. In five of these eyes, further medication on a lower level was continued. No further surgery was necessary.

Conclusions: With the microsurgical method of pinpoint ablation of the trabecular meshwork by excimer laser, intraocular pressure was reduced in 30 of 35 eyes over a median follow-up period of 7 months. These results encourage us to continue the development of this procedure, perhaps with a microendoscope. The minimal trauma to the eye of this procedure leaves all other options of surgery open.

Key words

Glaucoma surgery · Trabecular meshwork surgery · Excimer-laser application in glaucoma

Glaukom: Kurzmitteilung

Parazentese ausgespült werden konnte und nach 3 Tagen vollständig resorbiert war.

Bei 16 Augen kam es in den ersten 5 postoperativen Tagen zu Druckanstiegen bis 40 mmHg, die durch das im Kammerwinkel verbliebene Methocel verursacht wurden. Hier war der Einsatz von Diamox und β -Blockern notwendig. Nachdem wir die Operation jedoch bei einem intraokularen Druck von 10 mmHg beendeten, stieg der Druck für 2–3 Tage auf 25 mmHg an.

In 3 der ersten Fälle kam es zu einem Kontakt der Quarzfaser mit dem Hornhautendothel der Hornhautperipherie. Es entwickelte sich ein umschriebenes Hornhautödem, das über 2 Wochen anhielt.

Ebenfalls in der Anfangsphase der Operationsmethode wurde bis zu 7 s abadiert. In 3 Augen beobachteten wir eine Filterkissen-ähnliche Verwölbung der Bindehaut im Ablationsbereich. Zwar war die Sklera nicht perforiert, aber die Kollektorkanälchen anscheinend so weit eröffnet, daß das unter Druck stehende Methocel unter die Bindehaut gedrängt wurde. Diese Pseudofilterkissen waren nach 2 Tagen folgenlos verschwunden.

Bei allen 8 Augen mit NDG erreichten wir im Mittel eine Drucksenkung von 5 mmHg. Zwar mußte in 5 Fällen noch weiter getropft werden, doch konnte auf 1–2 Substanzklassen verzichtet werden.

Diskussion

Da sich nach den Untersuchungen von Grant [6, 7] der Hauptabflußwiderstand des Kammerwassers im Trabekelwerk und der Innenwand des Schlemm-Kanals befindet, ist es logisch, mit chirurgischen Maßnahmen dort anzusetzen, wenn man den intraokularen Druck senken will. Versuche, den intraokularen Druck durch mikrochirurgische Maßnahmen am Trabekelwerk mit und ohne Laser zu senken, sind auf unterschiedlichste Weise durchgeführt worden. Dabei kam es zu vorübergehenden Drucksenkungen [3–5, 8, 18].

Berlin et al. [1, 2] führten mit dem Excimerlaser fistulierende Operationen ab interno durch, in dem sie im Bereich des Kammerwinkels die Sklera über eine Quarzfaser bis in den Bereich der Tenon-Kapsel perforierten. Anhaltende Erfolge blieben bislang jedoch aus, so daß sich keine dieser Methoden mit Ausnahme

der Trabekuloplastik [20] durchsetzen konnte.

Bei unseren ersten Untersuchungen [17] wünschten wir uns einen Laser, der im ps-Bereich ohne nennenswerten thermischen Effekt das Trabekelwerk abträgt. Ein solches Gerät, gab es zu jener Zeit noch nicht. Mit der Einführung des Excimerlasers in die Medizin bot sich uns das Gerät, das wir suchten. Die Möglichkeit, Gewebe zu abladieren, ließ den Excimerlaser als das ideale Gerät erscheinen. Spätere Berichte über die Anwendung des Er:YAG-Lasers zeigen, daß er sehr ähnliche Möglichkeiten wie der Excimerlaser bietet [10, 11].

Angeblieh hat der Excimerlaser mit 308 nm eine mutagene Wirkung. Trotz seiner weitverbreiteten Anwendung in der Medizin ist uns kein Fall bekannt, in dem es nachweislich durch die Anwendung des Excimerlasers bei einem Patienten zu einer Tumorbildung gekommen wäre. DNA hat ihr Absorptionsmaximum bei 190 nm, also deutlich entfernt von 308 nm [9]. Die Untersuchungen der Mutagenität bei der Anwendung von 193 nm haben zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt [12, 15]. Bei der Anwendung von 193 nm treten als Sekundärstrahlung 270 nm und 310 nm auf, die zum einen mutagen, zum anderen kataraktogen sind [13]. Dabei werden aber Energiemengen und Belichtungszeiten benötigt, die weit über dem liegen, was wir am Auge anwenden [1, 14]. Photorefraktive Hornhautchirurgie wird seit mehreren Jahren mit 193 nm und deutlich längeren Expositionszeiten durchgeführt, als wir sie verwenden. Bedenkt man, daß inzwischen weit über 200 000 Patienten mit 193 nm photorefraktiv behandelt wurden, ohne daß durch diese Behandlung nachweislich strahlungsbedingte mutagene Schäden aufgetreten sind, so ist die von Jacobi et al. [10] aufgestellte Behauptung, der Excimerlaser sei für die Routineanwendung ungeeignet, schon gar für 308 nm, völlig unbegründet.

Die Quarzfaser oder das Endoskop sollten nicht über das optische Zentrum der Linse geführt werden. Geht die Vorderkammer bei den Manipulationen verloren und die Linse wird gegen die Faser oder das Endoskop gedrängt, kommt es zur Eindellung der vorderen Linsenrinne und damit zu einem hohen Astigmatismus, der sich nur über Monate wieder zurückbildet. Wir beobachteten diese Komplikation in 1 Auge. Aus diesem Grund

führen wir die Faser von 11 Uhr ausgehend immer tangential bei 2 und bei 6 Uhr in den Kammerwinkel.

Die bisher erzielten Senkungen des intraokularen Drucks weichen noch stark voneinander ab. Sie reichen von 0,5–10,5 mmHg. Wir führen das auf die unterschiedliche Zahl und die unterschiedliche Lokalisation der Poren zurück, die insbesondere in der Anfangsphase unserer Erfahrung schwankte. So sind auch die unerwünschten Nebenwirkungen wie stärkere Blutung oder vorübergehende postoperative Druckerhöhung mit zunehmender Beherrschung der Operationsmethode kaum mehr aufgetreten.

Die Ablation des Trabekelwerks mit einer Quarzfaser unter Sicht über ein Kontaktglas ist technisch nicht ganz einfach. Bei genauem Zielen auf das Trabekelwerk können jedoch Komplikationen wie Endothelverletzungen oder stärkere Blutungen bei Iriswurzelverletzungen vermieden werden.

Eine erfolgsversprechende Variante der mikrochirurgischen Laseranwendung in der Glaukomchirurgie ist die Entwicklung eines Endoskops zur Darstellung des Trabekelwerks. Gemeinsam mit der Fa. PolyDiagnost haben wir ein Endoskop entwickelt, das einschließlich Optik, Spülung, Quarzfaser und Metallhülse nur 1 mm Durchmesser hat. Experimentelle Anwendungen berechtigen zu der Hoffnung, daß hier ein ganz neuer Weg der intraokularen Mikrochirurgie beschritten werden kann.

Unsere Ergebnisse bei insgesamt 35 Patienten bestätigen unsere Überlegung, daß durch Porenbildung im Trabekelwerk der intraokulare Druck gesenkt werden kann. Hier bietet sich eine Operationsmethode an, die gegenüber bisherigen Glaukomoperationen den Vorteil einer minimalen Traumatisierung des Auges hat und den Druck dort senkt, wo er hervorgerufen wird. Größere Patientenzahlen und längere Beobachtungszeiten im Rahmen unserer prospektiven Studie sind zur endgültigen Empfehlung dieses Vorgehens noch notwendig.

Fazit für die Praxis

Die Ergebnisse dieser Untersuchung an insgesamt 35 Patienten mit einem Glaucoma chronicum simplex oder einem Normaldruckglaukom bestätigen die Überlegung, daß durch Porenbildung im Trabekelwerk der intraokularen Druck gesenkt werden kann. Dazu wurde in Lokalanästhesie mit dem Excimerlaser eine punktuelle Ablation von 3–5 Poren über eine 400-µm-Quarzfasern im Trabekelwerk durchgeführt, wobei zu beachten ist, daß die Quarzfaser oder das Endoskop nicht über das optische Zentrum des Auges geführt werden sollten.

In allen Fällen handelte es sich um Patienten, die trotz maximaler medikamentöser Therapie weitere Gesichtsfeldausfälle aufwiesen. Die erzielten Drucksenkungen weisen jedoch noch stark voneinander ab, sie reichen von 0,5–10,5 mmHg.

Es sind allerdings größere Patientenzahlen und längere Beobachtungszeiten zur endgültigen Empfehlung dieses Verfahrens notwendig.

Literatur

- Berlin MS, Rajacich G, Duffy M, Grundfest W, Goldenberg T (1987) **Excimer laser photoablation in glaucoma filtering surgery.** Am J Ophthalmol 103:713–714
- Berlin MS, Martinez M, Papaioannou T, Grundfest W (1988) **Goniophotocoablation: excimer laser filtering surgery.** Laser Light Ophthalmol 2:17–24
- Del Priore LV, Robin LA, Pollak IP (1988) **Long-term follow-up of neodymium:YAG laser angle surgery for open-angle glaucoma.** Ophthalmology 95:277–281
- Dutton GN, Allan D, Cameron SA (1987) **Aiming criteria for neodymium-YAG laser trabeculotomy. A clinico-pathological study.** Eye 1:401–405
- Epstein DL, Melamed S, Puliafito CA, Steinert RF (1985) **Neodymium:YAG laser trabeculopuncture in open-angle glaucoma.** Ophthalmology 92:931–937
- Grant WM (1950) **Tonographic method of measuring the facility and rate of aqueous flow in human eyes.** Arch Ophthalmol 44:204–214
- Grant WM (1951) **Clinical measurements of aqueous outflow.** Arch Ophthalmol 46:113–131
- Hill RA, Baerveldt G, Ozler SA, Pickford M, Profeta GA, Berns MW (1991) **Laser trabecular ablation (LTA).** Lasers Surg Med 11:341–346

- Ito T, Ito A, Hieda K, Kobayashi K (1983) **Wave-length dependence of inactivation and membrane damage to saccharomyces cerevisiae cells by monochromatic synchrotron vacuum-uv radiation (145–190 nm).** Radiat Res 96:532–548
- Jacobi P, Dietlein TS, Krieglstein GK (1996) **Effects of Er:YAG laser trabecular ablation on outflow facility in cadaver porcine eyes.** Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 234:204–208
- Kermani O, Lubatschowski H, Ertmer W, Krieglstein GK (1993) **Internal ablative sinostomy using a fiber delivered Q-switched CTE:YAG laser (2.69 microns).** Int Ophthalmol 17:211–215
- Nuss RC, Puliafito CA, Dehm E (1987) **Unscheduled DNA synthesis following excimer laser of the cornea in vivo.** Invest Ophthalmol Vis Sci 28:287–294
- Müller-Stolzenburg N, Müller GJ (1989) **Transmission of 308 nm excimer laser radiation for ophthalmic microsurgery – medical, technical and safety aspects.** Biomed Technik 34:131–138
- Pitts DG, Cullen AP, Hacker PD (1977) **Ocular effects of ultraviolet radiation from 295–365 nm.** Invest Ophthalmol Vis Sci 16:932–941
- Trentacoste J, Thompson K, Parrish II RK, Hajek A, Berman M, Ganjei P (1987) **Mutagenic potential of a 193 nm excimer laser in fibroblasts in tissue culture.** Ophthalmology 94:125–129
- Vogel M, Scheurer G, Neu W, Dressel M, Gerhardt H (1990) **Die Ablation des Trabekelwerks.** Klin Monatsbl Augenheilkd 197:250–252
- Vogel M, Schildberg P (1973) **Histologische Frühergebnisse nach experimenteller Lasertrabekulopunktur.** Klin Monatsbl Augenheilkd 163:353–358
- Vogel M, Ecker S, Cieplik G, Bernhardt G (1988) **Lasertrabekuloplastik bei Glaucoma chronicum simplex. Ergebnisse einer prospektiven, klinischen Studie.** Klin Monatsbl Augenheilkd 193:8–15
- Vogel M, Lauritzen K, Quentin CD (1996) **Punktuelle Ablation des Trabekelwerks mit dem Excimer-Laser beim primären Offenwinkelglaukom.** Ophthalmologie 93:565–568
- Wise JB, Witter SL (1979) **Argon laser therapy of open angle glaucoma. A pilot study.** Arch Ophthalmol 97:319–322