

Intraocular Pressure Measurements after Penetrating Keratoplasty Using the Ocular Response Analyzer versus Goldmann Applanation Tonometer

Feizi S, MD*; Pakravan M, MD; Malekifar P, MD; Javadi MA, MD

Ophthalmic Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Corresponding author: sepehrfeizi@yahoo.com

Purpose: To compare intraocular pressure (IOP) readings measured by the Ocular Response Analyzer (ORA) with those measured by the Goldmann applanation tonometer (GAT) in keratoconic eyes following penetrating keratoplasty (PKP) and to evaluate the influence of anatomical and biomechanical properties of the grafts on IOP measurements.

Methods: This cross-sectional study was conducted on 45 keratoconic eyes undergoing PKP. IOP was measured using the GAT (IOP GAT); corneal hysteresis (CH), corneal resistance factor (CRF), Goldmann-related IOP (IOPg), and cornea-compensated IOP (IOPcc) were obtained using the ORA; central graft thickness (CGT) was measured by ultrasonic pachymetry. Bland-Altman and mountain plots were used to evaluate agreement between the tonometers. The correlation of graft curvature and astigmatism; central graft thickness (CGT); and corneal biomechanical properties with IOP readings was investigated using multivariate regression analysis.

Results: Mean patient age was 29.8 ± 6.1 years and mean follow up was 91.2 ± 35.4 months. Mean CH, CRF, and CGT were 10.2 ± 2.1 mmHg, 10.1 ± 2.2 mmHg, and 565.4 ± 37.7 μ m, respectively. Mean IOP GAT, IOPg, and IOPcc were 12.2 ± 2.4 , 15.1 ± 3.5 , and 15.8 ± 3.3 mmHg, respectively ($P < 0.001$). The 95% limit of agreement between IOP GAT and IOPg ranged from -3.6 to 9.3 mmHg. CH and CRF, but not CGT or keratometric astigmatism were significantly associated with IOP GAT, IOPg, and IOPcc.

Conclusion: Graft biomechanics had more influence on IOP values as compared to anatomical features. In comparison to GAT, the ORA seem to overestimate IOP in post-PKP eyes.

Key Words: Intraocular Pressure, Ocular Response Analyzer, Penetrating Keratoplasty

• Bina J Ophthalmol 2011; 17 (2): 93-100.

Received: 22 January 2011

Accepted: 1 May 2011

مقایسه دقت سنجش فشار داخل چشمی پس از پیوند نافذ قرنیه توسط تحلیل‌کننده پاسخ چشمی (Ocular Response Analyzer) با تونومتر تماسی گلدمن

دکتر سپهر فیضی^۱، دکتر محمد پاکروان^۲، دکتر پرویز ملکی‌فر^۳ و دکتر محمدعلی جوادی^۴

هدف: مقایسه فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده توسط دستگاه تحلیل‌کننده پاسخ چشمی (Ocular Response Analyzer, ORA) با تونومتر گلدمن (Goldmann Applanation Tonometer; GAT) و ارزیابی تاثیر ویژگی‌های آناتومیکی و بیومکانیکی پیوند بر روی مقادیر فشار داخل چشمی در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه که تحت عمل جراحی پیوند نافذ قرنیه (Penetrating keratoplasty; PKP) قرار گرفته‌اند.

روش پژوهش: این مطالعه مقطعی، بر روی ۴۵ چشم مبتلا به قوز قرنیه که تحت عمل جراحی پیوند نافذ قرنیه قرار گرفته بودند، صورت گرفت. در همه چشم‌ها، فشار داخل چشمی با استفاده از تونومتر گلدمن (IOP GAT) و هیستریزس قرنیه‌ای (CH: corneal hysteresis)، عامل مقاومت قرنیه‌ای (CRF: corneal resistance factor)، فشار داخل چشمی مرتبط با

گلدمن (IOP_g: Goldmann-related IOP) و فشار داخل چشمی جبران شده برای قرنيه (IOP_{cc}: cornea-compensated IOP) با استفاده از تحلیل‌کننده پاسخ چشمی و ضخامت مرکزی پیوند (Central Graft Thickness: CGT) اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی هم‌خوانی بین نتایج حاصله از تونومترها، از نمودارهای Bland-Altman و Mountain Plot استفاده گردید. ارتباط انحنای قرنيه و آستیگماتیسم و ضخامت مرکزی پیوند و بیومکانیک قرنيه با فشار داخل چشمی با استفاده از تحلیل آماری رگرسیون بررسی گردید.

یافته‌ها: متوسط سن بیماران ۲۹/۸±۶/۱ سال و میانگین مدت زمان پی‌گیری بعد از جراحی ۹۱/۲±۳۵/۴ ماه بود. متوسط هیستریزیس قرنيه و عامل مقاومت قرنيه‌ای و ضخامت مرکزی پیوند به ترتیب ۱۰/۲±۲/۱ میلی‌متر جیوه، ۱۰/۱±۲/۲ میلی‌متر جیوه و ۵۶۵/۴±۲۷/۷ میکرومتر بود. فشار داخل چشمی با استفاده از تونومتري گلدمن و فشار داخل چشمی مرتبط با گلدمن و فشار داخل چشمی جبران‌شده برای قرنيه به ترتیب ۱۲/۲±۲/۴ و ۱۵/۱±۳/۵ و ۱۵/۸±۳/۳ میلی‌متر جیوه بود (P<۰/۰۰۱). محدوده ۹۵ درصد هم‌خوانی بین IOP_g و IOP GAT، از ۳/۶- تا ۹/۳ میلی‌متر جیوه بود. هیستریزیس قرنيه و عامل مقاومت قرنيه‌ای برخلاف ضخامت مرکزی پیوند یا آستیگماتیسم کراتومتریک به طور مستقیم و معنی‌داری با IOP_{cc} و IOP_g و IOPGAT رابطه داشت.

نتیجه‌گیری: بیومکانیک پیوند بیش از معیارهای آناتومیکی بر روی مقادیر فشار داخل چشمی تأثیر دارد. نتایج فشار داخل چشمی پس از پیوند نافذ قرنيه با تحلیل‌کننده پاسخ چشمی به طور معنی‌داری از گلدمن بالاتر بود.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۰؛ دوره ۱۷، شماره ۲: ۹۳-۱۰۰.

• **پاسخ‌گو:** دکتر سهر فیزی (email: sepehrfeizi@yahoo.com)

دریافت مقاله: ۲ بهمن ۱۳۸۹
تایید مقاله: ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۰

- ۱- استادیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
 - ۲- دانشیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
 - ۳- دستیار چشم‌پزشکی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
 - ۴- استاد- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- تهران- پاسداران- بوستان نهم- خیابان پایدارفرد (خیابان امیر ابراهیمی)- پلاک ۲۳- مرکز تحقیقات چشم

جداره چشم در برخی موارد پیوند قرنيه مانند از قوز قرنيه، ممکن است منجر به تخمین فشار داخل چشمی کم‌تر اندازه واقعی توسط GAT شود.

برای رفع مشکلاتی که در اندازه‌گیری فشار داخل چشم توسط GAT در چشم‌های پیوندی وجود دارد، تونومترهای متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا به عنوان یک جایگزین ایده‌آل به کار روند^{۱-۸}. اخیراً فناوری جدیدی که فشار داخل چشمی را به طور غیرتماسی اندازه می‌گیرد (Ocular response Analyzer; Boffals, USA)، معرفی شده است. در این فناوری فشار داخل چشمی (NK, USA) مستقل از ضخامت و مقاومت قرنيه و همزمان با معیارهای جدید شامل هستی‌زیس قرنيه‌ای (Corneal Hysteresis; CH) و عامل مقاومت قرنيه‌ای (Corneal Resistance Factor; CRF) اندازه‌گیری می‌شود^{۱۱}. این وسیله از طریق فرستادن هوای پر فشار که سبب فرورفتگی و سپس برگشت قرنيه می‌شود، دو اندازه‌گیری را ثبت می‌کند. با محاسبه میانگین مقادیر حاصل از این دو اندازه‌گیری، فشار داخل چشمی مرتبط با گلدمن (Goldmann-related IOP;

مقدمه

هدف اصلی پیوند قرنيه در اکثر بیماران، اصلاح ویژگی‌های اپتیکی چشم می‌باشد. با این وجود پاسخ به این سوال که آیا ویژگی‌های بیومکانیکی در موارد خاص مثل قوز قرنيه می‌تواند پس از پیوند قرنيه بهبود یابد، مبهم است. این مساله وقتی حائز اهمیت است که تلاش برای اصلاح فشار داخل چشمی (Intraocular pressure; IOP) در موارد افزایش یا کاهش مقاومت قرنيه صورت گیرد. پایش فشار داخل چشمی بعد از پیوند نافذ قرنيه (Penetrating keratoplasty; PKP) بی‌نهایت مهم است، زیرا فشار داخل چشمی بالا می‌تواند علت ۴۲-۱۰ درصد از موارد شکست پیوند قرنيه باشد^{۱-۵}.

اگرچه تونومتر تماسی گلدمن (Goldmann Applanation tonometer; GAT) به عنوان استاندارد طلایی برای اندازه‌گیری فشار داخل چشمی محسوب می‌شود، آستیگماتیسم بالا و نامنظمی سطح قرنيه بعد از پیوند نافذ قرنيه می‌تواند دقت اندازه‌گیری آن را کاهش دهد^{۶،۷}. علاوه بر این، کاهش مقاومت

(IOP_g) حاصل می‌شود.

فشار داخل چشمی توسط یک تونومتر ممکن است اندازه‌گیری‌های بعدی را تحت تاثیر قرار دهد، اندازه‌گیری‌ها با هر دو دستگاه به صورت تصادفی در یک ساعت با فاصله زمانی ۵ دقیقه انجام می‌شود، تا این که اثر نوسان فشار داخل چشمی به حداقل برسد. جهت اجتناب از اثر خواب و نوسانات فشار داخل چشمی در طول روز (diurnal variation) بر روی خواص قرنی‌های از جمله ضخامت مرکزی پیوند (Central graft thickness; CGT)، CH، CRF و IOP، اندازه‌گیری صبح‌ها و حداقل ۳ ساعت بعد از بیدار شدن از خواب که افت فشار بعد از بیداری اتفاق افتاده بود، انجام می‌شود. همه اندازه‌گیری‌ها توسط یک چشم پزشکی صورت می‌گرفت.

در هر چشم، IOP با استفاده از تونومتری تماسی گلدمن (Zeiss AT020) پس از استفاده از قطره تتراکائین ۰/۵ درصد ۲ بار اندازه‌گیری می‌شد و میانگین این دو اندازه‌گیری ثبت می‌شد. به منظور کاهش اثر آستیگماتیسم قرنی‌های بر روی اندازه‌گیری، نوک تونومتر در حالتی قرار می‌گرفت که با مسطح‌ترین مریدین، ۴۳ درجه زاویه داشته باشد.

ORA جهت اندازه‌گیری CRF، CH و IOP_g و IOP_{cc} استفاده می‌شد. به طور خلاصه، از بیماران درخواست می‌شد در حالتی که چشمان خود را کاملاً باز کرده‌اند به یک هدف نوری سبز در مرکز نورهای قرمز نگاه کنند. بعد از یک فشار هوا، شاخص‌های اندازه‌گیری شده بر روی مانیتور (صفحه نمایش) ظاهر می‌شد. برای هر بیمار ۴ اندازه‌گیری انجام می‌گرفت و بعد از کنار گذاشتن اعدادی که به طور غیر طبیعی پایین و یا بالا بودند، میانگین اندازه‌گیری‌ها محاسبه می‌شد.

در مرحله آخر، پاکی‌متری مرکزی پیوند با استفاده از یک پروب تماسی اولتراسونیک (Sonomed Inc, Lake success, NY, USA) بعد از ریختن قطره تتراکائین ۰/۵ درصد انجام می‌شد. پروب به صورت عمود بر مرکز پیوند قرار داده می‌شد و ۵ اندازه‌گیری در محدوده ± 2 میکرومتر حاصل می‌شد. میانگین این اعداد برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار می‌گرفت.

تحلیل آماری

به منظور گزارش آماری کلی، میانگین و انحراف معیار جهت تعیین اطلاعات با پراکندگی طبیعی و آزمون آنالیز واریانس جهت مقایسه فشار داخل چشمی متوسط اندازه‌گیری شده با ORA و GAT استفاده شد. همخوانی بین دو تونومتر با Mountain Plots، Bland-Altman ارزیابی شد. همبستگی CGT، وضعیت عیب انکساری (آستیگماتیسم پیوند و کراتومتری متوسط) و خواص

فشار داخل چشمی جبران شده برای قرنیه (Cornea-compensated IOP; IOP_{cc})، فشار داخل چشم را مستقل از ویژگی‌های قرنیه مانند ضخامت مرکزی اندازه‌گیری می‌کند. هیستریزیس که معیاری از خواص ویسکوالاستیک قرنیه به شمار می‌رود، تفاوت بین فشارهای تماسی فرورفتگی و برگشت (Inward and outward applanation pressure) بوده و تحت تاثیر ضخامت و مقاومت قرنیه قرار می‌گیرد^{۱۱}. عامل مقاومت قرنیه (Corneal resistance factor; CRF)، معیار دیگری است که توسط ORA اندازه‌گیری می‌شود. باور بر این است که این معیار تحت تاثیر خواص الاستیکی قرنیه قرار گرفته و نشان‌دهنده مقاومت کلی قرنیه می‌باشد^{۱۲}.

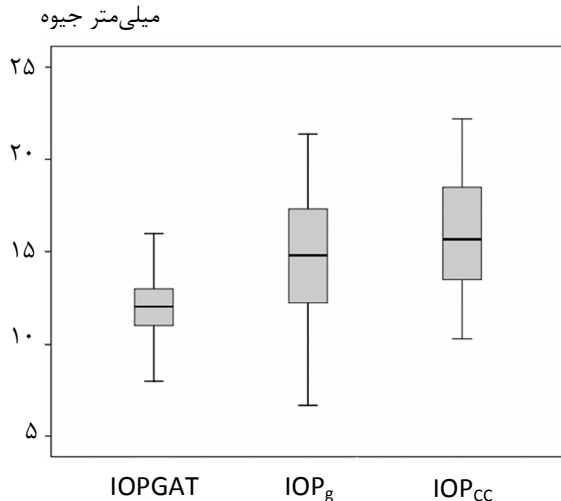
اگرچه مطالعاتی مبنی بر توافق مقادیر اندازه‌گیری شده توسط ORA و GAT در قرنیه‌های طبیعی وجود دارد^{۱۳-۱۴}، گزارشی که دقت تونومتری گلدمن بعد از PKP را نشان دهد، موجود نیست. در مطالعه حاضر، همخوانی بین دو وسیله ORA و GAT در بیماران مبتلا به قوز قرنیه که تحت عمل PKP قرار گرفته‌اند و هم‌چنین تاثیر سایر عوامل شامل ضخامت مرکزی پیوند، آستیگماتیسم و انحنای پیوند (Steepness) و خواص بیومکانیکی آن (CH, CRF) بر روی فشار داخل چشمی بررسی شده است.

روش پژوهش

در این مطالعه مقایسه‌ای - مقطعی که در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۷ انجام شد، گروهی از بیماران مبتلا به قوز قرنیه که تحت عمل جراحی PKP قرار گرفته بودند، بررسی شدند. معیار ورود، برداشتن کامل بخیه‌ها حداقل ۶ ماه قبل از ورود به مطالعه بود. بیماران در صورت وجود هر گونه بیماری چشمی به غیر از قوز قرنیه، اختلالات سیستمیک از جمله دیابت شیرین، تاریخچه جراحی اعم از پیوند قبلی قرنیه، جراحی آب‌مرورید یا انواع جراحی عیوب انکساری، استفاده از لنز تماسی یا داروهای چشمی موضعی از مطالعه خارج شدند.

این مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق مرکز تحقیقات چشم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی قرار گرفت و پس از توضیح در مورد ماهیت مطالعه، از همه شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی اخذ گردید. معاینات چشمی شامل میزان بینایی اصلاح نشده (UCVA) و بهترین دید اصلاح‌شده توسط عینک (BSCVA) با استفاده از جدول اسنلن، معاینه با اسلیت لامپ، اندازه‌گیری میزان عیب انکساری مانیفست و کراتومتری در بیماران بود. چون اندازه‌گیری

نظر آماری معنی‌دار بود ($P=0/04$) (تصویر ۱). Bland-Altman هم‌خوانی بین دو فشار اندازه‌گیری شده با GAT و ORA را در تصویر ۲ نشان می‌دهد.



تصویر ۱- مقادیر فشار داخل چشمی اندازه‌گیری شده با تحلیل‌کننده پاسخ چشمی تونومتر تماسی گلدمن با هم مقایسه شده‌اند.

اختلاف متوسط بین IOP_g و IOPGAT، $2/0 \pm 2/83$ میلی‌متر جیوه (فاصله اطمینان ۹۵ درصد برابر با $3/81 - 1/84$ میلی‌متر جیوه و محدوده $-5/30$ تا $9/00$ میلی‌متر جیوه، $P < 0/001$) و بین IOP_{cc} و IOPGAT $3/1 \pm 3/56$ میلی‌متر جیوه (فاصله اطمینان ۹۵ درصد برابر با $4/53 - 2/60$ میلی‌متر جیوه و محدوده $-2/80$ تا $10/20$ میلی‌متر جیوه، $P < 0/001$) بود. رابطه معنی‌داری بین IOP_g و IOPGAT ($P=0/004$ و $R^2=0/44$) حاصل شد. هم‌چنین ارتباط بین IOP_{cc} و IOPGAT ($P=0/005$ و $R^2=0/42$) نیز به سطح معنی‌دار رسید.

تحلیل رگرسیون چندمتغیره نشان داد که CH و CRF به طور معنی‌دار و مستقیم با IOP_{GAT} و IOP_g و IOP_{cc} رابطه دارند (جدول ۲). با این حال هیچ رابطه‌ای بین این دو مقدار (CH و CRF) با CGT و آستیگماتیسم قرنیه‌ای مشاهده نشد. همراهی معنی‌داری بین دو شاخص کراتومتری متوسط و معادل کروی عیب انکساری بعد از عمل با IOP_{GAT} (جدول شماره ۲) مشخص شد. CGT با CRF رابطه معنادار داشت. ($P=0/003$ و $R^2=0/43$) حال آنکه رابطه آن با CRF در سطح معنادار ($P=0/10$ و $R^2=0/25$) نبود.

بیومکانیکی پیوند (CH, CRF) با مقدار فشار داخل چشمی که توسط هر تونومتری اندازه‌گیری شد، با استفاده از تحلیل رگرسیون چندمتغیره بررسی گردید. مقدار P کم‌تر از $0/05$ از لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد. تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۴ انجام شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، ۴۹ چشم مبتلا به قوز قرنیه که تحت عمل جراحی PKP قرار گرفته بودند، بررسی شدند. چهار چشم از مطالعه خارج شدند، زیرا شاخص‌های اندازه‌گیری شده توسط ORA در سه مورد غیرقابل ارزیابی و در یک مورد به صورت غیرطبیعی بالا بودند. علت این مشاهده را می‌توان تداخل سطح نامنظم قرنیه و یا اسکار تشکیل شده در محل دهنده-گیرنده در نظر گرفت. بنابراین $IOP_{GAT}=12/6 \pm 1/8$ ، $IOP_{g}=14/3 \pm 2/3$ و $IOP_{cc}=15/1 \pm 2/1$ میلی‌متر جیوه (۲۱ چشم راست) چشم از ۳۶ بیمار (۲۴ مرد) با میانگین سنی $29/8 \pm 6/1$ (۴۴-۱۷) سال جهت تحلیل آماری در نظر گرفته شدند.

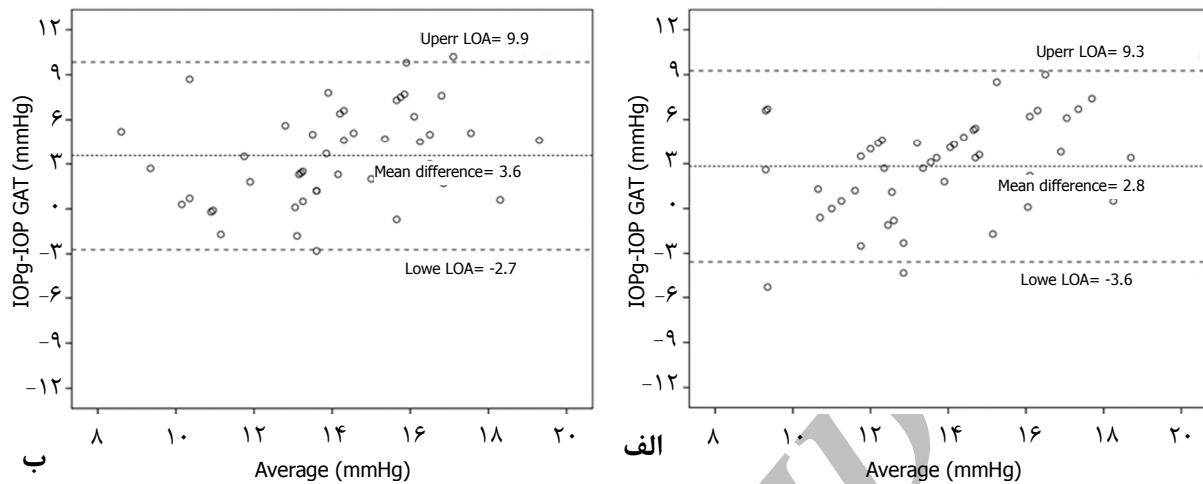
فاصله زمانی بین پیوند قرنیه و انجام مطالعه، $91/2 \pm 35/4$ (۲۹۶-۲۱) ماه بود. اندازه متوسط تریفاین گیرنده و دهنده به ترتیب $7/78 \pm 0/22$ (۸-۷/۵) میلی‌متر و $8/09 \pm 0/25$ (۸/۵-۷/۷۵) میلی‌متر بود. اختلاف تریفاین در ۳۰ چشم $0/25$ میلی‌متر و ۱۵ چشم $0/5$ میلی‌متر بود. معادل کروی عیب انکساری، کراتومتری متوسط و آستیگماتیسم قرنیه‌ای به ترتیب $-2/87 \pm 2/8$ (۲/۲۵+ تا $-11/50$) دیوپتر، $44/87 \pm 1/9$ (۴۹/۷۵ تا $40/0$) دیوپتر و $4/47 \pm 2/9$ (۱۴/۵۰ تا ۰) دیوپتر بود. جدول (۱) سایر اطلاعات در مورد ضخامت مرکزی پیوند و خواص بیومکانیکی آن را نشان می‌دهد.

جدول ۱- متغیرهای مطالعه و توزیع آماری آن‌ها

متغیر	متوسط \pm انحراف معیار	بازه
CGT (میکرومتر)	$565/4 \pm 27/7$	۵۱۵-۶۱۵
CH (میلی‌متر جیوه)	$10/2 \pm 2/1$	۶/۳-۱۵/۷
CRF (میلی‌متر جیوه)	$10/1 \pm 2/2$	۷/۳-۱۶/۰

CGT: ضخامت مرکزی قرنیه، CH: هیستریزس قرنیه‌ای و CRF: عامل مقاومت قرنیه‌ای

IOP_{GAT} به طور معنی‌داری کم‌تر از IOP_g ($P < 0/001$) و IOP_{cc} ($P < 0/001$) محاسبه شد و اختلاف بین IOP_g و IOP_{cc} از



تصویر ۲- نمودار Bland-Altman میزان توافق اندازه‌گیری‌های انجام شده به وسیله تحلیل‌کننده پاسخ چشمی (IOPg) و تونومتر تماسی گلدمن (IOP GAT) را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ارتباط خواص بیومکانیکی قرنیه و ضخامت مرکزی پیوند با فشارهای داخل چشمی اندازه‌گیری شده مختلف

میزان P	ضریب همبستگی R ²	متغیر
۰/۰۰۳	۰/۴۰	CH در مقابل IOP GAT
< ۰/۰۰۱	۰/۹۹	IOP _g
۰/۰۰۳	۰/۴۱	CRF در مقابل IOP GAT
< ۰/۰۰۱	۰/۹۹	IOP _g
۰/۹۴	۰/۰	CGT در مقابل IOP GAT
۰/۳۸	۰/۰۴	IOP _g
۰/۹۶	۰/۰	آستیگماتیسم کراتومتریکی در مقابل IOP GAT
۰/۶۱	۰/۰۵	IOP _g
۰/۴۴	۰/۰۳	میانگین کراتومتری در مقابل IOP GAT
۰/۹۹	۰/۰۸	IOP _g

CH: هیستریزس قرنیه‌ای، CRF: عامل مقاومت قرنیه‌ای، CGT: ضخامت مرکزی پیوند، IOPGAT: فشار داخل چشمی اندازه‌گیری شده توسط تونومتر اپلاناسیون گلدمن و IOP_g: فشار داخل چشمی مرتبط با گلدمن (اندازه‌گیری شده توسط ORA)

در شرایط بالینی مقدور نیست. GAT، استاندارد طلایی برای اندازه‌گیری فشار داخل چشمی محسوب می‌شود، اما صحت نتایج آن شدیداً با ادم و نامنظمی قرنیه ای و هر گونه تغییر در ضخامت و مقاومت آن کاهش می‌یابد. علاوه براین، این وسیله برای اندازه‌گیری فشار داخل چشمی در قرنیه‌های طبیعی طراحی شده است، در نتیجه هرگونه تغییرات بیومکانیکی در رابطه با مجموعه پیوند- میزبان می‌تواند تاثیر منفی بر دقت آن بعد از عمل پیوند

بحث

فشار داخل چشمی بالا بعد از عمل جراحی پیوند نافذ قرنیه یکی از علل غیر ایمنی شکست پیوند می‌باشد،^۱ لذا فشار داخل چشمی باید جهت تشخیص و درمان هیپرتانسیون چشمی در این چشم‌ها به طور دقیق اندازه‌گیری شود.^{۲-۵} روش ایده‌آل برای اندازه‌گیری IOP، وارد کردن یک پروب مانومتریکی به داخل سگمان قدامی و اندازه‌گیری مستقیم فشار می‌باشد، ولی این روش

نافذ قرنیه داشته باشد.

که ORA به طور کامل برای این چشم‌ها بی‌خطر است چون جداشدگی زخم پیوند (Wound dehiscence) در هیچ کدام از بیماران ایجاد نشد. این مشاهده نشان داد که بعد از برداشتن کامل بخیه، محل زخم جراحی قدرت تحمل تغییر شکل به داخل پیوند توسط فشار سریع هوا را دارد. در ۴ چشم، دستگاه قادر به تحلیل اطلاعات نبود و مقادیر خارج از منحنی و یا فشارهای بالای غیرطبیعی را که با یافته‌های بالینی هم‌خوانی نداشت، نشان داد. سیگنال‌های غیر طبیعی پس از پیوند قرنیه به ویژه وقتی قرنیه به انحنای اصلی خود بر می‌گردد می‌تواند علت این اندازه‌گیری‌های غیر طبیعی باشد.^{۱۱} در حالی که یک سیستم ردیاب نوری در دستگاه ORA تغییرات انحنای قرنیه‌ای را در قطر ۳ میلی‌متری در طی تماس به داخل و خارج پایش می‌کند، آستیگماتیسم نامنظم شدید یا حضور اسکار در محل بینابینی میزبان-دهنده می‌تواند با انعکاس نور از سطح قرنیه تداخل نموده منجر به تفسیر غلط اطلاعات گردد.

در مطالعه حاضر هیچ‌گونه همبستگی بین آستیگماتیسم قرنیه‌ای و اندازه فشار داخل چشمی توسط دو تونومتر وجود نداشت. جهت کاهش اثر آستیگماتیسم قرنیه‌ای بر روی عدد خواننده شده با GAT، نوک تونومتر در حالتی که ۴۳ درجه مسطح‌ترین مریدیان زاویه داشته باشد، قرار داده شد. روش‌های دیگری جهت جبران تخمین کم‌تر و یا بیش از اندازه فشار داخل چشمی توسط GAT ناشی از آستیگماتیسم بالا وجود دارد که شامل معدل‌گیری از اندازه‌های به دست آمده در دو محور ۹۰ درجه یا کاهش یا اضافه کردن ۱ میلی‌متر جیوه به ازای هر ۴ دیوپتر به ترتیب در موارد آستیگماتیسم خلاف قاعده یا موافق با قاعده می‌باشد.^{۱۵}

GAT IOP برخلاف IOPg و IOPcc همراهی معنی‌داری با متوسط کراتومتری و معادل کروی عیب انکساری (اسفیریکال اکی‌والانت) داشت. این امکان وجود دارد که پیوندهای قرنیه با شیب بیش‌تر، سبب تخمین بیش از اندازه فشار داخل چشمی توسط GAT شود، اثری که با ORA از بین می‌رود.

در این مطالعه، ترتیب استفاده از تونومترها به طور تصادفی بود، زیرا اندازه‌گیری‌های یک تونومتر می‌تواند با اندازه‌گیری‌های بعدی تداخل نماید.^{۱۶} هم‌چنین این احتمال می‌رود که درستی شاخص‌های اندازه‌گیری شده توسط ORA با استفاده از بی‌حسی موضعی قبلی تغییر یابد.^{۱۷}

در میان عوامل قرنیه‌ای مختلف، CH و CRF همبستگی معنی‌دار مثبتی با IOP، IOPg، IOPcc نشان دادند، ولی

در مطالعات متفاوت، تونومترهای مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند تا یک جایگزین مورد اعتماد که بتواند مشکلات مرتبط با اندازه‌گیری فشار داخل چشمی توسط GAT بعد از پیوند قرنیه را رفع کند، معرفی کنند. مقایسه اندازه‌گیری فشار داخل چشمی با استفاده از تونومتر جریان خونی چشمی (OBF: Ocular Blood Flow) و تونوپن با GAT در چشم‌های PKP توسط Rao و همکاران^۸ اختلاف معنی‌داری بین ۳ تونومتر نشان نداد. مشکل موجود در مطالعه آن‌ها، وارد کردن بیماران با موارد لزوم مختلف برای انجام عمل PKP، مانند کراتوپاتی بولوس، دیستروفی‌های قرنیه‌ای، کراتیت هرپتیک و قوز قرنیه بود. این ناهمگونی در گروه مورد مطالعه می‌تواند بر نتیجه‌گیری موثر باشد. زیرا مقاومت چشم که اندازه‌گیری فشار داخل چشمی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، ممکن است در موارد مختلف لزوم پیوند قرنیه تفاوت داشته باشد.

مطالعه‌ای که توسط Lisle و Ehlers انجام گرفت^۹، نشان داد که مقدار فشار داخل چشمی اندازه‌گیری شده با تونومتر غیر تماسی X-Pert اختلاف قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با مقادیر اخذ شده توسط GAT در چشم‌های PKP دارد. با این وجود، نتایج آن‌ها قابل تعمیم نیست، زیرا آن‌ها مطالعه را در طی ۱۳ ماه بعد از PKP انجام دادند، که هنوز بخیه‌ها در محل باقی بودند. این امکان وجود دارد که پاسخ قرنیه پیوندی به فشار هوا که توسط تونومتر X-Pert ایجاد می‌شود، بعد از برداشتن کامل بخیه‌ها تغییر نماید. Cerruti و همکاران مقدار فشار داخل چشمی با تونومتری Dynamic Contour Tonometry (DCT) و GAT را در چشم‌هایی که تحت PKP یا پیوند قرنیه لایه‌ای عمقی قدامی (DALK) قرار گرفته بودند، مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که همبستگی بالایی بین DCT و GAT وجود دارد. با وجود این، میزان فشار داخل چشمی اندازه‌گیری شده توسط DCT، ۲/۵ میلی‌متر جیوه بالاتر از GAT بود و این اختلاف با افزایش در مقادیر فشار داخل چشمی کاهش می‌یافت.^{۱۰}

مطالعه حاضر، اولین مطالعه‌ای است که ORA را با GAT بعد از PKP مقایسه می‌کند. همه بیماران موارد لزوم یکسانی برای عمل جراحی PKP داشتند (قوز قرنیه)، بنابراین نتایج این مطالعه باید در این زمینه تفسیر شود، زیرا قسمتی از قرنیه غیرطبیعی گیرنده که بعد از تریفاین کردن باقی می‌ماند ممکن است تاثیری بر روی شاخص‌های پیوند و اندازه‌گیری فشار داخل چشمی داشته باشد.

طبق راهنمای دستگاه ORA پیش از این، PKP به عنوان معنی برای انجام اندازه‌گیری ذکر گردیده بود. ما به این مساله پی بردیم

می‌کند. با استفاده از اطلاعات به دست آمده توسط CH، IOPcc فشار داخل چشم را تا حدودی مستقل از عوامل قرنی‌های مانند ضخامت قرنی‌ه اندازه‌گیری می‌کند^{۱۱}. احتمالاً این مساله علت بالا بودن مقدار IOPcc از IOP GAT و IOPg در این مطالعه می‌باشد. با مدنظر قرار دادن GAT بعنوان استاندارد طلایی و مقایسه سایر تونومترها با آن، برخی مطالعات تغییرات ± 3 میلی‌متر جیوه‌ای اندازه‌گیری‌های بین این تونومترها را قابل قبول در نظر گرفتند^{۲۱، ۲۰}. با استفاده از این شاخص برای مطالعه ما، فقط ۳۹/۱ درصد اندازه‌گیری IOPg در این محدوده قرار داشت. یک توجیه برای این اختلاف می‌تواند ضریب کالیبراسیون خطی استفاده شده جهت تبدیل میانگین ۲ فشار اپلاناسیون اندازه‌گیری شده توسط ORA به فشار داخل چشمی مرتبط با گلدمن باشد. این ضریب برای چشم‌های غیرپیوندی محاسبه شده است. با توجه به این که خواص بیومکانیکی چشم‌هایی که تحت PKP قرار می‌گیرد تغییر می‌کند، بنابراین ضریب دیگری ممکن است نیاز باشد. در مطالعه حاضر، این ضریب بر اساس معادله $IOP_g = 0.79 \times IOP + 7.8$ محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری

تحلیل‌کننده پاسخ چشمی یک روش غیر تماسی بی‌خطر جهت اندازه‌گیری فشار داخل چشمی بعد از عمل پیوند نافذ قرنی‌ه می‌باشد. اما مقادیر به دست آمده توسط آن به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر است که می‌توان آن را با استفاده از یک ضریب به IOP GAT تبدیل نمود. البته بدون اجرای مانومتری داخل چشمی، تعیین اینکه کدام وسیله میزان واقعی فشار داخل چشمی را می‌سنجد، امکان‌پذیر نیست. هم‌چنین مقایسه فشار داخل چشمی و خواص بیومکانیکی قرنی‌ه‌ای قبل و بعد از پیوند نافذ قرنی‌ه در قوز قرنی‌ه می‌تواند میزان تغییر این مشخصه‌ها پس از عمل را مشخص نماید.

ضخامت پیوند با این معیارها همراهی نداشت، در حالی که CGT به طور معنی‌دار با CH و CRF همبستگی داشت. از این مشاهدات می‌توان دریافت که اگرچه CH و CRF و CGT با یکدیگر مرتبط هستند، ولی خواص فیزیکی و بیومکانیکی متفاوتی را نشان می‌دهند.

شواهد زیادی بیان‌کننده تاثیر ضخامت مرکزی قرنی‌ه‌ای بر روی اندازه فشار داخل چشمی توسط GAT می‌باشد. به طوری که فشار داخل چشمی در چشم‌های با قرنی‌ه‌های ضخیم به میزان بیش از اندازه و در قرنی‌ه‌های نازک کم‌تر از اندازه واقعی تخمین زده می‌شود^{۱۸}. با این وجود، این مطالعه در نشان دادن هر گونه همراهی بین CGT و اندازه فشار داخل چشمی توسط ORA یا GAT ناموفق بود. این یافته با سایر مطالعاتی که عدم همراهی بین ضخامت مرکزی پیوند و فشار داخل چشمی را نشان می‌دهد، هم‌خوانی دارد^{۱۹، ۸۱}. ممکن است که پیوند قرنی‌ه ارتباط طبیعی بین ضخامت مرکزی و فشار داخل چشمی مشاهده شده در چشم‌های غیرپیوندی را تغییر دهد. برای مثال، اسکاری که بین قرنی‌ه‌های گیرنده و دهنده تشکیل می‌شود می‌تواند با خواص بیومکانیکی قرنی‌ه دهنده-میزبان ارتباط داشته باشد و در مقایسه با سایر عوامل تاثیرگذار مثل CGT عامل قوی تری باشد. CH و CRF احتمالاً در اندازه‌گیری اثرات تجمعی مقاومت قرنی‌ه، ویسکوزیته، الاستیسته و عوامل مرتبط با اسکار زخم در چشم‌های پیوند شده مناسب ترند و بنابراین همبستگی بهتری با فشار داخل چشمی نسبت به CGT نشان می‌دهند.

در این مطالعه مقادیر IOPg و IOPcc به طور معنی‌داری از IOP GAT بالاتر بود. اگر چه مقادیر به دست آمده همگی با هم مرتبط بودند. به علاوه IOPcc به اندازه 1.6 ± 0.73 میلی‌متر جیوه از IOPg بالاتر بود.

با این وجود، انحراف معیار بزرگ به این معنی است که اختلاف بین افراد مختلف (از ۵/۷- تا ۵/۶ میلی‌متر جیوه) تفاوت

منابع

1. Aldave AJ, Rudd JC, Cohen EJ, Rapuano CJ, Laibson PR. The role of glaucoma therapy in the need for repeat penetrating keratoplasty. *Cornea* 2000; 9:772-776.
2. Foulks GN. Glaucoma associated with penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1987; 94:871-874.
3. Goldberg DB, Schanzlin DJ, Brown SI. Incidence of increased intraocular pressure after keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1981;92:372-377.
4. Karesh JW, Nirankari VS. Factors associated with glaucoma after penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1983;96:160-164.
5. Kirkness CM, Ficker LA. Risk factors for the development of postkeratoplasty glaucoma. *Cornea* 1992;11:427-432.
6. Rootman DS, Insler MS, Thompson HW, Parelman J, Poland D, Unterman SR. Accuracy and precision of the Tono-Pen in measuring intraocular pressure after keratoplasty and epikeratophakia and in scarred corneas. *Arch Ophthalmol* 1988;106:1697-700.
7. Geyer O, Mayron Y, Loewenstein A, Neudorfer M, Rothkoff L, Lazar M. Tono-Pen tonometry in normal and in post-keratoplasty eyes. *Br J Ophthalmol*

- 1992;76:538-540.
8. Rao VJ, Gnanaraj L, Mitchell KW, Figueiredo FC. Clinical comparison of ocular blood flow tonometer, Tonopen, and Goldmann applanation tonometer for measuring intraocular pressure in postkeratoplasty eyes. *Cornea* 2001;20:834-838.
 9. Lisle C, Ehlers N. A clinical comparison of the Xpert non-contact tonometer with the Goldmann applanation tonometer after penetrating keratoplasty. *Acta Ophthalmol Scand* 2000;78:211-215.
 10. Ceruti P, Morbio R, Marraffa M, Marchini G. Comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry in deep lamellar and penetrating keratoplasties. *Am J Ophthalmol* 2008;145:215-221.
 11. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:156-162.
 12. Shah S, Laiquzzaman M, Cunliffe I, Mantry S. The use of the Reichert ocular response analyser to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resistance factor and central corneal thickness in normal eyes. *Cont Lens Anterior Eye* 2006;29:257-262.
 13. Shen M, Wang J, Qu J, Xu S, Wang X, Fang H, et al. Diurnal variation of ocular hysteresis, corneal thickness, and intraocular pressure. *Optom Vis Sci* 2008;85:1185-1192.
 14. Laiquzzaman M, Bhojwani R, Cunliffe I, Shah S. Diurnal variation of ocular hysteresis in normal subjects: relevance in clinical context. *Clin Experiment Ophthalmol* 2006;34:114-118.
 15. Holladay JT, Allison ME, Prager TC. Goldmann applanation tonometry in patients with regular corneal astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1983;96:90-93.
 16. Eisenberg DL, Sherman BG, McKeown CA, Schuman JS. Tonometry in adults and children. A manometric evaluation of pneumatonometry, applanation, and TonoPen in vitro and in vivo. *Ophthalmology* 1998;105:1173-1181.
 17. Ehongo A, De Maertelaer V, Pourjavan S. Effect of topical corneal anesthesia on ocular response analyzer parameters: pilot study. *Int Ophthalmol* 2009;29:325-328.
 18. Mok KH, Wong CS, Lee VW. Tono-Pen tonometer and corneal thickness. *Eye* 1999;13:35-37.
 19. Viestenz A, Langenbacher A, Seitz B, Viestenz A. Evaluation of dynamic contour tonometry in penetrating keratoplasties. *Ophthalmologe* 2006;103:773-776.
 20. Denis P, Nordmann JP, Bertin V, Gayraud JM, Laroche L, Saraux H. Evaluation of the Tono-Pen and X-Pert noncontact tonometers in cataract surgery. *Ophthalmologica* 1993;207:155-161.
 21. Armstrong TA. Evaluation of the Tono-Pen and the Pulsair tonometers. *Am J Ophthalmol* 1990;109:716-720.

Archive of SID