

Comparison of Corneal Graft Biomechanical Properties following Penetrating Keratoplasty and Deep Anterior Lamellar Keratoplasty Using the Ocular Response Analyzer

Feizi S, MD*; Jafarinasab MR, MD; Hashemlo A, MD; Javadi MA, MD

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

*Corresponding author: sepehrfeizi@yahoo.com

Purpose: To compare corneal hysteresis and resistance factor after penetrating keratoplasty (PK) and deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) using Anwar's big-bubble technique using the ocular response analyzer.

Methods: Forty-five PK eyes and 23 DALK eyes with keratoconus were compared in terms of corneal hysteresis (CH), corneal resistance factor (CRF), Goldmann-correlated intraocular pressure (IOPg) and cornea-compensated IOP (IOPcc).

Results: Mean age was 29.8 ± 6.1 years in the PK group and 27.2 ± 6.5 years in the DALK group ($P=0.11$); patients were followed for 31.4 ± 19.0 and 29.2 ± 17.3 months after corneal transplantation, respectively ($P=0.27$). There was no significant difference between the study groups in terms of recipient ($P=0.21$) and donor ($P=0.57$) trephine size or BSCVA ($P=0.77$). Mean CH was 10.09 ± 2.5 mmHg in the PK group and 9.64 ± 2.1 mmHg in the DALK group ($P=0.36$); mean CRF was 10.13 ± 2.2 and 9.36 ± 2.1 mmHg, respectively ($P=0.17$). No significant difference was found between the study groups in terms of IOPg ($P=0.25$) and IOPcc ($P=0.80$).

Conclusion: PK and DALK techniques provide comparable graft biomechanics in keratoconic eyes.

Key words: Graft Biomechanics, Penetrating Keratoplasty, Deep Anterior Lamella keratoplasty, Keratokonus, Ocular Response Analyser

• Bina J Ophthalmol 2011; 16 (4): 338-343.

Received: 31 October 2010

Accepted: 19 January 2011

مقایسه شاخص‌های بیومکانیک قرنیه‌های پیوندی پس از پیوند تمام‌ضخامتی و پیوند لایه‌ای عمیق با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر پاسخ چشمی

دکتر سپهر فیضی^۱، دکتر محمدرضا جعفری‌نسب^۲، دکتر علی هاشملو^۳ و دکتر محمدعلی جوادی^۴

هدف: مقایسه ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه پیوندی بعد از پیوند تمام‌ضخامتی (PK) و پیوند لایه‌ای عمیق (DALK) با روش حباب بزرگ با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر پاسخ چشمی (ORA).

روش پژوهش: مطالعه بر روی قرنیه پیوندی بیمارانی انجام شد که به علت قوز قرنیه تحت جراحی پیوند قرنیه به روش PK (۴۵ چشم) یا DALK (۲۳ چشم) قرار گرفته بودند. ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه پیوندی شامل هیسترسیس (hysteresis) قرنیه (CH)، عامل مقاومت قرنیه (CRF)، فشار داخل چشمی اصلاح‌شده بر اساس گلدمن (IOP_g) و فشار داخل چشمی پس از جبران عامل قرینه‌ای (IOP_{cc}) توسط دستگاه ORA اندازه‌گیری و بین دو گروه مقایسه شدند.

یافته‌ها: بیماران گروه PK و DALK به ترتیب دارای میانگین سنی 29.8 ± 6.1 و 27.2 ± 6.5 سال ($P=0.11$) بودند و بعد از پیوند به مدت 31.4 ± 19.0 و 29.2 ± 17.3 ماه ($P=0.27$) پی‌گیری شدند. دو گروه تفاوت معنی‌داری از نظر اندازه قرنیه گیرنده، دهنده یا بهترین دید اصلاح‌شده نداشتند. میانگین CH در گروه PK و DALK به ترتیب 10.13 ± 2.2 و 9.64 ± 2.1 میلی‌متر جیوه

بود ($P=0/36$). میانگین CRF در گروه PK و DALK به ترتیب $10/13 \pm 2/2$ و $9/36 \pm 2/1$ میلی‌متر جیوه بود ($P=0/17$). دو گروه از نظر IOP و IOPcc نیز تفاوت معنی‌داری نداشتند.
نتیجه‌گیری: قرنیه‌های پیوندشده به روش DALK و PK در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه ویژگی‌های بیومکانیک مشابهی دارند.
• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۰؛ دوره ۱۶، شماره ۴: ۳۳۸-۳۴۳.

• پاسخ‌گو: دکتر سپهر فیضی (e-mail: sepehrfeizi@yahoo.com)

دریافت مقاله: ۹ آبان ۱۳۸۹

تایید مقاله: ۲۹ دی ۱۳۸۹

۱- استادیار - چشم‌پزشک - دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- دانشیار - چشم‌پزشک - دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۳- دستیار - چشم‌پزشک - 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

پیوندی به دو روش PK و DALK با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر پاسخ چشمی (ORA) انجام دهیم.

روش پژوهش

در این مطالعه ۴۵ چشم از ۳۶ بیمار که تحت جراحی PK قرار گرفته بودند با ۲۳ چشم از ۲۱ بیمار که تحت جراحی DALK با روش حباب بزرگ (Anwar's big bubble) قرار گرفته بودند، مقایسه شدند. پاتولوژی زمینه‌ای همه بیماران قوز قرنیه بود. همه بخیه‌های پیوند حداقل ۶ ماه قبل از ورود به مطالعه کشیده شده بودند. معیارهای حذف بیمار از مطالعه عبارت بودند از وجود هر بیماری چشمی به جز قوز قرنیه، وجود بیماری‌های سیستمیک مانند دیابت شیرین، سابقه دیگر جراحی‌های چشمی مانند پیوند دوباره، جراحی آب‌مروراید و هرگونه جراحی انکساری، استفاده از قطره‌های چشمی موضعی یا استفاده از لنزهای تماسی. طراحی مطالعه توسط کمیته اخلاق پزشکی تایید شد و رضایت‌نامه آگاهانه از همه بیماران شرکت‌کننده گرفته شد.

معاینات چشمی شامل اندازه‌گیری دید اصلاح‌نشده (UCVA) و بهترین دید اصلاح‌شده با عینک (BSCVA) با استفاده از چارت اسنلن، معاینه با اسلیت‌لمپ، اندازه‌گیری IOP با استفاده از تونومتر گلدمن مدل AT020 (Carl Zeiss meditec Inc, USA)، عیب انکساری قبل از اتساع مردمک (manifest refraction) و کراتومتری بودند. از ORA نیز برای اندازه‌گیری هیستریسیس قرنیه (CH)، عامل مقاومت قرنیه (CRF)، IOP پس از جبران عامل قرنیه‌ای (IOPcc) و IOP گلدمن (IOPg) استفاده شد.

ORA فن‌آوری جدیدی است که توسط شرکتی در امریکا (Reichert Ophthalmic instruments Buffalo, NY, USA) معرفی شده است. این دستگاه مولفه‌های جدیدی همانند IOPcc، IOPg،

مقدمه

پیوند لایه‌ای عمیق قرنیه (DALK) در آن دسته از بیماری‌های قرنیه که اندوتلیوم و غشای دسمه (DM) را درگیر نکرده‌اند یک روش جایگزین برای پیوند تمام ضخامتی (PK) محسوب می‌شود. در این روش، حداکثر استرومای قرنیه برداشته می‌شود و DM و اندوتلیوم باقی می‌مانند.^۱ نشان داده شده است که در بیماران مبتلا به قوز قرنیه، نتایج حدت بینایی، عملکرد بینایی و عیوب انکساری، بعد از پیوند به روش DALK با روش PK قابل مقایسه است.^۲ در روش DALK، دفع پیوند اندوتلیوم ایجاد نمی‌شود و تمامیت چشم در مقابل ضربه‌های غیر نافذ حفظ می‌گردد.^۳ ولی از نظر برخی عوارض همانند عیوب انکساری بعد از پیوند و مشکل در اندازه‌گیری فشار داخل چشمی (IOP)، مشابه PK است.^{۴،۵}

جهت کاهش عیوب انکساری بعد از پیوند و همچنین تصحیح عدم دقت اندازه‌گیری IOP، توجه به ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه بعد از DALK اهمیت دارد که به نظر می‌رسد به دلایل متعدد، متفاوت از PK باشد. نخست این که معمولاً برای DALK، اندوتلیوم و DM قرنیه دهنده جدا می‌شوند که خود می‌تواند از قوام و سفتی (rigidity) پیوند بکاهد. دوم این که پاسخ ترمیمی بین بافت‌های دهنده و گیرنده در PK، در سه لایه شامل غشای بومن، استروما و DM ایجاد می‌شود ولی در DALK در سطح DM دهنده و گیرنده ایجاد نمی‌شود.^۶ سوم این که ممکن است در DALK برخی از پاسخ‌های ترمیمی در سطوح بین قرنیه دهنده و گیرنده، به طور کلی ویژگی‌های بیومکانیک را تحت تاثیر قرار دهند. به علاوه، کاهش قابل ملاحظه‌ای در تعداد کراتوسیتها بعد از DALK در مقایسه با قرنیه‌های نرمال و قرنیه‌های پیوندی به روش PK رخ می‌دهد.^۷ این مشاهدات ما را بر آن داشت که مطالعه‌ای جهت مقایسه ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه‌های

اندازه‌گیری در دامنه ± 2 میکرومتر انجام می‌گردید و میانگین آن‌ها ثبت می‌شد. همین وسیله برای اندازه‌گیری طول زجاجیه قبل از جراحی نیز به کار می‌رفت. همه معاینات و اندازه‌گیری‌ها توسط یک چشم‌پزشک باتجربه (س. ف) انجام شدند.

تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار (Version 14, SPSS, SPSS Inc, III, USA) انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار پس از محاسبه نرمال بودن توزیع آن‌ها ارایه شده‌اند که بین گروه‌های مطالعه با استفاده از آزمون t مستقل مقایسه شدند. $P < 0.05$ از نظر آماری بارزش در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین سنی بیماران 29.8 ± 6.1 سال در گروه PK و 27.2 ± 6.5 سال در گروه DALK بود ($P = 0.11$). پس از پیوند، بیماران به مدت 31.4 ± 19.0 ماه در گروه PK و 29.2 ± 17.3 ماه در گروه DALK پی‌گیری شدند ($P = 0.27$). میانگین BSCVA در گروه DALK (0.8 ± 0.11) لوگمار؛ $20/50$ تا $20/20$) بهتر از گروه PK (0.1 ± 0.22) لوگمار؛ $160/20$ تا $20/20$) بود ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P = 0.77$). مقایسه دو گروه از نظر طول زجاجیه، اندازه ترفاین قرنیه دهنده و گیرنده، عیب انکساری و میزان کراتومتری متوسط بعد از جراحی، IOP پس از جراحی با روش GAT (Goldman applanation tonometry) و ضخامت مرکزی پیوند (CGT) در جدول (۱) ارایه شده است. چنان‌که دیده می‌شود تفاوت معنی‌داری در مولفه‌ها بین دو گروه وجود نداشت.

CRF و CH را اندازه‌گیری می‌نماید. ORA از یک هوای پرفشار جهت حرکت به سمت داخل و سپس به سمت خارج قرنیه استفاده می‌نماید که بدین ترتیب، دو اندازه‌گیری در زمانی که قرنیه مسطح می‌باشد، محاسبه می‌گردد. هیسترسیس (hysteresis) که یک معیار برای خصوصیت ویسکوالاستیک قرنیه است، همان تفاوت بین فشار مسطح‌کننده قرنیه به سمت درون و بیرون می‌باشد. این فشار تحت تاثیر ضخامت و سفتی قرنیه قرار می‌گیرد^۸. CRF معیار دیگری است که معتقدند توسط ویژگی‌های الاستیک قرنیه و شاخص‌های مقاومت کلی آن تغییر می‌کند^۹. ادعا شده است که IOP_g خوانده‌شده توسط ORA، قابل مقایسه با مقادیر خوانده‌شده توسط تونومتر گلدمن است و براساس میانگینی از فشارهای مسطح‌کننده به سمت داخل و خارج قرنیه، محاسبه می‌گردد^۸. IOP_{cc} مقادیر IOP را مستقل از مشخصات و ویژگی‌های قرنیه شامل ضخامت مرکزی قرنیه تعیین می‌نماید^{۱۰}.

به طور خلاصه، از بیمار خواسته می‌شد که چشم خود را کاملاً باز نگه دارد و بر روی یک نور سبز در میان نورهای قرمز تمرکز کند، دستگاه یک پف هوا (air puff) را آزاد می‌کرد و سپس مولفه‌های اندازه‌گیری شده روی مانیتور نمایان می‌شد. برای هر چشم، ۴ اندازه‌گیری پشت سر هم که کیفیت خوب داشتند انجام می‌شد و پس از حذف مقادیر غیر قابل انتظار، میانگین محاسبه می‌شد. آخرین معاینه، پآکی‌متری مرکز قرنیه با استفاده از پروب تماسی اولتراسوند (A/B Scan; Sonomed Inc, lake Success, NY) بود که پس از بی‌حس شدن قرنیه با تتراکاین ۰/۵ درصد موضعی، پروب به صورت عمود بر مرکز قرنیه قرار داده می‌شد و ۵

جدول ۱- مقایسه مولفه‌های اندازه‌گیری شده بین دو گروه مورد مطالعه

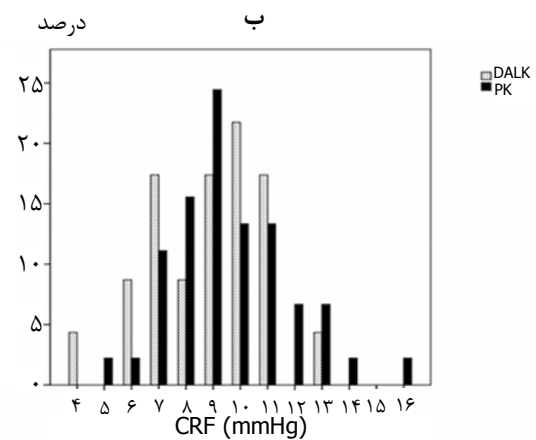
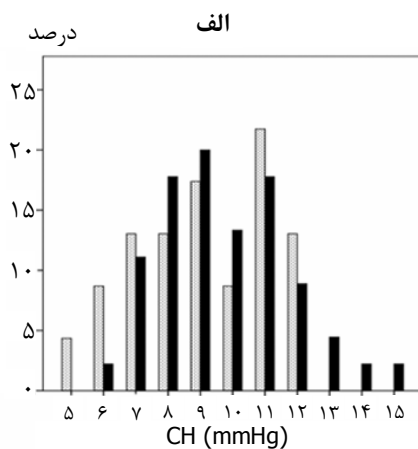
میزان P	گروه DALK	گروه PK	مولفه
۰/۵۹	161.59 ± 11.0	301.6 ± 11.5	طول زجاجیه (میلی‌متر)
۰/۲۱	7.9 ± 0.17	7.82 ± 0.19	اندازه ترفاین گیرنده (میلی‌متر)
۰/۵۷	8.20 ± 0.19	8.16 ± 0.22	اندازه ترفاین دهنده (میلی‌متر)
۰/۳۱	0.3 ± 0.10	0.34 ± 0.12	تفاوت اندازه گیرنده- دهنده (میلی‌متر)
۰/۱۳	546.5 ± 42.9	548.6 ± 44.3	ضخامت قرنیه پیوندی (میکرومتر)
۰/۲	46.41 ± 2.10	44.45 ± 1.16	میانگین کراتومتری (دیوپتر)
۰/۱۲	4.11 ± 3.5	2.86 ± 2.8	عیب انکساری معادل اسفریک (دیوپتر)
۰/۹۸	4.49 ± 2.8	4.47 ± 2.9	آستیگمات بر اساس کراتومتری (دیوپتر)
۰/۱۸	11.35 ± 2.9	12.24 ± 2.4	فشار داخل چشمی (دیوپتر)

PK, penetrating keratoplasty; DALK, deep anterior lamellar keratoplasty

میلی‌متر جیوه در گروه PK و $15/61 \pm 2/6$ میلی‌متر جیوه در گروه DALK؛ $P=0/80$) یافت نشد.

همان‌گونه که در نمودار (۲) نشان داده شده است؛ در هر دو گروه، IOP_g و IOP_{cc} به طور قابل توجهی بالاتر از IOP-GAT بودند ($P<0/001$). به علاوه IOP_{cc} هم به طور قابل ملاحظه‌ای در هر دو گروه بالاتر از IOP_g بود.

میانگین CH در گروه PK و DALK به ترتیب $10/09 \pm 2/5$ و $9/64 \pm 2/1$ میلی‌متر جیوه بود ($P=0/36$ ، نمودار ۱- الف). CRF نیز بین دو گروه ($10/13 \pm 2/2$ میلی‌متر جیوه در گروه PK و $9/36 \pm 2/1$ میلی‌متر جیوه در گروه DALK؛ $P=0/17$) قابل مقایسه بود (نمودار ۱- ب). همچنین بین دو گروه تفاوت چشم‌گیری از نظر IOP_g ($15/08 \pm 3/5$ میلی‌متر جیوه در گروه PK و $14/14 \pm 2/4$ میلی‌متر جیوه در گروه DALK؛ $P=0/25$) و IOP_{cc} ($15/81 \pm 3/3$ میلی‌متر جیوه در گروه PK و $14/14 \pm 2/4$ میلی‌متر جیوه در گروه DALK؛ $P=0/17$) قابل مقایسه بود.



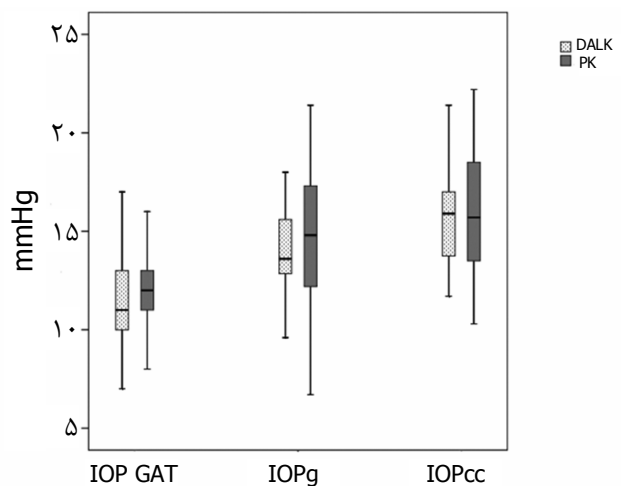
DALK, deep anterior lamellar keratoplasty; PK, penetrating keratoplasty; CH, corneal hysteresis; CRF, corneal resistance factor

نمودار ۱- توزیع فراوانی چشم‌ها بر اساس هیستریسیس (الف) و عامل مقاومت قرنیه (ب) به تفکیک نوع پیوند قرنیه

بحث

هدف اصلی پیوند قرنیه در بسیاری از موارد، به دست آوردن نتایج اپتیکی است. اما این که آیا پیوند قرنیه می‌تواند ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه را در شرایط خاصی هم‌چون قوز قرنیه و دیگر اکتازی‌های قرنیه بهبود ببخشد، نیاز به بحث و تفسیر بیشتر دارد. به ویژه زمانی که جراحی انکساری روی قرنیه پیوندی در نظر گرفته می‌شود و یا برای تصحیح اندازه‌گیری IOP بر اساس افزایش یا کاهش سختی قرنیه تلاش می‌کنیم، این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد. سفتی تغییر یافته پیوند، ممکن است موجب نتایج غیرقابل انتظار در جراحی‌های انکساری به وسیله لیزر یا ایجاد برش (incisional) گردد. به عنوان مثال، ما پیش‌تر یک پاسخ تشدید شده به برش‌های شل‌کننده جهت اصلاح آستیگمات بالای بعد از DALK را گزارش نموده‌ایم. این پاسخ تشدید شده هیچ‌گاه در PK دیده نمی‌شود.

وجود تفاوت‌های بسیار بین PK و DALK همانند یافته فوق و



DALK, deep anterior lamellar keratoplasty; PK, penetrating keratoplasty; IOP, intraocular pressure; GAT, Goldman applanation tonometry

نمودار ۲- مقایسه مقادیر فشار داخل چشمی اندازه‌گیری شده با تونومتر گلدمن و دستگاه تحلیل‌گر پاسخ چشمی

عدم وجود ترمیم در سطح DM در DALK^۶، استفاده از یک پیوند بدون DM و کاهش تراکم کراتوسیت‌ها در DALK، موجب راهنمایی ما به این فرضیه شد که ممکن است ویژگی‌های بیومکانیک پیوند در DALK متفاوت از PK باشد. حسب اطلاع ما، مطالعه حاضر اولین مطالعه‌ای است که ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه پیوندی پس از PK و DALK را در بیماران مبتلا به قوز قرنیه، تعیین و مقایسه می‌نماید.

بر خلاف توصیه و راهنمایی شرکت سازنده، این مطالعه نشان داد که ORA به صورت امن و مطمئنی می‌تواند در قرنیه‌های پیوندی مورد استفاده قرار گیرد بدون این که این اندازه‌گیری‌ها سبب بازشدگی (dehiscence) زخم گردند؛ یعنی این که زخم محل جراحی پس از کشیدن بخیه‌ها، به اندازه کافی قدرت دارد که در مقابل تغییر شکل به سمت درون ناشی از معاینه با ORA مقاومت نماید.

نتایج این مطالعه، تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بین دو روش جراحی از نظر بیومکانیک پیوند نشان ندادند که می‌تواند بیانگر آن باشد که هر دو روش سفتی مشابهی را در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه فراهم می‌نمایند. می‌دانیم که در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه، DALK از نظر دید، نتایج عیوب انکساری، عملکرد حساسیت کنتراست و اعوجاج‌های درجه بالا، قابل مقایسه با PK می‌باشد.^۲

گرچه نتایج این مطالعه بیانگر آنند که در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه، هر دو روش می‌توانند بیومکانیک قرنیه را به یک میزان فراهم کنند؛ با این وجود، اگر اندازه‌گیری‌ها قبل و بعد از پیوند انجام شوند تا بتوانند تعیین نمایند که هر کدام از روش‌های پیوند تا چه حدی بیومکانیک قرنیه را بهبود می‌بخشد، یافته‌های این مطالعه بیش‌تر قابل نتیجه‌گیری خواهند بود. در ضمن به علت ماهیت مقطعی مطالعه، امکان مقایسه دو گروه از نظر شدت قوز قرنیه پیش از عمل وجود نداشت. ممکن است بیمارانی که تحت عمل PK قرار گرفته بودند، شکل شدیدتری از بیماری را داشته‌اند که می‌تواند بر روی نتایج این مطالعه تاثیر بگذارد.

با مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعات قبلی که نتایج ORA را در چشم‌های طبیعی و مبتلا به قوز قرنیه مقایسه کرده‌اند؛ و CH و CRF بعد از PK و DALK، به طور جالبی می‌تواند مشابه مقادیر طبیعی^{۹-۱۱} (به ترتیب، ۱۰/۸ تا ۱۰/۳ و ۱۱/۱ تا ۱۰/۳ میلی‌متر جیوه) اما بهتر از مقادیر اندازه‌گیری‌شده در قوز قرنیه^{۱۰،۱۲} (به

ترتیب، ۶/۷ تا ۶/۲، ۷/۸ تا ۷/۴ میلی‌متر جیوه) هستند. Shin و همکاران^{۱۳} بیومکانیک قرنیه را در ۲۶ بیمار با سابقه جراحی PK یک‌طرفه با اندیکاسیون‌های متفاوت در مقایسه با چشم سالم طرف مقابل بررسی نمودند و دریافتند که PK می‌تواند بیومکانیک قابل مقایسه‌ای با چشم نرمال ایجاد کند؛ گرچه تفسیر نتایج مطالعه آنان باید با توجه به محدودیت‌های آن صورت پذیرد. نخست این که بیماران مشکلات زمینه‌ای متفاوتی داشتند و دیگر این که جراحی پیوند در آن‌ها ۱-۱۰۸ ماه پیش از مطالعه انجام شده بود که نشان می‌دهد ORA در برخی از بیماران، زمانی اندازه‌گیری شد که بخیه‌ها هنوز کشیده نشده بودند.

در مطالعه حاضر IOP_g در هر دو گروه به طور قابل ملاحظه‌ای از IOP-GAT بالاتر بود و هم‌چنین تفاوت بین IOP_g و IOP_{cc} از نظر آماری به نفع IOP_{cc} معنی‌دار بود. در تلاش برای یافتن راه حلی جهت اشکالات GAT در رابطه با چشم‌های دارای پیوند قرنیه، تونومترهای متعددی مورد آزمایش قرار گرفتند^{۱۴-۱۶}. با این که براساس برخی مطالعات، هم‌خوانی خوبی بین مقادیر IOP اندازه‌گیری‌شده با ORA و GAT در قرنیه‌های طبیعی وجود دارد^{۱۷،۱۵،۱۴}. گزارشی وجود ندارد که دقت IOP اندازه‌گیری‌شده با ORA در قرنیه‌های پیوندشده مورد بررسی قرار داده باشد. با در نظر گرفتن GAT به عنوان استاندارد، به نظر می‌رسد IOP در چشم‌های دارای قرنیه پیوندی توسط ORA بیش از حد برآورد می‌شود. یک توضیح برای این تفاوت می‌تواند ضریب کالیبریشن خطی باشد که میانگین دو فشار مسطح‌کننده به وسیله ORA را به IOP با تونومتر گلدمن تبدیل می‌نماید در حالی که این ضریب برای چشم‌های طبیعی تعریف شده است. با توجه به این که احتمالاً ویژگی‌های بیومکانیک چشم‌ها بعد از پیوند قرنیه تغییر می‌کند ممکن است نیاز باشد ضریب دیگری برای این موارد تعریف شود.

به طور خلاصه، ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه پیوندی بعد از PK و DALK مشابهند؛ یعنی این که دو روش پیوند، سختی قابل مقایسه‌ای را در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه فراهم می‌نمایند. طراحی یک مطالعه برای اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومکانیک قرنیه قبل و بعد از پیوند، برای تعیین این که پیوند قرنیه تا چه حدی می‌تواند این ویژگی‌ها را در چشم‌های مبتلا به قوز قرنیه بهبود بخشد، پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Shimmura S, Tsubota K. Deep anterior lamellar keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:349-355.
2. Javadi MA, Feizi S, Yazdani S, Mirbabaee F. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for keratoconus: A clinical trial. *Cornea* 2010;29:365-371.
3. Feizi S, Javadi MA, Jamali H, Mirbabaee F. Deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus: big-bubble technique. *Cornea* 2010;29:177-182.
4. Shimazaki J, Shimmura S, Ishioka M, Tsubot K. Randomized clinical trial of deep lamellar keratoplasty vs penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 2002;134:159-165.
5. Watson SL, Ramsay A, Dart JK, Bunce C, Craig E. Comparison of deep lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. *Ophthalmology* 2004;111:1676-1682.
6. Jadavi MA, Feizi S, Mirbabaee F, Rastegarpour A. Relaxing incisions combined with adjustment sutures for post-deep anterior lamellar keratoplasty astigmatism in keratoconus. *Cornea* 2009;28:1130-1134.
7. Feizi S, Javadi MA, Kanavi MR. Cellular changes of donor corneal tissue after deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty in eyes with keratoconus: A confocal study. *Cornea* 2010;29:866-870.
8. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:156-162.
9. 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.
10. Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH, Arnalich-Montiel F, Alio' JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:1371-1375.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Shen M, Wang J, Qu J, Xu S, Wang X, Fang H, Lu F. Diurnal variation of ocular hysteresis, corneal thickness, and intraocular pressure. *Optom Vis Sci* 2008;85:1185-1192.
15. 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.
16. Schweitzer C, Roberts CJ, Mahmoud AM, Colin J, Maurice-Tison S, Kerautret J. Screening of forme fruste keratoconus with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:2403-2410.
17. Humeric V, Sahin A, Ozge G, Bayer A. The relationship between corneal biomechanical properties and confocal microscopy findings in normal and keratoconic eyes. *Cornea* 2010;29:641-649.