مقاله پژوهشی

مقایسه دقت اندازه گیری فشار داخل چشم با سه تونومتر پالس ایر، تونوپن و گلدمن

دکتر رعنا سرخابی*، دکتر پژمان خطیبیان**

دریافت : ۸۸/۷/۲۸ ، پذیرش : ۸۸/۱۲/۱۵

چکیده:

مقدمه و هدف: اندازه گیری فشار داخل چشمی علاوه بر نقش مهمی کـه در تـشخیص و اداره بیمـاران گلوکـومی دارد یکـی از پارامترهای اساسی در هر مقایسه چشم پزشکی است، بـه همـین منظـور ایـن مطالعـه بـا هـدف تعیـین دقـت دو روش مختلـف تونومتری با دستگاه غیر تماسی پالس ایر و تونوپن در مقایسه با دستگاه گلدمن که بـه عنـوان روش اسـتاندارد طلائـی پذیرفتـه شده است طراحی وانجام گردید.

روش کار: در این مطالعه توصیفی مقطعی ، پس از انجام معاینات کامل چشم پزشکی فشار داخل چـشمی ۱۵۰ بیمـار بـا ۳ دسـتگاه گلدمن، پالس ایر و تونوپن اندازه گیری شد. میانگین مقادیر اندازه گیری شده با هر ۳ دسـتگاه و اخـتلاف مقـادیر انـدازه گیـری شده با دو دستگاه پالس ایر و تونوپن با دستگاه گلدمن محاسبه و با استفاده از روشهای آمـاری توصـیفی و آزمونهـای t و آنـالیز رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج : متوسط فشار داخل چشمی اندازه گیری شده دو دستگاه پالس ایر بیشتر از گلدمن و تونوپن بـود ($p=۰/۰۳$) . بـین مقـادیر اندازه گیری شده با هر سه دستگاه ضریب همبستگی قابل قبولی وجود داشت ($r^2=۰/۷۱$). اختلاف مقادیر اندازه گیری شده بـین دو روش پالس ایر و گلدمن با مقدار صفر مطلق تفاوت معنی داری نداشت ($p=۰/۱۹$) ولی این اختلاف بین مقادیر انـدازه گیـری شده در تونوپن با گلدمن معنی دار بود ($p=۰/۰۲$). هر دو دستگاه تونوپن و پالس ایر در محـدوده فـشارهای بـالا بطـور کـاذب مقادیر کمتری را نشان دادند.

نتیجه نهایی : هر دو روش پالس ایر و تونوپن در محدوده فشارهای داخل چشمی طبیعـی در مقایـسه بـا گلـدمن از دقـت قابـل قبولی برخوردارند ولی در موارد مشکوک ازجمله در بیماران مبتلا به گلوکوم یا هیپرتانسیون چشمی بهتراست کماکان بـه نتـایج روش گلدمن به عنوان استاندارد طلائی تکیه نمود.

کلید واژه ها : پالس ایر / تونوپن / فشار داخل چشمی / گلدمن

مقدمه :

اندازه گیری فشار داخل چشمی علاوه بر نقش مهمی کـه در تـشخیص و اداره بیمـاران گلوکـومی دارد یکـی از پارامترهای اساسی در هرمعاینه چشم پزشکی می باشد(۱). تونومتری اپلاناسـیون گلـدمن بـه عنـوان روش اسـتاندارد طلائی برای اندازه گیری فشار داخل چشمی به مدت بیش از ۵ دهه بکار می رود. اسـتفاده از ایـن روش بـرای انـدازه گیری فشار داخل چشمی نیازمند همکاری بیمار و مهارت کافی می باشد و در بیماران غیر همکار و گروه سنی اطفال به سهولت قابل استفاده نمی باشد. دقت اندازه گیری فشار داخل چشمی با این روش تحـت تـاثیر ضـخامت و انحنـاء قرنیه قرار می گیرد (۱،۲).

تونوپن یک وسیله قابل حمل برای اندازه گیری فـشار داخل چشمی می باشد که فشار داخل چشم را بـا تبـدیل آن به یک سیگنال الکتریکی بـا اسـتفاده از ریـز پردازنـده هـای موجـود در نـوک پـروب انـدازه گیـری مـی نمایـد. سهولت استفاده از این سیستم از عمـده تـرین مزایـای آن می باشد (۳،۴).

* استادیار گروه چشم پزشکی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز (Sorkhabi_r@yahoo.com)

** دستیار گروه چشم پزشکی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

پالس ایر از جمله دستگاههای تونومتری غیر تماسی می باشد که از اواخر دو دهه قبل (۱۹۸۶) وارد بازار شده و در سالهای اخیر بصورت رایج مورد استفاده قرار گرفته است. این دستگاه از طریق پالس هوا باعث اپلاناسیون قرنیه می شود. قابل حمل بودن دستگاه و عدم نیاز به بی حسی موضعی باعث می شود که به عنوان یک روش سریع در غربالگری بکار رود (۵).

در مطالعه حاضر دقت اندازه گیری فشار داخل چشمی در سه روش تونوپن ، اپلاناسیون گلدمن و پالس ایر در چشم های با ضخامت و شعاع انحنای طبیعی قرنیه هدف مورد بررسی می باشد.

روش کار:

در این مطالعه توصیفی مقطعی که بر روی بیماران مراجعه کننده به کلینیک چشم پزشکی بیمارستان نیکوکاری تبریز انجام گرفت، پس از ارائه توضیحات لازم و اخذ رضایت نامه از بیماران واجد شرایط، معاینه کامل چشم پزشکی شامل رفرکشن، بیومیکروسکپی با اسلیت لامپ ، اولتراسوند پاکی متری، کراتومتری و فوندوسکپی انجام شد.

بررسی بر روی ۱۵۰ بیمار در محدوده سنی ۸۴- ۱۸ سال صورت گرفت. بیماران با اسفریکال اکی والانت بیشتر از ۵± دیوپتر ، آستیگماتیسم قرنیه ای بیشتر از ۳ دیوپتر ، ضخامت قرنیه کمتر از ۵۰۰ و بیشتر از ۶۰۰ میکرون ، وجود هرگونه بیماری قرنیه ای ، سابقه جراحی داخل چشمی و ترومای چشمی ، سابقه هرگونه بیماری چشمی به جز کاتاراکت از مطالعه خارج شدند.

اندازه گیری انحناء قرنیه با استفاده از کراتومتر (PRK 5000- Protec- ساخت کره) قبل از پاکی متری و اندازه گیری فشار داخل چشمی انجام شد و متوسط مقادیر در دو مریدین اصلی قرنیه به عنوان متوسط انحناء قرنیه (برحسب دیوپتر) در نظر گرفته شد.

پاکی متری اولترا سونیک قرنیه با استفاده از دستگاه (SP 3000- Tomey - ساخت ژاپن) انجام شده و متوسط سه بار اندازه گیری ضخامت مرکزی قرنیه در محدوده ۵± میکرون به عنوان ضخامت مرکزی قرنیه درنظر گرفته شد. تمام اندازه گیری های فشار داخل چشمی در وضعیت نشسته انجام گرفت. اندازه گیری با هر سیستم توسط یک چشم پزشک یا دستیار که اطلاعی از نتایج سایر اندازه گیریها نداشتند انجام می شد. در هر سه روش ، سه بار اندازه گیری برای هر بیمار انجام می شد و اندازه گیریها در محدوده ۲± میلیمتر جیوه گزارش می گردید و متوسط این سه اندازه گیری در آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار می گرفت. فاصله زمانی بین اندازه گیری با دستگاههای مختلف حداقل ۵ دقیقه بود و تمامی دستگاهها بطور روزانه در طول مدت مطالعه کالیبره می شدند. ابتدا اندازه گیری فشار داخل چشمی با دستگاه پالس ایر (Pulsair Easy Eye- keeler- ساخت انگلستان) انجام می شد به این منظور از بیمار درخواست می شد که به یک نقطه دور دست خیره شود، سپس دستگاه از فاصله ۲۵ سانتی متری به آهستگی به بیمار نزدیک می شد. با نزدیک شدن به چشم بیمار ابتدا ۲ نقطه سبز رنگ دیده می شد، در ادامه یک رفلکس قرمز رنگ ظاهر و در فاصله تقریبا ۱۵ میلیمتری یک تصویر کراوات مانند (bowtie) بر روی قرنیه دیده می شد که با سنتر کردن این تصویر روی قرنیه پاف هوا بر روی قرنیه بیمار دمیده می شد و فشار داخل چشمی بصورت عددی برحسب میلیمتر جیوه بر روی دستگاه ثبت می گردید.

روش دوم اندازه گیری فشار داخل چشم با دستگاه تونوپن (Tonopen- XT - Medtronic- ساخت امریکا) بود. پس از استفاده از قطره بیحسی موضعی و کنترل کالیبراسیون دستگاه در حالیکه بیمار با پلک های باز به رو به رو خیره می شد، نوک پروب در تماس با سطح قرنیه بیمار بدون اعمال فشار بر سطح قرنیه قرار می گرفت. با یک بار فشار دادن بر روی دگمه دستگاه و شنیدن صدای " بیپ " اندازه گیری در مدت ۱۵ ثانیه انجام می شد و نتیجه بر روی دستگاه ثبت می گردید.

روش سوم اندازه گیری با تونومتر اپلاناسیون گلدمن (Haag- Streit- ساخت سوئیس) بود که بدین منظور ابتدا سطح چشم با استفاده از قطره تتراکائین بی حس و کاغذ فلوئورسئین به مدت ۵- ۳ ثانیه در فورنیکس تحتانی قرار داده میشد، پس از ضدعفونی کردن سرتونومتر اندازه گیری فشارداخل‌چشم توسط یک چشم پزشک‌صورت می گرفت. با درنظر گرفتن روش گلدمن به عنوان روش استاندارد طلائی در تمام بیماران اختلاف فشارداخل چشمی اندازه گیری شده با دستگاه پالس ایر و تونوپن با دستگاه گلدمن مقایسه می شد و میانگین این اختلاف محاسبه می گردید.

تمامی داده ها توسط نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۳ ذخیره و پردازش شدند و اطلاعات به دست آمده از مطالعه

به وسیله روشهای آماری توصیفی ارائه شدند. برای مقایسه میانگین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده توسط دستگاههای مختلف از تست t و برای آنالیز ارتباط بین فشار داخل چشمی و ضخامت قرنیه و سن بیماران از آنالیز رگرسیون خطی استفاده گردید.

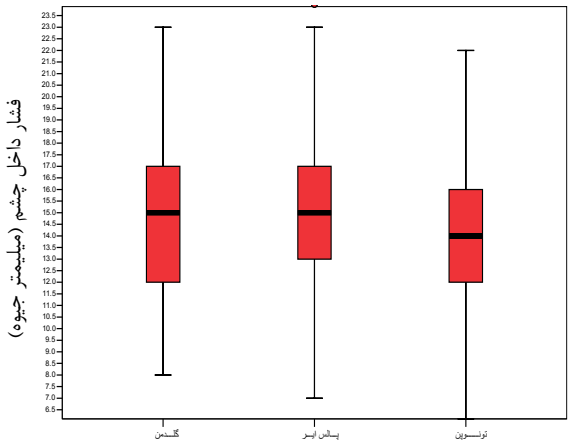
نتایج:

تعداد ۱۵۰ چشم از ۱۵۰ بیمار وارد مطالعه شدند. از بیماران مورد مطالعه ۸۰ نفر (۵۳/۳ درصد) مرد و ۷۰ نفر (۴۶/۷ درصد) زن بودند. میانگین سنی بیماران ۱۴/۲۸± ۶۱ سال که در محدوده سنی ۸۴-۱۸ سال بودند. از چشم های مورد بررسی۷۲ مورد (۴۸درصد) چشم راست و ۷۸ مورد (۵۲ درصد) چشم چپ بود. متوسط ضخامت مرکزی قرنیه بیماران ۲۷/۶۲±۵۳۵/۵۴ میکرون و متوسط قدرت قرنیه ۱/۸۵±۴۴/۵۷ دیوپتر و متوسط آستیگماتیسم قرنیه ای ۰/۶۵± ۰/۹۵ دیوپتر بود(جدول۱).

جدول ۱: مشخصات بالینی بیماران مورد مطالعه

	میانگین± انحراف معیار	محدوده
سن (سال)	۱۴/۲۸ ± ۶۱	۸۴ - ۱۸
ضخامت مرکزی قرنیه(میکرون)	۲۷/۶۲ ± ۵۳۵/۵۴	۶۰۰ - ۵۰۰
اسفریکال اکی والانت (دیوپتر)	۲/۳۰ ± -۱/۳۱	+۳ - -۵
آستیگماتیسم قرنیه ای (دیوپتر)	۰/۶۵ ±۰/۹۵	۰-۲/۹۲
قدرت قرنیه (دیوپتر)	۱/۸۵ ±۴۴/۵۷	۴۰/۸ -۵۲/۲۵

متوسط فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با روش گلدمن ۳/۲۳±۱۴/۴۵ با روش تونوپن۳/۷۹±۱۳/۸۵ و با روش پالس ایر ۳/۹۹±۱۵/۱۷ میلیمتر جیوه بود(نمودار۱).



نمودار ۱: مقایسه میانگین فشار داخل چشم اندازه گیری شده با سه تونومتر مختلف

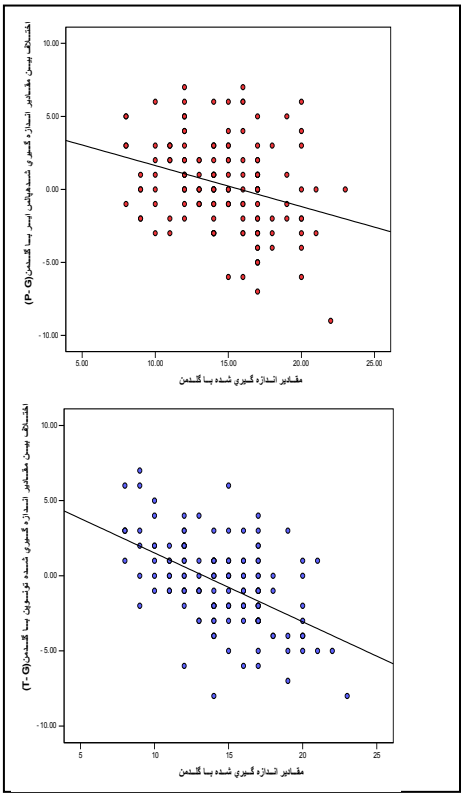
میانگین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با روش پالس ایر به ترتیب بیشتر از روش گلدمن و تونوپن بود و این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود (p= ۰/۰۳) و بین مقادیر اندازه گیری شده با این سه دستگاه ضریب همبستگی نسبتا" بالایی وجود داشت (r^2=۰/۷۱).

میانگین اختلاف محاسبه شده در روش پالس ایر با روش گلدمن ۳/۰۶±۰/۳۳ و میانگین اختلاف محاسبه شده در روش تونوپن با روش گلدمن ۲/۸۴±۰/۵۵- میلیمتر جیوه بود(جدول ۲). با مقایسه مقادیر فوق با صفر و آنالیز آماری مشخص گردید که بین میانگین اختلاف محاسبه شده در روش پالس ایر با گلدمن با مقدار مطلق صفر تفاوت معنی داری وجود ندارد (p= ۰/۱۹) ولی بین میانگین اختلاف محاسبه شده بین روش تونوپن با روش گلدمن با مقدار مطلق صفر تفاوت معنی داری وجود دارد (p= ۰/۰۲).

جدول ۲: مقادیر فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با دستگاههای مختلف و اختلاف فشار اندازه گیری شده دستگاههای مختلف با روش گلدمن

	میانگین± انحراف معیار	محدوده
گلدمن (میلیمتر جیوه)	۳/۲۳ ± ۱۴/۴۵	۲۳ - ۸
تونوپن (میلیمتر جیوه)	۳/۷۹ ± ۱۳/۸۵	۲۹ - ۵
پالس ایر (میلیمتر جیوه)	۳/۹۹ ± ۱۵/۱۷	۲۶ - ۷
گلدمن – تونوپن	۲/۸۴±۰/۵۵-	-۷ -۸
گلدمن - پالس ایر	۳/۰۶±۰/۳۳	-۷ -۹

آنالیز رگرسیون خطی نشان داد که بین اختلاف فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با دو روش پالس ایر و گلدمن با مقادیر مطلق اندازه گیری شده به روش گلدمن ارتباطی وجود ندارد (p= ۰/۰۶ و r^2= ۰/۰۹) ولی بین اختلاف فشار داخل چشمی با دو روش تونوپن و گلدمن با مقادیر مطلق اندازه گیری شده به روش گلدمن ارتباط معنی داری وجود دارد(p= ۰/۰۳ و r^2=۰/۲۸) (نمودار۲).



نمودار ۲ : منحنی رگرسیون – اختلاف مقادیر اندازه گیری شده تونوپن و پالس ایر با گلدمن در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده گلدمن

در بررسی ارتباط بین مقادیر فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با سه دستگاه و ضخامت مرکزی قرنیه مشخص گردید که بین مقادیر اندازه گیری شده با تونومتر گلدمن و ضخامت مرکزی قرنیه ارتباط وجود دارد ($p=۰/۰۱$ و $r^2= ۰/۰۴$) ولی بین مقادیر اندازه گیری شده با تونوپن و پالس ایر با ضخامت مرکزی قرنیه رابطه ای وجود ندارد.

بحث:

سه دستگاه گلدمن ، تونوپن و پالس ایر از تونومترهای اپلاناسیون می باشند هر چقدر وسعت منطقه اپلاناسیون کمتر باشد اختلاف بین فشار اپلاناسیون و فشار داخل چشمی کمتر خواهدبود (۶).

در مطالعه حاضر مشخص گردید که دستگاه پالس ایر فشار داخل چشمی را بالاتر از روش گلدمن و تونوپن اندازه گیری می نماید. در مطالعه پارکر و همکاران نیز فشار داخل چشمی اندازه گیری شده به روش پالس ایر بیشتر از روش گلدمن بود (۷) که مشابه نتایج مطالعه ما می باشد. میانگین اختلاف این دو روش در مطالعه پارکر و همکاران ۱/۱۲±۰/۴۸ میلیمتر جیوه و در مطالعه ما ۳/۰۶±۰/۳۳ میلیمتر جیوه بود. با مقایسه این مقدار با صفر مشخص گردید که گرچه میانگین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده در روش پالس ایر بیشتر از روش گلدمن می باشد ولیکن این اختلاف از نظر آماری معنی دار نمی باشد. ($p= ۰/۱۹$)

درمطالعه اگبوهی و همکاران میانگین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با روش پالس ایر مختصری (۰/۰۵تا ۰/۱ میلیمتر جیوه) بالاتر از روش گلدمن گزارش شده است که در توجیه این امر به اثر فشاری ناشی از اپلاناسیون در روش گلدمن که باعث افزایش جریان خروجی آکوز و کاهش مختصر حجم و متعاقباً کاهش کاذب فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با روشهای اپلاناسیون بعدی می شود اشاره شده است (۸). در مطالعه ما به منظور به حداقل رسانیدن این اثر، تونومتری گلدمن پس از روشهای دیگر تونومتری انجام گردیده و حداقل بین روشهای مختلف اندازه گیری ۵ دقیقه فاصله زمانی منظور شده است. البته برنچر و همکاران و هانسن نیز نشان دادند که روشهای تونومتری غیرتماسی همواره مقادیر کمتری را از تونومتری گلدمن نشان می دهند (۹،۱۰).

در بررسی نتایج آزمون رگرسیون بین اختلاف فشار روش پالس ایروگلدمن با مقادیر مطلق اندازه گیری شده به روش گلدمن مشخص گردید که این اختلاف در محدوده فشارهای داخل چشمی پائین در حداکثر مقدار خود می باشد. به عبارت دیگر روش پالس ایر در محدوده فشارهای پائین تر باعث تخمین مقادیر کاذب بالاتر و در محدوده فشارهای داخل چشمی بالاتر باعث تخمین مقادیر کاذب پائین تری از فشار داخل چشمی می باشد و این نتیجه منطبق بر نتایج مطالعات قبلی است که بیان نموده اند روشهای تونومتری غیر تماسی در محدوده فشار داخل چشمی طبیعی مقادیر بیشتر و در محدوده فشار داخل چشمی بالاتر مقادیر کمتری را در مقایسه با روش گلدمن نشان میدهند (۱۴-۱۱).

در بررسی همبستگی بین مقادیر اندازه گیری شده با تونومتر گلدمن و پالس ایر مشخص گردید که بین مقادیر اندازه گیری شده با این دو روش ارتباط وجود دارد ($r^2=۰/۳۳$) که این یافته ها با نتایج مطالعات قبلی انجام گرفته توسط لاوسون و پارکر همخوانی دارد (۷،۱۵).

از مجموعه داده ها در مورد مقایسه تونومتر پالس ایر

و گلدمن می توان به این نتیجه رسید که تونومتر پالس ایر در مقایسه با تونومتر گلدمن از دقت قابل قبولی در ارزیابی فشار داخل چشم برخودار است کـه ایـن دقـت بـویژه در محدوده فشار داخل طبیعی بارزتر می باشد ولی در صورت بالاتر بودن فشار داخل چشمی از مقادیر طبیعی بـه دلیـل احتمال کاهش کاذب مقادیر اندازه گیری شده با پالس ایر بهتر است که از روشهای دقیقتری بهره برد. البته به دلیـل آنکه طول زمان رسیدن هوا و محاسبه فشار توسط دستگاه پالس ایر در کسری از ثانیـه و در مقطـع کوتـاهی از یـک سـیکل نـبض انجـام مـی گیـرد برخـی محققـین توصـیه نموده اند که برای هر چشم بیش از یک نوبت اندازه گیری توسط دستگاه پالس ایر انجام شود (۱۶) و مـا در مطالعـه خود به منظور افزایش دقت نتایج متوسط سـه بـار انـدازه گیری را منظور نمودیم.

در مقایسه روش تونوپن با تونـومتر گلـدمن مـشخص گردید که متوسط مقادیر اندازه گیری شده با روش تونوپن کمتر از روش گلدمن می باشد ولیکن این اختلاف از نظـر آماری معنی دار نمی باشد. ضمناً بین مقادیر اندازه گیری شده با تونوپن و گلدمن ارتباط قابل قبولی وجود دارد کـه البته وجود این همبستگی چندان دور از انتظار نمی باشـد چرا که در هر دو روش از اپلاناسـیون بـرای انـدازه گیـری فشار داخل چشمی اسـتفاده مـی شـود. وقتیکـه متوسـط اختلاف محاسبه شـده بـین دو روش تونـوپن و گلـدمن را مقایسه کـردیم متوجـه شـدیم کـه تونـوپن فـشار داخـل چشمی را با تفـاوت آمـاری معنـی داری نـسبت بـه روش گلدمن کمتر نشان می دهد. با آنالیز رگرسیون خطی نیـز به این نتیجـه رسـیدیم کـه در فـشارهای داخـل چـشمی پائین تر ، تونـوپن فـشار را بـالاتر و در فـشارهای داخـل چشمی بالاتر فشار را پائین تر نشان می دهد که این نتایج با مطالعات قبلی انجام شده در این زمینـه همخـوانی دارد (۱۹-۱۷).

در بررسی رابطه بین ضخامت قرنیـه بـا فـشار داخـل چشمی اندازه گیری شده با روش های مختلف تونومتری ، نتایج مطالعه ما نشانگر آن بـود کـه در محـدوده ضـخامت قرنیه بیماران مورد مطالعه، مقادیر انـدازه گیـری شـده بـا تونوپن و پالس ایـر بـا ضـخامت مرکـزی قرنیـه ارتبـاطی نداشته ولی مقادیر اندازه گیری شده با گلدمن با ضـخامت مرکزی قرنیه در ارتباط بوده است.

در مطالعات قبلی نشان داده شده است که روشهـای تونومتری غیر تماسـی بیـشتر از روش گلـدمن بـه اثـرات ناشی از ضخامت قرنیه حساس مـی باشـند (۶) کـه بنظـر می رسد این تـاثیر پـذیری بیـشتر از اینکـه ناشـی از اثـر مـستقیم ضـخامت قرنیـه باشـد، ناشـی از خـواص ویسکوالاستیک قرنیه است و نتـایج حاصـل از مطالعـه مـا احتمالاً ناشی از آن است که ما بیماران بـا قرنیـه هـای بـا ضخامت کمتـر از ۵۰۰ و بـالاتر از ۶۰۰ میکـرون را مـورد مطالعـه قـرار نـداده ایـم و شـاید مطالعـات دیگـری روی بیماران در محدوده وسیعتری از ضـخامت قرنیـه و بـا در نظر گرفتن پارامترهای بیومکانیکال قرنیه بتواند به نتیجـه گیری دقیق تر کمک نماید.

در مورد نبود ارتباط بین مقادیر اندازه گیری شده بـا تونوپن و ضخامت مرکزی قرنیه بنظر می رسـد کـه نتـایج ناشی از دیامتر و سطح کمتر تماس در روش تونوپن باشد. البته نتیجه به دست آمده از مطالعه مـا بـا نتـایج مطالعـه دوهادوالا و همکـاران مغـایر مـی باشـد ، آنهـا در مطالعـه خود به این نتیجه رسیدند که بـه ازای هـر ۱۰۰ میکـرون افزایش ضخامت قرنیه فشار داخـل چـشمی بـا تونـوپن ۲ میلیمتر جیوه بیشتر اندازه گیری می شود (۲۰). باتوجـه به محدوده باریک ضـخامت قرنیـه بیمـاران وارد شـده بـه مطالعه ما نتیجه به دست آمده از مطالعه حاضر چندان دور از ذهن نمی باشد چراکه وابستگی بین تونوپن و ضـخامت مرکزی قرنیه در محدوده نسبتا وسیعی از ضـخامت قرنیـه قابل بررسی و ارزیابی است. بنابراین بنظـر مـی رسـد کـه بتوان استنباط نمود که در محدوده ضـخامت قرنیـه بـین ۶۰۰- ۵۰۰ میکرون تونوپن کمتر تحت تاثیر قرار میگیرد.

نتیجه نهایی:

دو روش تونوپن و پالس ایر باتوجه به سهولت استفاده، قابل حمل بودن و عدم وابستگی زیـاد بـه فـرد کـاربر ، در محدوده فشارهای داخل چشمی طبیعـی در برنامـه هـای غربالگری می تواند کاربرد وسیعی داشـته باشـند ولـی بـا تاکید برتخمین پـائین هـر دو روش در فـشارهای بـالا در موارد مشکوک از جمله در ارزیابی بیماران مبتلا به گلوکوم یا هیپرتانسیون چشمی علاوه بر روشهای فوق در ارزیابی و اداره بیمـاران بایـستی بـه روش گلـدمن بـه عنـوان روش استاندارد طلائی کماکان تکیه نمود.

سپاسگزاری :

از همکاری سرکار خانم هانیه سخا در مشاوره آمـاری مطالعه تقدیر و تشکر می شود.

منابع :

1. Lanza M, Borrellia M, Bernardo MD, Filosa ML, Rosa N. Corneal parameters and difference between goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry in normal eyes. J Glaucoma 2008; 7 (6):460-464.
2. Whitcare MC,Stein R. Sources of error of goldmann type tonometers. Surv Ophthalmol 1993; 38(1):1-30.
3. Mok KH, Wong CS, Lee VW. Tonopen tonometer and corneal thickness.Eye 1999;13(1):35-7.
4. Sponsel WE, Kaufman PI, Strinden TI, DePaul KL, Bowes HN, Olander KW, et al. Evaluation of the keeler non contact pulsair tonometer. Acta Ophthalmol 1989;67 (5):567-572.
5. Ogbuehi KC. Assessment of the accuracy and reliability of the topcon CT80 non- contact tonometer. Clin Exp Optom 2006; 89 (5):310-4.
6. Tonnu PA, Ho T, Newson T, El Sheikh A, Sharma K, White E, et al. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotonometery,non contact tonomrtery, the tonopen XL, and goldmann applanation tonometery. B J Ophthalmol 2005; 89(7):851-854.
7. Parker VA, Herrtage J, Sarkies NJ.Clinical comparison of the keeler pulsair 3000 with goldmann applanation tonometery. Br J Ophthalmol 2001;85(11):1303-4.
8. Ogbuehi KC, Almubrad TM. Accuracy and reliability of the keeler pulsair easy Eye non contact tonometer.Optom Vis Sci 2008; 85(1):61-66.
9. Brencher HL,Kohl P, Reinke AR, Yolton RL. Clinical comparision of air-puff and goldmann tonometers. J Am Assoc 1991; 62(5):395-402.
10. Hansen MK. Clinical comparision of the XPERT non-contact tonometer and the conventional goldmann applanation tonometer. Acta Ophthalmol Scand 1995; 73(2):176-80.
11. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR. Comparison of a new non-contact tonometer with goldmann applanation. Eye 1989; 3(3):332-7.
12. Kretz G, Demailly P.X-PE RT NCT advanced logic tonometer valution.Int Ophthalmol 1992; 16(4):287-90.
13. Pointer JS. Human intraocular pressure and its diurnal variation in healthy subjects. Ophthalmic Physiol Opt 1999; 9(2):43-8.
14. Tonnu PA, Ho T, Sharma K, White E, Bunce C, Garway-Heath D. A comparison of four methods of tonometery: method agreement and interobserver variability. Br J Ophthalmol 2005; 89(7):847-50.
15. Lawson-Kopp W, Dejong A, Yudcovitch L, Williams S, Kohl P, Yolton RL. Clinical evaluation of the keeler pulsair 3000 non-contact tonometer. Optometry 2002; 73(22):81-90.
16. McCaghrey GE, Matthews FE. The Pulsair 3000 tonometer-how many readings need to be taken to ensure accuracy of the average? Ophthalmic Physiol Opt 2001; 21(4):334-338.
17. Hessemer V, Rossler R, Jacobi KW. Tonopen, a new tonometer. Int Ophthalmol 1989; 13(1):51-6.
18. Boothe WA, Lee DA, Panek WC, Pettit TH. The tono-pen. A manometric and clinical study. Arch Ophthalmol 1988; 106(9)1214-17.
19. Hessemer V, Rossler R, Jacobi KW. Tono-pen versus manometer. Klin Augenheilkd 1989; 195(1):23-7.
20. Dohadwala AA, Munger R, Damji KF. Positive correlation between tono-pen intraoccular pressure and central corneal thickness. Ophthalmology 1998; 105(10):1849-1854.