

مقایسه دقت اندازه‌گیری فشار داخل چشمی با تونومتر اپلاناسیون گلدمن و تونومتر غیر تماسی Keeler

نوشین بزازی^{۱*}، سیامک اکبرزاده^۱، سعادت تریان^۲، معصومه تقی‌زاده^۳

چکیده

زمینه و هدف: گلوکوم یکی از علل مهم نابینایی است و افزایش فشار داخل چشمی عمده‌ترین ریسک فاکتور آن است. اندازه‌گیری فشار داخل چشمی، یک معاینه اساسی در بیماران مبتلا به گلوکوم جهت تشخیص و پیگیری درمان محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف مقایسه و تعیین دقت عملکرد دو نوع تونومتر مرسوم جهت اندازه‌گیری فشار داخل چشمی صورت گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی - مقطعی پس از انجام معاینات چشم پزشکی کامل، فشار داخل چشمی ۱۴۲ بیمار (۲۸۴ چشم) با هر دو دستگاه Goldmann و Keeler در دو نوبت و با فاصله ۵ دقیقه اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون آماری تی وابسته و همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین فشار داخل چشمی افرادی که در محدوده فشار نرمال ($<21\text{mmHg}$) قرار داشتند با تونومتر گلدمن برابر $14/03 \pm 2/35\text{mmHg}$ و با تونومتر Keeler برابر $14/28 \pm 3/05\text{mmHg}$ به دست آمد. متوسط اختلاف دو روش $0/25 \pm 0/70$ ($p=0/015$) و ضریب همبستگی دو روش اندازه‌گیری، $0/83$ محاسبه شد ($p<0/0001$). در محدوده فشار داخل چشمی بالا ($\geq 21\text{mmHg}$)، میانگین فشار داخل چشمی با تونومتر Goldmann برابر $26/16 \pm 5/14\text{mmHg}$ و با تونومتر Keeler برابر $26/92 \pm 5/58\text{mmHg}$ به دست آمد. متوسط اختلاف دو روش $0/76 \pm 0/44$ ($p=0/003$) و ضریب همبستگی دو روش اندازه‌گیری، $0/97$ محاسبه شد ($p<0/0001$).

نتیجه‌گیری: طبق نتایج این مطالعه، هر دو روش تونومتری مورد استفاده در محدوده فشارهای طبیعی از دقت قابل قبولی برخوردارند، ولی در شرایط پرخطر مانند گلوکوم استفاده از تونومتر Goldmann به‌عنوان استاندارد طلایی ارجح می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آب سیاه؛ اندازه‌گیری فشار چشم؛ فشار داخل چشم.

^۱استادیار چشم‌پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

^۲استادیار پزشکی اجتماعی، مرکز تحقیقات اختلالات رفتاری و سوءمصرف مواد، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

^۳دکتری حرفه‌ای پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

نوشین بزازی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:
n_bazzazi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۲

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۲۶

لطفاً به این مقاله به‌صورت زیر استناد نمایید:

Bazzazi N, Akbarzadeh S, Torabian S, Taghizadeh M. Comparison of the Accuracy of Intraocular Pressure Measurement by Goldmann Applanation Tonometer and Keeler Noncontact Tonometer. Qom Univ Med Sci J 2013;7(3):35-42. [Full Text in Persian]

مقدمه

گلوکوم یکی از علل مهم نابینایی در سراسر جهان است و افزایش فشار داخل چشمی و نوسان آن عمده‌ترین عامل خطر شناخته‌شده این بیماری است (۱). اندازه‌گیری فشار داخل چشمی علاوه بر اهمیتی که در تشخیص و کنترل بیماران گلوکومی دارد، یکی از معاینات اساسی در چشم‌پزشکی است (۲)، و نقش مهمی نیز در غربالگری این بیماران دارد؛ زیرا تمام روش‌های درمانی معمول گلوکوم، برپایه کاهش فشار داخل چشمی قرار گرفته است (۳). تونومترها و روش‌های انجام تونومتری یا اندازه‌گیری فشار داخل چشمی متعدد بوده و خصوصیات متفاوتی دارند. تونومتر اپلاناسیون گلدمن، پرکینز، پاسکال، پنوماتوتونومتر و تونومترهای غیرتماسی نظیر پالس‌ایر، نمونه‌های رایج این تونومترها هستند (۴). در سالهای اخیر تونومتری اپلاناسیون گلدمن به‌عنوان روش استاندارد طلایی برای اندازه‌گیری فشار داخل چشمی معرفی شده است. این روش به مهارت بالای معاینه‌کننده و همکاری بیمار نیاز دارد. همچنین یادگیری آن زمانبر بوده و در بیماران غیرهمکار نظیر اطفال به‌راحتی قابل استفاده نیست. با وجود دقت بالای دستگاه، اندازه‌گیری فشار داخل چشم با تونومتر گلدمن از ضخامت و انحناى قرنیه متأثر می‌شود (۵، ۶). انجام تونومتری به روش غیرتماسی که در دو دهه اخیر مرسوم شده است به‌دلیل سهولت یادگیری، عدم نیاز به بی‌حسی و عدم انتقال عفونت، طرفداران زیادی دارد.

در دهه گذشته دستگاه پالس‌ایر (Pulsair Easy Eye) توسط کمپانی Keeler وارد بازار شد و در سطح وسیعی مورد استفاده قرار گرفت (۷). مکانیسم عملکرد این دستگاه، اپلاناسیون قرنیه از طریق پالس هوا بوده که به‌علت مزایای ذکرشده به‌عنوان یک روش غربالگری نیز به‌کار می‌رود (۸). مطالعات انجام‌شده در جهان و ایران در بعضی موارد نتایج متفاوت و حتی متناقضی گزارش کرده‌اند. در بعضی مطالعات، میانگین فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده با تونومتر غیرتماسی پالس‌ایر Keeler بالاتر از تونومتر گلدمن بوده است (۳). درحالی‌که بعضی مطالعات گزارش کرده‌اند، فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده به روش تونومتری غیرتماسی Keeler از روش گلدمن کمتر است (۹). ولی در بررسی Chen و همکاران بین دو روش اندازه‌گیری، اختلاف

آمارى قابل توجهی مشاهده نشد (۱۰). با توجه به اهمیت مطالب فوق‌الذکر و تناقضات موجود در نتایج بررسی‌ها، این مطالعه با هدف مقایسه و تعیین دقت اندازه‌گیری دو دستگاه تونومتر اپلاناسیون گلدمن (GAT) و تونومتر غیرتماسی پالس‌ایر (Keeler NCT) در اندازه‌گیری فشار داخل چشمی صورت گرفت.

روش بررسی

این مطالعه به روش توصیفی - مقطعی بر روی ۱۴۲ بیمار (۲۸۴ چشم) مراجعه‌کننده به درمانگاه چشم‌پزشکی بیمارستان بعثت و کلینیک شیخ‌الرئیس همدان طی سالهای ۱۳۸۸-۱۳۸۹ انجام شد. پس از ارائه توضیحات لازم و اخذ رضایت، بیماران واجد شرایط تحت معاینات کامل چشم‌پزشکی شامل: کنترل دید، بیومیکروسکوپی با اسلیت لامپ، فوندوسکوپی، رفرکشن، کراتومتری و پاکی‌متری با اولتراسوند (دستگاه Nidek 1000 ساخت ژاپن) قرار گرفتند. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: نداشتن هرگونه بیماری، اسکار یا ادم قرنیه، سابقه تروما یا جراحی چشم، سابقه بیماری چشم بجز کاتاراکت و گلوکوم، آستیگماتیسم قرنیه‌ای بیشتر از ± 3 دیوپتر، اسفیریکال اکسی‌والانت بیشتر از ± 5 دیوپتر، ضخامت قرنیه کمتر از ۵۰۰ یا بیشتر از ۶۰۰ μ m، نیستاگموس، بلفارواسپاسم و عدم همکاری بیمار.

در این بررسی ابتدا فشار داخل چشمی به‌وسیله دستگاه پالس‌ایر (Pulsair Easy Eye 3000-Keeler ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. در این روش بیمار در وضعیت نشسته قرار گرفت و از وی خواسته شد به نقطه‌ای در دور نگاه کند، سپس با نزدیک کردن دستگاه به چشم، ابتدا دو نقطه سبز رنگ و سپس یک رفلکس قرمز رنگ رؤیت شد. با مشاهده تصویر Bowtie روی قرنیه و ستر کردن آن با فشار دکمه دستگاه، پاف هوا به قرنیه بیمار دمیده شد و در نهایت فشار چشم بیمار (معادل نیرویی که هوا برای مسطح کردن قرنیه نیاز دارد)، به‌صورت عددی برحسب mmHg توسط دستگاه ثبت گردید. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری فشار داخل چشم با دستگاه پالس‌ایر توسط دانشجوی همکار طرح که آموزش دیده بود، انجام گرفت و جداگانه ثبت شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، ۲۸۴ چشم (۱۴۲ بیمار) بررسی شد، که ۶۷ نفر از بیماران (۴۷/۲٪) مرد و ۷۵ نفر (۵۲/۸٪) زن بودند. محدوده سنی بیماران ۷۹-۲۰ سال و میانگین سنی آنان $58/16 \pm 12/9$ سال بود. متوسط ضخامت مرکز قزیه در بیماران $529/9 \mu \pm 17$ ، متوسط میزان کراتومتری قزیه $45/40 \pm 1/75$ و متوسط آستیگماتیسم قزیه $1/15 \pm 0/83$ دیوپتر تعیین شد. فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با روش Keeler در محدوده ۴۱-۹ mmHg و میانگین $15/6 \pm 5/2$ برآورد شد، و با تونومتر گلدمن در محدوده ۳۸-۸ mmHg و میانگین $15/35 \pm 4/7$ تعیین گردید. میانگین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با تونومتر Keeler به طور متوسط $1/62 \pm 0/31$ mmHg بیشتر از گلدمن بود، که این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($p=0/002$) (جدول شماره ۱-۳).

در اندازه گیری فشار داخل چشمی با تونومتر اپلاناسیون گلدمن (Haag-Streit ساخت سوییس) پس از ضد عفونی کردن سرتونومتر، ابتدا چشم با قطره تتراکائین بی حس شده، سپس کاغذ فلورسئین در فورنیکس تحتانی گذاشته شد، و فشار داخل چشم توسط یک چشم پزشکی که از نتایج تونومتری پالس ایر بدون اطلاع بود، اندازه گیری شد. در طول انجام طرح، تونومترها مرتباً کالیبره شدند، و تمام اندازه گیری‌ها در وضعیت نشسته انجام گرفت. فشار داخل چشم با هر دستگاه ۲ بار و به فاصله ۵ دقیقه اندازه گیری شد، و میانگین آنها گزارش گردید. پس از جمع آوری اطلاعات، داده‌ها توسط نرم افزار آماری SPSS آنالیز شدند. برای مقایسه فشار داخل چشمی اندازه گیری شده توسط دو دستگاه، از آزمون آماری تی تست و همبستگی پیرسون و جهت آنالیز ارتباط بین فشار داخل چشمی با سن، جنس، عیب انکساری و ضخامت قزیه از آنالیز رگرسیون استفاده گردید.

جدول شماره ۱: مقایسه فشار داخل چشمی دو روش مورد استفاده در بیماران با فشار طبیعی و غیر طبیعی				
تعداد	میانگین GAT	میانگین Keeler	pvalue	
۲۵۳	(۱۴/۰۳ ± ۲/۳۵)	(۱۴/۲۸ ± ۳/۰۵)	۰/۰۱۵	IOP < 21 mmHg
۳۱	(۲۶/۱۶ ± ۵/۱۴)	(۲۶/۹۲ ± ۵/۵۸)	۰/۰۰۳	IOP ≥ 21 mmHg
۲۸۴	(۱۵/۳۵ ± ۴/۷)	(۱۵/۶ ± ۵/۲)	۰/۰۰۲	جمع

جدول شماره ۲: نتایج تونومتری با دستگاه GAT در فشارهای طبیعی و غیر طبیعی

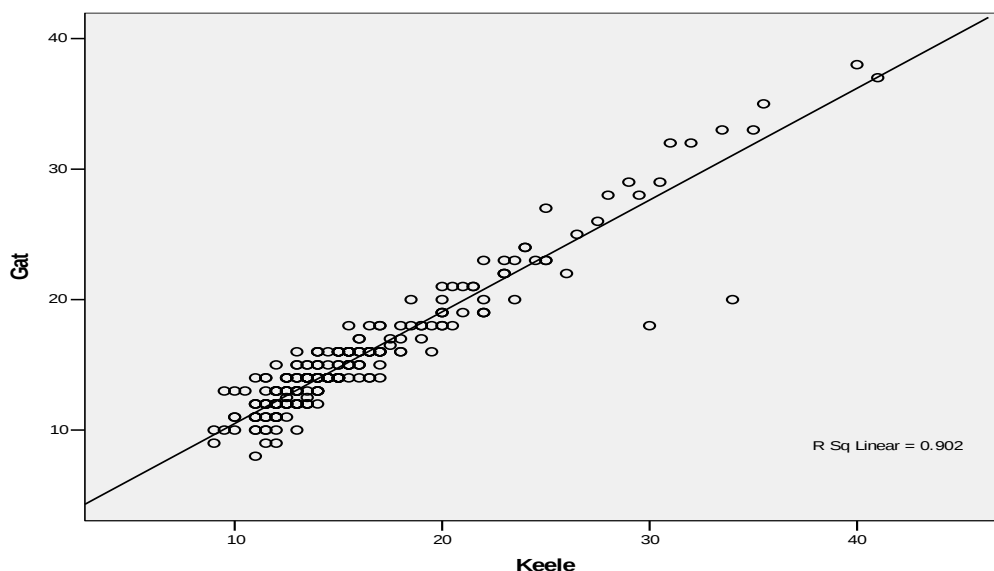
تعداد	درصد	
۵۳۲	۸۹/۱	IOP < 21 mmHg
۳۱	۱۰/۹	IOP ≥ 21 mmHg
۲۸۴	۱۰۰	جمع

جدول شماره ۳: نتایج تونومتری با دستگاه Keeler در فشارهای طبیعی و غیر طبیعی

تعداد	درصد	
۲۴۵	۸۶/۳	IOP < 21 mmHg
۳۹	۱۳/۷	IOP ≥ 21 mmHg
۲۸۴	۱۰۰	جمع

که از نظر آماری معنی دار بود ($p < 0/001$) (نمودار شماره ۱).

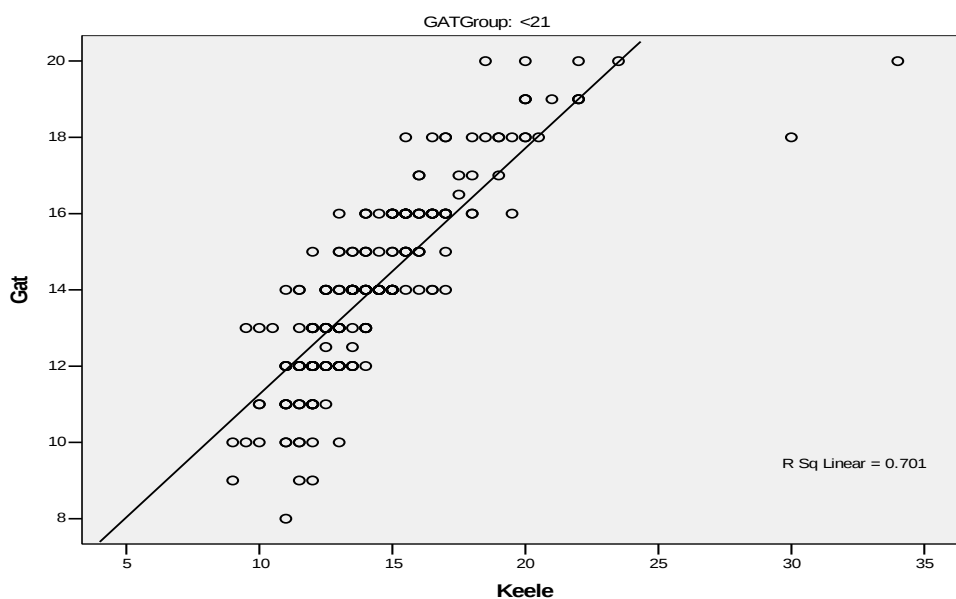
بین فشار داخل چشمی اندازه گیری شده با تونومتر گلدمن و تونومتر Keeler، ضریب همبستگی پیرسون ۰/۹۵ محاسبه شد



نمودار شماره ۱: همبستگی کلی فشار داخل چشمی بین تونومتر اپلاناسیون گلدمن و تونومتر غیر تماسی Keeler

میانگین فشار داخل چشمی افرادی که در محدوده فشار نرمال ($<21\text{mmHg}$) قرار داشتند با تونومتر گلدمن برابر $14/3 \pm 2/35\text{mmHg}$ و با تونومتر Keeler $14/28 \pm 3/05\text{mmHg}$ به دست آمد ($p=0/015$) و ضریب همبستگی دو روش اندازه گیری، $0/83$ محاسبه شد ($p<0/0001$) (جدول شماره ۱ و نمودار شماره ۲).

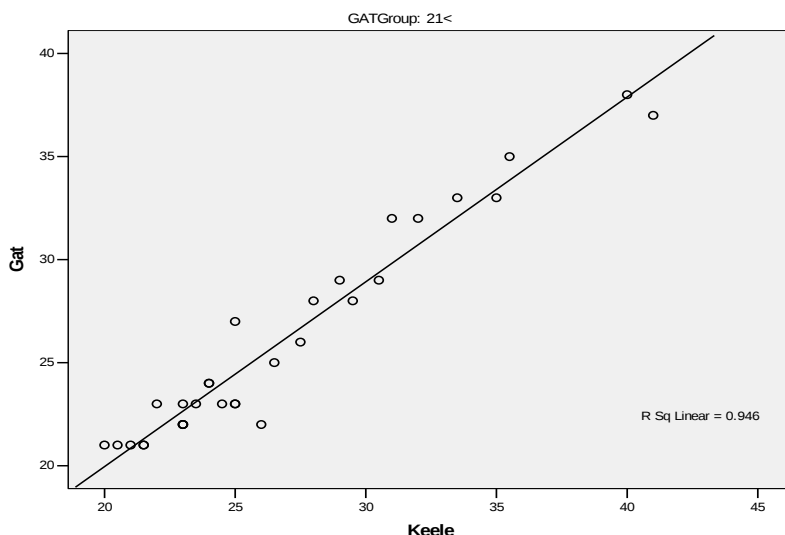
میانگین فشار داخل چشمی افرادی که در محدوده فشار نرمال ($<21\text{mmHg}$) قرار داشتند با تونومتر گلدمن برابر $14/3 \pm 2/35\text{mmHg}$ و با تونومتر Keeler $14/28 \pm 3/05\text{mmHg}$ به دست آمد ($p=0/015$) و ضریب همبستگی دو روش اندازه گیری، $0/83$ محاسبه شد ($p<0/0001$) (جدول شماره ۱ و نمودار شماره ۲).



نمودار شماره ۲: همبستگی فشار داخل چشمی بین تونومتر اپلاناسیون گلدمن و تونومتر غیر تماسی Keeler در فشارهای کمتر از ۲۱ در فشار داخل چشمی بالا ($\geq 21\text{mmHg}$)

همچنین ضریب همبستگی دو روش اندازه گیری $0/97$ به دست آمد ($p<0/0001$) (جدول شماره ۱ و نمودار شماره ۳).

میانگین فشار داخل چشمی با تونومتر گلدمن برابر $26/16 \pm 5/14\text{mmHg}$ و با تونومتر Keeler برابر $26/92 \pm 5/58\text{mmHg}$ بود ($p=0/003$).



نمودار شماره ۳: همبستگی فشار داخل چشمی بین تونومتر اپلاتاسیون گلدمن و تونومتر غیر تماسی Keeler در فشارهای بیشتر از ۲۱

در معادله رگرسیون، با در نظر گرفتن متغیرهای سن، جنس، رفرکشن و ضخامت قرنیه برای تونومتر گلدمن مقادیر $r=0/21$ و $p=0/014$ و برای تونومتر Keeler مقادیر $r=0/23$ و $p=0/006$ تعیین شد. حساسیت تونومتر Keeler در مقایسه با گلدمن $96/8\%$ و ویژگی آن $96/4\%$ محاسبه گردید. همچنین ارزش اخباری مثبت و منفی تونومتر Keeler در مقایسه با گلدمن به ترتیب $96/9\%$ و $99/6\%$ به دست آمد (جدول شماره ۴).

در بررسی ارتباط بین فشار داخل چشمی و ضخامت مرکزی قرنیه مشخص گردید در محدوده ضخامت طبیعی قرنیه ($500-550\mu$)، مقادیر اندازه گیری شده فشار داخل چشمی توسط دو دستگاه، ارتباطی با ضخامت مرکزی قرنیه نداشته است، به طوری که ضریب همبستگی برای تونومتر Keeler، مقادیر $r=0/14$ و $p=0/81$ و برای تونومتر گلدمن مقادیر $r=0/04$ و $p=0/42$ به دست آمد.

جدول شماره ۴: مقایسه حساسیت و ویژگی تونومتر Keeler و تونومتر گلدمن

GAT/ Keeler	<21	≥21	جمع
<21	244	1	245
	99/6%	0/4%	100%
	96/4%	3/2%	86/3%
≥21	9	30	39
	23/1%	76/9%	100%
	3/6%	96/8%	13/7%
جمع	253	31	284
	89/1%	10/9%	100%
	100	100	100

بحث

استاندارد طلایی برای اندازه گیری فشار داخل چشمی در طول ۵ دهه اخیر به کار رفته است (۱۲،۲). با توجه به اینکه مکانیسم اصلی اندازه گیری فشار داخل چشمی توسط دستگاه گلدمن و پالس ایر، مشابه و تابع قانون Imbert-Fick می باشد؛ لذا در عمل تفاوت هایی در آنها وجود دارد (۱۳). بعضی از مطالعات نشان داده اند اندازه گیری فشار داخل چشمی با تونومتر پالس ایر در

تونومترهایی که در کلینیک به صورت وسیع برای اندازه گیری فشار داخل چشمی به کار می روند، براساس نحوه عملکرد در دو دسته تونومترهای Applanation و Indentation قرار می گیرند، تونومترهای گلدمن و Keeler جزء تونومترهای Applanation محسوب می شوند (۱۱،۴). تونومتر اپلاتاسیون گلدمن به عنوان

مقیاس وسیع با نتایج قابل‌اعتمادتری همراه است. همچنین Ogbuehi و همکاران با بررسی ۷۲ بیمار نشان دادند میانگین فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده با تونومتر Keeler حدود $0/1 \text{ mmHg}$ بالاتر از فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده با روش گلدمن می‌باشد، که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبوده است (۳). در مطالعه Yucel و همکاران نیز متوسط اختلاف فشار اندازه‌گیری‌شده بین دو روش، $0/4 \text{ mmHg}$ گزارش شد (۱۴). در مطالعه Mackie فشار داخل چشمی در ۸۹ چشم از ۴۵ بیمار که برای درمان دارویی گلوکوم زاویه باز اولیه مراجعه کرده بودند، با دو دستگاه Keeler و گلدمن اندازه‌گیری شد که نتایج مشابه دو مطالعه قبلی بود (۱۵). اما Zhang با اندازه‌گیری فشار داخل چشمی با دو دستگاه Keeler NCT و GAT در ۱۲۰ بیمار این نتیجه را به دست آورد که Keeler NCT در مقایسه با GAT در فشارهای داخل چشمی پایین، میزان کمتر و در فشارهای داخل چشمی بالا، مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد (۱۶). در بررسی رزمجو و همکاران و سرخابی و همکاران نیز مشخص گردید دستگاه پالس‌ایر در محدوده فشارهای بالا، به‌طور کاذب مقادیر کمتری را نشان می‌دهد (۱۷، ۱۸)، درحالی‌که مطالعه انجام‌شده توسط Brencher و Hansen نشانگر آن بود که فشار داخل چشمی گزارش‌شده با روش تونومتری غیر تماسی Keeler از روش گلدمن کمتر بوده است (۹، ۱۲). در نهایت، در مطالعه دیگری که توسط Chen و همکاران صورت گرفت فشار داخل چشمی ۵۸ بیمار با دو روش GAT و Keeler NCT اندازه‌گیری و در مقایسه دو روش، اختلاف آماری قابل‌توجهی مشاهده نشد (۱۰). در مطالعه حاضر، میانگین فشار داخل چشمی اندازه‌گیری‌شده با تونومتر Keeler به‌طور متوسط $1/62 \pm 0/31 \text{ mmHg}$ بیشتر از گلدمن به دست آمد که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. تفاوت میانگین فشار داخل چشمی بین دو دستگاه در فشار کمتر از 21 mmHg برابر $0/25$ و ضریب همبستگی در این محدوده فشار، $0/83$ محاسبه شد. همچنین در فشار بیشتر یا مساوی 21 mmHg ، تفاوت میانگین دو روش $0/76$ و ضریب همبستگی $0/97$ به دست آمد. کمتر بودن اختلاف میانگین دو روش در فشارهای کمتر از 21 ، نشانگر نزدیکی نتایج در فشارهای طبیعی داخل چشمی این پژوهش

است. در کل، نتایج مطالعه حاضر حاکی از این است که تونومتر Keeler در مقایسه با تونومتر گلدمن، فشار داخل چشمی را بیشتر نشان می‌دهد. در این بررسی ضریب همبستگی کلی بین دو روش $0/95$ به دست آمد که از نظر آماری معنی‌دار بود. آنچه مشخص است اینکه مطالعات فوق‌الذکر و تحقیقات دیگر انجام‌شده، نتایج متفاوت و گاه متناقضی را گزارش کرده‌اند، و در توجیه نتایج نیز فرضیه‌های متعددی مطرح شده است، به‌عنوان مثال مشخص شده است پس از تونومتری به روش گلدمن، احتمالاً به دلیل اثر فشار ناشی از اپلاتاسیون سر تونومتر، جریان خروجی اکوس افزایش می‌یابد، که این امر باعث کاهش مختصر حجم اتاق قدامی، در نتیجه باعث کاهش کاذب فشار داخل چشمی در اندازه‌گیری‌های بعدی می‌شود (۳). در مطالعه حاضر ابتدا اندازه‌گیری IOP با تونومتر Keeler و سپس با تونومتر گلدمن انجام گرفت. در مطالعه Imubrad اندازه‌گیری با تونومتر گلدمن یک‌بار قبل و یک‌بار بعد از تونومتر غیر تماسی انجام شد، در استفاده از NCT قبل از گلدمن، کاهش IOP اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار نبود، ولی هنگامی که NCT در پی GAT استفاده شد، میانگین فشار به میزان کم، ولی معنی‌دار کاهش یافت (۱۹). Babalola و همکاران در بررسی ۱۷۶ چشم در بومیان آفریقا نتیجه گرفتند اندازه‌گیری IOP با پالس‌ایر قابل‌اعتمادتر است، ولی به‌شدت تحت تأثیر ضخامت قسمت مرکزی قرنیه قرار می‌گیرد (۲۰). بررسی Tonnu نیز مشخص کرد روش‌های تونومتری غیر تماسی بیشتر از روش گلدمن، به ضخامت قرنیه حساس هستند (۲۱). نتایج بررسی اخیر حاکی از این بود که در محدوده ضخامت طبیعی قرنیه، مقادیر اندازه‌گیری‌شده فشار داخل چشمی توسط دو دستگاه، ارتباطی با ضخامت مرکزی قرنیه ندارد. تفاوت نتایج مطالعه حاضر با بررسی‌های قبلی شاید به‌علت محدود بودن ضخامت مرکزی قرنیه بیماران مورد مطالعه در محدوده نرمال $500-600 \mu$ بوده است. همچنین ثابت شده است که با افزایش ضخامت قسمت مرکزی قرنیه، فشار داخل چشمی به‌طور کاذب بالاتر نشان داده می‌شود (۲۲). در این بررسی بیشترین میزان همبستگی دو دستگاه در محدوده فشار $20-12 \text{ mmHg}$ به دست آمد که محدوده نرمال فشار داخل چشمی است و می‌توان نتیجه گرفت پالس‌ایر یک روش مناسب

احتمال گلوکوم، هیپرتانسیون چشمی و ارزیابی نتایج درمان در بیماران مبتلا به گلوکوم توصیه می‌شود تونومتر گلدمن همچنان به‌عنوان استاندارد طلایی مدنظر قرار گیرد.

برای غربالگری می‌باشد؛ زیرا عمده مراجعین به درمانگاه‌های عمومی در محدوده فشار طبیعی هستند.

نتیجه‌گیری

دستگاه پالس‌ایر به‌علت سهولت کاربرد و عدم وابستگی به مهارت کاربر می‌تواند وسیله مناسبی برای سنجش فشار چشم در محدوده فشارهای طبیعی داخل چشمی باشد، و در مطالعات غربالگری استفاده از آن مفید است. ولی در موارد خطیر مانند

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره دکتری حرفه‌ای پزشکی است، و بدین وسیله از زحمات کمیته پایان‌نامه‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان سپاسگزاری می‌گردد.

References:

- Landers J, Goldberg I, Graham SL. Analysis of Risk Factors that May be Associated with Progression from Ocular Hypertension to Primary Open Angle Glaucoma. Clin Experiment Ophthalmol 2002;30(4):242-247.
- Lanza M, Borrellia M, De Bernardo M, Filosa ML, Rosa N. Corneal Parameters and Difference between Goldmann Applanation Tonometry and Dynamic Contour Tonometry in Normal Eyes. J Glaucoma 2008;17(6):460-4.
- Ogbuehi KC, Almubrad TM. Accuracy and Reliability of the Keeler Pulsair Easy Eye non-Contact Tonometer. Optom Vis Sci 2008;85(1):61-6.
- Bruce M. Textbook of Glaucoma. 3rd ed. New York: Williams & Wikins; 1992. p. 53-83,160-166.
- Sandhu SS, Chattopadhyay S, Amariotakis GA, Skarmoutsos F, Birch MK, Ray-Chaudhuri N. The Accuracy of Continued Clinical Use of Goldmann Applanation Tonometers with Known Calibration Errors. Ophthalmology 2009;116(1):9-13.
- Whitcare MC, Stein R. Sources of Error with Use of Goldmann Type Tonometers. Surv Ophthalmol 1993;38(1):1-30.
- Parker VA, Herrtage J, Sarkies NJ. Clinical Comparison of the Keeler Pulsair 3000 with Goldmann Applanation Tonometry. Br J Ophthalmol 2001;85(11):1303-4.
- Ogbuehi KC. Assessment of the Accuracy and Reliability of the Topcon CT80 Non-Contact Tonometer. Clin Exp Optom 2006;89(5):310-4.
- Brencher HL, Kohl P, Reinke AR, Yoltan RL. Clinical Comparison of Air-puff and Goldmann Tonometers. J Am Optom Assoc 1991;62(5):395-402.
- Chen X, Peng D, Zhou W, Zhong Y. Evaluation of Accuracy of Measuring Intraocular Pressure by Handheld Non-contact Applanation Tonometer. Yan Ke Xue Bao 1995;11(2):86-8. [Full Text in Chinese]
- Tonnu PA, Ho T, Newson T, A El Sheikh, Sharma K, White E, et al. The Influence of Central Corneal Thickness and Age on Intraocular Pressure Measured by Pneumotonometry, Non Contact Tonometry, the Tonopen XL, and Goldmann Applanation Tonometry. B J Ophthalmol 2005;89(7):851-854.
- Hansen MK. Clinical Comparison of the Xpert Non-contact Tonometer and the Conventional Goldmann Applanation Tonometer. Acta Ophthalmol Scand 1995;73(2):176-80.
- James B. Tonometry. In: James B, Benjamin L, (eds). Ophthalmology; Investigation and Examination Techniques. Butterworth Heinemann; 2007. p. 34-36.

14. Yucel AA, Sturmer J, Gloor B. Comparison of Tonometry with the Keeler Air puff Non-contact Tonometer "Pulsair" and the Goldmann Applanation Tonometer. *Klin Monbl Augenheilkd* 1990;197(4):329-34.
15. Mackie SW, Jay JL, Ackerley R, Walsh G. Clinical Comparison of the Keeler Pulsair 2000, American Optical MkII and Goldmann Applanation Tonometers. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16(2):171-7.
16. Zhang Y, Zhao JL, Bian AL, Liu XL, Jin YM. Effects of Central Corneal Thickness and Corneal Curvature on Measurement of Intraocular Pressure with Goldmann Applanation Tonometer and Non-contact Tonometer. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2009;45(8):713-8. [Full Text in Chinese]
17. Razmjoo H, Razmjoo M, Tavakkoli M, Akhlaghi M, et al. Comparison of Intraocular Pressure Measurement with Noncontact Pulsair 3000 Tonometer and Goldmann Applanation Tonometers. *Bina J Ophthalmol* 2009;14(4):372-377. [Full Text in Persian]
18. Sorkhaby R, Khatibian P. Comparison of the Accuracy of the IOP Measurement with Noncontact Pulsair, Tonopen and Applanation Tonometers. *Sci J Hamadan Univ Med Sci* 2010;16(4):20-25. [Full Text in Persian]
19. Almubrad TM, Ogbuehi KC. On Repeated Corneal Applanation with the Goldmann and Two Non-contact Tonometers. *Clin Exp Optom* 2010;93(2):77-82.
20. Babalola OE, Kehinde AV, Iloegbunam AC, Akinbinu T, Moghalu C, Onuoha I. A Comparison of the Goldmann Applanation and Non-contact (Keeler Pulsair Easy Eye) Tonometers and the Effect of Central Corneal Thickness in Indigenous African Eyes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29(2):182-8.
21. Tonnu PA, Ho T, Sharma K, White E, Bunce C, Garway-Heath D. A Comparison of Four Methods of Tonometry: Method Agreement and Interobserver Variability. *Br J Ophthalmol* 2005;89(7):847-50.
22. Dohadwala AA, Munger R, Damji KF. Positive Correlation between Tono-pen Intraocular Pres-sure and Central Corneal Thickness. *Ophthalmology* 1998;105(10):1849-54.