

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ВЪТРЕОЧНОТО НАЛЯГАНЕ, ИЗМЕРЕНО С БЕЗКОНТАКТЕН ТОНОМЕТЪР (TONOPACHY NT-530P) И БЕЗКОНТАКТЕН ТОНОМЕТЪР С ДЕТЕКЦИЯ НА БИОМЕХАНИЧНИЯ ОТГОВОР НА РОГОВИЦАТА (OCULUS CORVIS ST)

Евгени Нешкински

Специализирана болница по очни болести за активно лечение (СБОБАЛ) – Варна
Категра по очни болести и зрителни науки, Факултет по медицина,
Медицински университет – Варна

COMPARATIVE ANALYSIS OF INTRAOCULAR PRESSURE MEASURED WITH NON-CONTACT AIR TONOMETRY (TONOPACHY NT-530P) AND NON-CONTACT TONOMETER WITH DETECTION OF CORNEAL BIOMECHANICAL RESPONSE (OCULUS CORVIS ST)

Evgeni Neshkinski

Specialized Eye Hospital, Varna, Medical University of Varna
Department of Ophthalmology and Visual Sciences, Faculty of Medicine,
Medical University of Varna

Адрес за кореспонденция:

Евгени Нешкински
Факултет „Медицина“
Медицински университет – Варна
ул. „Марин Дринов“ 55
Варна, 9002
e-mail: evgeni.neshkinski@mu-varna.bg

РЕЗЮМЕ

Въведение: Измерването на вътреочно налягане (ВОН) е едно от стандартните изследвания при извършването на обстоен очен презлед. Тези стойности са и един от параметрите, с които се диагностицира и проследява едно от честите социалнозначими очни заболявания – глаукомата. Ето защо точното измерване с голяма повторямост и ниска степен на грешка е от решаващо значение за правилната диагноза, проследяване и лечение на това заболяване.

Цел: Да се направи сравнителен анализ на резултатите, получени при измерване на вътреочно налягане с безконтактна въздушна тонометрия (Топорасчу NT-530P) и иновативен безконтактен тонометър с детекция на роговичния биомеханичен отговор (Corvis ST).

Материали и методи: Настоящото проучване представя резултати, получени от 20 пациенти (40 очи), включително пациенти с глаукома (n=7) и контролна група (n=13). На всички е измерено вътреочното налягане и е направена оптична пахиметрия с безконтактен въздушен тонометър Топорасчу NT-530P и безконтактен тонометър OCULUS Corvis ST.

Резултати: Средните стойности на вътреочно налягане, измерени с Топорасчу NT-530P, се равняват на $17,97 \pm 4.04$ mmHg, а измерени с Corvis ST – съответно 17.43 ± 4.86 mmHg. Получените резултати показват, че разликата в некоригираните стойности на ВОН за ДО между двата апарата се равнява на 0.515 mmHg със стандартно отклонение $SD=1.5118$, $p<0.01$. Средната разлика при измерване на некоригираните стойности на ВОН за АО се равнява на 1.9 mmHg, $SD=2.7237$, $p<0.01$. За коригираните стойности на ВОН на ДО данните се различават средно с 0.545 mmHg, $SD=1.98162$ mmHg, $p<0.01$, а за коригираните стойности на ВОН на АО: 1.78 mmHg, $SD=2.722668$ mmHg, $p<0.01$. Резултатите показват, че при проучваната група има тенденция за по-високи стойности, получени с тонометъра на Топорасчу NT530P спрямо Corvis ST. Разликата в

резултатите се задълбочава с увеличаване на ВОН при пациенти с абнормно високи стойности на вътреочното налягане.

Заключение: Безконтактният тонометър с детекция на биомеханичен отговор на роговицата е още един метод, който допълва възможностите за прецизна диагностика на съвременния офталмолог. Благодарение на детайлния анализ на роговицата, който се прави по време на тонометрията, методът би могъл да послужи за ранна детекция и по-ефективно проследяване и лечение на глаукома.

Ключови думи: безконтактен тонометър, Corvis ST, роговична биомеханика, иновация, глаукома

Address for correspondence:

Evgeni Neshkinski
Faculty of Medicine
Medical University of Varna
55 Marin Drinov St
9002 Varna
e-mail: evgeni.neshkinski@mu-varna.bg

ABSTRACT

Introduction: The measurement of intraocular pressure (IOP) is one of the standard tests in performing an ophthalmology examination. These values are among the parameters used to diagnose and monitor one of the commonly seen socially significant diseases—glaucoma. Therefore, accurate measurement with high recurrence and low error rate is crucial for the correct diagnosis, monitoring, and treatment of these diseases.

Aim: The aim of this article is to make a comparative analysis between the results obtained by measuring intraocular pressure, using a popular method with Tonopachy NT 530P non-contact air tonometry and innovative Corvis ST non-contact tonometer with detection of corneal biomechanical response.

Materials and Methods: The current study presents results from 20 patients (40 eyes), including glaucoma patients (n=7) and a control group (n=13). The intraocular pressure and optical pachymetry of all participants were measured with Tonopachy NT-530P non-contact air tonometer and OCULUS Corvis ST non-contact air tonometer.

Results: The mean values of IOP with Tonopachy NT-530P are equal to 17.97 ± 4.04 mmHg mmHg, and with Corvis ST— 17.43 ± 4.86 mmHg. The obtained results show that the uncorrected IOP of the right eye (TOD) difference between the two devices is equal to 0.515 mmHg, with standard deviation $SD=1.5118$, $p < 0.01$. The average difference in the measurement of uncorrected IOP of the left eye (TOS) is equal to 1.9 mmHg, $SD=2.7237$, $p < 0.01$. For the corrected TOD, the difference in results is 0.545 mmHg, $SD=1.98162$ mmHg, $p < 0.01$, and for the corrected TOS, it is 1.78 mmHg, $SD=2.722668$ mmHg, $p < 0.01$. The results show that in the study group there is a tendency for higher values obtained with the Tonopachy NT530P tonometer compared to Corvis ST. The difference in results is exacerbated by an increase in IOP in patients with abnormally high IOP.

Conclusion: The non-contact tonometer with detection of biomechanical response of the cornea is another method that helps the modern ophthalmologist. Thanks to the detailed analysis of the cornea, which is done during tonometry, the method could be used for early detection and more effective monitoring and treatment of glaucoma.

Keywords: non-contact tonometer, Corvis ST, corneal biomechanics, innovation, glaucoma

ВЪВЕДЕНИЕ

Глаукомата е социалнозначимо очно заболяване, една от водещите причини за необратима слепота в глобален мащаб (1). Представява група невродегенеративни заболявания, протичащи със загуба на ретинални ганглийни клетки и промяна в диска на зрителния нерв (1,2). Освен с необратима загуба на зрителна функция, заболяването се характеризира и с увреждане на качеството на живот на пациентите (3). Рискови фактори, които са асоциирани със заболяването, могат да бъдат както повишените стойности на вътреочно налягане (ВОН), така и възраст, пол, генетични фактори, фамилен анамнез, рискови навици като пушене и др. (4,1).

От многото изброени рискови фактори се счита, че един от основните и с най-голяма тежест е именно стойността на ВОН (5). Вътреочното налягане се увеличава с около 1 mmHg на всеки 2 години в периода между раждането и 12-годишна възраст, като се покачва от около 6-8 mmHg при

INTRODUCTION

Glaucoma is a socially significant disease, one of the leading causes of irreversible blindness globally (1). It is a group of neurodegenerative diseases characterized by loss of retinal ganglion cells and changes in the optic disc (1,2). In addition to irreversible loss of visual function, the disease is also characterized by impaired quality of life of the patients (3). Risk factors that are associated with the condition can be increased intraocular pressure (IOP) and age, sex, genetic factors, family history, risk habits such as smoking and others (1,4).

Of the listed risk factors, it is considered that one of the main and most important is the value of IOP (5). Intraocular pressure increases by about 1 mmHg every 2 years between birth and 12 years of age, rising from about 6–8 mmHg in newborns to about 12 ± 3 mmHg at the age of 12. In healthy adults, normal pressure is considered to be between 10 and 21 mmHg ($16 \text{ mmHg} \pm 2.5$) (6). Despite these generalized values, IOP is physiologically influenced by many systemic and ocular factors, including

новородените до около 12 ± 3 mmHg на 12-годишна възраст. При здрави възрастни се счита че нормалното налягане има стойности между 10 и 21 mmHg ($16 \text{ mmHg} \pm 2,5$) (6). Въпреки тези обобщени стойности, ВОН физиологично се влияе от множество системни и очни фактори, в т.ч. възраст и кръвно налягане. Тези физиологични колебания трябва да бъдат отчетени при дефиниране на нормалните стойности на ВОН за всеки пациент (7).

Съвременните тонометри измерват ВОН индиректно през роговицата. Ето защо характеристики като централната роговична дебелина (ССТ), кривина и хидратация могат да окажат влияние върху получените резултати и да променят действителните стойности. Допълнителни биомеханични свойства (известни като роговичен хистерезис) също оказват влияние (8).

Повечето пневмотонометри измерват ВОН на базата на роговична апланация или индентация. Тези апарати приемат, че силата, необходима за възване на роговицата, отговаря на ВОН на ниво на ендотел и следователно на ВОН в предна камера, използвайки формула $F/A = P_{cp} + tIOP$, където (F) е силата, приложена върху предна очна повърхност (A), P_{cp} е налягането, корелиращо с биомеханичните свойства на роговицата, а tIOP е реалното ВОН. Тази формула обаче е напълно вярна само за теоретично безкрайно тънка и сферична роговична зона с константен вискоеластичитет. Ето защо споменатите фактори, освен централната роговична дебелина, също оказват влияние върху преизчислените стойности на ВОН и трябва да бъдат отчетени (9).

Един от най-бързите и безопасни начини за измерване на ВОН е безконтактната въздушна тонометрия. Съществуват редица тонометри, като повечето от тях комбинират измерването на ВОН с измерване на централната роговична дебелина и автоматично преизчисляване на стойностите на ВОН. Макар това да дава значително по-достоверна информация за действителните стойности на ВОН, в сравнение само с тонометрия, различните уреди за измерване на ВОН в определени случаи дават значително отклонение (10). Според проучване на различни начини за измерване на ВОН, включващи Тонопен, въздушен тонометър и Голдман апланационна тонометрия (GAT) с преизчисляване спрямо ССТ се установява, че при използване на Тонопен получените стойности са най-близки до тези, получени, използвайки златния стандарт на Голдман (GAT). Значително по-големи са отклоненията при използване на въздушен тонометър (10,11).

ЦЕЛ

Настоящото проучване цели да се сравнят стойностите на ВОН, измерени с въздушен тонометър Tonopachy NT-530P и безконтактен тонометър Corvis ST.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Проучването беше проведено в Специализирана болница по очни болести за активно лечение (СБОБАЛ) – Варна, която разполага с единствения в България безконтактен тонометър Oculus Corvis ST, спечелен по проект на Фонд наука към Медицински университет „Проф. д-р Параскев Стоянов“ – Варна (Фиг. 1). Иновативният безконтактен

age and blood pressure. These physiological fluctuations should be taken into account when defining normal IOP values for each patient (7).

Modern tonometers measure IOP indirectly through the cornea. Therefore, characteristics such as central corneal thickness (CCT), curvature, and hydration may affect the results obtained and alter the actual values. Additional biomechanical properties (known as corneal hysteresis) also have an effect (8).

Most of the pneumotonometers measure IOP on the basis of corneal applanation or indentation. These devices assume that the force required to flex the cornea corresponds to the IOP at the endothelial level and therefore to the IOP in the anterior chamber using the formula $F/A = P_{cp} + tIOP$, where (F) is the force applied to the anterior ocular surface (A), P_{cp} is the pressure correlated with the biomechanical properties of the cornea, and tIOP is the actual IOP. However, this formula is completely true only for theoretically infinitely thin and spherical corneal zone with constant viscoelasticity. Therefore, in addition to the central corneal thickness, these factors also influence the recalculated IOP values and should be taken into account (9).

One of the fastest and safest ways to measure IOP is non-contact air tonometry. There are a number of tonometers, most of which combine the measurement of IOP with the measurement of central corneal thickness and automatic recalculation of the IOP values. Although this provides significantly more reliable information on the actual IOP values compared to tonometry alone, the different IOP measuring devices in some cases give a significant deviation (10).

According to a study of various methods of measuring IOP, including Tonopen air tonometer and Goldman applanation tonometry (GAT) with recalculation depending on CCT, it was found that when using Tonopen the values obtained are closest to those using the Goldman applanation tonometry standard (GAT). The deviations when using an air tonometer are significantly larger (10,11).

AIM

The present study aims to compare IOP values measured with the Tonopachy NT-530P air tonopachymeter and the Corvis ST non-contact tonometer.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the Specialized Eye Hospital, Varna, which has the only non-contact tonopachymeter Oculus Corvis ST in Bulgaria, and won with a project of the Science Fund at the Medical University “Prof. Dr. Paraskev Stoyanov” Varna (Fig. 1). The innovative Corvis ST non-contact tonometer, in addition to standard optical pachymetry, uses a high-speed camera to assess corneal elasticity and thus provides a more accurate estimate of real corrected IOP and corneal hysteresis. The device uses a high-speed camera with 4300 pictures per second, analyzing the biomechanical properties of the cornea. In addition, a Tonopachy NT-530P non-contact air tonometer was also used.

The present study included a randomized group of 20 people (40 eyes), of whom 60% were female ($n=12$) and 40% were male ($n=8$). The mean age of the participants was 51.25 years with an SD of 13.479. The youngest participant was 18 years old, the oldest 75 years old. Three measurements of IOP and CCT were done in each eye. If the difference in the three measurements exceeded 2 mmHg, the patient rested for 10 minutes, after which the measurements were repeated and the average values of all measurements were taken for

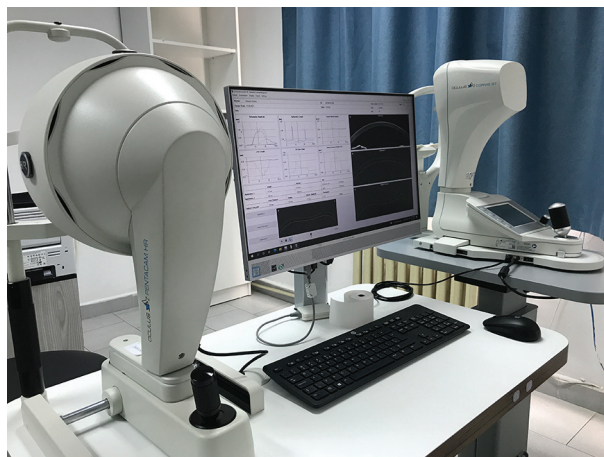


Fig. 1. OCULUS Corvis ST non-contact tonometer, OCULUS Pentacam HR, and analyzing software used in the study.

тонометър Corvis ST, освен стандартната оптична пахиметрия, използва високоскоростна камера, за да оцени еластичитета на роговицата и по този начин да даде поточна оценка за реалното коригирано ВОН и роговичния хистерезис. Апаратът използва високоскоростна камера с 4300 снимки в секунда, правейки анализ на биомеханичните свойства на роговицата. За сравнение на резултатите беше използван и безконтактен въздушен тонометър Топорачу NT-530P.

Настоящото проучване обхваща рандомизирана група от 20 човека (40 очи), от които от женски пол 60% (n=12) и мъжки пол 40% (n=8). Средната възраст на участниците беше 51.25 г. със SD 13.479. Най-младият участник беше на 18 г., най-възрастният на 75 г.

На всяко око бяха направени по три измервания на вътреочното налягане и централната роговична дебелина. При разлика в трите измервания над 2 mmHg пациентът почиваше 10 мин, след което измерванията бяха повторени и за анализ взети средните стойности от всички резултати. Специално внимание беше обърнато на класическите грешки, които се допускат при пневмотонометрия, като стискане на клепачите от страна на пациента, насилствено отваряне на клепачите, неправилно измерване на роговична дебелина при нестабилна и лоша фиксация и др., като в тези случаи резултатите бяха изключени от статистическата обработка.

analysis. Special attention was paid to the classic mistakes made in pneumotometry, such as squeezing the eyelids by the patient, forceful opening of the eyelids, incorrect measurement of corneal thickness with unstable and poor fixation, etc., and in these cases the results were excluded from statistical processing.

SPSS Statistics V19 software was used for statistical processing of the obtained results.

RESULTS

Uncorrected IOP values of the right eye (OD), or TOD, showed a difference between the results of the two devices, the lowest being insignificant to 3 mmHg in one of the participants, which was equal to 16.67% difference. In this case, the Tonopachy NT530P measured higher IOP values, which coincided with other similar studies. When analyzing the uncorrected values of IOP of the left eye (OS), or TOS, of the participants, a difference was also observed, as the largest established was equal to 8 mmHg, which corresponded to a 20.51% difference between the measured values between the two methods. In this case, with Tonopachy NT530P uncorrected IOP of OS=39.0mmHg was measured, and with Corvis ST the uncorrected IOP of OS was 31.0 mmHg. It is noteworthy that with the increasing IOP, as in the case of glaucoma, the difference in the values obtained between the two methods increased (Fig. 2).

The mean uncorrected IOP values measured with Tonopachy NT-530P equaled 17.97 ± 4.04 mmHg, and those measured with Corvis ST— 17.43 ± 4.86 mmHg, respectively. The average difference in the measurement of uncorrected IOP values for OD between the two

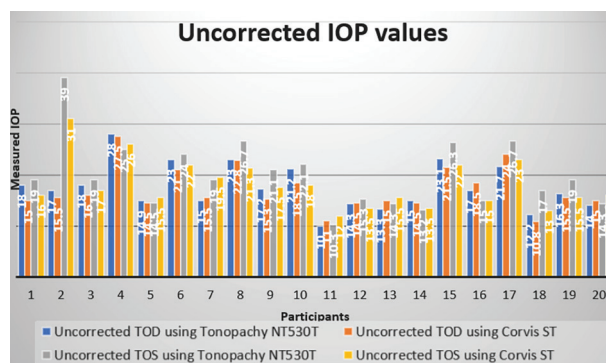


Fig. 2. Uncorrected IOP values of OD and OS using Tonopachy NT-530P and Oculus Corvis ST

За статистическа обработка на получените резултати беше използван софтуер SPSS Statistics V19.

РЕЗУЛТАТИ

Некоригираните стойности на ВОН на дясно око (ДО) показват разлика между резултатите от двата апарата, вариращи от

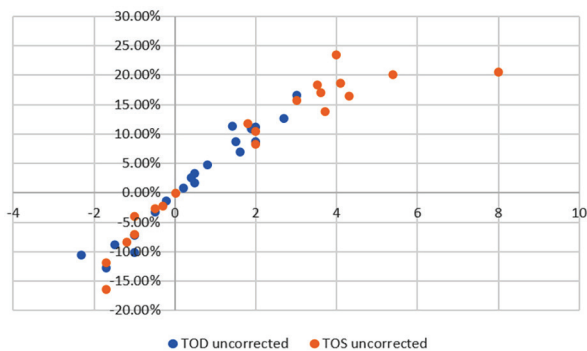


Fig. 3. Point distribution of the difference in percentages in the uncorrected values between the two methods compared by mmHg.

незначителни до 3 mmHg при един от участниците, което се равнява на 16,67% разлика. В този случай Tonopachy NT530P измерва по-високи стойности на ВОН, което съвпада с други аналогични проучвания. При анализиране на некоригираните стойности на ВОН на ляво око (ЛО) на участниците също се наблюдава разлика, като най-голямата установена е равна на 8 mmHg, което отговаря на 20,51% разлика между измерените стойности с двата метода. При този случай с Tonopachy NT530P се измерват некоригирано ВОН на лявото око 39.0 mmHg, а с Corvis ST съответно некоригираното ВОН на ЛО е 31.0 mmHg. Прави впечатление, че при по-високите стойности на ВОН, както е в случаите с глаукома, разликата в получените стойности между двата метода се увеличава (фиг. 2).

Средните некоригирани стойности на вътреочно налягане, измерени с Tonopachy NT-530P, се равняват на $17,97 \pm 4,04$ mmHg, а измерени с Corvis ST – съответно $17,43 \pm 4,86$ mmHg. Средната разлика при измерване на некоригираните стойности на ВОН за ДО между двата апарата се равнява на 0.515 mmHg, със стандартно отклонение $SD=1,5118$, $p<0,01$. Средната разлика при измерване на некоригираните стойности на ВОН за ЛО се равнява на 1.9 mmHg, $SD=2,7237$, $p<0,01$. До известна степен несъответствието се дължи на

devices was equal to 0.515 mmHg, with $SD=1,5118$, $p<0,01$. The average difference in the measurement of uncorrected IOP values for OS was equal to 1.9 mmHg, $SD=2,7237$, $p<0,01$. To some extent, the discrepancy was due to the difference associated with highly increased IOP, but in general there was a tendency that the values measured with Tonopachy were higher than those with Corvis ST (Fig. 3).

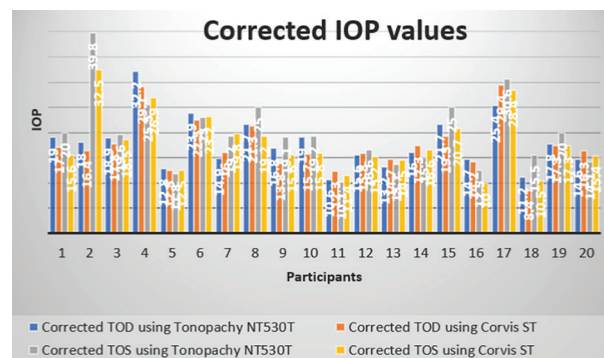


Fig. 4. Corrected IOP values of OD and OS using Tonopachy NT-530P and Oculus Corvis ST.

In the analysis of the results obtained after recalculation of IOP depending on the CCT, a tendency for difference in measurements was observed again. In the presented group of participants, the largest difference in OD was 4 mmHg, which corresponded to a 15.75% difference (Tonopachy NT530P=25.4 mmHg and Corvis ST=29.4mmHg). Again, there was a tendency for a greater difference in the results obtained in patients with elevated IOP. The recalculated result was correspondingly increased from baseline due to the low CCT (CCT measured with Tonopachy NT530P—462 μ m and 470 μ m with Corvis ST, respectively). The recalculation added 3.7 mmHg in the first case and 5.4 mmHg in the second, despite similar CCT values measured with both devices (Fig. 4). The mean corrected IOP values of OD were $18,17 \pm 4,77$ mmHg measured with Tonopachy NT-530P and $17,62 \pm 4,86$ mmHg measured with Corvis ST. For corrected left eye IOP values, the data obtained was $19,74 \pm 6,27$ mmHg measured with the Tonopachy NT-530P and $17,96 \pm 5,69$ mmHg measured with the Corvis ST. The average difference in measuring the corrected values of OD between the two devices was 0.545 mmHg with $SD=1,98162$ mmHg, $p<0,01$, which was close in values to the measured deviations without recalculation. For the values obtained from OS with the two methods, the difference was 1.78 mmHg on average, $SD=2,722668$ mmHg,

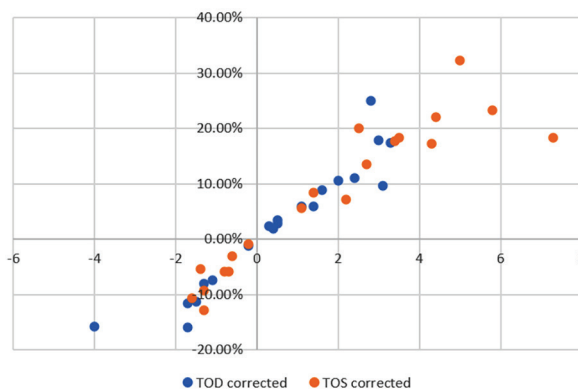


Fig. 5. Point distribution of the difference in percentages in the corrected values between the two methods compared by mmHg.

изразената разлика при значително повишено ВОН, но като цяло се запазва тенденцията, че стойностите, измерени с Топорачу, са по-високи, отколкото тези с Corvis ST (фиг. 3). При анализ на резултатите, получени след преизчисляване на ВОН спрямо ССТ, отново се наблюдава тенденция за разлика при измерванията. В представената група от участници най-голямата разлика в ДО е 4 mmHg. Отново се забелязва тенденция за по-голяма разлика в получените резултати при пациенти с повишено над нормата ВОН. Преизчисленият резултат е съответно повишен спрямо изходната стойност поради малка централна дебелина на роговицата (съответно измерена ССТ 462 μm с Топорачу NT530P и 470 μm с Corvis ST). Преизчисляването добавя съответно 3.7 mmHg в първия случай и 5.4 mmHg във втория, въпреки близките стойности на ССТ, измерени с двата апарата (фиг. 4). Средните коригирани стойности на ВОН на ДО са 18.17 ± 4.77 mmHg, измерено с Топорачу NT-530P, и 17.62 ± 4.86 mmHg, измерено с Corvis ST. За коригираните стойности на ВОН на АО получените данни са съответно 19.74 ± 6.27 mmHg, измерено с Топорачу NT-530P, и 17.96 ± 5.69 mmHg, измерено с Corvis ST. Средната разлика при измерване на коригираните стойности на ДО между двата уреда е 0.545 mmHg с $SD=1.98162$ mmHg, $p<0.01$, което се приближава като стойности до измерените без преизчисление отклонения. За стойностите, получени от АО с двата метода, разликата съответно е средно 1.78 mmHg, $SD=2.722668$ mmHg, $p<0.01$, като по-високите резултати отново са получени с тонометъра Топорачу. Процентно разликата между стойностите в двата уреда е 7,4877%, $SD=13.44407\%$ (фиг. 5).

ОБСЪЖДАНЕ

В литературата има ограничен брой статии, сравняващи резултатите, получени от безконтактни тонометри с детекция на роговичния хистерезис и класически пневмотонометри. В едно от аналогичните проучвания на Jiaxu Hong et al. се прави сравнение на Corvis ST с безконтактен тонометър и Голдман апланационен тонометър. В него са изследвани 59 пациенти, включително 36 с глаукома и контролна група от 23 участници, като средните стойности на ВОН, които те получават, са 18.9 ± 5.8 mmHg за Corvis ST, 21.3 ± 6.8 mmHg за стандартен безконтактен тонометър и 20.3 ± 5.7 mmHg за Голдман апланационен тонометър. Няма статистически значима разлика във ВОН, измерено с различните тонометри, с изключение на данните, получени между Corvis ST и безконтактния тонометър. Авторите заключават, че Corvis ST представлява алтернативен метод за измерване на ВОН, макар стойностите невинаги да са взаимнозаменяеми (5).

Проучване на Ioannis Haldiadakis и екип сравняват резултатите от измерване на ВОН с преизчисляване спрямо ССТ, използвайки Corvis ST, Голдман апланационен тонометър и оптична корнеална пахиметрия в контролна група, пациенти с очна хипертензия и първична откритоъгълна глаукома. Проучването сравнява резултатите от 80 човека, 30 с ПОЪГ, 25 с очна хипертензия и контролна група от 25 човека. Средните стойности на ВОН при GAT на всички очи са били 17.2 ± 3.6 mmHg, а средната стойност, с

$p<0.01$, and higher results were again obtained with the Tonopachy tonometer (Fig. 5).

DISCUSSION

There are a limited number of articles in the literature comparing the results obtained from non-contact tonometers with detection of corneal hysteresis and classic pneumotonometers. In one similar study by Jiaxu Hong et al., a comparison between Corvis ST non-contact tonometer and a Goldman applanation tonometer is made. It examined 59 patients, including 36 with glaucoma and a control group of 23 participants, with a mean IOP of 18.9 ± 5.8 mmHg for Corvis ST, 21.3 ± 6.8 mmHg for a standard non-contact tonometer, and 20.3 ± 5.7 mmHg for Goldman applanation tonometer. There was no statistically significant difference in IOP measured with different tonometers, except for the data obtained between the Corvis ST and the non-contact tonometer. The authors conclude that Corvis ST is an alternative method for measuring IOP, although the values are not always interchangeable (5).

A study by Ioannis Haldiadakis et al. compared the results of IOP measurements with recalculation after CCT using Corvis ST, Goldman application tonometry, and optical corneal pachymetry in a control group, patients with ocular hypertension and primary open-angle glaucoma (POAG). The study compared the results of 80 people, 30 with POAG, 25 with ocular hypertension, and a control group of 25 people. The mean GAT values of all eyes were 17.2 ± 3.6 mmHg, and the mean values with recalculated Corvis ST values were 15.9 ± 3.7 mmHg, respectively. The results obtained from optical pachymetry were 549.5 ± 36.4 μm on average, and those from Corvis ST— 556.415 μm , without statistically significant difference. In conclusion, the authors assume that the measured values of IOP and pachymetry between GAT, optical pachymetry, and Corvis ST are comparable, which is useful especially at low and high values of CCT (13).

In the Bulgarian literature there is a similar study by Z. Zlatarova and a team comparing the values of IOP and CCT measured with Goldman's applanation tonometry, ultrasound pachymetry, and Tonopachy NT-530P non-contact tonometer. The results show that of the 51 patients (102 eyes) with glaucoma or suspected glaucoma, the mean IOP measured with GAT was 17.26 mmHg and the IOP with a non-contact tonometer was 16.40 mmHg, with a statistically significant difference between IOP measured by both methods ($p<0.001$). The mean value of CCT in the study group was 545 μm , measured by ultrasonic pachymetry and 558 μm when measured by optical pachymetry. In conclusion, according to the study, the difference found in the IOP measured by the two methods is negligible for clinical practice. However, the difference in CCT is more important, as it also affects the values of recalculated IOP (14).

The results of our study coincide with those of other similar studies, as the values obtained with Corvis ST and other non-contact pneumotonometers are comparable, and the differences obtained are negligibly small in clinical practice.

CONCLUSION

Glaucoma is a socially significant disease, one of the leading causes of irreversible blindness worldwide, and, along with visual function, it also affects the quality of life. Therefore, early and accurate diagnosis and proper follow-up of these patients is of paramount importance. A number of factors are important for the development and progression

преизчислени стойности от Corvis ST съответно 15.9 ± 3.7 mmHg. Резултатите, получени от оптичната пахиметрия, са средно 549.5 ± 36.4 μm , а от Corvis ST $556.41.5$ μm , без статистически значима разлика. Като заключение авторите приемат, че измерените стойности на ВОН и пахиметрия между GAT, оптична пахиметрия и Corvis ST са съпоставими, което е от полза особено при ниски и високи стойности на CCT (13).

В българската литература има подобно проучване на З. Златарова и екип, сравняващо стойностите на ВОН и централна роговична дебелина, измерени с апланационна тонометрия по Голдман, УЗ пахиметрия и безконтактен тонометър Tonopachy NT-530P. Резултатите от него показват, че от изследвани 51 пациенти (102 очи) с глаукома или суспектна глаукома, средната стойност на ВОН, измерено с GAT е 17.26 mmHg, а тази на ВОН, измерено с безконтактен тонометър в 16.40 mmHg, като съществува статистически значима разлика между ВОН, измерено по двата метода ($p < 0.001$). Средната стойност на централната роговична дебелина в проучената група е била 545 μm , измерена с ултразвукова пахиметрия, и 558 μm при измерване с оптична пахиметрия. В заключение според проучването установената разлика в измереното ВОН по двата метода е пренебрежимо малка за клиничната практика. Разликата в централната роговична дебелина обаче има по-голямо значение, тъй като повлиява и стойностите на преизчислено ВОН (14).

Резултатите от нашето проучване съвпадат с тези от други аналогични проучвания, като стойностите, получени с Corvis ST и останалите безконтактните пневмотонометри, са съпоставими, а получените разлики са пренебрежимо малки в клиничната практика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глаукомата е социалнозначимо очно заболяване, една от причините за необратима слепота в световен мащаб, като едновременно със зрителната функция засяга и качеството на живот. Ето защо ранната и точна диагноза и правилното проследяване на тези пациенти е от първостепенно значение. За развитието и прогресията на заболяването значение имат редица фактори, но един от първостепенните остава вътреочното налягане. Поради индиректното измерване на стойностите му през роговицата са създадени формули за преизчисляване на реалното ВОН. Съвременни проучвания доказват многообразието от фактори, освен централната роговична дебелина, като кривината, хидратацията и роговичния хистерезис, които оказват влияние върху изчисляването на реалните стойности за ВОН.

Съвременната апаратура като безконтактния тонометър с детекция на биомеханичния отговор на роговицата OCULUS Corvis ST е допълнение към възможностите за диагностика на съвременния офталмолог и би могъл да допринесе с данни за прогресията и ефекта от лечението на глаукома, като резултатите са съпоставими с тези на други безконтактни пневмотонопахиметри.

of the disease, but one of the primary remains IOP. Due to the indirect measurement of its values through the cornea, formulas have been created for recalculating the actual IOP. Recent studies have shown a variety of factors, other than CCT, such as curvature, hydration, and corneal hysteresis, that influence the calculation of actual IOP values. Modern equipment, such as the OCULUS Corvis ST non-contact tonometer with detection of the biomechanical response of the cornea, is an addition to the diagnostic options of the modern ophthalmologist and could contribute data on the progression and effect of treatment of glaucoma, because the results are comparable to those of other non-contact pneumotonometers.

REFERENCES

- Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *JAMA*. 2014;311(18):1901-11. doi: 10.1001/jama.2014.3192.
- Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, Dietlein T, Pfeiffer N. The diagnosis and treatment of glaucoma. *Dtsch Arztebl Int*. 2020;117(13):225-34. doi: 10.3238/arztebl.2020.0225.
- Allison K, Patel D, Alabi O. Epidemiology of glaucoma: the past, present, and predictions for the future. *Cureus*. 2020;12(11):e11686. doi: 10.7759/cureus.11686.
- Imrie C, Tatham AJ. Glaucoma: the patient's perspective. *Br J Gen Pract*. 2016;66(646):e371-3. doi: 10.3399/bjgp16X685165.
- Hong J, Xu J, Wei A, Deng SX, Cui X, Yu X, et al. A new tonometer—the Corvis ST tonometer: clinical comparison with noncontact and Goldmann applanation tonometers. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(1):659-65. doi: 10.1167/iovs.12-10984.
- European Glaucoma Society - 2008 - Terminology and guidelines for glaucoma.pdf [Internet]. [cited 2022 Jan 29]. Available from: <http://bmc.swbh.nhs.uk/wp-content/uploads/2013/03/EGS-Terminology-and-Guidelines-for-Glaucoma-3rd-Edition.pdf>
- Wang YX, Xu L, Wei WB, Jonas JB. Intraocular pressure and its normal range adjusted for ocular and systemic parameters. The Beijing Eye Study 2011. *PLoS One*. 2018;13(5):e0196926. doi: 10.1371/journal.pone.0196926.
- European Glaucoma Society, editor. Terminology and guidelines for glaucoma. 3rd edition. Savona: Ed. Dogma; 2008.
- De Moraes CGV, Prata TS, Liebmann J, Ritch R. Modalities of tonometry and their accuracy with respect to corneal thickness and irregularities. *J Optometry*. 2008;1(2):43-9.
- Khatri A, Thapa M, Kharel M, Sah A, Bhattarai K, Joshi K. Influence of central corneal thickness (CCT) on the intraocular pressure (IOP) measurements taken from Goldmann applanation tonometer, Tonopen, and airpuff tonometer. *Birat J Health Sci*. 2018;3(3):532-6.
- Yilmaz I, Altan C, Aygit ED, Alagoz C, Baz O, Ahmet S, et al. Comparison of three methods of tonometry in normal subjects: Goldmann applanation tonometer, non-contact airpuff tonometer, and Tono-Pen XL. *Clin Ophthalmol*. 2014;8:1069-74. doi: 10.2147/oph.s6391.
- Bader J, Havens SJ. Tonometry. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [cited 2022 Jan 30]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493225/>
- Halkiadakis I, Tzimis V, Gryparis A, Markopoulos I, Konstantinidou V, Zintzaras E, et al. Evaluation of Corvis ST tonometer with the updated software in glaucoma practice. *Int J Ophthalmol*. 2022;15(3):438-45. doi: 10.18240/ijo.2022.03.11.
- Zlatarova Z, Decheva D. Comparison of the intraocular pressure and central corneal thickness values, measured by Goldmann applanation tonometer, ultrasound pachymetry, and Tonopachy NT-530P. *Bulgarian Ophthalmol Rev*. 2013; 57(2):18-22. (in Bulgarian).