الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

الجامعة السورية الخاصة

كلية الطب البشري

# دراسة الترابط بين ثخانة القرنية المركزية وقياس ضغط العين بمقياس غولدمان

# Study of the Correlation Between Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure with Goldmann Applanation Tonometry.

رسالة جامعية أعدت لنيل إجازة دكتور في الطب البشري **M.D**

الإشراف

أ.د. يسرى حدة

إعداد

عمر سامر الإمام

دانه محمد باسل الجنيدي

العام الدراسي **2023-2024**

# الإهداء

إلى أعمدة العلم.. إلى الشموع التي ذابت لتنير دروبنا بالعلم والمعرفة ...إلى من كان دأبهم السامي هو النهوض بمستوى العلم في كليتنا

دكاترتنا الافاضل

أتوجه بالشكر والامتنان لمشرفة هذه الرسالة

صاحبة القلب المعطاء والروح الجميلة

فقد كان لإشرافها ومنحها الكثير من الوقت لنا اليد الأولى في خروج هذه الرسالة العلمية بالشكل الذي ظهرت عليه، كما كان لتوجيهاتها ونصائحها دور أساسي في إتمام دراستي العلمية

أ.د. يسرى حدة

والشكر موصول لأعضاء لجنة المناقشة الكرام على تفضلهم بقبول مناقشة رسالة التخرج هذه، ولدورهما في نشر العلم بصدق وأمانة

أ.د. تغريد حمود، أ.د. يوسف مخلوف

نود أن نفصحَ لك بكلمات قليلة عن تقديرنا لخدماتك الرائعة لنا وللمساعدة التي قدمتها في الفترات الماضية، فعطاؤك لا يقدر بثمن بالنسبة لنا، نتمنى لك التوفيق في مساعيك المستقبلية وجزاك الله عنا كل خير

أ.د. مروان شامية

# الفهرس


الملخص..... 6

القسم النظري..... 9

المقدمة..... 10

قيم الضغط الطبيعية داخل المقلة..... 12

طرق قياس الضغط داخل المقلة..... 14

أنواع وخصائص أجهزة قياس الضغط داخل المقلة..... 15

تقنيات قياس ضغط المقلة..... 20

تعقيم أجهزة قياس الضغط داخل المقلة..... 26

الأخطاء المحتملة في قياس الضغط داخل المقلة..... 27

طبقات القرنية وثخاناتها..... 29

طرق قياس ثخانة القرنية ..... 31

طبوغرافيا القرنية..... 32

تغيرات ثخانة القرنية..... 38

القسم العملي..... 41

اهداف الدراسة..... 42

تصميم الدراسة..... 42

الطرائق..... 43
الطرائق الإحصائية المتبعة..... 45
الاعتبارات الأخلاقية..... 45
النتائج..... 46
المناقشة..... 49
الخلاصة ..... 53
التوصيات..... 54
المراجع..... 55
الملحقات..... 64

## قائمة الاشكال:

الشكل رقم 1: قيم الضغط الطبيعية داخل المقلة..... 13

الشكل رقم 2: تقنيات قياس ضغط المقلة..... 23

الشكل رقم 3: تقنيات قياس ضغط المقلة..... 24

الشكل رقم 4: طبقات القرنية وثخاناتها..... 30

الشكل رقم 5: طبوغرافيا القرنية..... 37

الشكل رقم (6): المناقشة.....52

## قائمة الجداول:

الجدول رقم 1: توزع العينة حسب الجنس..... 46

الجدول رقم 2: توزع المرضى بحسب السوابق الدوائية..... 47

الجدول رقم 3: توزع المرضى بحسب السوابق المرضية..... 47

## الملخص باللغة العربية


الخلفية: إن قياس الضغط داخل المقلة هو قياس أساسي في تشخيص الزرق وفي المتابعة بعد العمليات الجراحية داخل العين. يعتبر قياس الضغط داخل المقلة بمقياس غولدمان هو المعيار الذهبي لأنه دقيق وقابل للتكرار. تتأثر قياسات الضغط داخل المقلة بالعديد من المتغيرات مثل ضغط الدم الجهازي، ثخانة القرنية المركزية وبعض الأمراض التي تصيب المقلة مثل التهابات العنبة وانفصال الشبكية.

الطرائق والمواد: دراسية وصفية مقطعية مستعرضة، تم اشتمال 50 شخص و100 عين من أصحاب العيون السليمة، تم تحليل البيانات إحصائيا باستعمال **(SPSS 26)** حيث تم ذكر المتغيرات على شكل توترات ونسب. تم استعمال معامل ارتباط بيرسون لكشف العلاقة بين سماكة القرنية المركزية والضغط داخل المقلة.

النتائج: كان نسبة المشاركين الذكور في العينة 56% بينما بلغت نسبة الإناث المشاركات 44%. بلغ متوسط أعمار المشتركين في هذه الدراسة 48.1 سنة مع انحراف معياري قدره 13.84. عانى 24% من المشاركين من ارتفاع ضغط الدم في حين بلغت نسبة الأشخاص المعافيين صحيا 64%. كان متوسط ثخانة القرنية المركزية لدى الذكور (557.23 ±25.33) بينما كان متوسط ثخانة القرنية المركزية عند الإناث (531.34 ±41.88) وكانت النتائج ذات دلالة إحصائية في حين لم نجد علاقة بين ثخانة القرنية المركزية والعمر. وتبين وجود علاقة إيجابية معتدلة بين قيم الضغط داخل المقلة وثخانة القرنية المركزية حيث إن سماكة القرنية المركزية ترتبط خطيا ب زيادة قيم الضغط داخل المقلة **(p=0.02)** ومعامل ارتباط بيرسون **(r=0.232)**.

الخلاصة: نتيجة لما سبق أكدت النتائج أهمية قياس ثخانة القرنية المركزية في تقييم الزرق وعلاجه.

## الملخص باللغة الإنكليزية:

**Background:** Intraocular pressure (IOP) is an essential measurement in diagnosing glaucoma and in postoperative follow-up of patients who underwent intraocular surgery. Goldmann applanation tonometry (GAT) is considered the gold standard measurement for IOP since it is valid and reproducible. A lot of measurements and values are altered with different IOP values such as systemic blood pressure and Central corneal thickness and many IOP disturbances can be seen in different ocular pathologies such as uveitis and retinal detachment.

**Methods and materials:** 50 subjects with 100 eyes were included. 56% of the sample were males while 44% were females. The mean age of the sample was 48.1 with a standard deviation of 13.84. comorbidities were not present in 64% of sample while 24% suffered from hypertension. More details are in the table below.

There was a statistically significant difference in the mean of CCT ($p<0.001$) between males (557.23+-25.33) and females (531.34+-41.88) respectively. On the other hand, no statistically significant difference ($p=0.5$) regarding CCT in relation to age.

Correlation studies between CCT and IOP revealed a moderately positive correlation (Pearson correlation coefficient $r=0.232$, $p=0.02$) moreover, linear regression analysis showed that CCT and IOP were correlated linearly (ANOVA, $p=0.02$).

In conclusion, the results confirmed the importance of measuring the thickness the central corneal thickness in the evaluation and treatment of glaucoma.

# القسم النظري

# Theoretical Part

# اولاً: مقدمة Introduction:

يتوزع الضغط داخل المقلة بين مجموع الناس ضمن مجال 11-21 ملم زئبقي وبالرغم من أنه ليس هناك نقطة فاصلة قطعية فإن قيمة 21 ملم ز تعتبر الحد الأعلى الطبيعي و القيم الأعلى منها ينظر إليها بارتياب [1] .

تتفاوت قيم الضغط داخل المقلة بين أوقات اليوم الواحد، ومع ضربات القلب، ومستوى ضغط الدم وحركات التنفس، ويميل نموذج المنحني اليومي لهذا الضغط لأن يكون أعلى في الصباح وأخفض في الظهيرة والمساء .

وفي الممارسة العملية تكفي المراقبة خلال ساعات الصباح لأن الذروة في 80% من المرضى هي بين الساعة 8-12 قبل الظهر.

إن قياس التوتر هو مقياس موضوعي يعتمد على القوة المطلوبة لتسطيح القرنية أو على درجة تفريض القرنية الناجم عن قوة ثابتة [2] .

تؤكد الأبحاث العلمية أهمية الضغط داخل المقلة (IOP) في تشخيص الزرق وأهمية إنقاصه في علاجه ويتأثر قياس التوتر داخل المقلة بزيادة أو نقصان بعوامل متعددة منها [3] :

- اللابؤرية القرنية .
- وذمة القرنية وندباتها .
- وجود عدسات لاصقة على سطح القرنية .
- قساوة الصلبة .
- قساوة القرنية .

- عمليات تصحيح أسواء الانكسار بالاكزيمر ليزر بطريقتين:

PRK (photorefractive Keratectomy)

LASIK (laser in situ keratomileusis)

وانطلاقاً من أهمية القياس الدقيق للضغط داخل المقلة في تشخيص وعلاج الزرق رأينا أن ندرس العلاقة بين قياس التوتر بالتسطيح بمقياس غولدمان وثخانة القرنية المركزية.

## ثانياً: قيم الضغط الطبيعية داخل المقلة Normal IOP Values:

تتراوح قيم ال IOP الوسيطة عند البالغين الشباب بين 15-16 ملم ز ضمن توزع جرسي الشكل ومتناظر[4].

ومع زيادة العمر تشير معظم الدراسات إلى زيادة الضغط داخل المقلة مع انحراف التوزع باتجاه الضغوط العالية [5] . (الشكل 1)

وبشكل معاكس تميل الضغوط عند المواليد والأطفال الطبيعيين إلى أن تكون أقل من تلك الموجودة عند البالغين[6] .

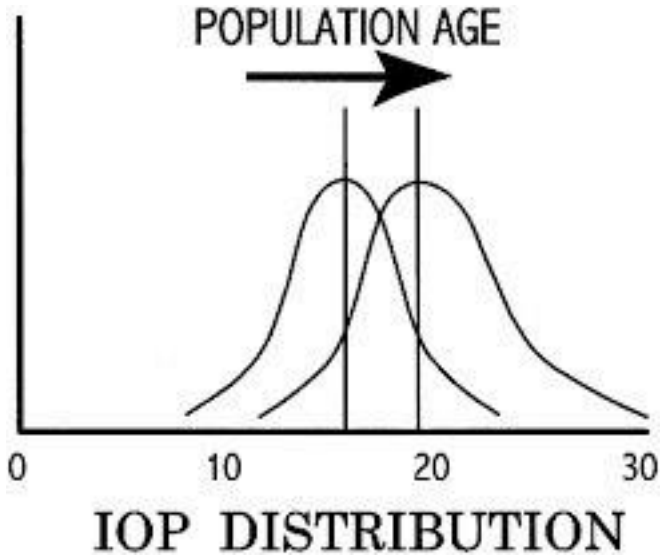
التنوع اليومي للضغط داخل العين:

يظهر الضغط داخل المقلة دورة طبيعية مع طور من الارتفاع النسبي متبوعاً بطور من الانخفاض النسبي يحدث خلال 24 ساعة بشكل يومي ويكون سبب هذا التنوع على الأغلب تغيرات بإنتاج الخلط المائي بالرغم من مساهمة عوامل أخرى [7] .

إن أهمية هذه التغيرات تكون أكبر عند مرضى الزرق حيث تكون في بعض الدراسات أكبر ب 3 -4 مرات منها عند الناس الطبيعيين .

تظهر الدورة اليومية الأشيع ميلاً لحدوث ضغوط مرتفعة في ساعات الصباح مع انخفاضها في المساء، ولكن هذا النموذج ليس حتمياً بسبب حدوث ذرى للضغط بأي وقت من اليوم [8] .

ولذلك لا تكفي قيمة واحدة للضغط داخل المقلة لتكون معتمدة، وإنما يتم تسجيل عدة قيم خلال اليوم الواحد .




الشكل رقم (1): انحراف التوزع باتجاه الضغوط العالية مع اختلاف العمر.

## ثالثا: طرق قياس الضغط داخل المقلة Methods of measuring intraocular pressure:

يمكن أن يقدر الضغط داخل كرة مرنة باستعمال قوى ثابتة لإحداث تغيرات قابلة للقياس بجدارها الخارجي أو العكس باستعمال قوى متغيرة لإحداث تغيرات معروفة مسبقاً في جدار الكرة .

وتستعمل كلا الطريقتين في قياس الضغط داخل المقلة .

تعتمد الطرق المستخدمة على مبدأ Imbert-Fick ، والذي ينص على أن الضغط (p) داخل كرة مثالية، جافة، رقيقة الجدار يساوي القوة اللازمة لتسطيح سطحها (f) مقسومة على مساحة التسطيح (A) [9]، [10] أي أن: الضغط يساوي القوة مقسومة على المساحة المسطحة ، ويجب التأكيد على أن هذا المبدأ يعتبر قيماً عندما تكون الكرة مدورة تماماً، جافة، مرنة، ورقيقة الجدار ولأن جدار العين لا يحقق أياً من هذه الصفات فإن تطبيق مبدأ Imbert-Fick على قياس الضغط داخل المقلة يتطلب انتباهاً للتغيرات التي تسببها طبيعة النسيج العيني، و ترقيماً دقيقاً لأجهزة قياس الضغط داخل المقلة .

## رابعا: أنواع وخصائص أجهزة قياس الضغط داخل المقلة:

## Types and Characteristics of Devices for Measuring Intraocular Pressure:

تسمى الأجهزة التي يكون فيها ارتفاع الضغط داخل المقلة أثناء مرحلة القياس مهملاً أي أقل من 5% أجهزة ذات انزياح قليل.Low-displacement tonometers

مثال: يزيح مقايس غولدمان 0.5 ميكرو لتر من الخلط المائي ويرفع الضغط داخل المقلة بمقدار 3% فقط.

تسمى الأجهزة التي تزيح كمية كبيرة من السائل وترفع بالتالي الضغط داخل العين بمقدار مهم أجهزة ذات انزياح عاليHight-displacement tonometer.

مثال: يكون الضغط داخل العين الطبيعية أكثر من الضعف خلال القياس بمقياس شوتز .

وتكون هذه الأجهزة أقل دقة من الأجهزة ذات الانزياح القليل .

لقد تم اختراع عدد كبير من أجهزة قياس ضغط العين، ولكن كمية قليلة منها فقط هي التي يشاع استعمالها وهي الأجهزة ذات الاستعمال الأسهل، الأبسط بالمعايرة، والأكثر ثباتية من يوم لآخر، والأقل قابلية للتعرض لمشاكل التصليح .

لقد تم اختراع أول مقياس عملي لضغط العين من قبل Maklakoff عام 1855 [11]، وهو الأبسط ويتألف ذلك المقياس المعتمد على آلية التسطيح من وزن مسطح الشكل بأسفل المقياس يمكن وضعه بسهولة ولمدة قصيرة على قرنية المريض و هو بوضعية استلقاء ويتم تقدير منطقة من التماس من قطر الاضطراب المحدث بفلم من الصباغ على سطح المقياس.

قدم Fick عام 1888 مقياساً آخر يعتمد على التسطيح ويستخدم منطقة ثابتة وقوة متغيرة وقد سبق هذا القياس مقياس غولدمان بالتسطيح الذي يعد اليوم الأكثر دقة سريرياً .

خلال الأعوام من 1905-1926 اخترع طبيب العيون النرويجي HjalmarAugust Schiotz مقياساً لضغط العين بطريقة التفريض الميكانيكي ومايزال هذا المقياس موجوداً للاستخدام حتى اليوم [12] .

يتألف هذا المقياس من غطاس ذو ثقل يتحرك بحرية في مركز أسطوانة، وللأسطوانة الخارجية نهاية قدمية الشكل مجوفة نصف قطرها مقعر انحناؤه 13 ملم وهي التي تستقر على القرنية خلال مرحلة القياس .

يفرض الغطاس المثقل القرنية مركزياً وتنتقل كمية التفريض إلى مقياس في أعلى الجهاز بآلية الرافعة أو العتلة والتي تحول كل 0.5 ملم من حركة الغطاس إلى 1 ملم ز على مقياس القراءة الخارجي .

من الواضح أن العين الطرية تسمح بتفريض أكبر للغطاس من العين القاسية .

يظهر مقياس الشوتز كميات كبيرة من التفريض في قراءات المقياس العالية وكميات صغيرة من التفريض في قراءات الجهاز المنخفضة .

عندما يوضع مقياس الشوتز على العين تطبق قوة معينة على القرنية وهذه القوة عبارة عن اتحاد وزن الغطاس مع وزن الأسطوانة ذات النهاية القدمية والمقياس المرافق .

يكون وزن الأداة الكلي على العين 16.5 غ عندما يكون الغطاس أصغر ما يمكن، 5.5 غ، وإن وضع هذا الوزن الكبير على العين يرفع الضغط داخلها خلال القياس .

يعرف الضغط ذو الأهمية السريرية بأنه: الضغط داخل العين بحالتها الطبيعية وهذا يعني قبل تطبيق وزن المقياس، لذلك يجب استخدام جداول مدرجة لترجمة القراءات المأخوذة خلال مرحلة قياس الضغط إلى تقديرات لقيم الضغط الموجودة داخل العين قبل تطبيق المقياس .

يرمز للضغط داخل المقلة خلال مرحلة القياس PI، بينما الضغط داخل المقلة في حالة الراحة قبل تطبيق المقياس يسمى PO أو P naught، وقد كان تدريج مقياس الشوتز أحد أهم مساهمات Dr. Jonas Friedenwaldوالذي يتضمن دراسة علمية دقيقة حول العلاقة بين PIوPO.[13]

وجد هذا الطبيب أن حجم السائل المتراكم خلال مرحلة القياس بمقياس شوتز يتعلق بلوغاريتم PI بعامل سماه قساوة الصلبة.Scleral rigidity

تفترض الجداول التي تستخدم لتقدير الضغط داخل المقلة والتي تعتمد على قراءة مقياس شوتز أن قساوة الصلبة في العين الطبيعية .

وربما يكون المثال الأكثر شيوعاً هو مرضى الحسر العالي، حيث يكون لديهم قساوة صلبة منخفضة وفي مثل هذه الحالات تكون كرة العين مرنة بشكل غير عادي وتسمح بتفريض الصلبة بشكل أكبر من العين ذات قساوة الصلبة الطبيعية والتي لديها قيمة الضغط نفسها .

هذا يعطي قراءة عالية كاذبة على مقياس ضغط العين وبالتالي تقدير منخفض كاذب للضغط داخل العين .

يمكن أن تكون هذه الضغوط المنخفضة الكاذبة مضللة حيث يمكن أن يغفل عن ارتفاعات هامة في الضغط داخل المقلة عند الحسيرين والعيون الأخرى ذات قساوة الصلبة المنخفضة والتي قيس ضغطها على مقياس ضغط العين بالتفريض .

يمكن أن يتم تدارك هذا الخطأ باستعمال مقياس ضغط العين بالتسطيح أو بأخذ قراءات مقياس الشوتز بأوزان مختلفة على الغطاس لحساب الضغط الحقيقي لتلك العين .

إن استعمال تقنية التسطيح على القرنية بدلاً من التفريض يلغي معظم القراءات غير الأكيدة التي نحصل عليها بمقياس ضغط العين بالتفريض .

في الطريقة التقليدية التي طورت من قبل غولدمان يتم تسطيح منطقة مدورة من القرنية المركزية بدفع مقياس ضغط مصنوع من البلاستيك على سطح العين ويتم تحديد التسطيح بواسطة فلم الدمع الملون بالفلوريسئين [14] .

تكون القوة المطلوبة لتسطيح دائرة قطرها 3.06 ملم من القرنية مقيسة بالغرامات مساوية لعشر قيمة الضغط داخل المقلة بالميليمترات الزئبقية .

لذلك تكون القوة المطلوبة لتسطيح هذه المنطقة الدائرية مساوية ل 1.6 غ عندما يكون الضغط داخل العين 16 ملم ز، وقد تم اتخاذ قطر 3.06 ملم لدائرة التسطيح بسبب هذه العلاقة البسيطة 1/10 بين الضغط داخل العين والقوة المقاسة بالغرامات [15][16] .

تكون هذه المنطقة ضمن المجال الذي تلغي فيه قساوة القرنية الطبيعية وخاصية الجذب الشعري لفلم الدمع كلاً منهما الآخر، وإن تسطيح منطقة صغيرة كهذه من القرنية يؤدي لإزاحة كمية قليلة فقط من السائل ضمن العين لذلك فإن قساوة القرنية لا تعتبر عاملاً هاماً في قياس ضغط العين بطريقة التسطيح .

وعلى الرغم أن مقياس ضغط العين لغولدمان يستعمل عادة على جهاز المصباح الشقي لكنها ليست قاعدة حصرية، فتوجد أجهزة محمولة لقياس الضغط داخل المقلة وتعتمد على نفس المبدأ السابق مثال: مقياس بيركتر Perkins [17] و مقياس Draeger [18] .

وتكون هذه الأجهزة مفيدة بشكل خاص عند الأطفال غير المتعاونين على الفحص على المصباح الشقي .

المقياس النافث للهواء Air-puff-tonometer :

يعمل مقياس ضغط العين النافث للهواء على مبدأ التسطيح، حيث يتم الحصول على القوى المطلوبة لتسطيح جزء من القرنية بواسطة نفثة من الهواء مقاسة بدقة أكثر من كونها تماس ميكانيكي [19]، وتسجل لحظة التسطيح بشكل إلكتروني بصري ومن ثم يتم تحويلها إلى قيمة للضغط داخل العين عن طريق حاسوب موجود بالجهاز نفسه .

يفيد هذا الجهاز بشكل خاص عندما يتم إجراء مسح كمية كبيرة من المرضى وهو مرغوب وضروري أحياناً لتجنب التخدير الموضعي .

عندما تكون القرنية منتدبة، غير منتظمة، أو متوذمة من المفيد وجود جهاز لقياس ضغط العين لا يعتمد على نقطة نهاية بصرية لأخذ القياس .

وفي مثل تلك الحالة لدينا جهازان مفيدان هما مقياس [20][21] و المقياس الهوائي [22] .

يتألف مقياس Mackay-Marg من مكبس مركزي حساس للقوى محاط بحلقة خاملة، يتم إحضار المقياس إلى القرنية باليد و تقرر القوة اللازمة لتسطيح القرنية إلى قطر المكبس المركزي بشكل إلكتروني[23] .

بالمقياس الهوائي: يحمل غطاس أيضاً إلى القرنية باليد، و لكن القوة المطبقة مزودة بغاز مضغوط ويتم التحكم النهائية للقياس عن طريق آلية الصمام، يتم قياس ضغط الغاز المطلوب للحصول على نقطة التماس النهائية الكترونياً [23] ، وقد أظهرت دراسات سريرية و مخبرية أن المقياس الهوائي يحدث درجة خفيفة من التفريض [24][25] .

## خامساً: تقنيات قياس ضغط المقلة

## Techniques of Measuring Intraocular Pressure:

يجب على الطبيب أن يبدأ بمقياس جيد لضغط العين، معاير ومدرج بشكل دقيق، وأن يجري القياس بتقنية دقيقة .

بمقياس الشوتز يمكن أن يجلس المريض على كرسي منحني أو بوضعية الاستلقاء مع توجيه رأسه وعينيه بشكل عمودي، يطبق تخدير موضعي مثل Propracainehydrochloride في الرتج الملتحمي، ويتم اختبار المقياس أولاً بوضع وزنه بالكامل على رقعة الاختبار الموافقة مع الجهاز، تسمح رقعة الاختبار للغطاس أن يمدد 0.5% ملم تحت موقع السطح المقعر للصفيحة القدمية .

يتم إبعاد الجفنين العلوي والسفلي بلطف مع الانتباه لعدم الضغط على العين أو توسيع الفرجة الجفنية بشدة .

وبينما يثبت المريض بوضعية تحديق عمودية يتم تقريب الجهاز حتى يلمس القرنية، ومن المفيد أن ننتظر عدة ثوان للسماح للمريض بالارتخاء و الحصول على تنفس طبيعي قبل تطبيق المقياس على القرنية، ويجب أن يطبق الوزن الكامل للمقياس 16.5 غ عندما يستعمل الغطاس ذو الوزن 5.5 غ على القرنية قبل قراءة النتيجة والانتباه لمركزة الأداة على القرنية بحيث يكون الكم الداعم في منتصفها تماماً، التدرجات مرقمة بالميليمترات من 0-20 ملم ممثلة اندفاع الغطاس من 0.05 إلى 1.05 ملم، يقرب الفاحص قراءة تدريجية إلى أقرب 0.25 ملم، يعاد القياس مرة أو اثنتين وتقاس العين الثانية بنفس الطريقة .

إذا كانت قراءة المقياس أقل أو يساوي 3 يجب إضافة واحد من الأوزان الإضافية على الغطاس للتأكد من دقة القياس .

مقياس غولدمانن Goldmann applanation tonometer:

يستعمل هذا المقياس بالاشتراك مع المصباح الشقي والوصف التالي لمصباح Haag-striet الشقي (الشكل 2) ويمكن تطبيق القواعد بسهولة على المجاهر الأخرى :

يتم تعديل الجهاز ليناسب الفاحص، وتفضل العدسات العينية ذات التكبير الضعيف، وتضبط العدسة الجسمية على أضعف تكبير أيضاً .

يغمس الوجه الأمامي للموشور بالماء وينشف بمنشفة نظيفة، يجب عدم استخدام hexachlorophene أو أية منظفات أخرى لأن البقايا على الموشور قد تكون سامة للقرنية، يتم ضبط الموشورين بحيث يكون اتجاه الوجه الداخلي لهما أفقياً .

إذا كان لدى المريض درجة عالية من الحرج القرني فيجب أن توضع محاور التقابل الداخلي بزاوية 43 درجة على المحور الأكثر تسطيحاً للقرنية .

يقدر الفاحص الضغط داخل العين ويضبط تدرجات المقياس على قيمة الضغط المقدرة، (الضغط ب ملم ز = قراءة تدريجة بالغرامات * 10)، ويتم وضع المرشح الأزرق في طريق الضوء ويفتح المصباح على أوسع وضعية، يجب أن يكون الضوء مائلاً بشكل كافي في إحدى الجهتين ليضيء رأس الموشور دون أن يسبب انعكاسات متداخلة .

نحتاج لتطبيق مخدر على القرنية للحصول على قياس دقيق للضغط، وهو Proparacaine hydrochloride 0.5%، بعد تطبيق المخدر يمكن إضافة الفلوروسيئين إلى فلم الدمع بملامسة الملتحمة الجفنية المقلوبة بواسطة ورقة شريطية رطبة مشربة بالفلوروسيئين .

ويمكن استعمال Benoxinate hydrochloride 0.4% كمخدر، والذي يحوي 0.25% فلوريسئين الصوديوم .

وبكل الأحوال لا داعي لاستعمال أكثر من كمية صغيرة من الفلورنسيئين لمراقبة الحواف الداخلية لهلالي التماس بين القرنية ومقياس ضغط العين، ويجب إزالة الفلوريسيئين بمحلول إرواء فوراً بعد قياس الضغط داخل العين .

إذا كان المريض يتحسس من المادة المخدرة، يمكن أن يقوم الفاحص ذو الخبرة بتدفئة رأس المقياس إلى درجة حرارة أعلى قليلاً من حرارة الجسم ثم يقاس ضغط العين دون تخدير .

يتم ضبط المصباح الشقي بحيث يكون المريض بوضعية مريحة، ويطلب منه إبقاء رأسه بوضعية مستقيمة، وأن يقاوم الميلان للرفيف، يتم تقريب المصباح الشقي (بما فيه مقياس ضغط العين) إلى مسافة 2-3 ملم تقريباً أمام القرنية، ويكون موقعه بالبداية أسفل المحور البصري حتى نتمكن من زلقه تحت أهداب الجفن العلوي بدون لمسها ويمكن رفع الجفن العلوي بلطف عند الضرورة، يرفع بعد ذلك مقياس الضغط حتى يتمركز الموشور في مركز المحور البصري وينظر عندها الفاحص من خلال المجهر .

يظهر الخيال على شكل قوسين أرجوانيين فاتحين يتحركان عند ضبط الموقع وعندما تصبح الأقواس متناظرة في كلا نصفي الموشور يضبط المقياس بهذا الشكل ويحرك مقبض المصباح الشقي إلى الأمام ببطء وستتقابل الأقواس تماماً قبل التماس مع سطح القرنية، وعندما يلمس سطح القرنية يظهر نصفي كرة بلون أخضر فاتح .

ويجب أن يكونا في الوضعية المناسبة عندما يظهرا أولاً وإن لم يكونا كذلك يسحب مقبض المصباح الشقي للخلف ويمسح رأس المقياس ثم تعاد العملية من جديد، وعلى المريض أن يرفرف بين القياسات ليحافظ على القرنية رطبة، ونحتاج لهذه العملية عند الفاحص غير الخبير بشكل خاص .

يراقب نصفي دائرة التماس والحواف الداخلية التي تحدد منطقة تسطيح القرنية ويجب أن تكون هذه الأنصاف متناظرة، متألقة، وواضحة تماماً، يضبط القرص المدرج بحيث تتقابل الحافة الداخلية لنصف الدائرة العلوية مع الحافة الداخلية لنصف الدائرة السفلية تماماً. (الشكل 3)

تراقب عادةً التغيرات النبضية بنصف قطر أنصاف الدوائر ويوضع التقدير النهائي في منتصف طرفي النبضان .

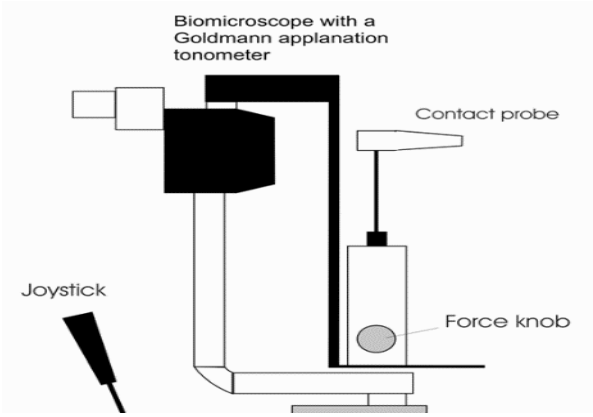
إذا اعترض أحد الأهداب الطريق بحيث شوه أحد نصفي الكرة، يسحب مقياس الضغط ويعاد القياس، وإذا وجدت كمية كبيرة أو قليلة من الصباغ يجب تصحيح المشكلة، وإذا لاحظنا اخضرار منتشر في كل القرنية مكان تماسها مع الموشور يمكن أن تكون القرنية مسحجة والقياس عندها غير دقيق .

إذا تداخل نصفي الكرة بشكل ملحوظ ولم يتغير حجمها بتغير تدرجات المقياس يكون المقياس مدفوعاً كثيراً إلى الأمام ويجب سحبه للخلف .

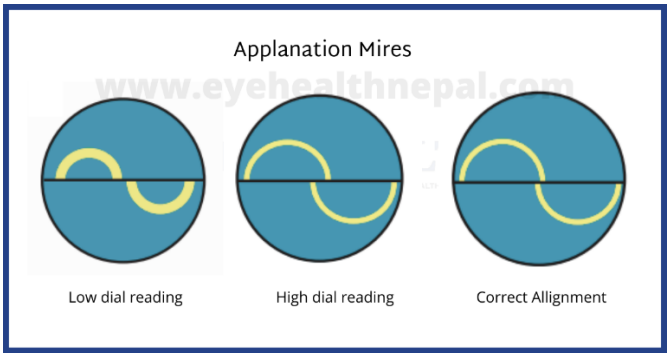
بعد تقدير قيمة الضغط في كل عين تعاد العملية مرة ثانية، وإذا كان القياس الثاني للضغط يختلف عن الأول بأكثر من 1 ملم ز يجب أخذ قياس ثالث .

يجب ألا تختلف القياسات المتعاقبة لنفس العين بأكثر من 1 ملم ز .

بعد الانتهاء يغمس الموشور بالماء ويجفف بمنشفة نظيفة.




الشكل رقم 2: مقياس غولدمان




الشكل رقم (3)

يختلف استعمال مقياس Perkins في بعض التفاصيل عن مقياس غولدمان والمستخدم الجديد لمقياس بيركنز سيجد أن الضغط المأخوذ بالجهاز المحمول يدوياً أخفض قليلاً من الضغط المأخوذ بالمصباح الشقي وبعد قليل من الممارسة يمكن جعل المقياسين يتقاربان جداً بالقياس .

ومن المنصوح استخدام تراكيز أكبر قليلاً من الفلوريسيئين عند استعمال المقياس المحمول باليد لجعل الحواف الداخلية للإسفين الدمعي مرئية بسهولة .

ويفضل أيضاً أن تكون الغرفة مظلمة، وبطاريات جهاز القياس حديثة للحصول على إضاءة مناسبة خلال قياس الضغط .

الدمع الزائد يعطي نتائج خاطئة جداً .

مقياس :Mackey-Marg لا يعتبر من الأجهزة ذات التعلم السهل، ويجب استخدامه بمهارة ومن الهام معايرة الجهاز بدقة مطلقة بشكل يومي، ومن المفيد مقارنة نتائجه مع نتائج مقياس غولدمان عند مرضى ذوي قرنيات طبيعية .

يطبق المقياس على القرنية بلطف وبزاوية قائمة على سطح القرنية مع تطبيق تفريض خفيف على القرنية للتأكد من انطباق المقياس تماماً على العين.

وإن كلاً من عدم ثباتية رأس المريض والفاحص أو البطء في تطبيق أو سحب الجهاز يمكن أن يعطي نتائج خاطئة يمكن تجاوزها بتطبيق نقطة النهاية البصرية للجهاز بشكل صحيح .

تميل نتائج مقياس Mackey-Marg لأن تكون عالية بالمقارنة مع قراءات مقياس غولدمان .

وتتفاقم هذه الحالة عندما تكون القرنية غير طبيعية أو عند استخدام المقياس بشكل خاطئ.

يتواجد مقياس Bigliano بشكلين [26]:

الأقدم يسمى تجارياً Applamatic وهو صعب الاستعمال، وليس له ميزات أفضل من مقياس Mackey-Marg.

تم إيجاد تعديل هام من قبل Webb [27] الذي طور رأساً عائماً محملاً بالغاز والذي يسهل تطبيق المقياس على العين ويجعله يسجل قياس الضغط داخل العين بشكل متواصل، ويمكن استخدام هذا الجهاز بسهولة لقياس الضغط داخل عين الإنسان وذلك بوضعية الجلوس للمريض حيث يتم تقريب المقياس إلى العين المخدرة حتى يسمع صوت عالي النغمة، ثم تقرأ عندها قيمة الضغط من رسم بياني أو LED display.

تميل قراءات هذا المقياس في العين البشرية الطبيعية لأن تكون عالية في الضغوط داخل العين المنخفضة و منخفضة في الضغوط العالية ولذلك ينضغط المجال باتجاه الضغوط الطبيعية [28].

## سادساً: تعقيم أجهزة قياس الضغط داخل المقلة

## Sterilization of Devices for Measuring Intraocular Pressure:

بما أن فلم الدمع يحتوي على عوامل ممرضة قابلة للعدوى وقادر على إحداث كلاً من الأمراض العينية الخطيرة والأمراض الجهازية التي قد تحمل خطر الموت، لذلك من الضروري تعطيل قدرة أجهزة قياس الضغط على نقل الخمج بين المرضى .

يحتاج كل من جهازي Mackey-Marg و Tonopenلغطاء واقي، فإذا تم تغيره بين مريض وآخر لا داعي للتعقيم .

وعلى الرغم من توفر أغطية واقية للأنماط الأخرى من أجهزة قياس الضغط لكن التنظيف الكيميائي يستعمل بشكل أكبر .

يغمس رأس المقياس في وعاء خاص يحوي محلول (10:1) مبيض، بيروكسيد الهيدروجين محلول 3%، أو 7% إيزوبروبيل الكحول والذي يعتبر فعالاً جداً، ولكن يجب الانتباه لإزالة هذه المواد السامة بشكل جيد قبل التماس مع العين، ولأغراض عملية تقبل معظم المراكز مسح جيد بإسفنجة مشبعة بالكحول لرأس الجهاز من أجل التطهير[29] .

## سابعاً: الأخطاء المحتملة في قياس الضغط داخل المقلة

## Possible errors in measuring intraocular pressure :

كما هو ملاحظ فإن العين لا تطابق تماماً شروط مبدأ Imbert-Fick ويكون هذا بشكل خاص عند سطح التماس بين مقياس ضغط العين والقرنية، حيث يمكن أن تحدث التغيرات بثخانة القرنية ومرونتها، أو التغيرات بالتطابق أخطاء جوهرية بالقياس .

توجد عوامل متعددة أخرى تؤدي لأخطاء محتملة في قياس ضغط العين وهي:

١ -التشوهات العينية أو حول المقلة :

-تشوهات الأجفان والعضلات، تشوهات الحجاج (الارتشاح و الاحتقان) .

-تشوهات القرنية: السماكة، التندب، الوذمة .

-غياب الفراغ الحر المائي خلف القرنية [30] .

-قساوة الصلبة غير الطبيعية (مقياس الضغط بالتفريض) .

٢ -أخطاء تتعلق بالمريض:

-إغلاق الأجفان أثناء القياس [31] .

-حبس النفس، الملابس الضيقة .

-حركة الرأس و العين .

-تأثيرات دوائية غير متوقعة وغير مسجلة (عادة تؤدي لانخفاض الضغط داخل المقلة) مثل تناول إيتانول من فترة قريبة، ماريغوانا، حاصرات بيتا الجهازية .

-جهد حديث: (عادة يؤدي إلى انخفاض في IOP) و[32] يمكن أن يرفعه عند مرضى الزرق الصباغي

-عوامل خارجية مثل الشعر [33].

٣-أخطاء تتعلق بمقياس الضغط:

-قلة الصيانة والتنظيف .

-غير مدرج بشكل صحيح .

٤-أخطاء بعملية القياس:

-فشل في مراقبة أي مما سبق .

-تطبيق ضغط على الأجفان .

-استخدام تركيز فلوريسئين غير مناسب .

-الفشل في الحصول على ثبات جيد للمريض و تكرار القياس .

-الفشل في تسجيل وقت القياس .

## ثامناً: طبقات القرنية وثخاناتها:

## Corneal Layers and Their Thicknesses:

تتألف القرنية عند الإنسان من خمس طبقات (الشكل 4):

١-طبقة الابتليوم: وهي الطبقة السطحية الخارجية من طبقات القرنية وتتألف من عدة طبقات من الخلايا:

أ- الخلايا القمية الشائكة.

ب- الخلايا الجناحية متعددة الأشكال .

ج- طبقة الخلايا القاعدية .

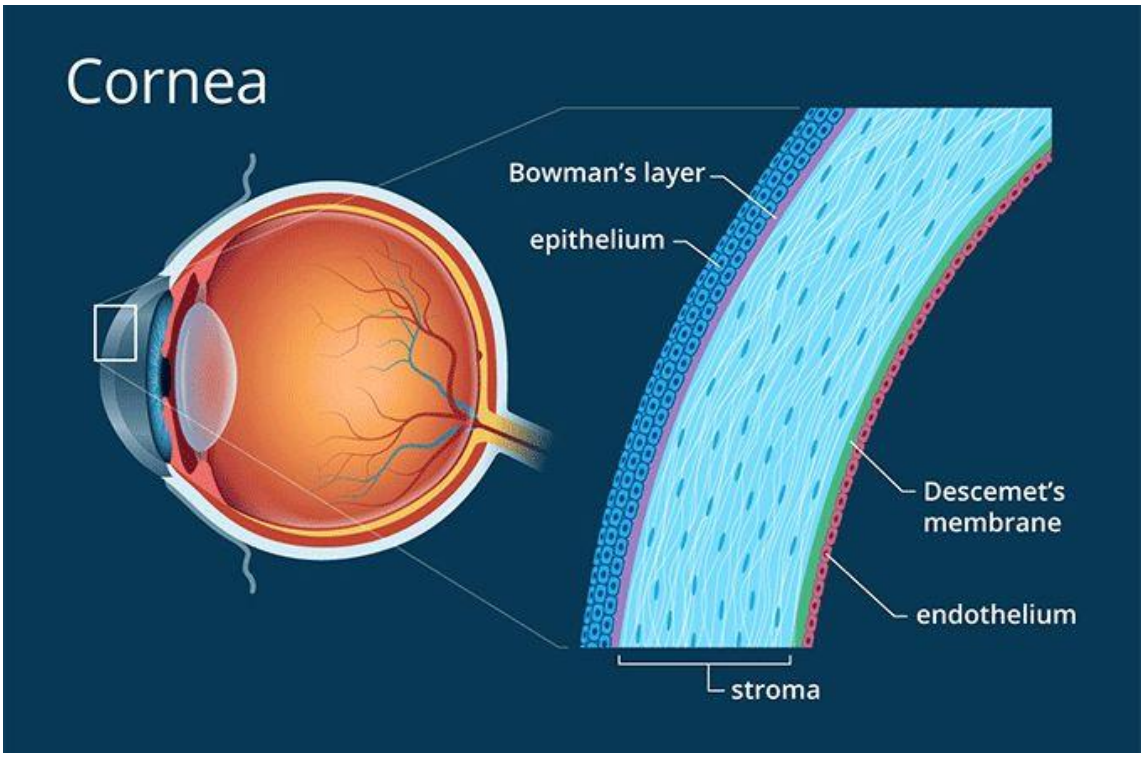
تكون ثخانة الابتليوم في مركز القرنية عند الإنسان حوالي 50 ميكرون [34] .

٢ -طبقة بومان: تكون ثخانتها عند البالغين 8-12 ميكرون في مركز القرنية، وتكون أثخن قليلا في المحيط [35] .

٣-لحمة القرنية: تبلغ ثخانتها 450 ميكرون في مركز القرنية وتتألف بشكل أساسي من الكولاجين نمط Iمع الأنماط III و V و VI [36] [37]

٤-غشاء ديسميه: تتراوح سماكته عند الإنسان من 3 ميكرون عند الولادة وحتى 8-10 ميكرون عند البالغين، ويعد نمو هذا الغشاء المتعلق بالعمر وتجدده بعد الأذيات مؤشراً على أنه إفراز خارج خلوي من الاندوتليوم [38] .

٥-طبقة الاندوتليوم: وهي طبقة واحدة من الخلايا تتراوح بين 400 ألف إلى 500 ألف خلية ويكون ارتفاع هذه الخلايا 4-6 ميكرون وعرضها 20 ميكرون [39] .




الشكل رقم 4 طبقات القرنية وثخاناتها:

## تاسعاً: طرق قياس ثخانة القرنية measurement types:

تم تطوير عدد من الأجهزة لقياس ثخانة القرنية بما في ذلك قياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية (ultrasound pachymetry) [40, 41], وقياس ثخانة القرنية البصري (optical pachymetry) [42], والمجهر المرآوي التماسي أو غير التماسي (contact and Non-contact microscope)[41, 42], و أجهزة طوبوغرافيا القرنية [43] (corneal topography), والمجهر متحد البؤر[44] (confocal microscope) , والفحص المجهري بالأمواج فوق الصوتية (ultrasound bio microscope) (UBM) [45], وقياس التداخل الجزئي (partial coherence interferometry) [40], و التصوير المقطعي التوافقي البصري (optical coherence tomography) (OCT) [46].

في الوقت الحاضر تعتبر الموجات فوق الصوتية هي أكثر تقنيات قياس ثخانة القرنية استخدامًا، وتعتبر المعيار الذهبي نظراً لموثوقيتها العالية وإمكانية إعادة الإجراء بسهولة [47] . ومع ذلك قد تختلف النتائج بين الفاحصين بشكل كبير [48]. يستخدم الجهاز موجات صوتية عالية التردد للكشف عن الطبقات الظهارية و البطانية، وبمعرفة سرعة الصوت في أنسجة القرنية يمكن حساب المسافة بين السطحين العاكسين [49]. وبسبب الحاجة إلى التخدير الموضعي، وملامسة المسبر للقرنية، وخطر الإصابة بالآفات الظهارية، و إمكانية وضع المسبر بشكل غير صحيح، والاختلافات في الضغط المطبق على القرنية أثناء القياس، وعدم وجود ضوء التثبيت للتحكم في ثبات النظر أثناء القياس، و تباين سرعة الصوت في الأنسجة الرطبة و الجافة فهناك حاجة الى البحث المستمر عن مقاييس بديلة [50].

## عاشراً: طبوغرافيا القرنية (corneal topography):

الهدف من طبوغرافيا القرنية هو الوصف الدقيق لشكل سطح القرنية [51]، وتستخدم التقنية غالبا مبدأً مشابهاً لقياس تحدب القرنية (keratometry)، إذ تحدد حجم الضوء المنعكس عن سطح القرنية، و الفرق الأساسي أن مقياس تحدب القرنية يستخدم سلسلة من الأهداف الدائرية متحدة المركز وتسمى قرص Placido. كانت أجهزة الطبوغرافيا الباكرة تعتمد على مبدأ تنظير القرنية بالصور (photokeratoscopy) حيث يتم التقاط صور الانعكاسات عن سطح القرنية، ثم يتم حساب القياسات لاحقا [51] .

تم تطوير الأجيال الجديدة من أجهزة الطبوغرافيا بحيث يلتقط الجهاز الصورة المنعكسة إلكترونياً ويرسلها لجهاز حاسوب، ثم يستخدم برنامج معالجة الصور المتطور لتوفير تحليل فوري للصورة المنعكسة وهو ما يسمى تنظير القرنية بالفيديو (videokeratoscopy) تم إثبات أن شكل القرنية بيضاوي مفلطح (aspheric) باستخدام طبوغرافيا القرنية ، و تم إثبات أن معدل تسطحها غير متماثل حول مركزها [51] تم تطوير العديد من أجهزة الطوبوغرافيا المعتمدة على انعكاس الصور عن سطح القرنية، والتي تقوم بقياس التضاريس القرنية بناءً على الانعكاسات من فيلم الدمع المغطي لسطح القرنية، والذي يتطابق بشكل أساسي مع شكل سطح القرنية.

التقييم النوعي (qualitative assessment):

يعد قرص placido أبسط جهاز طبوغرافيا عاكس لتقييم تضاريس القرنية، وهو ببساطة عبارة عن سلسلة من الحلقات السوداء والبيضاء متحدة المركز على قرص دائري مسطح به فتحة رؤية مركزية. يتم وضع القرص أمام القرنية ويتم ملاحظة الانعكاسات. باستخدام هذه الطريقة يمكن فقط اكتشاف الشذوذات الكبيرة في سطح القرنية والحرج المرتفع للغاية. تشتمل الإصدارات المحسنة من قرص placido على Klein keratoscopy المضاء داخلياً، ومخطط loveridge grid [52].

التقييم الكمي (quantitative assessment):

تستخدم أجهزة الطبوغرافيا الكمية نفس المبدأ الأساسي لإسقاط الضوء على القرنية ودراسة الخيال المنعكس. يتم التقاط الصور بكاميرا فيديو، ويتم اعتماد نهج حسابي لتحليل البيانات واشتقاق وصف لشكل القرنية. يعد اختيار الطريقة الحسابية أمراً هاماً لأن هذا سيحدد إلى حد كبير دقة وصلاحية طبوغرافيا القرنية. يعد الأسلوب الحسابي الأكثر استخداماً هو طريقة منحدر السطح (slope of surface) [51]. تقيس الأجهزة التي تستخدم هذه التقنية الميل مباشرة عبر قياس المسافة عن محور مرجعي مركزي، ثم تحسب انحناء القرنية بناء على قيم الميل. من المهم أن نلاحظ إن هذه الأجهزة تقوم فقط بتقدير متوسط شكل القرنية؛ لأن هذه القياسات المحورية (axial) أو السهمية (sagittal) تؤدي إلى إعطاء قيم أقل من نصف قطر الانحناء الفعلي في المناطق الأكثر انحداراً من القرنية المركزية، وتعطي قيم أعلى من القيم الفعلية في المناطق المسطحة. تم تعديل الخوارزميات في الآونة الأخيرة، وهي الآن تعتمد بشكل عام على نصف قطر الانحناء، في محاولة لتقديم تقدير أفضل للشكل اللاكروي للقرنية.

يتم عرض النتائج في أجهزة الطبوغرافيا الكمية بشكل خرائط، وتستخدم ترميزاً لونياً للقيم؛ إذ يمثل اللون الأخضر و الأصفر الأرقام الموجودة في القرنيات الطبيعية، بينما يميل اللون الأحمر أو الألوان الأكثر سخونة لمناطق شديدة الانحدار ذات التحدب العالي [38] . تسمح هذه الخرائط بالتعرف على شكل القرنية من خلال التعرف على الأنماط، وتكشف بسرعة عن وجود أرقام غير طبيعية لتحدب القرنية.

أنتجت العديد من الشركات المصنعة أجهزة طوبوغرافيا محمولة باليد، ويمكن أن تكون هذه الأجهزة المحمولة مفيدة جداً لفحص الأطفال وكبار السن، أو الأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة، ولاستخدامها في الاستشارات خارج المراكز العينية.

التصوير المقطعي للقرنية (corneal tomography):

تقوم أجهزة الطبوغرافيا المعتمدة على دراسة الانعكاس من سطح القرنية الأمامي بتحديد شكل سطح القرنية الأمامي فقط. لذلك تم تطوير مجموعة من الأجهزة التي تسمح بالتصوير المقطعي (tomography)؛ وهي عملية يتم من خلالها إعادة بناء سلسلة من الصور ثنائية الأبعاد إلى صور ثلاثية الأبعاد باستخدام تقنيات عديدة، ومن هذه التقنيات المسح الشقي (scanning slit) والتصوير بكاميرا scheimpflug والتصوير المقطعي التوافقي البصري (OCT). يعد التغير في السطح الخلفي للقرنية مؤشراً مبكراً لأمراض ترقق القرنية (corneal ectasia); قبل ظهور علامات التغيير على السطح الأمامي للقرنية [53] ،[54]. لذلك أصبح تقييم السطح الخلفي للقرنية والثخانة الطبوغرافيا ذا قيمة متزايدة في الممارسة السريرية.

أجهزة المسح الشقي (scanning slit):

يعد جهاز Orbscan II (Bausch & Lomb) هو الجهاز الوحيد حالياً الذي يستخدم طرق المسح الأفقي للحصول على بيانات الجزء الأمامي من العين. يجمع هذا الجهاز بين كل من قرص Placido و تقنيات المسح الشقي للحصول على قياسات طبواغرافية لكل من أسطح القرنية الأمامية و الخلفية، بالإضافة إلى العدسة و القزحي [55] . تقوم الأداة بمسح سطح القرنية الأمامي، والحصول على 40 صورة شق متسلسلة، مع تسجيل حركات العين، وبينات الانعكاس من قرص Placido، ثم يتم إعادة تجميع البيانات في إعادة بناء ثلاثية الأبعاد لسطح القرنية الأمامي و الخلفي [56]. تختلف الأداة عن مقاييس تحدب القرنية التقليدية في أنه يستخدم انعكاسات مثلثية الشكل (Triangulation) عن سطح القرنية لتحديد شكلها. حيث يوحد هذا الجهاز البيانات المثلثية والمنعكسة للحصول على قياسات دقيقة للارتفاع والتحدب والانحناء. يقوم الجهاز بعرض الخرائط السهمية والمماسية التقليدية، كما يقوم بعرض خريطة الارتفاعات; إذ تتم مقارنة الارتفاع النسبي للقرنية مع سطح مرجعي كروي. تكون الارتفاعات فوق المجال المرجعي حمراء اللون ، والانخفاضات أسفل المجال المرجعي زرقاء اللون، ويحدد جهاز

Orbscan II ثخانة القرنية من خلال حساب الفروق في الارتفاع بين الأسطح الأمامية والخلفية للقرنية لإنشاء خريطة السماكات [57].

وجدت الدراسات أن قياس ثخانة القرنية المركزية (CCT) (Central Corneal Thickmess) باستخدام جهاز Orbscan II يعطي قيماً أعلى بنسبة 7% تقريبا من تلك التي يتم الحصول عليها باستخدام قياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية (Ultrasound Pachymetry)[58] . نتيجة لذلك، يمكن تطبيق عامل صوتي (AF) (Acoustic factor) على النتائج بحيث تكون قيم CCT التي تم الحصول عليها باستخدام Orbscan II متناسبة أكثر مع القيم التي تم الحصول عليها باستخدام مقياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية. وتم وضع عامل التصحيح الافتراضي من قبل الشركة المصنعة ويبلغ 0.92، ويتم تطبيقه على الخريطة بأكملها؛ ومع ذلك فإن استخدامه يبقى مثاراً للجدل لأنه يمكن أن يتسبب أحياناً في قيم CCT أقل بنسبة 7% من مقاييس الثخانة بالموجات فوق الصوتية [58] . نظراً لغياب مستوى الاتفاق بين قيم الثخانة التي يعطيها جهاز قياس ثخانة القرنية بالأمواج فوق الصوتية وقيم الثخانة التي يتم الحصول عليها بواسطة جهاز Orbscan II؛ فقد اقترح العديد من المؤلفين عدم تطبيق AF [58].

أجهزة التصوير Scheinmpflug:

ابتكر الكابتن بالجيش النمساوي Theodore Scheinmpflug مبدأ Scheinmpflug لتصحيح تشوه المنظور في الصور الجوية عام 1904، وتم استخدام هذا المبدأ لاحقاً في أجهزة الطبوغرافيا (الشكل 5). في تقنيات التصوير التقليدية تكون المستويات الثلاث للفيلم والعدسة والمستوى المحرقي متوازية مع بعضها البعض؛ بينما في تصوير Scheinmpflug يتم إمالة مستوى العدسة بحيث يتقاطع مع كل من مستوى الفيلم والمستوى المحرقي؛ مما يوسع عمق التركيز (Depth of Focus)، وبالتالي يسمح بالتصوير مع سطح القرنية الأمامي إلى سطح العدسة الخلفي. تتيح هذه التقنية لمصوري المناظر الطبيعية

والمعماريين استخدام كاميرات ذات تنسيق كبير بأطوال محرقية طويلة جداً لتوسيع عمق المجال بشكل كبير دون استخدام فتحة صغيرة.

كان جهاز Pentacam (Oculus) أول أداة تستخدم كاميرا Scheinmpflug الدورانية لتوفير تصوير ثلاثي الأبعاد غير تماسي بالجزء الأمامي من العين [59]. تستخدم الأداة مصدراً ضوئياً يعطي ضوءاً أزرق يبلغ 475 نانومتر، ونظامين للكاميرا لالتقاط الصورة. تلتقط كاميرا Scheinmpflug الدورانية ما يصل إلى 500 صورة مقطعية بزاوية 0 إلى 180 درجة في مسح واحد، وتكتسب 25000 نقطة بيانات في حوالي ثانيتين. وتكون الكاميرا الثانية ثابتة (Stationary) وتستخدم لمراقبة تثبيت العين، والكشف عن حجم الحدقة. يستخدم البرنامج المزود مع Pentacam خوارزمية تصحيح أي تشوه للصورة يتم مواجهته من بصريات نظام الكاميرا [60] . نظراً لأن الجهاز يستخدم كاميرا دوارة، يمكن الحصول على قياسات دقيقة من القرنيات غير المنتظمة التي يصعب تصويرها بدقة بتقنية Placido. يعرض Pentacam البيانات على شكل خرائط انحناء سهمي أو مماسي أمامي وخلفي، وخرائط القوة الانكسارية، وخرائط الارتفاع الأمامية والخلفية. يتم ترميز الخرائط بالألوان وفقاً للارتفاعات أو الانخفاضات المتعلقة بالجسم المرجعي، والتي يتم اختيارها كأفضل كرة مناسبة (Best Fit Sphere) أو شكل بيضاوي للدوران (Best Fit Toric Ellipsoid).

أظهرت العديد من الدراسات أن Pentacam لديها دقة أعلى في تقييم ارتفاع القرنية الخلفية مقارنة مع Orbscan II في القرنيات ما بعد الجراحة؛ إذ يمكن أن يؤثر تشتت الضوء على الحصول على صورة Orbscan II [61].

تستخدم مصورات Scheinmpflug المقطعية مثل Pentacam كاميرا Scheinmpflug دوارة لالتقاط سلسلة من المقاطع العرضية البصرية للجزء الأمامي، والتي يتم دمجها بعد ذلك لتشكيل إعادة بناء ثلاثية الأبعاد. يتم الحصول على قياس الثخانة Pachymetry من بيانات ارتفاع القرنية. يسمح التحليل اللاحق لهذه الصور بتقييم ثخانة القرنية [62, 63] . أظهرت العديد من الدراسات توافقاً جيداً

بين قيم ثخانة القرنية المركزية (CCT) التي يتم الحصول عليها باستخدام Pentacam وبين قياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية [64].



الشكل رقم 5: جهاز الطوبوغرافيا CCT

## الحادي عشر: تغيرات ثخانة القرنية (Variations) :

يوجد العديد من العوامل التي تؤدي دوراً هاماً في اختلاف قيم الثخانة المركزية (CCT) ومن هذه العوامل: اختلاف أجهزة قياس الثخانة المستخدمة، والتقدم بالعمر، والجنس، والأعراق المختلفة. كما تتبدل قيم ثخانة القرنية المركزية بالدورة اليومية، وارتداء العدسات اللاصقة، والجراحات الانكسارية، وبعض الأدوية .

### الأجهزة (Devices) :

تختلف قيم ثخانة القرنية المركزية عند نفس الشخص باختلاف جهاز قياسها بسبب استخدامها تقنيات مختلفة في إجراء القياس. وجدت الدراسات أن قياس الثخانة المركزية باستخدام جهاز Orbscan II يعطي قيماً أعلى بنسبة 7% تقريباً من تلك التي تم الحصول عليها باستخدام قياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية [64]. بينما أظهرت العديد من الدراسات توافقاً جيداً بين قيم ثخانة القرنية المركزية التي تم الحصول عليها باستخدام Pentacam وبين قياس ثخانة القرنية بالموجات فوق الصوتية [64]. وكانت الدراسات متضاربة عند مقاربة نتائج ثخانة القرنية المركزية باستخدام التصوير المقطعي التوافقي البصري مع النتائج التي حصلنا عليها باستخدام قياس ثخانة القرنية بالأمواج فوق الصوتية .

### العمر (Age) :

لا تزال علاقة التقدم بالعمر مع ثخانة القرنية المركزية مثاراً للجدل، ولم يتم الوصول لمشعر يتنبأ بتغير ثخانة القرنية المركزية مع العمر. يعد الكثيرون أن حدوث زيادة في ثخانة القرنية المركزية مع تقدم العمر يعد أكثر أهمية من الناحية السريرية من حدوث انخفاض فيه.

وجدت الدراسات المنشورة سابقاً أنه بالنسبة لغالبية الأفراد لا يوجد تغيير جوهري في ثخانة القرنية المركزية بعد عمر السنتين. ومع ذلك قد يكون هذا الاستنتاج صالحاً فقط للعرق الأبيض؛ إذ توجد أدلة تشير إلى إنه بالنسبة لبعض المجموعات العرقية يحدث تغير كبير في ثخانة القرنية المركزية مع التقدم بالعمر .

في إحدى الدراسات التي أجريت على الأطفال الخدج الذين تم تقيمهم في غضون 5 أيام من الولادة، وجدت أن متوسط ثخانة القرنية المركزية 0.656 ملم [65]. وهذا المتوسط أعلى بكثير من القيمة الطبيعية للبالغين، ويمكن أن يشير إلى أن أنسجة القرنية متوذمة إلى حد ما عند الولادة. وبلغ متوسط دراسات ثخانة القرنية المركزية في الأطفال حديثي الولادة ما يقرب 0.571 ملم [66, 67] وهي قيمة مرتفعة مقارنة بمتوسط قيم البالغين .

تم حساب تغير ثخانة القرنية المركزية من سنوات المراهقة إلى سنوات التخرج، مع استخدام كل من قياس الثخانة بالموجات فوق الصوتية وجهاز قياس الثخانة البصري في دراسات مختلفة دون الوصول لعلاقة واضحة. قدمت عدد من الدراسات مخططات لعلاقة ثخانة القرنية مع العمر عند العرق الأبيض؛ [68, 69] ولكن لم تصل لعلاقة واضحة بين تغير ثخانة القرنية المركزية و تقدم العمر .

ويمكن العثور على دراسات أخرى حول ثخانة القرنية المركزية بالأعمار المتقدمة؛ ووجدت هذه الدراسات زيادة في ثخانة القرنية المركزية بعد ال 60 عاماً تتراوح بين 2-4% [70, 71] .

الجنس (Gender) :

لم تجد الغالبية العظمى من الدراسات علاقة واضحة بين ثخانة القرنية المركزية والجنس. ومع ذلك وجدت بعض الدراسات أن المتوسط الإجمالي لقيم ثخانة القرنية المركزية عند النساء أعلى قليلاً من متوسط قيمة ثخانة القرنية المركزية عندما تم حسابه بشكل مستقل عن الجنس؛ إذ كان المتوسط عند الإناث 0.554 ملم مقارنة مع المتوسط المستقل بين الجنسين 0.535 ملم [68] [72]. وقد يكون تأثير

القرنية بالتغيرات الهرمونية مسؤولاً عن تغير ثخانة القرنية حسب الجنس، كما قد يكون شيوع ارتداء العدسات اللاصقة لدى الإناث مسؤولاً أيضاً عن التغييرات [72, 73] .

المجموعات العرقية (Ethnic Groups) :

يمكن إثبات وجود اختلاف بين الأعراق خاصة عند مقارنة المرضى الأكبر سناً؛ إذ تشير الدراسات أن ثخانة القرنية المركزية في بعض المجموعات غير البيضاء تنخفض بشكل ملحوظ مع تقدم العمر. لم تجد الدراسات اختلافاً مهماً عند مقارنة ثخانة القرنية المركزية لدى اليابانيين مع العرق الأبيض [74]. حيث كانت الثخانة عند اليابانيين 0.520 ملم، والتي يمكن اعتبارها أقل بشكل غير هام من متوسط الثخانة بغض النظر عن العرق والتي تبلغ 0.534 ملم. تشير الدراسات على أعداد صغيرة من الأمريكيين السود أو الآسيويين إلى انخفاض مماثل يقيم ثخانة القرنية المركزية [75]. ومع ذلك، لم يتم العثور على نفس الاختلاف المحتمل في الدراسات التي أجريت على الصينين [76] أو العيون المنغولية[77]. ولم يتم إجراء دراسات مقارنة لباقي الأعراق مع العرق الأبيض؛ وبالتالي قد تكون هناك بيانات أخرى توضح اختلاف ثخانة القرنية المركزية في المجموعات العرقية المختلفة .

الدورة اليومية (Circadian Cycle) :

إن ثخانة القرنية ليست ثابتة على مدى اليوم؛ إذ نجد قيماً مختلفة عند قياسها في أوقات مختلفة من اليوم. وجدت الدراسات أن ثخانة القرنية المركزية تنخفض بسرعة عند الاستيقاظ، حيث تزداد ثخانة القرنية المركزية عند البشر خلال فترة الليل [78, 79] ؛ وبالتالي يجب تأخير قياس ثخانة القرنية لبضع ساعات بعد الاستيقاظ حتى تعود للقيم الطبيعية النهارية.

# القسم العملي

# Practical Part

## أهداف الدراسة Aims of Study:

انطلاقاً من أهمية القياس الدقيق للضغط داخل المقلة في تشخيص الزرق وعلاجه ومن معرفتنا بوجود عوامل متعددة تؤثر في قيمة الضغط المقاسة رأينا ان نتقصى في دراستنا العلاقة بين قياس التوتر بالتسطيح بمقياس غولدمان وثخانة القرنية المركزية في عينة من الأعين السليمة.

## تصميم الدراسة Study Design:

دراسة وصفية مقطعية عرضية على المرضى المراجعين لقسم أمراض العين في مشفى المجتهد لبيان الترابط بين ثخانة القرنية المركزية والضغط داخل المقلة.

## الطرائق **Methods**:

تم قياس ثخانة القرنية المركزية والضغط داخل المقلة لدى 57 (114عيناً) شخصاً من المراجعين ومرافقيهم لمشفى المجتهد خلال الفترة الواقعة بين الشهر الاول والثالث لعام 2024 وتم استبعاد 7 مرضى وفق المعايير التالية:

1- معايير القبول:

جميع المرضى المراجعين للعيادة العينية ومرافقيهم ذوي العيون السليمة

2- معايير الاستبعاد

- المرضى الذين خضعوا لجراحة على العين
- المرضى المتعرضين لرض عيني سابق
- المرضى المشخصين بحرج بصر أكثر من او يساوي 2 كسيرة
- استعمال قطرات عينية خلال الاسابيع ال 4 الأخيرة
- استخدام العدسات اللاصقة
- مرضى الزرق بكل انواعه
- المرضى الذين لديهم حثول او تنكسات قرنية

جمعت عينة مؤلفة من 57 مريضاً (114 عيناً) وتم استبعاد 7 مرضى (14 عيناً) بسبب وجود إحدى معايير الاستبعاد.

تم فحص المرضى وقياس سماكة القرنية المركزية لدى المرضى باستعمال طبوغرافيا القرنية وذلك، بقياس 3 قيم للثخانة المركزية في كل عين ثم اخذ القيمة الوسطية لكل العين واستعمالها في الجداول الاحصائية. ثم قيس الضغط داخل المقلة باستعمال مقياس غولدمان من قبل نفس الفاحص. اعتبرت قيمة الضغط هي القيمة الوسطية لقراءتين متتاليتين مأخوذتين بين الساعة 8 و12 صباحا وقد تم اللجوء الى الجداول الاحصائية لتفسير النتائج وايجاد عوامل الترابط بين المتغيرات.

## الطرق الإحصائية المتبعة **Statistical Analysis**:

فرغت البيانات الى ملف أكسل، تم تحليل البيانات احصائيا باستعمال (**SPSS** 26) تم ذكر المتغيرات على شكل توترات ونسب. ثم استعمال معامل ارتباط بيرسون لدراسة الترابط بين ثخانة القرنية المركزية والضغط داخل المقلة ثم تم تحليل الانحدار الخطي باستعمال اختبار **ANOVA**

تم استعمال مستوى الأهمية 0.05 لتحديد الأهمية الإحصائية.

## الاعتبارات الأخلاقية **Ethical Considerations**:

تم الحصول على موافقة من اللجنة الأخلاقية للجامعة السورية الخاصة وتقديم الموافقة اللازمة لمشفى المجتهد وأخذ الأذن من المشفى والمرضى لإجراء الدراسة.

# النتائج Results:

## 1-توزع العينة حسب الجنس:

**تبين في الجدول (1) أن نسبة الذكور (56%) بينما بلغت نسبة الإناث (44%).**

| Gender | number | Percentage |
|---|---|---|
| Females | 22 | 44% |
| Males | 28 | 56% |

الجدول رقم (1)

## 2- توزع العينة حسب العمر:

تبين من الدراسة أن متوسط أعمار المشاركين في الدراسة هو 48.1 مع انحراف معياري قدره 13.84.

### 3- توزع المرضى بحسب السوابق الدوائية:

أظهرت البحث أن قرابة 10% من العينة تأخذ أدوية ضغط في حين 72% من العينة لا تأخذ أي دواء وذلك حسب الجدول رقم (2):

| السوابق الدوائية | العدد | النسبة المئوية |
|---|---|---|
| أدوية ضغط | 10 | %20 |
| أدوية قصور الدرق | 1 | %2 |
| أدوية الداء السكري | 3 | %6 |
| لا يأخذ أي دواء | 36 | %72 |

الجدول رقم (2)

### 4- توزع العينة بحسب السوابق المرضية:

بين الجدول (3) أن **64%** من المشاركين في الدراسة ليس لديهم أي مرض في حين **24%** يعانون من ارتفاع الضغط الشرياني و**10%** يعانون من الداء السكري.

| السوابق المرضية | العدد | النسبة المئوية |
|---|---|---|
| ارتفاع الضغط الشرياني | 12 | %24 |
| الداء السكري | 5 | %10 |
| قصور درق | 1 | %2 |
| غير مصاب بأي مرض | 32 | %64 |

الجدول رقم (3)

**5- توزع العينة بحسب الضغط داخل المقلة:**

بلغ متوسط الضغط داخل المقلة في العينة المأخوذة **15.7** مع انحراف معياري قدره **4.0**

**6- توزع العينة بحسب سماكة القرنية المركزية:**

بلغ متوسط سماكة القرنية في عينتنا وللجنسين **545.7** مع انحراف معياري قدره **35.8**.

تم ملاحظة فارق هام احصائياً في متوسط سماكة القرنية المركزية ($p<0.001$) بين النساء (531.34 ± 41.88 ميكروميتر) والرجال (557.23 ± 25.33 ميكروميتر) على التوالي. من ناحية أخرى، لم يكن هناك فارق هام احصائياً في سماكة القرنية المركزية بالنسبة للعمر ($p=0.5$). وكشف الارتباط بين سماكة القرنية المركزية (CCT) وضغط العين الداخلي (IOP) عن علاقة إيجابية معتدلة (معامل ارتباط بيرسون $r = 0.232$، $p = 0.02$). وعلاوة على ذلك، في تحليل الانحدار الخطي، تبين أن سماكة القرنية المركزية ترتبط خطيًا بزيادة قيم ضغط العين الداخلي ($p = 0.02$، ANOVA).

## المناقشة Discussion:

نظرا لأن زيادة الضغط داخل المقلة هي من السمات الرئيسية في الزرق, فإن تشخيص و تقييم و متابعة مرضى الزرق يعتمد على القياس الدقيق للضغط داخل المقلة [80].

إن قياس التوتر بالتسطيح عن طريق مقياس غولدمان هو طريقة دقيقة لقياس الضغط داخل المقلة ويعتبر المعيار الذهبي لقياس الضغط داخل المقلة على الرغم من صعوبة تطبيقه عند المرضى غير المطاوعين بالإضافة للحاجة الى تطبيق مخدر موضعي [81]. كما يعتمد مقياس غولدمان على مبدأ [82] Imbert -Fick الذي ينص على أن الضغط الداخلي في جسم كروي بجدار غشاء رقيق وجاف ومرن بلا حدود, يساوي القوة التي تمارس على هذا الجسم مقسوما على سطح التماس[83].

وعلى الرغم من أن مقلة العين البشرية لا تُظهر أياً من هذه الخصائص بشكل مثالي[84] ، إلا أنه يمكن تفسير قياس التوتر بمقياس غولدمان بهذا المبدأ ولكن خصائص القرنية مثل المرونة والصلابة والسماكة يمكن أن تؤثر على قياس الضغط داخل المقلة باستخدام مقياس غولدمان[85, 86].

تتطلب العيون ذات القرنيات السميكة زيادة الضغط المطبق باستخدام المطبق باستخدام مقياس غولدمان مما يدل على قيمة مبالغ فيها للضغط داخل المقلة[87] في حين أن القرنيات الرقيقة تسبب قيماً أقل [87], بالإضافة الى كون القرنية الرقيقة مرتبطة مع تطور اختلاطات الزرق كاعتلال العصب البصري وأذية الساحة البصرية [88].

و قد يكون نقص سماكة القرنية بسبب طبي المنشأ مثل اجراء الجراحة الانكسارية الضوئية بالاكزايمر ليزر حيث تفقد اجزاء من القرنية سماكتها وانحناءها والذي بدوره يمكن أن يغير الضغط داخل المقلة المُقاس[89] , مما يعرض أهمية القصة السريرية في المرضى الذي نحتاج لقياس الضغط داخل المقلة لديهم. وبسبب هذا الارتباط تم استبعاد الاشخاص المجرى لهم أي تداخلات جراحية على العين بالإضافة الى استبعاد الاشخاص الذين يعانون من امراضيات حالية في العين لأن الأمراض بحد ذاتها قد تغير من قياس ضغط العين، كما ان الأدوية المستعملة لعلاج تلك الأمراض قد تؤثر على الضغط داخل المقلة خصوصاً تلك المستعملة موضعياً [90]. وهذا الذي يفسر سبب استبعاد هؤلاء الاشخاص.

في دراستنا، كان متوسط ثخانة القرنية المركزية **557** للذكور و**531** للإناث. و هذا يتفق مع الدراسة التي أجريت بالولايات المتحدة و التي تنص أن الذكور لديهم قرنيات أسمك [91]. في حين ابلغت بعض الدراسات التي أجريت في الصين [92] و الدراسات التي أجريت بإسبانيا [93] عن اختلاف غير كبير بين الجنسين. لكن من غير الواضح حاليا اهمية هذا الاختلاف سريرياً.

لم يكن هناك فرق كبير فيما يتعلق بأعمار المشاركين في العينة. تتوافق هذه النتيجة أيضا مع الدراسات الأخرى التي أجريت في مصر حيث أبلغت عن قيم الثخانة القرنية المركزية التي لا ترتبط مع العمر[88], ووصفت الدراسة الأمريكية ارتباط العمر بالثخانة بكونه غير خطي [91], في حين نصّت دراسات أخرى أجريت في باربادوس [94] و لوثوينيا[95] أنه يوجد انخفاض في قيم ثخانة القرنية المركزية عند التقدم بالعمر, فسّرت تلك الدراسات هذا الانخفاض كونه نتيجة الخسارة التنكسية للأمينوغليكان في اللحمة وما يترتب على هذا من فقدان للماء وخسارة كثافة الخلايا القرنية، ولكن لم يتم ملاحظة هذا الارتباط في دراستنا.

متوسط ثخانة القرنية (متوسط متوسطات الذكور والاناث) كان **544** وهي قيمة قريبة من القيمة المرصودة للأشخاص الذين ينحدرون من العرق الجنوب امريكي [91], يكون تفسير هذه القيمة بتأثير الحرارة والرطوبة على بنية القرنية [96].

تبين في الدراسة التي اجريناها انه كان هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين ثخانة القرنية المركزية والضغط داخل المقلة حيث أن سماكة القرنية المركزية ترتبط خطياً بزيادة قيم الضغط داخل المقلة حيث بلغت قيمة ($p=0.02$) ومعامل ارتباط بيرسون ($r=0.232$). هذه النتيجة تتوافق مع دراسات اخرى اجريت في نيجريا [97] حيث كان عدد العينة المستخدمة فيها 484 شخص والتي لوحظ في الدراسة أن كل زيادة في قيم ثخانة القرنية المركزية بمقدار mm10 يقابلها زيادة في قيم الضغط داخل المقلة بمقدار mmHg 0.16 وفق المعادلة التالية:

$$IOP= 7.87 + 0.016* CCT$$

وكذلك دراسة أخرى أجريت في إيران[98] حيث بلغ عدد العينة فيها 131 شخص تم إجراء هذه الدراسة على الأطفال بين 6 و13 عاماً ولوحظ فيها أن كل زيادة عند الأطفال في قيم ثخانة القرنية المركزية بمقدار micro meter100 يقابلها زيادة في قيم الضغط داخل المقلة المقاسة بواسطة مقياس غولدمان ب مقدار mmHg0.8. وايضاً دراسة أخرى أجريت بالولايات المتحدة الامريكية [99].

لكنه من السائد في الممارسة السريرية أن كل زيادة في قيم ثخانة القرنية المركزية بمقدار mm10 سيقابلها زيادة في قيم الضغط داخل المقلة بمقدار mmHg1. (الشكل 6)

**Table 1: Correction table used for adjusting IOP based on central corneal thickness (provided with Pachmate™ pachymeter and based on Ehlers et al [5]).**

| Central Corneal Thickness (Microns) | Adjustment in IOP (mm Hg) |
|---|---|
| 445 | +7 |
| 455 | +6 |
| 465 | +6 |
| 475 | +5 |
| 485 | +4 |
| 495 | +4 |
| 505 | +3 |
| 515 | +2 |
| 525 | +1 |
| 535 | +1 |
| 545 | 0 |
| 555 | -1 |
| 565 | -1 |
| 575 | -2 |
| 585 | -3 |
| 595 | -4 |
| 605 | -4 |
| 615 | -5 |
| 625 | -6 |
| 635 | -6 |
| 645 | -7 |

الشكل رقم (6): جدول لتصحيح قيم ال IOP بناءً على قيم الCCT

## الخلاصة Conclusion:

نتيجة لما سبق، أكدت دراستنا على أهمية قياس ثخانة القرنية المركزية عند تقييم و معالجة الزرق، حيث وجدت علاقة هامة إحصائياً تؤكد أن ثخانة القرنية المركزية ترتبط خطياً بزيادة قيم الضغط داخل المقلة، وذلك نتيجةً لزيادة الضغط المطبق على القرنيات السميكة عند استخدام مقياس غولدمان، في حين لم نجد أي علاقة هامة إحصائياً تربط بين قيم ثخانة القرنية المركزية والعمر على الرغم من وجود دراسة لاحظت تناقص في قيم ثخانة القرنية المركزية مع التقدم في العمر و قد تم تفسيرها في تلك الدراسة على أنها ناتجة عن الخسارة التنكسية للأمينوغليكان في اللحمة وما يترتب عليه من فقدان للماء و خسارة كثافة خلايا القرنية.

وعلى الرغم من عدم وجود تفسير سرير لاختلاف الثخانة القرنية المركزية بين الذكور والإناث. إلا أن هذا الفارق متوافق مع دراسة أجريت في الولايات المتحدة الأميركية.

## التوصيات Recommendations:

1- التأكيد على اهمية قياس سماكة القرنية لدى المرضى المكتشف لديهم ارتفاع الضغط داخل المقلة حديثاً لكشف التغيرات في سماكة القرنية.

2- ضرورة توعية المرضى بأهمية الفحص الدوري كل 6 أشهر أو كل سنة.

3- المعايرة الدورية لأجهزة الفحص والاهتمام بنظافتها.

# References: المراجع


1. *Imbert A Thenrie sur inhthalmotonametre. Arch. OphthalmolImbert* 1885 *5:358*
2. Schiotz H: Ein neuer Tonometer. Arch Ophthalmolmol 52:401 and 1905.
3. Goldmann MH: Un nouveau tonometre a applanation. Bull Soc Franc Ophthalmol 67:474.
4. Leydhecker W, A.K., Neumann HG: Der intraokulare Druck gesunder menschlicher Augen. Klin Monatsbl Augenheilkd 133:662, and 1958.
5. *Armaly MF: On the distribution of applanation pressure. 1*.
6. Pensiero S, D.P.S., Perisutti P et al: Normal intraocular pressure in children. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 29: 79, 1992.
7. Ziemer RC: Circadian variations in intraocular pressure. In Ritch R, S.M., Krupin T (eds): The Glaucomas.
8. Ziemer RC, W.J., Gieser DK et al: Application of a self tonometer to home tonometry. Arch Ophthalmol 104:49, 1986.
9. Fick A: Ueber Messung des Druckes im Auge. Arch fur Die Gesammte Physiologie Des Menschen & Der Thiere 42:86.
10. Maklakoff: L'ophthalmotonometrie. Arch Ophthalmol 4:159 and 1885.
11. Friedenwald JS: Contribution to the theory and practice of tonometry. Am J Ophthalmol 20:985.
12. Friedenwald JS: Some problems in the calibration of tonometers. Am J Ophthalmol 31:935.
13. *Goldmann VH, Schmidt T: Uber applanationstonometri Ophthalmolmologica 134:221, 1957*
14. Draeger J: Simple hand applanation tonometer for use on the seated as well as on the supine patient. Am J Ophthalmol 62:1208 and 1966.
15. Grolman B: A new tonometer system. Am J Optom Arch Am Acad Optom 49:646.
16. Kaufman HE, W.C., Waltman SR: Validity of MacKay-Marg electronic applanation tonometer in patients with scarred irregular corneas. Am J Ophthalmol 69:1003, 1970.

17. *McMillan F, Forster RK: Comparison of MacKay-Marg, Goldmann, and Perkins tonometers in abnormal corneas. Arch Ophthalmol 93:420, 1975.*

18. West CE, C.J., Kaufman HE: Measurement of intraocular pressure with a pneumatic applanation tonometer. Am J Ophthalmol 74:505, 1972.

19. *Mackay RS, Marg E :Fast, automatic, electronic tonometers based on an exact theory. Acta Ophthalmol 37:495, 1959.*

20. Durham DG, B.R., Masino JA: Pneumatic applanation tonometer. Trans Am Acad Ophthalmol Otol 69: 1029, 1965.

21. Eisenberg DL, S.B., McKeown CA et al: Tonometry in adults and children. A manometric evaluation of pneumatonometry applanation, and Tonopenin vitro and in vivo. Ophthalmology and 105:1173.

22. *Moses RA, Grodzki WJ Jr: The pneumatonograph. A laboratory study. Arch Ophthalmol 97:547, 1979.*

23. US Patent No. 3, 819, Applanation tonometer comprising 70 Klyce SD, Beuerman RW: Structure and function of the cornea. In Kaufman HE, Barton BA, McDonald MB, Waltman SR (eds): The Cornea, pp. 3-54. New York, Churchill Livingstone, 1988. Inventor, Robert H Webb ,February 6, 1973.

*24. Moses RA, Grodzki WJ Jr: 70. Klyce SD, Beuerman RW :Structure and function of the cornea. In Kaufman HE, Barton BA, McDonald MB, Waltman SR (eds): The Cornea, pp. 3-54. New York Churchill Livingstone, 19888. Hazlett LD, Wells P, Spann B, Berk RS: Epithelial desquamation in the adult mouse cornea: A correlative TEM-SEM study. Ophthalmic Res 12:315, 1980*

*25. Shields MB: Textbook of Glaucoma. Baltimore, Williams & Wilkins*

26. Feldman RM, K.L., Spaeth GL et al: Ocular palpation in pseudophakia. Am J Ophthalmol 104:307, 1987.

27. *Lempert P, Cooper KH, Culver JF et al: The effect of exercise o intracular pressure. Am J Ophthalmol 63:1673, 1967.*

28. *Purcell JJ, Tillery W: Hair glaucoma (Correspondence). Arch Ophthalmol 89:530, 1973.*
*29. Ritch R, Reyes A: 'Moustache glaucoma' (Correspondence). Arch Ophthalmol 106.1505, 1988.*

30. *Herndon LW, Choudhri SA, Cox T et al: Central corneal thickness in normal, glaucomatous, and ocular hypertensive eyes.Arch Ophthalmol 115:1137, 1997.*

31. *Johnson M, Kass MA, Moses RA et al: Increased corneal thickness simulating elevated intraocular pressure. Arch Ophthalmol 96:664, 1978.*

32. *Hogan M J, Alvarado JA, Weddell E: Histology of the Human Eye. Philadelphia, WB Saunders, 1971.*

33. *Marshall GE, Konstas AG, Lee WR: Immunogold fine structural localization of extracellular matrix compounds in aged human cornea: 1. Types I-IV collagen and laminin. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 229: 157, 1991.*

34. *Nakayas K, and Moonin Hora and keitocution of corneas. Ophthalmic Res 18: 1, 1986 type 1, 11, Ill, IN, cRes colli, 198 ormal and keratoconus.*

35. *Marshall GE, Konstas tee wounds in al ine structural localization of extracellular matrix compounds in aged human corala: il. Collagen types V-VI. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1991 ,164:229*

36. *Johnson DH, Bourne WM, Campbell RJ: The ultrastructure of Descemet's membrane. I. Changes with age in normal cornea. Arch Ophthalmol 100: 1942, 1982.*

37. *Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. Acta Ophthalmol 1975;53:34-43.*

38. *Klyce SD, Beuerman RW: Structure and function of the cornea.*
*In Kaufman HE, Barton BA, McDonald MB, Waltman SR (eds): The Cornea, pp. 3-54. New York, Churchill Livingstone, 1988.*

39. *Ritch R, Shields MB, Krupin T. The Glaucomas, 2nd edition. St. Louis:C.V. Mosby; 1996. Vol. 1, 2. pp 407-29, 615-57, 859-74.*

40. *Rainer, G., Findl, O., Petternel, V., et al., 2004. Central corneal thickness measurements with partial coherence interferometry, ultrasound, and the Orbscan system. Ophthalmology 111, 875-879.*

41. *Zhao, M.H., Zou, J., Wang, W.Q., Li, J., 2007. Comparison of central corneal thickness as measured by non-contact specular microscopy and ultrasound pachymetry before and post LASIK. Clin. Exp . Ophthalmol. 35, 818-823.*

42. *Modis, L.J., Langenbucher, A., Seitz, B., 2001a. Corneal thickness measurements with contact and noncontact specular microscopic and ultrasonic pachymeter. Am. J. Ophthalmol. 132, 517-521.*

43. *Fakhry, M.A., Artola, A., Belda, J.I., et al., 2002. Comparison of corneal pachymetry using ultrasound and Orbscan II. J. Cataract Refract. Surg. 28, 248-252.*

44. *Li, H.F., Petroll, W.M., Moller-Pedersen, T., et al., 1997. Epithelial and corneal thickness measurements by in vivo confocal microscopy through focusing (CMTF). Curr. Eye Res. 16, 214-221.*

45. *Avitabile, T., Marano, F., Uva, M.G., Reibaldi, A., 1997. Evaluation of central and peripheral corneal thickness with ultrasound biomicroscopy in normal and keratoconic eyes. Cornea 16, 639- 644.*

46. *Bechmann, M., Thiel, M.J., Neubauer, A.S., et al., 2001. Central corneal thickness measurement with a retinal optical coherence tomography device versus standard ultrasonic pachymetry. Cornea 20, 50-54.*

47. *Gunvant, P., Broadway ,D.C., Watkins, R.J., 2003. Repeatability and reproducibility of the BVI ultrasonic pachymeter. Eye 17, 825- 828.*

48. *Bovelle, R., Kaufman, S.C., Thompson, H.W., Hamano, H., 1999. Corneal thickness measurements with the Topcon SP-2000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. Arch. Ophthalmol. 117, 868-870.*

49. *Tam, E.S., Rootman, D.S., 2003. Comparison of central corneal thickness measurements by specular microscopy, ultrasound pachymetry, and ultrasound biomicroscopy. J. Cataract Refract .Surg. 29, 179-1184.*

50. *Ucakhan, O.O., Ozkan, M., Kanpolat, A., 2006. Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes: Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry. J. Cataract Refract. Surg. 32, 970-977.*

51. *Guillon, M., & Ho, A. (1994). Photokeratoscopy. In M. Ruben, & M. Guillon (Eds.), Contact Lens Practice (pp. 313-357). London: Chapman & Hall.*

52. *Loveridge, R. (1993). Breaking up is hard to do? J. Brit. Contact Lens Assoc., 16, 51-55.*

53. *De Sanctis, U., Aragno, V., Dalmasso, P., et al. (2013). Diagnosis of subclinical keratoconus using posterior elevation measured with 2 different methods. Cornea, 32, 911-915.*

54. *Cairns, G., & McGhee, C. N. (2005). Orbscan computerized topography :attributes, applications, and limitations. J. Cataract Refract. Surg., 31, 205- 220.*

55. *Pinero, D. P. (2015). Technologies for anatomical and geometric characterization of the corneal structure and anterior segment: a review. Semin. Ophthalmol. 30, 161-170.*

56. *Turner JM, Purslow C, Murphy PJ. Comparison of Javal-Schiotz keratometer, Orbscan IIz and Pentacam topographers in evaluating anterior corneal topography [published online ahead of print, 2022 May 25]. Clin Exp Optom. 2022;1-8.*

57. *Doughty, M .J., & Jonuscheit, S. (2010). The orbscan acoustic (correction) factor for central corneal thickness measures of normal human corneas. Eye Contact Lens, 36, 106-115.*

58. *Ambrosio, R., Jr., Valbon, B. F., Faria-Correia, F., et al. (2013). Scheimpfug imaging for laser refractive surgery. Curr. Opin. Ophthalmol., 24, 310-320.*

59. *Wegener, A., & Laser-Junga, H. (2009). Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug's principle: options and limitations - a review. Clin. Exp.Ophthalmol. 37, 144-154.*

60. *Wong, M. M., Shukla, A. N., & Munir, W. M. (2014). Correlation of corneal thickness and volume with intraoperative phacoemulsification parameters using Scheimpflug imaging and optical coherence tomography. J. Cataract Refract. Surg., 40, 206.*2075-7.

61. *Jabbarvand, M., et al., Comparison between Pentacam HR and Orbscan II after Hyperopic Photorefractive Keratectomy. J Ophthalmic Vis Res, 2017. 12(4): p. 374-379.*

62. *Reddy, J. C., Rapuano, C. J., Cater, J. R., et al. (2014). Comparative evaluation of dual Scheimpflug imaging parameters in keratoconus, early keratoconus, and normal eyes. J. Cataract Refract. Surg., 40, 582-592.*

63. *Oliveira, C. M., Ribeiro, C., & Franco, S. (2011). Corneal imaging with slit-scanning and Scheimpflug imaging techniques. Clin. Exp. Optom., 94(1), 33- 42.*

64. *Fujimoto, J. G., Bouma, B., Tearney, G. J., et al. (1998). New technology for high-speed and highresolution optical coherence tomography. Ann. N. Y.*

65. *Autzen T, Bjornstrom L :Central corneal thickness in premature babies. Acta Ophthalmol (Copenh) 69:251-2, 1991.*

66. *Portellinha W, Belfort R Jr: Central and peripheral corneal thickness in newborns. Acta Ophthalmol (Copenh) 69: 247-50, 1991.*

67. *Remon L, Cristobal JA, Castillo J ,et al: Central and peripheral corneal thickness in full-term newborns by ultrasonic pachymetry. Invest Ophthalmol Vis Sci 33:3080-3, 1992.*

68. *Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, et al: Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study.*
*Am J Ophthalmol 123: 767-72, 1997*

69. *Siu A, Herse P: The effect of age on human corneal thickness. Statistical implications of power analysis. Acta Ophthalmol (Copenh) 71:51-6, 1993.*

70. *Polse KA, Brand R, Mandell R, et al: Age differences in corneal hydration control. Invest Ophthalmol Vis Sci 30:392- 9, 1989.*

71. *Larsson LI, Bourne WM, Pach JM, Brubaker RF: Structure and function of the corneal endothelium in diabetes mellitus type I and type II. Arch Ophthalmol 1996,14-114:9.*

72. *Cho P, Lam C: Factors affecting the central corneal thickness of Hong Kong-Chinese. Curr Eye Res 18:368-74, 1999.*

73. *Weinreb RN, Lu A, Beeson C: Maternal corneal thickness during pregnancy. Am J Ophthalmol 105:258-60, 1988.*

74. *Aoyama Y, Ueno S: Central corneal thickness and anterior chamber depth in normal eyes and eyes with glaucoma [In Japanese]. Folia Ophthalmol Jpn 1997, 72-48:1367.*

75. *Dohadvala A, Munger R, Damj K: Positive correlation between Tono-Pen Dohadula A ve and central comeal thickness, On 1051849 1998,54.*

76. *Lam AK, Douthwaite WA: The corneal-thickness profile in Hong Kong Chinese. Cornea 17:384-8, 1998.*

77. *Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH, et al: Central corneal thickness and intracular pressure in a Mongolian population. Ophthalmology 105:969-73, 1998.*

78. *Cox I, Zantos SG, Orsborn G: The overnight corneal swelling response of non-wear, daily-wear, and extended-wear soft lens patients. ICLC 17:134-8, 1990.*

79. *Harper CL, Boulton ME, Bennett D, et al: Diurnal variations in human corneal thickness [published erratum appears in Br J Ophthalmol 1997 Feb;81(2):175). Br J Ophthalmol 80:1068-72, 1996.*

80. *Stein, J.D., A.P. Khawaja, and J.S. Weizer, Glaucoma in Adults-Screening, Diagnosis, and Management: A Review .Jama, 2021. 325(2): p. 164-174.*

81. *Brusini, P., M.L. Salvetat, and M. Zeppieri, How to Measure Intraocular Pressure: An Updated Review of Various Tonometers. J Clin Med, 2021. 10*(17).

82. *Gurnani., M.Z.B., Applanation Tonometry. [Updated 2023 Jun 11] .In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from:* https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582132./

83. *Kalmar, A. and M. K, Evaluation of arterial tonometry in a clinical setting. 2003.*

84. *Gabriela González Castro, A.D.F., John Sweeney, On the Validity of the Imbert-Fick Law: Mathematical Modelling of Eye Pressure Measurement. 2016.*

85. *Tang, J., et al., Effect of Corneal Stiffening on Goldmann Applanation Tonometry and Tono-Pen Measurements in Canine Eyes .Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2012. 53(3): p. 1397-1405.*

86. *Francis, B.A., et al., Effects of corneal thickness, corneal curvature, and intraocular pressure level on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. Ophthalmology, 2007. 114(1): p. 20-6.*

87. *Whitacre, M.M., R.A. Stein, and K. Hassanein, The Effect of Corneal Thickness on Applanation Tonometry. American Journal of Ophthalmology, 1993. 115(5): p. 592-596.*

88. *Mokbel, T.H. and A.A. Ghanem, Correlation of central corneal thickness and optic nerve head topography in patients with primary open-angle glaucoma. Oman J Ophthalmol, 2010. 3(2): p. 75-80.*

89. *Montés-Micó, R. and W. Neil Charman, Intraocular pressure after excimer laser myopic refractive surgery. Ophthalmic and Physiological Optics, 2001. 21(3): p. 228-235.*

90. *Doğan, E., et al., Effects of topical antiglaucomatous medications on central corneal epithelial thickness by anterior segment optical coherence tomography. Eur J Ophthalmol, 2020. 30(6): p. 1519-152.4.*

91. *Wang, S.Y., R. Melles, and S.C. Lin, The impact of central corneal thickness on the risk for glaucoma in a large multiethnic population. J Glaucoma, 2014. 23(9): p. 606-12.*

92. *Wei, W., et al., Correlation Analysis between Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure in Juveniles in Northern China: The Jinan City Eye Study. PloS one, 2014. 9: p. e104842.*

93. *Sanchís-Gimeno, J.A., et al., Gender differences in corneal thickness values. European Journal of anatomy, ISSN 1136-4890, Vol. 8, Nº. 2 ,*2004 *,pags. 67-70, 2015. 8.*

94. *Nemesure, B., et al., Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. Arch Ophthalmol, 2003. 121(2): p. 240-4.*

95. *Galgauskas, S., G. Juodkaite, and J. Tutkuvienė, Age-related changes in central corneal thickness in normal eyes among the adult Lithuanian population. Clin Interv Aging, 2014. 9: p. 1145-51.*

96. *Ma, J., et al., Associations Between Regional Environment and Cornea-Related Morphology of the Eye in Young Adults: A Large-Scale Multicenter Cross-Sectional Study. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021. 62(2): p. 35.*

97. *Nzelu- Egwuonwu, N., Relationship between Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure in Indigenous Africans in Nigeria. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2013* :(15)54 *.p. 5622-5622.*

98. *Heidary, F., M. Nejabat, and r. gharebaghi, Correlation Between Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure in Children; an Experience from Shiraz, Iran. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2016. 57(12): p. 6444.*

99. *Shih, C.Y., et al., Clinical Significance of Central Corneal Thickness in the Managementof Glaucoma. Archives of Ophthalmology, 2004. 122(9): p. 1270-1275.*

# Appendix الملحقات:

| Patient No. | CCT (OD) (µ) | CCT (OS) (µ) | IOP (OD) (mm Hg) | IOP (OS) (mm Hg) | IOP MODIFIED (OD) (mm Hg) | IOP MODIFIEID (OS) (mm Hg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 598 | 600 | 18 | 18 | 16.90 | 16.89 |
| 2 | 520 | 508 | 12 | 13 | 12 | 13.16 |
| 3 | 537 | 549 | 18 | 18 | 17.76 | 17.59 |
| 4 | 524 | 532 | 20 | 19 | 19.94 | 18.83 |
| 5 | 532 | 525 | 12 | 10 | 11.83 | 9.92 |
| 6 | 541 | 535 | 17 | 18 | 15.92 | 16.88 |
| 7 | 535 | 541 | 19 | 17 | 18.78 | 16.70 |
| 8 | 548 | 546 | 18 | 20 | 19.63 | 17.60 |
| 9 | 511 | 523 | 14 | 16 | 14.12 | 15.95 |
| 10 | 605 | 640 | 12 | 14 | 10.80 | 12.59 |
| 11 | 501 | 497 | 12 | 12 | 12.26 | 12.32 |
| 12 | 534 | 543 | 18 | 17 | 16.87 | 17.80 |
| 13 | 534 | 543 | 12 | 34 | 11.80 | 33.80 |
| 14 | 481 | 479 | 14 | 13 | 14.54 | 14.57 |
| 15 | 562 | 555 | 19 | 19 | 18.41 | 18.51 |
| 16 | 526 | 528 | 15 | 12 | 14.91 | 11.88 |
| 17 | 542 | 549 | 16 | 14 | 15.69 | 13.59 |
| 18 | 477 | 459 | 14 | 11 | 14.60 | 11.85 |
| 19 | 496 | 493 | 14 | 16 | 14.33 | 16.38 |
| 20 | 588 | 586 | 20 | 20 | 19.04 | 19.07 |
| 21 | 583 | 569 | 10 | 10 | 9.11 | 9.30 |
| 22 | 567 | 560 | 17 | 18 | 16.33 | 17.43 |
| 23 | 590 | 590 | 16 | 16 | 15.01 | 15.01 |
| 24 | 521 | 507 | 12 | 12 | 11.98 | 12.18 |
| 25 | 567 | 597 | 13 | 15 | 12.33 | 13.91 |
| 26 | 520 | 528 | 15 | 18 | 15 | 17.88 |
| 27 | 566 | 570 | 13 | 14 | 12.35 | 13.29 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 463 | 470 | 14 | 16 | 14.80 | 16.70 |
| 29 | 601 | 599 | 25 | 26 | 23.85 | 24.88 |
| 30 | 524 | 534 | 18 | 20 | 17.94 | 19.80 |
| 31 | 550 | 551 | 10 | 13 | 9.57 | 12.56 |
| 32 | 567 | 575 | 24 | 26 | 23.33 | 25.22 |
| 33 | 597 | 581 | 16 | 19 | 14.91 | 18.14 |
| 34 | 547 | 535 | 12 | 14 | 11.61 | 13.83 |
| 35 | 565 | 545 | 21 | 28 | 20.36 | 27.64 |
| 36 | 575 | 566 | 15 | 14 | 14.22 | 13.35 |
| 37 | 575 | 568 | 12 | 14 | 11.22 | 13.32 |
| 38 | 471 | 476 | 14 | 12 | 14.69 | 12.61 |
| 39 | 584 | 561 | 16 | 18 | 15.09 | 17.42 |
| 40 | 526 | 537 | 23 | 22 | 22.91 | 21.76 |
| 41 | 526 | 596 | 18 | 16 | 16.71 | 14.93 |
| 42 | 526 | 529 | 13 | 12 | 12.91 | 11.87 |
| 43 | 558 | 561 | 11 | 13 | 10.46 | 12.42 |
| 44 | 555 | 552 | 14 | 16 | 13.50 | 15.55 |
| 45 | 547 | 542 | 16 | 18 | 15.62 | 17.69 |
| 46 | 530 | 524 | 13 | 12 | 12.85 | 11.94 |
| 47 | 532 | 533 | 18 | 18 | 17.83 | 17.81 |
| 48 | 549 | 558 | 166 | 18 | 15.60 | 17.46 |
| 49 | 547 | 552 | 15 | 17 | 14.62 | 16.55 |
| 50 | 543 | 535 | 13 | 14 | 12.67 | 13.78 |