

## AFFIDABILITÀ DEL PENTACAM NELLO SCREENING DELLA CHIUSURA PRIMARIA D'ANGOLO E DEL GLAUCOMA PRIMARIO AD ANGOLO CHIUSO

Teresa ROLLE, Elena ISAIA, Edoardo GROSSO, Beatrice BROGLIATTI, Federico Maria GRIGNOLO

Università degli Studi di Torino, Dipartimento Scienze Chirurgiche - Clinica Oculistica  
Direttore Prof. Federico M. Grignolo

### ABSTRACT

**Purpose:** To evaluate the reliability of Pentacam in the screening of Primary angle closure (PAC) and Primary angle closure Glaucoma (PACG).  
**Methods:** 54 eyes were recruited and scanned twice by 2 different observers acquiring 5 morphometric parameters: Anterior Chamber Angle ACA, Anterior Chamber Depth ACD, Anterior Chamber Volume ACV, Central Corneal Thickness CCT and Pupil Diameter PD. We investigated the correlation between them using the Pearson test ( $p < 0.05$ ), the repeatability of measurement for a single observer and the reproducibility between the 2 different operators using the intraclass correlation coefficient and the coefficient of reproducibility respectively. Also the K coefficient was calculated to quantify the real agreement between the two observers. Gonioscopy was finally reproduced by another experienced observer and the correlation with Pentacam-derived angles (ACA) was estimated

using the ROC curve analysis.

**Results:** The significant correlation is between ACD/ACV, ACD/ACA and ACA/ACV, with Pearson correlation coefficients of 0.93 ( $P < 0.001$ ), 0.59 ( $P < 0.01$ ) and 0.48 ( $P < 0.01$ ) respectively. Intra-operator repeatability is higher for ACD, ACA, ACV and best inter-operator reproducibility is showed by ACD, CCT, ACV. The K coefficient of agreement is 0.847 and the AUC is 0.982 ( $P < 0.0001$ ), 95% CI 0.922 - 1.000.

**Conclusions:** Pearson reveals significant correlations between ACA, ACD and ACV. Focusing on ACA, Pentacam shows optimal repeatability and reproducibility, an excellent correlation with Gonioscopy and an exceptional agreement between different observer measurements.

*Ottica fisiopat 2013; XVIII: 255-263*

### INTRODUZIONE

La Chiusura Primaria d'Angolo<sup>1</sup> (PAC) può essere osservata in occhi anatomicamente predisposti nei quali la visione viene compromessa dall'aumento di IOP come una conseguenza del blocco del deflusso di umor acqueo, dato dall'occlusione del trabecolato. Questa condizione si deve sospettare quando un occhio possiede un angolo occludibile che non renda visibile il trabecolato posteriore per un'estensione uguale o maggiore di 270°<sup>2</sup> oppure uguale o superiore di 180°<sup>3,4</sup>. Il PACG viene diagnosticato solo quando il PAC sia accompagnato da perdita del campo visivo dovuto al danno del nevo ottico e ammonta a circa il 10% di tutti i glaucomi negli USA<sup>5-7</sup>.

La gonioscopia di Goldmann è

l'attuale metodica gold standard per la diagnosi di PAC ed è essenziale per la prevenzione del danno al nervo ottico (PACG), il cui trattamento di prima scelta è rappresentato dalla iridotomia laser (LPI).

L'ultimo ritrovato tecnologico degli strumenti oftalmici basato sul principio di Scheimpflug è il Pentacam, il primo strumento multifunzione in grado di fornire cinque differenti parametri di misurazione del segmento anteriore<sup>8,14</sup>. Rispetto alle altre tecniche per l'analisi del segmento anteriore, come la tomografia a coerenza ottica (Visante OCT, AC Master; Carl Zeiss Medilec, Jena, Germany) e la bomicoscopia ad ultrasuoni (UBM, Paradigm P60; Paradigm Medical Industries, Salt Lake City, Utah, USA) è caratterizzato da una migliore quantificazione della dispersione della luce nella

Acknowledgement  
Assistenza statistica:  
Giuseppe Migliaretti  
Dipartimento di  
Sanità Pubblica  
e Microbiologia -  
Università di Torino

Nessun autore  
presenta conflitti  
di interesse o ha  
ricevuto sovvenzioni  
finanziarie per  
realizzare lo studio.

### AUTORE CORRISPONDENTE

Teresa Rolle  
Via Juvarrà 19,  
10143 Torino  
Tel. 011 5666032  
Fax 011 539024  
teresa.rolle@unito.it

### PAROLE CHIAVE:

gonioscopia,  
Pentacam,  
glaucoma primario  
ad angolo chiuso,  
affidabilità,  
screening.

### KEY WORDS:

Gonioscopy,  
Pentacam,  
primary angle  
closure glaucoma,  
reliability,  
screening.

cornea e nel cristallino, considerato che tali tecniche sono ottime per le misurazioni biometriche inclusa la corretta visualizzazione dell'angolo della camera anteriore (ACA)<sup>15-17</sup>. Nonostante che la gonioscopia sia indispensabile per la diagnosi di PAC o PACG e che l'UBM sia affidabile nella valutazione dell'angolo<sup>18-21</sup>, entrambe presentano alcuni limiti che devono essere tenuti in considerazione. La prima richiede diretto contatto e minima pressione sulla cornea con rischio di contaminazione, un esaminatore esperto, un paziente collaborante ed inoltre possiede scarsa riproducibilità e debole capacità quantitativa dei dati. La seconda invece richiede la posizione supina del paziente, l'instillazione di anestetico topico e di una coppa sull'occhio del paziente contenente Hidroxyetil cellulosa e soluzione salina. Di conseguenza l'UBM non rappresenta il miglior metodo per lo screening di un gran numero di occhi con angolo stretto. Anche il sistema di grading di Van Herick costituisce un metodo clinico per valutare il rischio di PAC sulla base della determinazione dell'ACD periferica usando solamente la lampada a fessura<sup>22</sup> senza diretto contatto con la superficie oculare; tuttavia rappresenta una classificazione molto soggettiva. Nello screening di massa del PAC, la classificazione deve basarsi preferibilmente su un metodo quantitativo standard e facilmente riproducibile utilizzando un apparato esaminatore indipendente e non influenzabile, come descritto nello studio di Kurita et al<sup>23</sup>.

Benché non sia ancora lo strumento più preciso per lo screening di massa del PAC, il Pentacam per ora è quello che più si avvicina a questo ruolo grazie al fatto che è veloce, senza contatto con il paziente, facilmente riproducibile e maggiormente indipendente dall'esaminatore: nel futuro sia l'hardware che il software possono essere potenziati proprio grazie agli studi sulle sue performance in campo clinico.

Lo scopo dello studio è stato quello di verificare il potenziale del Pentacam nello screening di PAC e PACG, valutando l'intera conformazione della camera anteriore attraverso l'analisi di cinque parametri: l'angolo della camera anteriore (Anterior Chamber Angle ACA), la profondità della camera anteriore (Anterior Chamber Depth ACD), il volume della camera anteriore (Anterior Chamber Volume ACV), il diametro pupillare (Pupillary Diameter PD) e lo spessore corneale centrale (Central Corneal Thickness CCT) e paragonando le sue performance con la gonioscopia di Goldmann per quanto riguarda il primo parametro. Lo studio è stato effettuato su soggetti caucasici.

## MATERIALI E METODI

Lo studio è stato realizzato in accordo con le linee guida della Dichiarazione di Helsinki e il consenso informato è stato firmato da tutti i partecipanti dopo una dettagliata spiegazione della natura e delle possibili conseguenze dello studio.

I criteri di inclusione sono stati: sospetta o certa diagnosi di glaucoma, anamnesi negativa per patologie

inerenti la cornea, la camera anteriore, l'iride o qualunque altro tessuto che potesse influenzare i risultati delle misurazioni di ACA e degli altri parametri, assenza di precedenti attacchi di PAC, anamnesi medica negativa per chirurgia oculare o laser del glaucoma, cataratta o rifrattiva. I criteri di esclusione sono stati: storia di trauma oculare, patologia corneale preesistente, uso di lenti a contatto, pterigio, incapacità alla fissazione, altri problemi fisici o psichici che potessero precludere la partecipazione al test. Sono stati reclutati 58 pazienti (36 maschi e 22 femmine; età media  $56.31 \pm 9.31$  anni); solo un occhio per paziente è stato esaminato nello studio. 4 occhi sono stati esclusi a causa del cattivo esito della performance da parte dello strumento (non classificati come "OK" dal sistema).

La Pentacam camera è orientata in accordo al principio di Scheimpflug e ruotando intorno all'occhio genera una serie di immagini radiali della camera anteriore. Grazie ad una correzione automatica della distorsione di Scheimpflug e della rifrazione della luce alle interfacce tissutali, l'esatta collocazione del punto alla sommità dell'occhio viene determinata grazie alla elaborazione delle tracce lasciate dai raggi luminosi. Il movimento dell'occhio durante l'acquisizione dell'immagine viene catturato da una camera secondaria (pupillare) e tenuto comunque in considerazione nella valutazione matematica finale. Questa produce una serie di dati quantitativi tridimensionali permettendo una precisa ricostruzione geometrica del segmento anteriore. Questi dati

sono inoltre utilizzati per generare misurazioni riguardanti l'elevazione, la curvatura, la pachimetria della cornea e la profondità della camera anteriore nel ben conosciuto formato di mappe a colori. Il processo, che avviene senza contatto diretto, necessita di meno di due secondi e genera 50 immagini di scansione.

Ogni occhio è stato scannerizzato, per ogni misurazione, due volte da due differenti osservatori (EG, EI) con un intervallo di pochi minuti l'uno dall'altro. Conseguentemente in un singolo test sono state acquisite quattro misure consecutive di ogni parametro (ACA, ACD, ACV, CCT, PD). Il procedimento è stato realizzato in condizioni uniformi di bassa illuminazione senza l'uso di alcun farmaco che modificasse il diametro pupillare. La ripetibilità intra-operatore è stata studiata usando il coefficiente di correlazione intraclassa, calcolato tenendo conto del primo e del secondo risultato di ciascun parametro mentre la riproducibilità inter-operatore è stata valutata grazie al coefficiente di riproducibilità utilizzato anche da Kurita et al<sup>23</sup>:  $RI = \frac{2 \cdot (ACA1-ACA2)}{(ACA1+ACA2)}$

Infine un altro operatore esperto (TR) ha eseguito la gonioscopia usando uno specchio di Goldmann tipo 2 indiretto (Haag-Streit AG, Koenitz, Switzerland) e in ognuno dei quattro quadranti (inferiore, superiore, temporale e nasale) la stima dell'angolo è stata effettuata basandosi sulla classificazione di Shaffer (grado da 0 a 4). Anche questa procedura è stata realizzata in condizioni uniformi di bassa illuminazione, in cieco, e senza l'uso di miotici o midriatici.

Un anestetico topico (benoxinato) e idrossietilcellulosa sono stati utilizzati durante l'esame. In questo studio sono definiti occhi con sospetto di PAC quando presentavano un grado di Shaffer pari o inferiore a 2 in tre o più quadranti, che corrisponde ad un angolo  $\leq 20$  gradi, basandosi sulle definizioni utilizzate da precedenti studi<sup>2,3</sup>. Siccome né il danno glaucomatoso al nervo ottico né la perdita di campo visivo sono state considerate ragioni per escludere i pazienti dallo studio, gli occhi con PACG non erano distinguibili da quelli con PAC. L'analisi statistica ha valutato la correlazione tra le misurazioni della camera anteriore realizzate con il Pentacam (ACA, ACD, ACV, CCT e PD) usando il test di Pearson, la ripetibilità (performance di un osservatore versus se stesso) e la riproducibilità (tra le performance di due osservatori) mediante i calcoli di ICC ed RI; infine si è avvalsa del coefficiente di correlazione K tra due osservatori e ha confrontato i valori di ACA misurato al Pentacam con l'ampiezza dell'angolo rilevato alla gonioscopia attraverso l'analisi con curva ROC (Metz, 1978; Zweig & Campbell, 1993). È stato preso a riferimento un valore statisticamente significativo di  $P < 0.05$ .

## RISULTATI

Una correlazione significativa è stata osservata tra ACD e ACV ( $r = 0.93$ ;  $P < 0.001$ ), ACD/ACA e ACA/ACV ( $r = 0.59$ ;  $P < 0.01$ ;  $r = 0.48$ ;  $P < 0.01$  rispettivamente).

Riguardo i parametri del Pentacam ACD, ACA, ACV, CCT e PD, i

coefficienti di correlazione intraclasse sono risultati 0.951 (95%CI:0.917-0.970), 0.965 (95%CI:0.942-0.979), 0.972 (95%CI:0.577-0.983), 0.916 (95%CI:0.391-0.950) e 0.872 (95%CI:0.307-0.923) rispettivamente, con una ripetibilità intra-operatore migliore per ACA, ACD e ACV. Gli indici di riproducibilità dei parametri nello stesso ordine sono 0.012, 0.055, 0.023, 0.014 e 0.049. Infine abbiamo calcolato il coefficiente di correlazione K tra le misurazioni dei due osservatori usando come riferimento un angolo ACA di  $31.225^\circ$  per il suo più elevato valore di sensibilità (94.74; CI95% 74.0-99.9) e specificità (85.71; CI95% 69.7-95.2) rispetto agli altri valori di ACA presenti nella curva ROC (Tab. 1). Abbiamo ottenuto  $K=0.847$  (errore standard=0.071; CI95% 0.708-0.986). Dopo la gonioscopia 19 occhi su un totale di 54 (35.2%) sono stati classificati come "PAC sospetti" poiché mostravano un'ampiezza dell'angolo con grado di Shaffer pari o inferiore a 2 in tre o più quadranti; 35 occhi (64.8%) sono risultati avere un grado di Shaffer di 3 o 4. L'area sotto la curva ROC (AUC) è stata calcolata pari a 0.982 ( $P < 0.0001$ ; errore standard=0.0131; 95%CI 0.922-1.000). La prevalenza della malattia è risultata essere del 35.2 % (Fig. 1, Tab. 1-2).

## DISCUSSIONE

I fattori di rischio predisponenti per il glaucoma ad angolo chiuso sono l'età, la razza, il sesso, la familiarità e le relazioni tra i diversi segmenti anatomici: un ridotto raggio corneale,

fig. 1

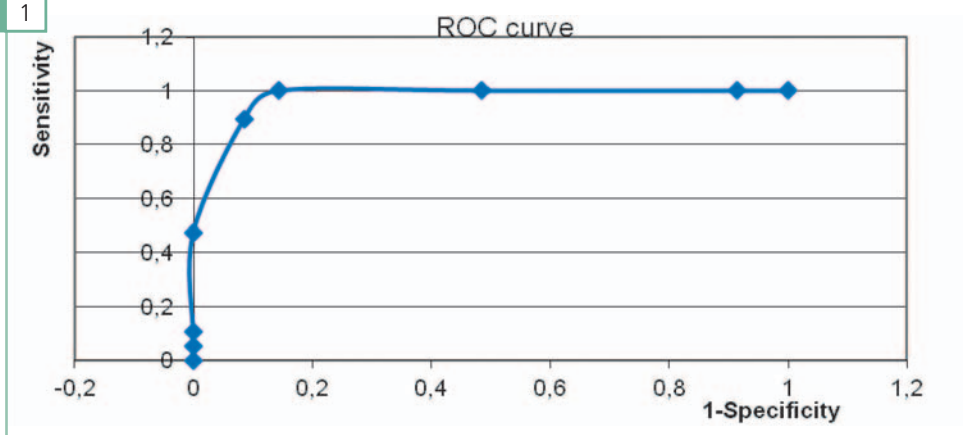


fig. 1  
Curva ROC: dati relativi al parametro ACA del Pentacam in 54 occhi in accordo con la classificazione di Shaffer alla gonioscopia.

una camera anteriore bassa, una ridotta ampiezza di ACA, un cristallino di spessore aumentato o dislocato anteriormente ed una ridotta lunghezza assiale<sup>24-26</sup>. Parametri come ACA, ACD, CCT e PD sono essenziali nel definire la diagnosi di PAC e PACG.

Molti studi hanno già valutato e studiato l'affidabilità del Pentacam<sup>27-30</sup>: in particolare sono stati descritti molti metodi per stimare ACV, seppur gravati da diversi limiti nell'applicazione clinica. Il gold standard è la Fluorimetria<sup>31</sup> ma risulta un metodo invasivo e calcola il volume dell'umor acqueo piuttosto che ACV; anche l'Orbscan (Bausch & Lomb, San Dimas, CA, USA) è stato utilizzato per la determinazione di ACV<sup>32,33</sup>, ma presenta anch'esso potenziali fonti di errore: la misurazione effettuata perifericamente in camera anteriore intacca l'accuratezza del metodo.

È stata inoltre valutata la correlazione tra il Pentacam e la Microscopia Speculare non a contatto (NCSM) e con la Pachimetria a ultrasuoni (US) nella misura di CCT<sup>34</sup>; anche sei valori di CCT sono simili, nella diagnosi clinica bisogna tenere conto che questi strumenti non sono intercambiabili tra loro.

L'affidabilità dell'UBM è stata anche studiata con valutazione di ACA<sup>18-20,35,36</sup> e i risultati confermano che ACAUBM è fortemente correlato con il grado di Shaffer determinato alla gonioscopia, ma sebbene sia utile nell'esame degli occhi con glaucoma primario ad angolo chiuso, per i già citati limiti logistici non si presta come miglior strumento di screening per un grande numero di occhi con angolo stretto. Nello studio corrente abbiamo focalizzato l'attenzione sul ruolo del Pentacam nella diagnosi di angolo chiuso. In particolare le correlazioni significative al test di Pearson tra i suoi parametri morfometrici ACD-ACV, ACD-ACA e ACA-ACV rivelano che questi ultimi sono tra loro interconnessi. Inoltre il Pentacam ha mostrato alti indici di riproducibilità intra e inter-osservatore. Tutti i coefficienti di correlazione intraclassa sono risultati statisticamente significativi ed erano contenuti nel loro intervallo di confidenza al 95%; in particolare i risultati migliori riguardano ACA, ACD e ACV che sono anche i parametri più fortemente intercorrelati, confermando il loro fondamentale ruolo nella diagnosi accurata di glaucoma ad angolo chiuso.

Si è osservata la più elevata

**Tabella 1**

**Valori di cut-off e coordinate della curva ROC. Con un cut-off di 27,625°, la specificità dell'ACA Pentacam (abilità del test di definire come negativi gli occhi sani ovvero aperti alla gonioscopia) è vicino al 100%. La sensibilità dell'ACA Pentacam (abilità del test di definire come positivi gli occhi chiusi alla gonioscopia) aumenta con l'aumentare del cut-off di riferimento**

Critero	Sensibilità	95% CI	Specificità	95% CI	+PV	-PV
<=27.625	73.68	48.8 – 90.9	100	90.0 – 100.0	100	87.5
<=28.3 *	89.47	66.9 – 98.7	97.14	85.1 – 99.9	94.4	94.4
<=29.475	89.47	66.9 – 98.7	94.29	80.8 – 99.3	89.5	94.3
<=30.55	89.47	66.9 – 98.7	88.57	73.3 – 96.8	81	93.9
<=31.225	94.74	74.0 – 99.9	85.71	69.7 – 95.2	78.3	96.8
<=32.3	100	82.4 – 100.0	82.86	66.4 – 93.4	76	100
<=33.4	100	82.4 – 100.0	74.29	56.7 – 87.5	67.9	100
<=35.55	100	82.4 – 100.0	42.86	26.3 – 60.6	48.7	100
<=37.45	100	82.4 – 100.0	22.86	10.4 – 40.1	41.3	100
<=39.4	100	82.4 – 100.0	11.43	3.2 – 26.7	38	100
<=41.45	100	82.4 – 100.0	2.86	0.07 – 14.9	35.8	100
<=43.7	100	82.4 – 100.0	0	0.0 – 10.0	35.2	100

Legenda:  
 +PV: valore predittivo positivo  
 -PV: valore predittivo negativo

riproducibilità tra osservatori, per i parametri ACD, CCT e ACV. Una perfetta correlazione tra le misurazioni di differenti operatori è oltremodo evidenziata dai risultati della statistica K (0.847). Infine la correlazione tra Pentacam e gonioscopia può essere considerata eccellente alla luce di una AUC di 0.982. Nella tabella 1 lo strumento mostra un range di sensibilità che va dal 90 al 100% per un valore di ACA che sia sopra 28° ma sotto il 74% per valori di ACA inferiori. Questi dati riconfermano i

limiti dello strumento del misurare gli angoli stretti. Alla luce dei risultati ottenuti anche se la gonioscopia rappresenta ancora oggi il gold standard per determinare la classificazione del glaucoma ed i dati gonioscopici siano indispensabili per la diagnosi di sospetto PAC o PACG, il Pentacam possiede un'alta precisione nel realizzare misurazioni oggettive e i dati ottenuti con questa metodica correlano significativamente con il metodo di Goldmann nel distinguere gli angoli aperti da quelli chiusi.

Tabella 2

**Risultati dell'analisi della curva ROC relativa alla correlazione tra ACA calcolato al Pentacam e ACA rilevato alla gonioscopia**

Area sotto la curva (AUC)	0.982
Errore Standard <sup>a</sup>	0.0131
Intervallo di confidenza al 95% <sup>b</sup>	0.902 to 1.000
Livello di Significatività P (Area=0.5)	<0.0001
Legenda: a DeLong et al, 1988 b Binomial exact	

I limiti del nostro studio sono i seguenti:

- non abbiamo verificato che il numero di misurazioni da noi eseguite fosse significativo per ottenere una AUC di almeno 0.85 con un potere del 90% ed un errore alfa del 5%, come menzionato nello studio di Rossi et al<sup>37</sup>;
- non abbiamo confrontato le variabili quantitative con il Test T-student (es. ACA gonioscopico con ACV, ACD, CCT e PD calcolati dal Pentacam);
- i criteri utilizzati per la definizione di angolo stretto nei diversi studi sono differenti tra loro ed anche quelli che usano lo stesso metodo possono differire per il cut-off tra angoli stretti e aperti; ad esempio Rossi et al<sup>37</sup> considerano come "stretti" gli angoli con un grado di Shaffer di 0-I, mentre noi abbiamo definito come stretti quelli con Shaffer 0-2, come nello studio di Kurita et al<sup>23</sup>: anche se abbiamo utilizzato un più ampio range per definire gli angoli occludibili, i nostri risultati evidenziano comunque un'alta capacità discriminatoria del Pentacam;
- il nostro campione è costituito da un piccolo numero di pazienti, provenienti da un'area geografica

limitata e non li abbiamo confrontati con un gruppo di controllo;

- differenze di età e sesso tra i pazienti possono avere influenza sui risultati; sarebbe interessante indagare l'impatto che hanno avuto questi fattori sull'analisi finale dei dati, e di conseguenza sulla malattia.

**CONCLUSIONI**

I dati forniti dal Pentacam mostrano alte ripetibilità e riproducibilità dello strumento, e focalizzandosi su ACA, un'eccellente correlazione con la gonioscopia. Inoltre alcune sue caratteristiche peculiari come la metodica non a contatto e la buona tollerabilità contribuiscono alla sua grande praticità clinica ed affidabilità che lo distinguono dagli altri strumenti di analisi del segmento anteriore.

**RIASSUNTO**

*Scopo dello studio: valutare l'affidabilità del Pentacam nello screening della chiusura primaria d'angolo (PAC) e del Glaucoma Primario ad Angolo Chiuso (PACG). Metodi: sono stati valutati 54 occhi, scannerizzati due volte da due diversi osservatori e sono stati analizzati 5 parametri morfometrici: Anterior*

Chamber Angle (ACA), Anterior Chamber Depth (ACD), Anterior Chamber Volume (ACV), Central Corneal Thickness (CCT) e Pupil Diameter (PD). È stata studiata la correlazione tra di essi utilizzando il Pearson test ( $p < 0.05$ ) e determinato la ripetibilità delle misurazioni per singolo osservatore e la riproducibilità tra due operatori usando rispettivamente il coefficiente di correlazione intraclassa ed il coefficiente di riproducibilità. È stato inoltre calcolato il coefficiente K per quantificare il reale accordo tra i due osservatori. Infine è stata eseguita la gonioscopia da un ulteriore osservatore esperto per poi verificarne, tramite l'analisi con curva ROC, la correlazione con il Pentacam nel misurare l'ACA.

**Risultati:** le correlazioni significative sono state osservate tra i seguenti parametri ACD/ACV, ACD/ACA e ACA/ACV ( $r: 0.93; P < 0.001$ ,  $r: 0.59; P < 0.01$ ;  $r: 0.48; P < 0.01$  rispettivamente). La ripetibilità intra-operatore è risultata maggiore per ACD, ACA, ACV e la migliore riproducibilità inter-operatore è stata osservata per ACD, CCT, ACV. Il coefficiente di correlazione K è risultato essere 0.847 (AUC: 0.982;  $P < 0.0001$ ; 95% CI: 0.922-1.000).

**Conclusioni:** il Pentacam ha mostrato alte ripetibilità e riproducibilità; in particolare per quanto riguarda il parametro ACA si è osservata un'eccellente correlazione con la gonioscopia.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kanski Jack J. Clinical Ophthalmology. A Systematic Approach, Sixth Edition 2007: 391-392
2. Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, et al. *The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys*. Br J Ophthalmol **86**: 238-242, 2002
3. Thomas R, Parikh R, Muliyl J, et al. *Five year risk of progression of primary angle closure to primary angle closure glaucoma: a population-based study*. Acta Ophthalmol Scand **81**: 480-485, 2003
4. Thomas R, George R, Parikh R, et al. *Five year risk of progression of primary angle closure suspects to primary angle closure: a population based study*. Br J Ophthalmol **87**: 450-454, 2003
5. Foster PJ, Aung T, Nolan WP, et al. *Defining "occludable" angles in population surveys: drainage angle width, peripheral anterior synechiae, and glaucomatous optic neuropathy in east Asian people*. Br J Ophthalmol **88**: 486-490, 2004
6. Nongpiur ME, Sakata LM, Aung T. *Novel association of smaller anterior chamber width with angle closure in Singaporeans*. Ophthalmology **117**(10): 1967-1973, 2010
7. Wang B, Sakata LM, Aung T. *Quantitative iris parameters and association with narrow angles*. Ophthalmology **117**(1): 11-17, 2010 Jan
8. Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffahrt GU. *Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera*. J Cataract Refract Surg **32**: 456-459, 2006
9. Shankar H, Taranath D, Santhirathelagan CT, Pesudovs K. *Anterior segment biometry with Pentacam: comprehensive assessment of repeatability of automated measurements*. J Cataract Refract Surg **34**: 103-113, 2008
10. Scheimpflug T. *Der photoperspektograph und seine anwendung*. Photogr Korr **43**: 516-531, 1906
11. Kent C. *The Anterior Chamber from every angle*. Rev Ophthalmol **12**(6): 33-38, 2005
12. Dubbelman M, Van der Heijde RGL. *The shape of the aging human lens: curvature, equivalent refractive index and the lens paradoxon*. Vision Res **41**: 1867-1877, 2001
13. Dubbelman M, Weeber HA, Van der Heijde RGL, Völker-Dieben HJ. *Radius and asphericity of the posterior corneal surface determined by corrected Scheimpflug photography*. Acta Ophthalm Scand **80**: 379-383, 2002
14. Alfred Wegener and Heike Laser-Junga. *Photography of the anterior eye segment according to Scheimpflug principle: options and limitations- a review*. Clinical and Experimental Ophthalmology **37**: 144-154, 2009
15. Konstantopoulos A, Hossain P, Anderson



- DF. *Recent advances in ophthalmic anterior segment imaging: a new era for ophthalmic diagnosis*. Br J Ophthalmol **91**: 551-557, 2007
16. Meinhardt B, Stachs O, Stave J, Beck R, Guthoff R. *Evaluation of biometric methods for measuring the anterior chamber depth in the non-contact mode*. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol **244**: 559-564, 2006
  17. Amano S, Honda N, Amano Y et al. *Comparison of central corneal thickness measurement by rotating Scheimpflug camera, ultrasonic pachymetry and scanning-slit corneal topography*. Ophthalmology **113**: 937-941, 2006
  18. Pavlin CJ, Harasiewicz K, Foster FS. *Ultrasound biomicroscopy of anterior segment structures in normal and glaucomatous eyes*. Am J Ophthalmol **113**: 381-389, 1992
  19. Pavlin CJ, Ritch r, Foster FS. *Ultrasound biomicroscopy in plateau iris syndrome*. Am J Ophthalmol **113**: 381-389, 1992
  20. Kunimatsu S, Tomidokoro A, Mishima K, et al. *Prevalence of apposition angle closure determined by ultrasonic biomicroscopy in eyes with shallow anterior chambers*. Ophthalmology **112**: 407-412, 2005
  21. Narayanaswamy A, Vijaya L, Shantha B, et al. *Anterior chamber angle assessment using gonioscopy and ultrasound biomicroscopy*. Jpn J Ophthalmol **48**: 44-49, 2004
  22. Van Herick W, Shaffer RN, Schwartz A. *Estimation of width of angle of anterior chamber. Incidence and significance of the narrow angle*. Am J Ophthalmol **68**: 626-629, 1969
  23. Kurita N, Chihiro Mayama et al. *Potential of the pentacam in screening for primary angle closure and primary angle closure suspect*. J Glaucoma **18**: 506-512, 2009
  24. Sihota R, Lakshmaiah NC, Agarwal HC, et al. *Ocular parameters in the subgroups of angle closure glaucoma*. Clin Exp Ophthalmol **28**: 253-258, 2000
  25. Sihota R, Gupta V, Agarwal HC, et al. *Comparison of symptomatic and asymptomatic, chronic primary angle-closure glaucoma, open-angle glaucoma, and controls*. J Glaucoma **9**: 208-213, 2000
  26. Friedman DS, Gazzard G, Foster P, et al. *Ultrasonographic biomicroscopy, Scheimpflug photography, and Novel Provocative Tests in Contralateral Eyes of Chinese Patients Initially Seen With Acute Angle Closure*. Arch Ophthalmol **121**: 633-642, 2003
  27. Shankar H, Taranath D, Pesudovs K et al. *Anterior segment biometry with the Pentacam. Comprehensive assessment of repeatability of automated measurements*. J Cataract refract Surg **34**: 103-113, 2008
  28. Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, et al. *Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan and ultrasound*. Optom Vis Sci **82**: 892-899, 2005
  29. Amano S, Honda N, Amano Y, et al. *Comparison of central corneal thickness measurement by rotating Scheimpflug Camera, ultrasonic pachymetry, and scanning-slit corneal topography*. Ophthalmology **113**: 937-941, 2006
  30. Khoramnia R, Rabsilber TM, Auffarth GU. *Central and peripheral pachymetry measurements according to age using the Pentacam rotating Scheimpflug Camera*. J Cataract Refract Surg **33**: 380-386, 2007
  31. Johnson SB, Passmore JA, Brubaker RF. *The fluorescing distribution volume of the anterior chamber*. Invest Ophthalmol vis Sci **16**: 633-636, 1977
  32. Behring a, Markstrom K. *Determination of the aqueous humour volume by three dimensional mapping of the anterior chamber*. Ophthalmic Res **37**: 13-16, 2005
  33. Lackner B, Schimidger G, Skorpik C. *Validity and repeatability of anterior chamber depth measurements with Pentacam and Orbscan*. Optom Vis Sci **82**: 858-861, 2005
  34. Fujoika M, Nakamura M, Negi A. *Comparison of Pentacam Scheimpflug camera with ultrasound pachimetry and noncontact specular microscopy in measuring central corneal thickness*. Cur Eye Res **32**(2): 89-94, 2007
  35. Quisling S, Sjoberg S, Zimmerman B, et al. *Comparison of Pentacam and Orbscan IIz on posterior curvature topography measurements in keratoconus eyes*. Ophthalmology **113**: 1629-1632, 2006
  36. Naoyuky Kurita MD, Chihiro Mayama MD, Mokoto Araie, et al. *Potential of the Pentacam in screening for Primary Angle Closure and Primary Angle Closure Suspect*. J Glaucoma **18**: 506-512, 2009
  37. Rossi Gemma C.M, Scudeller L, Delfino A, et al. *Pentacam sensitivity and specificity in detecting occludable angles*. Eur J Ophthalmol **22**(5): 701-708, 2012