ĐÁNH GIÁ LOẠN THỊ TỒN DƯ Ở NGƯỜI TRẺ MẮC TẬT KHÚC XẠ DỰA TRÊN KHÚC XẠ CHỦ QUAN VÀ KHÚC XẠ GIÁC MẠC ĐO ĐẠC BỞI MỘT THIẾT BỊ PLACIDO MỚI

Trần Đình Minh Huy[1], Đoàn Kim Thành[1], Lê Hoàng Huy[1], Phan Hồng Mai[1], Đặng Yến Phương[2]

TÓM TẮT

Mục tiêu: Đánh giá đặc điểm phân bố và mức độ bù trừ của loạn thị tồn dư (ORA) ở người trẻ thông qua đối chiếu giữa khúc xạ chủ quan và loạn thị giác mạc đo bằng một thiết bị Placido mới.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu cắt ngang mô tả có phân tích được thực hiện trên 106 mắt của 106 bệnh nhân mắc tật khúc xạ (tuổi từ 18 đến 49) tại Bệnh viện Mắt TP. Hồ Chí Minh trong năm 2025–2026. Thông số giác mạc được đo đạc bằng máy MYAH (thiết bị Placido). Dữ liệu loạn thị được xử lý bằng phương pháp phân tích vector Thibos (J0, J45) và đánh giá thông qua hệ số bù trừ (CF). Phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm IBM SPSS 27 (IBM Corporation) và phần mềm R v4.5.2 (R Core Team).

Kết quả: Độ tuổi trung bình của mẫu là 25,88 ± 5,77 tuổi. Giá trị trung vị của ORA ghi nhận được là 0,71 D (IQR: 0,46 D). Trong khi loạn thị khúc xạ (RA) và loạn thị mặt trước giác mạc (ACA) chủ yếu là loạn thị thuận, thì ORA tập trung ưu thế ở nhóm loạn thị nghịch và đóng vai trò bù trừ cho ACA trong 94,3% trường hợp. Phân tích vector cho thấy thành phần J0 và J45 của ORA có tương quan nghịch rõ rệt với các thành phần tương ứng của ACA (J0: r = –0,287, p = 0,003; J45: r = –0,564, p < 0,001). Tình trạng bù trừ chưa đủ chiếm ưu thế so với các hình thái bù trừ khác.

Kết luận: ORA là một thành phần quang học quan trọng đóng vai trò bù trừ sinh lý cho hệ thống quang học mắt ở người trẻ. Việc xác định ORA trước phẫu thuật khúc xạ hoặc điều trị Ortho-K là bước sàng lọc thiết yếu để tiên lượng chính xác kết quả thị giác và quản lý kỳ vọng của bệnh nhân, đặc biệt ở những đối tượng có ORA cao (> 1,00 D).

Từ khoá: Loạn thị tồn dư, phân tích vector, thiết bị Placido, bù trừ loạn thị, tật khúc xạ.

[1]Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch
[2]Bệnh viện Mắt Thành phố Hồ Chí Minh
Tác giả chịu trách nhiệm chính: Trần Đình Minh Huy
Email: minhhuy.trandinh@gmail.com
Mã bài: N969
Ngày nhận bài: 27/6/2026
Ngày phản biện khoa học: 20/6/2026
Ngày duyệt bài: 28/9/2026

SUMMARY

ASSESSMENT OF RESIDUAL ASTIGMATISM IN YOUNG AMETROPIC PATIENTS USING SUBJECTIVE REFRACTION AND CORNEAL REFRACTION FROM A NOVEL PLACIDO-BASED DEVICE

Objective: To evaluate the distribution characteristics and compensation levels of ocular residual astigmatism (ORA) in young adults by comparing subjective refraction and corneal astigmatism measured by a novel Placido-based device.

Subjects and Methods: A cross-sectional descriptive analytical study was conducted on 106 eyes of 106 patients with refractive errors (aged 18–49) at Ho Chi Minh City Eye Hospital from 2025 to 2026. Corneal parameters were measured using the MYAH device (Placido topographer). Astigmatism data were processed using Thibos vector analysis (J0, J45) and evaluated via the compensation factor (CF). Statistical analyses are performed using IBM SPSS 27 (IBM Corporation) and R v4.5.2 (R Core Team) programs.

Results: The mean age was 25.88 ± 5.77 years. The median ORA was 0.71 D (IQR: 0.46 D). While refractive astigmatism (RA) and anterior corneal astigmatism (ACA) were predominantly with-the-rule, ORA was mostly against-the-rule, providing compensation for ACA in 94.3% of eyes. Vector analysis revealed significant negative correlations between ORA and ACA components (J0: r = –0.287, p = 0.003; J45: r = –0.564, p < 0.001). Under-compensation was the most prevalent type of compensation observed.

Conclusion: ORA is a critical optical component providing physiological compensation for the eye optical system in young adults. Determining ORA before refractive surgery or Ortho-K treatment is an essential screening step to accurately predict visual outcomes and manage patient expectations, particularly in cases with high ORA (> 1.0 D).

Keywords: Ocular residual astigmatism (ORA), vector analysis, Placido device, astigmatism compensation, refractive error.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Loạn thị là một khiếm khuyết quang học phổ biến, trong đó loạn thị khúc xạ (RA) là kết quả của sự phối hợp giữa loạn thị mặt trước giác mạc (ACA)

và loạn thị tồn dư (ORA). ORA bao gồm các thành phần loạn thị không xuất phát từ mặt trước giác mạc, chủ yếu liên quan đến mặt sau giác mạc và các cấu trúc nội nhãn. Trong hệ thống quang học mắt, ORA thường có xu hướng bù trừ cho ACA, góp phần làm giảm độ loạn thị tổng thể. Tuy nhiên, ORA cao có thể ảnh hưởng đến việc lập kế hoạch và kết quả điều trị các tật khúc xạ, đặc biệt trong phẫu thuật khúc xạ và điều trị chỉnh hình giác mạc (Ortho-K). ORA được xác định thông qua sự khác biệt vector giữa RA và ACA. Vì vậy, việc kết hợp đo khúc xạ chủ quan, đánh giá bề mặt giác mạc bằng các thiết bị hiện đại và phân tích vector có ý nghĩa quan trọng trong xác định đặc điểm cũng như mức độ bù trừ của ORA.

Tại Việt Nam, dữ liệu về ORA ở người trẻ còn hạn chế, đặc biệt khi đánh giá bằng các thiết bị đo bản đồ giác mạc Placido mới. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá đặc điểm phân bố và mức độ bù trừ của ORA ở người trẻ thông qua đối chiếu giữa khúc xạ chủ quan và loạn thị mặt trước giác mạc đo bằng thiết bị Placido, qua đó góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc tiên lượng và tối ưu hóa điều trị khúc xạ trong thực hành lâm sàng.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

Đối tượng nghiên cứu. Nghiên cứu được thực hiện trong năm 2025 – 2026 tại khoa Khúc xạ, Bệnh viện Mắt Thành phố Hồ Chí Minh.

Tiêu chuẩn lựa chọn: Bệnh nhân trên 18 tuổi, được chẩn đoán tật khúc xạ và có chỉ định phẫu thuật khúc xạ, thị lực chỉnh kính tối đa ? 9/10, có khả năng hiểu và đồng ý tham gia nghiên cứu.

Tiêu chuẩn loại trừ: Bệnh nhân có các bệnh lý giãn phình giác mạc (giác mạc hình chóp, thoái hóa rìa Terrien, thoái hóa rìa Pellucid), có khô mắt nặng, có sẹo hoặc vẩn đục giác mạc trên lâm sàng, có tiền căn chấn thương mắt, có tiền căn phẫu thuật tại mắt, hoặc đang sử dụng kính tiếp xúc cứng.

Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu cắt ngang mô tả có phân tích

Cỡ mẫu: Cỡ mẫu nghiên cứu được tính theo công thức ước lượng giá trị trung bình có hiệu chỉnh cho dữ liệu phi tham số với:

$$n_{final} = n \times 1{,}15;\ \ n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} \times \sigma^2}{d^2};\ \sigma \approx \frac{IQR}{1{,}35}$$

Trong đó:

α = 0,05 (độ tin cậy 95%), ta có $Z_{(1-\alpha/2)}$ = 1,96

d: sai số cho phép = 0,10 D

σ: độ lệch chuẩn của khúc xạ tồn dư, ước tính dựa trên khoảng tứ phân vị từ nghiên cứu của Elshahat và cộng sự (2022) = 0,56 D

Từ đó, tính được cỡ mẫu tối thiểu n_{final} = 77 mắt

Các bước tiến hành nghiên cứu: Bệnh nhân đến khám tại Khoa Khúc xạ, Bệnh viện Mắt Thành phố Hồ Chí Minh, đáp ứng tiêu chuẩn lựa chọn và không có tiêu chuẩn loại trừ được đưa vào nghiên cứu. Sau khi thu thập thông tin hành chính, tiền sử, đo thị lực, nhãn áp và khám mắt bằng đèn sinh hiển vi, bệnh nhân được giải thích và ký giấy đồng thuận tham gia. Bệnh nhân được hướng dẫn chụp bản đồ giác mạc bằng máy MYAH. Để hạn chế thiên lệch do hai mắt, chỉ một mắt được lựa chọn, mặc định là mắt phải. Tất cả các phép đo được thực hiện bởi một nghiên cứu viên duy nhất, sau khi bệnh nhân nghỉ mắt 15 phút trong phòng tối. Mỗi bệnh nhân được đo một lần bằng máy MYAH.

Thống kê, xử lý số liệu: Dữ liệu được nhập và quản lý bằng Microsoft® Excel 16.98. Các biến định tính được trình bày bằng tần số và tỷ lệ phần trăm. Các biến định lượng có phân phối chuẩn được biểu diễn bằng trung bình ± độ lệch chuẩn; các biến không có phân phối chuẩn được biểu diễn bằng trung vị và khoảng tứ phân vị. Phân tích thống kê được thực hiện bằng IBM SPSS 27 và R v4.5.2.

Đạo đức trong nghiên cứu. Nghiên cứu đã được chấp thuận bởi Hội đồng Đạo đức trong Nghiên cứu Y sinh học Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch, số 1536/TĐHYKPNT-HĐĐĐ, ký ngày 19/12/2025.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đặc điểm dịch tễ và lâm sàng

Nghiên cứu gồm 106 mắt phải của 106 bệnh nhân, tuổi trung bình 25,88 ± 5,77, dao động 18–49 tuổi, trong đó nữ chiếm đa số. Loạn thị được ghi nhận ở 80,1% mắt, với hơn một nửa có độ loạn thị ≥1,00 D. Đặc điểm lâm sàng được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm lâm sàng của mẫu nghiên cứu

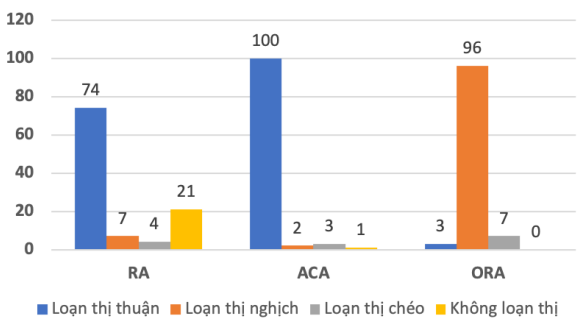
Đặc điểm	Trung vị (Q1 – Q3)	Giá trị p*
Thị lực chưa chỉnh kính (UCVA)		
logMAR	1,15 (1,05–1,22)	< 0,001
Thập phân	0,07 (0,06–0,09)	
Thị lực chỉnh kính (BCVA)		
logMAR	0,01 (0,00–0,01)	< 0,001
Thập phân	0,98 (0,98–1,00)	
Độ cầu (SPH)	-4,25 (-6,00– -3,00)	< 0,001
Độ trụ (CYL)	-0,75 (-1,25– -0,25)	< 0,001
Độ cầu tương đương (SPHEQ)	-4,56 (-6,38– -3,25)	< 0,001
*** Kiểm định Shapiro-Wilk**		

Đặc điểm loạn thị

Bảng 2 và Hình 1 trình bày đặc điểm của RA, ACA và ORA. RA được hiệu chỉnh về mặt phẳng giác mạc với khoảng cách đỉnh 0,012 m. Kết quả cho thấy RA và ACA chủ yếu là loạn thị thuận, trong khi ORA chủ yếu là loạn thị nghịch. Sự khác biệt về trục giữa ORA và ACA cho thấy ORA có xu hướng bù trừ cho ACA ở 94,3% mắt.

Bảng 2. Độ lớn và trục loạn thị của RA, ACA và ORA

Thành phần loạn thị	Độ lớn		Trục loạn thị	
	Trung vị (Q1 – Q3)	Giá trị *p**	Trung vị (Q1 – Q3)	Giá trị *p**
Loạn thị khúc xạ (RA)	0,68 (0,23–1,14)	< 0,001	85,0 (56,2–90,0)	< 0,001
Loạn thị mặt trước giác mạc (ACA)	1,27 (0,82–1,84)	< 0,001	87,0 (80,0–93,0)	< 0,001
Loạn thị tồn dư (ORA)	0,71 (0,51–0,97)	0,045	174,9 (167,1–3,1)	< 0,001
** Kiểm định Shapiro-Wilk*				



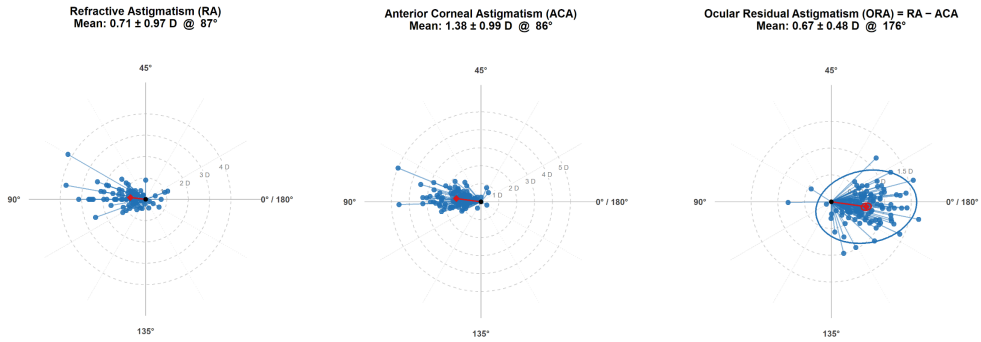
Hình 1. Hình thái loạn thị của RA, ACA và ORA

Đặc điểm phân tích vector

Do bản chất bán nguyệt của trục loạn thị, việc so sánh và tìm mối quan hệ giữa loạn thị tồn dư và các thành phần loạn thị khác yêu cầu sử dụng phương pháp phân tích vector. Biểu đồ vector góc kép của vector ORA, RA và ACA được thể hiện tại Hình 2. Chúng tôi sử dụng phương pháp của Thibos và công sự để chuyển đổi dữ liệu từ dạng độ loạn thị (C) và trục loạn thị (?) sang các đại lượng vector J0 (loạn thị thuận / nghịch) và J45 (loạn thị chéo), sử dụng công thức tính toán:

$$J_0 = -\left(\frac{C}{2}\right)\cos(2\alpha)\ ;\ J_{45} = -\left(\frac{C}{2}\right)\sin(2\alpha)$$

Với kết quả được trình bày tại Bảng 3 [3]. Các kết quả này cũng được sử dụng để đánh giá tương quan của từng thành phần vector giữa ORA với RA và ACA, được thể hiện tại Bảng 4.



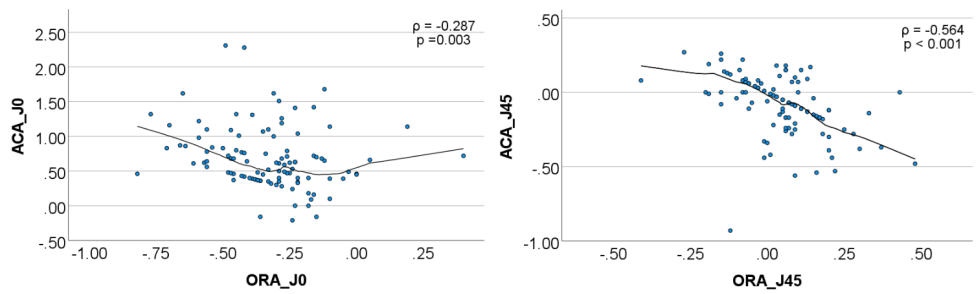
Hình 2. Biểu đồ vector góc kép của ORA, RA và ACA

Bảng 3. Thành phần vector Thibos của RA, ACA và ORA

Thành phần loạn thị	J0		J45	
	Trung vị (Q1 – Q3)	Giá trị *p**	Trung vị (Q1 – Q3)	Giá trị p*
Loạn thị khúc xạ (RA)	0,24 (0,00–0,55)	< 0,001	0,00 (-0,11–0,00)	< 0,001
Loạn thị mặt trước giác mạc (ACA)	0,62 (0,39–0,86)	< 0,001	-0,07 (-0,17–0,06)	< 0,001
Loạn thị tồn dư (ORA)	-0,32 (-0,45– -0,23)	0,081	0,06 (-0,04–0,13)	0,197
* Kiểm định Shapiro-Wilk				

Bảng 4. Tương quan Spearman giữa các thành phần vector của ORA với của ACA và RA

		ACA_J0	ACA_J45	RA_J0	RA_J45
ORA_J0	Hệ số tương quan Spearman	–0,287	–0,018	0,158	0,138
	Giá trị p	0,003	0,858	0,106	0,157
ORA_J45	Hệ số tương quan Spearman	–0,148	–0,564	–0,123	0,153
	Giá trị p	0,131	< 0,001	0,208	0,117



Hình 3. Biểu đồ phân tán thành phần vector J0, J45 của ACA và ORA kèm đường cong LOESS

Để đánh giá ảnh hưởng của ORA lên ACA, chúng tôi sử dụng hệ số bù trừ CF (Compensation Factor), được tính toán riêng biệt cho hai thành phần J0 và J45 và được định nghĩa là tỷ lệ ORA có tác động bù trừ cho ACA. Chúng tôi phân loại CF tương tự một số nghiên cứu trước đây như sau [4], [6]:

CF dưới -0,1: tăng cường cùng trục

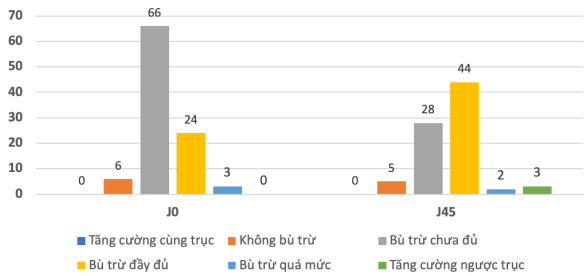
CF từ -0,1 đến 0,1: không bù trừ

CF từ 0,1 đến 0,9: bù trừ chưa đủ

CF từ 0,9 đến 1,1: bù trừ đầy đủ

CF từ 1,1 đến 2: bù trừ quá mức

CF trên 2: tăng cường ngược trục



Hình 4. Phân loại theo hệ số bù trừ của từng vector loạn thị thành phần

IV. BÀN LUẬN

Khái niệm về sự chênh lệch giữa loạn thị mặt trước giác mạc và loạn thị toàn bộ nhãn cầu đã được y văn ghi nhận từ cuối thế kỷ 19 qua quy tắc thực nghiệm Javal. Đến cuối thập niên 1990, Alpins đã định lượng và hệ thống hóa sự chênh lệch này thành khái niệm loạn thị tồn dư (ORA) bằng phân tích vector, được xác định từ sự khác biệt giữa khúc xạ chủ quan và loạn thị mặt trước giác mạc [1]. ORA đại diện cho các thành phần loạn thị không xuất phát từ mặt trước giác mạc, chủ yếu liên quan đến mặt sau giác mạc, thủy tinh thể và các cấu trúc nội nhãn khác.

Nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận trung vị ORA là 0,71 D (IQR: 0,46 D), cao hơn không đáng kể so với Elshahat và cộng sự (2022), với 0,47 D (IQR: 0,56 D) trên nhóm ứng viên phẫu thuật khúc xạ, và Lin (2021), với 0,57 D (IQR: 0,42 D) ở trẻ em loạn thị. Trong khi đó, Lin và cộng sự (2022) ghi nhận trung vị ORA trên 1,00 D ở trẻ em cận thị. Sự khác biệt có thể liên quan đến đặc điểm quần thể, trong đó khả năng bù trừ của hệ thống quang học nội nhãn thay đổi theo tuổi và tình trạng khúc xạ, với khả năng bù trừ mạnh hơn ở mắt cận thị [5], [6].

Về phân bố trục, RA và ACA chủ yếu là loạn thị thuận, trong khi ORA chủ yếu là loạn thị nghịch. Kết quả tương đồng với Lin và cộng sự (2022) và Liu và cộng sự (2017), với tỷ lệ ORA nghịch lần lượt là 96,3% và 88,83% ở trẻ em và người trẻ mắc tật khúc xạ [5], [6]. ORA nghịch có xu hướng triệt tiêu một phần ACA thuận [2], qua đó giải thích vì sao độ loạn thị tổng hợp trên khúc xạ chủ quan thường thấp hơn độ loạn thị mặt trước giác mạc.

Về mức độ bù trừ, mặc dù tỷ lệ ORA có tác động bù trừ cho ACA cao, bù trừ chưa đủ vẫn chiếm ưu thế so với bù trừ đầy đủ. Kết quả phù hợp với Elshahat và cộng sự (2022) và Park và cộng sự (2013) [4], [7]. Park và cộng sự cho thấy bù trừ đầy đủ chỉ khoảng 3–4% đối với J0, trong khi bù trừ chưa đủ chiếm 51–68%. Như vậy, ORA làm giảm ảnh hưởng của ACA nhưng thường không đủ để triệt tiêu hoàn toàn loạn thị giác mạc.

Phân tích vector Thibos cho thấy ORA tương quan nghịch với ACA ở cả J0 và J45. Trong nghiên cứu này, tương quan có ý nghĩa tại J0 ($r = –0,287$; $p = 0,003$) và J45 ($r = –0,564$; $p < 0,001$). Kết quả tương đồng với Liu và cộng sự (2017), ghi nhận J0: $\rho = –0,276$ và J45: $\rho = –0,616$ ($p < 0,01$), và Park và cộng sự (2013), với J0 = –0,233 và J45 = –0,547 ($p < 0,001$) [6], [7]. Đường cong LOESS cũng cho thấy xu hướng tương quan nghịch, ngoại trừ phần đuôi J0 do số lượng mắt có ORA thuận rất ít. Kết quả cho thấy ORA có xu hướng đối trọng với ACA, góp phần duy trì sự cân bằng quang học và tối ưu hóa chất lượng hình ảnh trên võng mạc [7].

Về ý nghĩa lâm sàng, xác định ORA trước phẫu thuật có vai trò trong tiên lượng điều trị khúc xạ. Các nghiên cứu của Qian và Wallerstein cho thấy mắt có ORA cao thường có chỉ số thành công thấp hơn trong LASIK và SMILE do sự không đồng nhất giữa nguồn gốc loạn thị và vị trí tác động điều trị trên giác mạc [5]. Trong nghiên cứu này, trung vị ORA là 0,71 D và một tỷ lệ không nhỏ bệnh nhân có ORA >1,00 D. Do đó, nếu chỉ dựa vào khúc xạ biểu hiện để lập kế hoạch điều trị trên giác mạc, sự mất cân bằng giữa ACA và ORA có thể ảnh hưởng đến kết quả. Những trường hợp ORA cao cần được cân nhắc khi lựa chọn phương pháp điều trị, trong đó ICL có thể là một lựa chọn phù hợp [8].

Trong điều trị cận thị bằng Ortho-K, ORA cũng có ý nghĩa đáng lưu ý. Ortho-K làm thay đổi hình dạng giác mạc nhằm giảm cận thị và loạn thị mặt trước giác mạc nhưng ít tác động đến các thành phần nội nhãn và mặt sau giác mạc. Với tỷ lệ ORA bù trừ ACA lên đến 94,3%, khi ACA giảm sau Ortho-K, ORA có thể biểu hiện rõ hơn và trở thành nguồn loạn thị tồn dư. Vì vậy, đánh giá bản đồ giác mạc và ORA trước Ortho-K có ý nghĩa trong tiên lượng kết quả và tư vấn bệnh nhân.

Nghiên cứu có một số hạn chế. Mẫu chỉ tập trung vào người trẻ mắc tật khúc xạ, chủ yếu là cận thị, tại một trung tâm nên khả năng khái quát cho người viễn thị hoặc loạn thị hỗn hợp còn hạn chế. ORA được xác định gián tiếp từ sự khác biệt vector giữa khúc xạ chủ quan và ACA; nghiên cứu chưa tích hợp dữ liệu mặt sau giác mạc nên chưa thể xác định chính xác nguồn gốc của từng thành phần ORA [7]. Các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng cỡ mẫu và đa dạng hơn về loại tật khúc xạ, đồng thời đánh giá mối liên hệ giữa ORA tiền phẫu với chất lượng thị giác sau phẫu thuật khúc xạ và Ortho-K. Kết hợp Scheimpflug hoặc AS-OCT với phân tích mặt sóng có thể giúp làm rõ cơ chế bù trừ và tối ưu hóa điều trị cá thể hóa.

V. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định loạn thị tồn dư (ORA) là một thành phần quang học quan trọng, đóng vai trò bù trừ sinh lý trong hệ thống quang học mắt ở người trẻ, với giá trị trung vị 0,71 D. Phân tích vector cho thấy ORA chủ yếu thuộc nhóm loạn thị nghịch, có xu hướng đối trọng và triệt tiêu một phần loạn thị mặt trước giác mạc (ACA), với tỷ lệ bù trừ lên đến 94,3%. Mối tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê giữa các thành phần vector J0 và J45 của ORA và ACA cho thấy vai trò của ORA trong cơ chế tự cân bằng của hệ thống quang học mắt. Tuy nhiên, bù trừ chưa đủ vẫn chiếm ưu thế so với bù trừ đầy đủ, góp phần giải thích sự tồn tại của loạn thị khúc xạ trên lâm sàng.

Về thực hành, xác định ORA bằng các thiết bị bản đồ giác mạc hiện đại là bước quan trọng trước phẫu thuật khúc xạ và điều trị Ortho-K, đặc biệt ở những bệnh nhân có ORA >1,00 D, nhằm hỗ trợ tiên lượng kết quả thị giác và quản lý kỳ vọng của bệnh nhân. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc cá thể hóa điều trị khúc xạ tại Việt Nam. Các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng cỡ mẫu và ứng dụng các công nghệ như Scheimpflug hoặc AS-OCT để làm rõ hơn vai trò của từng cấu trúc nội nhãn trong cơ chế bù trừ loạn thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. **Alpins Noel** (2001), "Astigmatism analysis by the Alpins method", *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 27(1), pp. 31-49.
2. **Read Scott A, Collins Michael J, et al.** (2007), "A review of astigmatism and its possible genesis", *Clinical and Experimental Optometry*, 90(1), pp. 5-19.
3. **Thibos Larry N, Wheeler William, et al.** (1997), "Power Vectors: An Application of Fourier Analysis to the Description and Statistical Analysis of Refractive Error", *Optometry and Vision Science*, 74(6), pp. 367-75.
4. **Elshahat A., Hamed A. M., et al.** (2022), "Evaluation of Ocular Residual Astigmatism in Eyes with Myopia and Myopic Astigmatism and Its Interaction with Other Forms of Astigmatism", *Clin Ophthalmol*, 16, pp. 4179-4190.
5. **Lin J.** (2021), "The contribution of ocular residual astigmatism to anterior corneal astigmatism in refractive astigmatism eyes", *Sci Rep*, 11(1), pp. 1018.
6. **Liu Y., Cheng Y., et al.** (2017), "Evaluating internal and ocular residual astigmatism in Chinese myopic children", *Jpn J Ophthalmol*, 61(6), pp. 494-504.
7. **Park C. Y., Oh J. H., et al.** (2013), "Predicting ocular residual astigmatism using corneal and refractive parameters: a myopic eye study", *Curr Eye Res*, 38(8), pp. 851-61.
8. **Sun L., Zhang X., et al.** (2022), "Influence of Ocular Residual Astigmatism on the Correction of Myopic Astigmatism by Toric Implantable Collamer Lens: A Comparative Study With Femtosecond Laser Small Incision Lenticule Extraction", *Front Med (Lausanne)*, 9, pp. 828492.