

Phân tích vector Alpines trong đánh giá điều chỉnh loạn thị sau phẫu thuật SMILE Pro bằng VISUMAX 800

Hà Minh Hữu Tài^{1*}, Phạm Quốc Tiến¹, Nguyễn Ngọc Anh Tú¹, Nguyễn Phạm Dũng²

¹Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch, 567 Nguyễn Cửu Phú, xã Tân Nhựt, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Bệnh viện Mắt TP. Hồ Chí Minh, 280 Điện Biên Phủ, phường Xuân Hòa, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 15/5/2026; ngày chuyển phản biện 17/5/2026; ngày nhận phản biện 3/6/2026; ngày chấp nhận đăng 4/6/2026

Tóm tắt:

Mục tiêu: Đánh giá hiệu quả điều trị loạn thị của hệ thống laser femtosecond VisuMax 800 trong phẫu thuật SMILE Pro thông qua phân tích vector Alpines với bộ chỉ số đầy đủ. **Phương pháp:** Nghiên cứu tiến cứu mô tả trên 80 mắt (40 bệnh nhân) phẫu thuật SMILE Pro tại Bệnh viện Mắt Sài Gòn Ngô Gia Tự, từ tháng 12/2024 đến tháng 9/2025. Phân tích vector Alpines thực hiện trên 74 mắt có vector loạn thị mục tiêu (Target Induced Astigmatism vector, TIA) $\geq 0,25$ D bằng phần mềm AstigMATIC; biểu đồ kết quả chuẩn hóa tạo bằng phần mềm Meyestro. **Kết quả:** TIA $1,00 \pm 0,53$ D; vector loạn thị thực tế (Surgically Induced Astigmatism vector, SIA) $0,98 \pm 0,51$ D; vector sai lệch (Difference Vector, DV) $0,08 \pm 0,03$ D; chỉ số điều chỉnh (Correction Index, CI) $0,94 \pm 0,02$; $R^2 = 0,97$ ($y = 0,94x + 0,05$). 99% mắt có sai số trục (Angle of Error, |AOE|) $\leq 5^\circ$; 100% DV $\leq 0,5$ D. Sau 3 tháng, 95% mắt có độ loạn thị tồn dư $\leq 0,25$ D và 100% $\leq 0,50$ D. **Kết luận:** SMILE Pro với VisuMax 800 đạt độ chính xác điều chỉnh loạn thị theo phân tích vector Alpines với CI= $0,94 \pm 0,02$; DV= $0,08 \pm 0,03$ D; AOE= $0,06 \pm 1,60^\circ$ (99% trong $\pm 5^\circ$); $R^2 = 0,97$. Kết quả cải thiện so với SMILE thế hệ trước, trong đó hệ thống bù trừ cyclotorsion OcuLign đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát độ chính xác trục loạn thị.

Từ khóa: loạn thị, OcuLign, phân tích vector Alpines, SMILE Pro, VISUMAX 800.

Chỉ số phân loại: 2.6, 3.1, 3.2

Alpines vector analysis for the evaluation of astigmatic correction following SMILE Pro surgery using the VISUMAX 800

Minh Huu Tai Ha^{1*}, Quoc Tien Pham¹, Ngoc Anh Tu Nguyen¹, Pham Dung Nguyen²

¹Pham Ngoc Thach University of Medicine, 567 Nguyen Cuu Phu Street, Tan Nhut Commune, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Ho Chi Minh Eye Hospital, 280 Dien Bien Phu Street, Xuan Hoa Ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 15 May 2026; revised 3 June 2026; accepted 4 June 2026

Abstract:

Purpose: To evaluate astigmatism treatment outcomes of the VisuMax 800 femtosecond laser system in SMILE Pro surgery using comprehensive Alpines vector analysis. **Methods:** A prospective descriptive study of 80 eyes (40 patients) undergoing SMILE Pro at Saigon Eye Hospital Ngo Gia Tu from December 2024 to September 2025. Alpines vector analysis was performed on 74 eyes with TIA ≥ 0.25 D using AstigMATIC software; standardised outcome charts were generated using Meyestro software. **Results:** Mean TIA 1.00 ± 0.53 D; SIA 0.98 ± 0.51 D; DV 0.08 ± 0.03 D; CI 0.94 ± 0.02 ; $R^2 = 0.97$ ($y = 0.94x + 0.05$). In 99% of eyes |AOE| $\leq 5^\circ$; 100% had DV ≤ 0.5 D. At 3 months, 95% of eyes achieved residual astigmatism ≤ 0.25 D and 100% ≤ 0.50 D. **Conclusions:** SMILE Pro with the VisuMax 800 demonstrated measurable astigmatism correction accuracy by Alpines vector analysis: CI= 0.94 ± 0.02 ; DV= 0.08 ± 0.03 D; AOE= $0.06 \pm 1.60^\circ$ (99% within $\pm 5^\circ$); $R^2 = 0.97$. Outcomes showed improvement over previous-generation SMILE, with the OcuLign cyclotorsion compensation system playing an important role in axial accuracy.

Keywords: Alpines vector analysis, astigmatism, OcuLign, SMILE Pro, VISUMAX 800.

Classification numbers: 2.6, 3.1, 3.2

*Tác giả liên hệ: Email: minhhuutai1025@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Loạn thị là tật khúc xạ phổ biến, thường đồng tồn tại với cận thị ở đa số bệnh nhân phẫu thuật khúc xạ. Tật khúc xạ chưa được điều chỉnh là nguyên nhân hàng đầu gây suy giảm thị lực trên toàn cầu [1, 2]. Đánh giá hiệu quả điều trị loạn thị không chỉ dừng ở phân tích độ loạn thị tồn dư mà cần xem xét đồng thời cả độ lớn và hướng của vector loạn thị.

Phương pháp phân tích vector Alpíns, được mô tả lần đầu năm 1993 [3], là chuẩn mực quốc tế để đánh giá kết quả phẫu thuật loạn thị, sử dụng ký hiệu góc đôi để phân tích các chỉ số: TIA, SIA, DV, CI và AOE [4]. Phương pháp này được khuyến nghị cho báo cáo chuẩn hóa trong phẫu thuật khúc xạ [5].

Kỹ thuật lấy lenticule giác mạc qua đường rạch nhỏ (Small Incision Lenticule Extraction, SMILE) được giới thiệu bởi W. Sekundo và cs (2011) [6]. Phiên bản cải tiến SMILE Pro với hệ thống laser femtosecond VisuMax 800 tích hợp laser tần số 2 MHz, hệ thống định vị trung tâm Centralign và hệ thống bù trừ cyclotorsion tự động OcuLign. Hệ thống OcuLign nhận diện mống mắt và tự động hiệu chỉnh sự xoay nhãn cầu giữa tư thế ngồi khám và tư thế nằm mổ, cải thiện độ chính xác trục loạn thị [7, 8].

Tại Việt Nam, dữ liệu về hiệu quả điều trị loạn thị bằng SMILE Pro được đánh giá qua phân tích vector Alpíns đầy đủ còn hạn chế. Nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu quả điều trị loạn thị sau phẫu thuật SMILE Pro bằng bộ chỉ số vector Alpíns và so sánh với y văn trong và ngoài nước.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu tiến cứu mô tả trên 80 mắt của 40 bệnh nhân phẫu thuật SMILE Pro tại Bệnh viện Mắt Sài Gòn Ngô Gia Tự, TP. Hồ Chí Minh, từ tháng 12/2024 đến tháng 9/2025.

Tiêu chuẩn chọn vào: tuổi ≥ 18 ; độ cầu -1,00 D đến -10,00 D; độ loạn thị $\leq -5,00$ D; độ cầu tương đương (Spherical Equivalent, SEQ) $\leq -10,00$ D; khúc xạ ổn định ($< 0,5$ D/năm trong 2 năm); độ dày giác mạc trung tâm (Central Corneal Thickness, CCT) ≥ 480 μm ; nhu mô tồn dư ≥ 250 μm ; topography giác mạc bình thường và đồng ý tham gia nghiên cứu.

Tiêu chuẩn loại trừ: Giác mạc chóp, thoái hóa giác mạc, tiền sử phẫu thuật giác mạc, bệnh mắt ảnh hưởng thị lực, mang thai hoặc cho con bú, bệnh toàn thân ảnh hưởng lành thương.

2.2. Phương pháp phẫu thuật

Tất cả phẫu thuật được thực hiện bằng hệ thống laser femtosecond VisuMax 800 với tần số 2 MHz, tạo lenticule có cap dày 130 μm và đường kính vùng quang học (optical zone) 6,5 mm. Hệ thống OcuLign tự động bù trừ cyclotorsion trước khi chiếu laser. Hệ thống Centralign định vị trung tâm lenticule với trục quang học và trục thị giác. Phẫu thuật do một phẫu thuật viên có kinh nghiệm thực hiện.

2.3. Thu thập dữ liệu

Các thông số khúc xạ (độ cầu, độ trụ, trục loạn thị) được đo bằng khúc xạ kế tự động Topcon KR-900 và xác nhận bằng khúc xạ chủ quan. Dữ liệu được thu thập tại các thời điểm: trước phẫu thuật, 1 tuần, 1 tháng và 3 tháng sau phẫu thuật.

2.4. Phân tích vector Alpíns

Các biểu đồ kết quả chuẩn hóa (phân bố khúc xạ trụ, phân tán SIA-TIA, phân bố AOE) được tạo bằng phần mềm Meyestro theo định dạng JCRS. Biểu đồ vector Alpíns đầy đủ thực hiện bằng phần mềm AstigMATIC là phần mềm độc lập miễn phí được phát triển bởi Gauvin và Wallerstein, công bố trên BMC Ophthalmology (2018) [9]. Các chỉ số được tính theo định nghĩa Alpíns [3, 4]:

TIA: Vector loạn thị mục tiêu cần điều chỉnh (loạn thị mục tiêu - loạn thị trước mổ).

SIA: Vector loạn thị thực tế do phẫu thuật (loạn thị sau mổ - loạn thị trước mổ).

DV: Vector sai lệch = $|TIA - SIA|$. Giá trị lý tưởng = 0,00 D.

CI: Chỉ số điều chỉnh (Correction Index) = SIA/TIA . Giá trị lý tưởng = 1,00; <1 thiếu chỉnh; >1 quá chỉnh.

AOE: Sai số trục (Angle of Error) = góc lệch giữa trục SIA và trục TIA. Giá trị lý tưởng = 0° ; $>0^\circ$ lệch ngược chiều kim đồng hồ. Báo cáo dưới dạng giá trị có dấu (signed) và giá trị tuyệt đối (absolute).

2.5. Phân tích thống kê

Dữ liệu được phân tích bằng phần mềm SPSS 26.0. Các biến liên tục được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Phân tích hồi quy tuyến tính được sử dụng để đánh giá mối tương quan TIA-SIA. Kiểm định Wilcoxon signed-rank được sử dụng cho các so sánh trước và sau phẫu thuật khi phân phối không chuẩn. Ngưỡng có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

2.6. Đạo đức nghiên cứu

Đề cương nghiên cứu đã được thông qua bởi Hội đồng Y đức nghiên cứu y sinh của Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch và Hội đồng Y đức Bệnh viện Mắt Sài Gòn Ngô Gia Tự. Tất cả bệnh nhân được giải thích đầy đủ về mục đích và quy trình nghiên cứu, đồng ý tham gia bằng văn bản trước khi phẫu thuật.

3. Kết quả và bàn luận

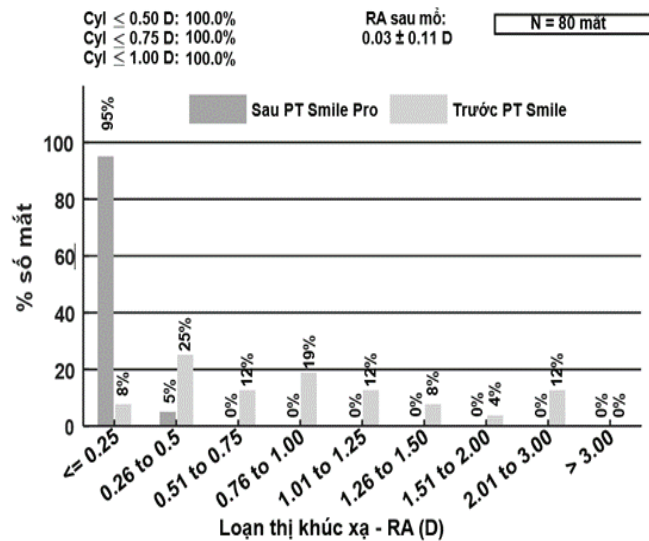
3.1. Đặc điểm bệnh nhân và tật khúc xạ trước phẫu thuật

Nghiên cứu gồm 80 mắt (40 bệnh nhân), tuổi trung bình $27,80 \pm 4,76$ năm. SEQ trước phẫu thuật $-5,12 \pm 1,92$ D. Trong đó, 74 mắt có TIA $\geq 0,25$ D được đưa vào phân tích Alpines, TIA trung bình $1,45 \pm 0,72$ D; trục TIA $90,26 \pm 14,01^\circ$ ($19,1^\circ - 116,8^\circ$) với loạn thị thuận chiều (With-The-Rule, WTR) chiếm ưu thế. Đặc điểm này tương đồng với các nghiên cứu SMILE Pro trên người châu Á [8, 10].

3.2. Kết quả sau phẫu thuật

3.2.1. Độ loạn thị tồn dư

Trước phẫu thuật, 8% mắt có độ loạn thị $\leq 0,25$ D, phần lớn từ 0,50 D đến 3,00 D. Sau 3 tháng: 95% mắt đạt độ loạn thị tồn dư $\leq 0,25$ D; 5% ở mức 0,26-0,50 D; 100% $\leq 0,50$ D. Độ loạn thị tồn dư trung bình sau mổ $0,03 \pm 0,11$ D (hình 1).



Hình 1. Phân bố tỷ lệ % khúc xạ trụ sau SMILE Pro 3 tháng so với trước phẫu thuật (n=80).

Tỷ lệ 100% mắt có độ loạn thị tồn dư $\leq 0,50$ D tại 3 tháng cao hơn so với kết quả nghiên cứu của W. Sekundo và cs (2025) [8] báo cáo 90,8% trong nghiên cứu đa trung tâm 6 tháng và tương đương A. Varman và cs (2024) [11] với nhóm VisuMax 800 đạt 96%. So với SMILE thế hệ cũ dùng VisuMax 500, X.T. Trinh (2021) [12] báo cáo 85% mắt $\leq 0,50$ D, trong khi H.S. Cung và cs (2025) [10] trên quần thể lớn người Việt Nam với VisuMax 800 đạt 95%. Sự cải thiện này phù hợp với kết quả của D.Z. Reinstein và cs (2023) [13] trên 296 mắt SMILE Pro với VisuMax 800, báo cáo 100% mắt đạt residual cylinder $\leq 0,50$ D so với 84,2% ở nhóm VisuMax 500.

3.2.2. Các chỉ số phân tích vector Alpines

Kết quả phân tích vector Alpines đầy đủ bằng phần mềm AstigMATIC tại thời điểm 3 tháng (n=74) được trình bày trong bảng 1 và hình 2.

Bảng 1. Phân tích vector loạn thị theo phương pháp Alpíns tại 3 tháng (n=74).

Chỉ số Alpíns	Trung bình $\pm$ SD	Giá trị lý tưởng
Vector loạn thị mục tiêu (TIA, D)	1,00 $\pm$ 0,53	—
Vector loạn thị thực tế (SIA, D)	0,98 $\pm$ 0,51	= TIA
Vector sai lệch (DV, D)	0,08 $\pm$ 0,03	0,00
Chỉ số điều chỉnh (CI)	0,94 $\pm$ 0,02	1,00
Sai số trục (AOE, °)	0,06 $\pm$ 1,60	0,00
R ² (SIA ~ TIA)	0,97	1,00
Phương trình hồi quy	y=0,94x+0,05	

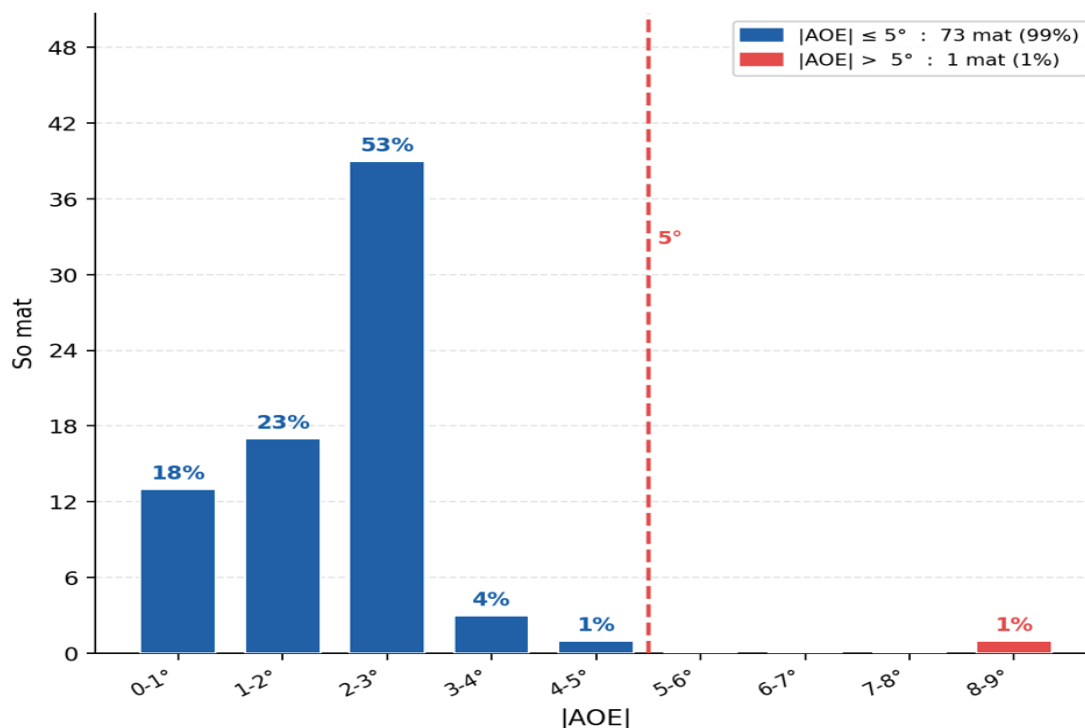
CI=0,94 $\pm$ 0,02, nhất quán với hệ số góc hồi quy 0,94, phản ánh mức thiếu chỉnh nhẹ có tính hệ thống (khoảng 6%). CI trong khoảng 0,90-1,10 được chấp nhận về lâm sàng theo tiêu chuẩn Alpíns [4]; CI <1 gợi ý tương tác sinh học giác mạc sau lấy lenticule hoặc có thể tinh chỉnh nomogram. Kết quả này tương đương VisuMax 800 trong nghiên cứu của H.S. Cung [10] (R²=0,98) và cao hơn kết quả của T.X. Trang (2021) [12] với SMILE VisuMax 500 (slope =0,85).

DV=0,08 $\pm$ 0,03 D là chỉ số tổng hợp bao gồm cả sai số độ lớn lẫn trục, cải thiện so với VisuMax 500 (DV 0,20 D) của X.T. Trinh (2021) [12] và tương đương VisuMax 800 của H.S. Cung và cs (2025) [10] (DV=0,10 D).

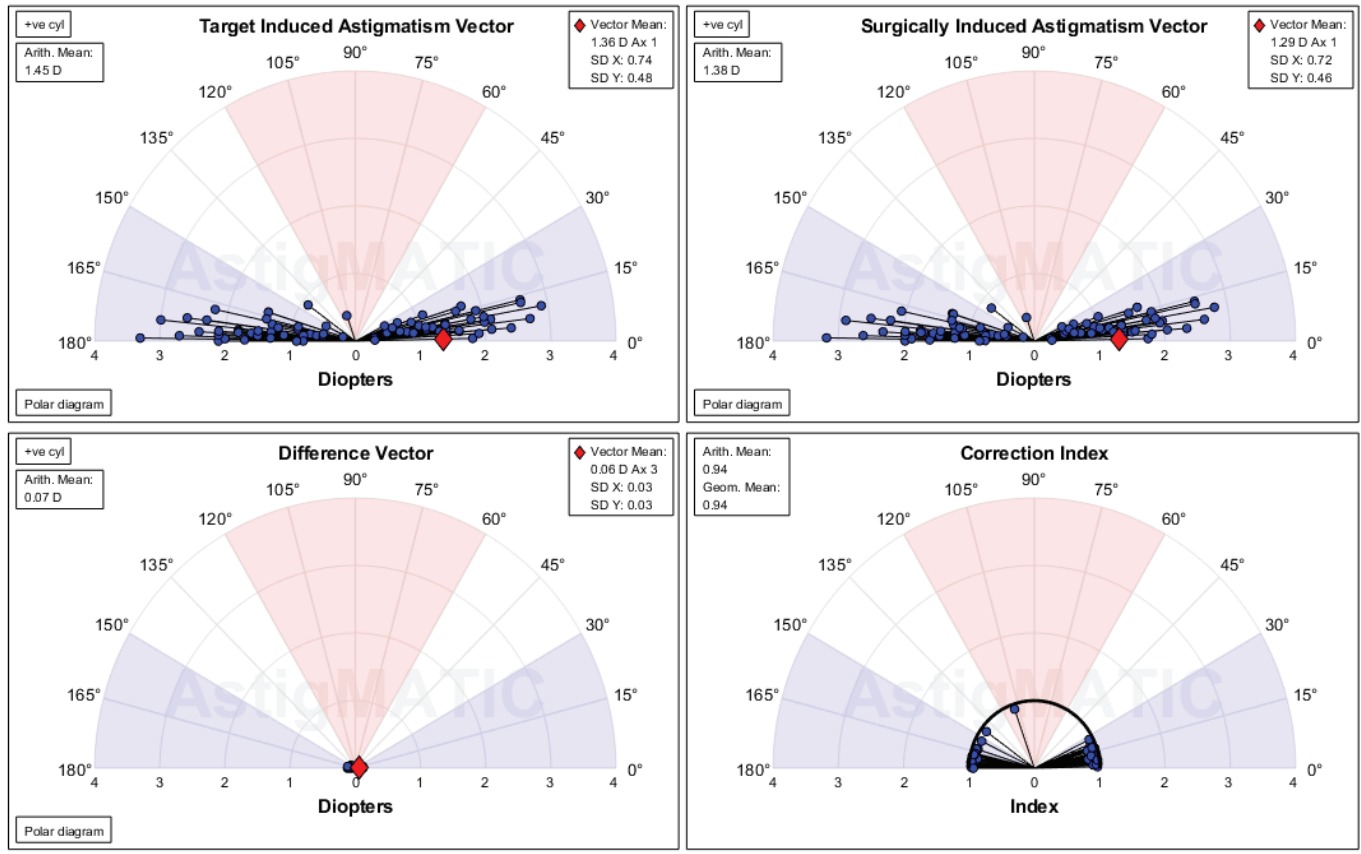
AOE = 0,06 $\pm$ 1,60° và 99% (73/74) mắt có |AOE| $\leq$ 5°. Theo chuẩn Alpíns, AOE $\leq$ 5° không có ý nghĩa lâm sàng [4]. Kết quả này cải thiện so với SMILE VisuMax 500 (AOE =3-4°) [12]. Cyclotorsion khi thay đổi từ tư thế ngồi sang nằm trung bình 3-5°, có thể đến 15° nếu không bù trừ, sai số này chuyển hoàn toàn thành lệch trục loạn thị [14]. OcuLign nhận diện mống mắt và tự động hiệu chỉnh góc điều trị, phù hợp với kết quả của S. Ganesh và cs (2018) [7].

3.2.3. Tương quan SIA-TIA

Biểu đồ phân tán SIA-TIA (hình 3) tại thời điểm 3 tháng (n=74) cho thấy các điểm dữ liệu phân bố tập trung dọc theo đường hồi quy với phương trình y=0,94x+0,05 và hệ số xác định R²=0,97 (p<0,001). Độ dốc hồi quy 0,94<1,0 phản ánh xu hướng thiếu chỉnh nhẹ có tính hệ thống (khoảng 6%), trong khi R²=0,97 cho thấy 97% sự



Hình 2. Biểu đồ phân bố sai số trục loạn thị (|AOE|) sau SMILE Pro 3 tháng (n=74).



Hình 3. Phân tích vector Alpines sau SMILE Pro 3 tháng (n=74).

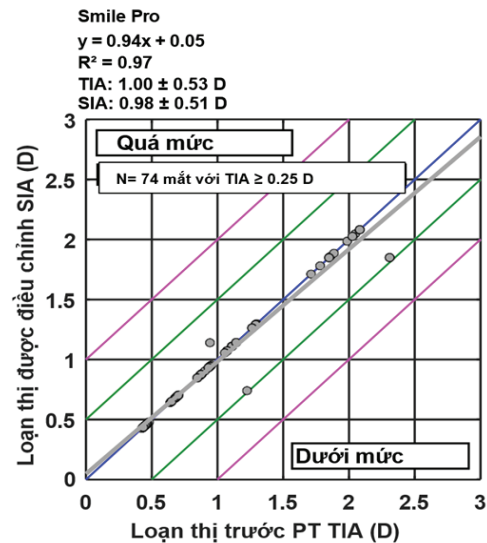
biến thiên của SIA được giải thích bởi TIA, thể hiện tính dự đoán cao của phẫu thuật (hình 4). Về tính dự đoán khúc xạ cầu tương đương, A. Saad và cs (2024) [15] ghi nhận 91% mắt đạt SEQ trong $\pm 0,50$ D mục tiêu, phù hợp với xu hướng chính xác cao của SMILE Pro.

Nhìn chung, bộ chỉ số $CI=0,94$, $AOE=0,06^\circ$, $DV=0,08$ D cho thấy, SMILE Pro với VisuMax 800 đáp ứng tiêu chí vector Alpines cho phẫu thuật khúc xạ loạn thị theo khuyến nghị JCRS/JRS [5], đồng thời cải thiện rõ rệt so với SMILE thế hệ cũ, trong đó OcuLign là yếu tố then chốt cải thiện độ chính xác trục.

4. Kết luận

SMILE Pro với VisuMax 800 đạt độ chính xác điều chỉnh loạn thị theo phân tích vector Alpines: $CI=0,94 \pm 0,02$; $DV=0,08 \pm 0,03$ D; $AOE=0,06 \pm 1,60^\circ$ (99% trong $\pm 5^\circ$); $R^2=0,97$; 100% mắt loạn thị tồn dư $\leq 0,50$ D tại 3 tháng. Kết quả cho thấy sự cải thiện so với SMILE thế hệ trước và tương đương các nghiên cứu quốc tế sử dụng cùng hệ

thống. Hệ thống bù trừ cyclotorsion OcuLign đóng vai trò quan trọng trong kiểm soát độ chính xác trục loạn thị. Phân tích vector Alpines cần áp dụng thường quy trong báo cáo kết quả phẫu thuật khúc xạ loạn thị tại Việt Nam.



Hình 4. Biểu đồ phân tán SIA so với TIA sau SMILE Pro 3 tháng (n=74).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B.A. Holden, T.R. Fricke, D.A. Wilson, et al. (2016), "Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050", *Ophthalmology*, **123**(5), pp.1036-1042, DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- [2] S. Resnikoff, D. Pascolini, S.P. Mariotti, et al. (2008), "Global magnitude of visual impairment caused by uncorrected refractive errors in 2004", *Bulletin of The World Health Organization*, **86**(1), pp.63-70, DOI: 10.2471/BLT.07.041210.
- [3] N.A. Alpíns (1993), "A new method of analyzing vectors for changes in astigmatism", *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **19**(4), pp.524-533, DOI: 10.1016/S0886-3350(13)80617-7.
- [4] N. Alpíns (2001), "Astigmatism analysis by the Alpíns method", *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **27**(1), pp.31-49, DOI: 10.1016/S0886-3350(00)00798-7.
- [5] D.Z. Reinstein, T.J. Archer, J.B. Randleman (2014), "JRS standard for reporting astigmatism outcomes of refractive surgery", *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, NJ: 1995)*, **30**(10), pp.654-659, DOI: 10.3928/1081597X-20140903-01.
- [6] W. Sekundo, K.S. Kunert, M. Blum (2011), "Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: Results of a 6 month prospective study", *The British Journal of Ophthalmology*, **95**(3), pp.335-339, DOI: 10.1136/bjo.2009.174284.
- [7] S. Ganesh, S. Brar, R.R. Arra (2018), "Refractive lenticule extraction small incision lenticule extraction: A new refractive surgery paradigm", *Indian Journal of Ophthalmology*, **66**(1), pp.10-19, DOI: 10.4103/ijo.IJO_761_17.
- [8] W. Sekundo, J.S.M. Chang, S. Ganesh, et al. (2025), "Keratorefractive lenticule extraction for myopia and myopic astigmatism with the VISUMAX 800: 6-month outcomes of a prospective multi-center post-market clinical follow-up study", *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, NJ: 1995)*, **41**(3), pp.e264-e271, DOI: 10.3928/1081597X-20250204-03.
- [9] M. Gauvin, A. Wallerstein (2018), "AstigMATIC: An automatic tool for standard astigmatism vector analysis", *BMC Ophthalmology*, **18**(1), DOI: 10.1186/s12886-018-0920-1.
- [10] H.S. Cung, L.H.T. Tran, T.N. Tran (2025), "Three-month outcomes of SMILE Pro with the VISUMAX 800 for myopic astigmatism in a large population", *Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ)*, **19**, pp.417-425, DOI: 10.2147/OPHTH.S502915.
- [11] A. Varman, A. Varman, D. Balakumar (2024), "Comparison of visual and refractive outcomes of keratorefractive lenticule extraction for compound myopic astigmatism between VisuMax and VISUMAX 800", *Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ)*, **18**, pp.3557-3566, DOI: 10.2147/OPHTH.S492552.
- [12] X.T. Trinh (2021), *Evaluation of The Results of SMILE Surgery for Correcting Myopia and Astigmatism*, Hanoi Medical University Publishing House, pp.95-98.
- [13] D.Z. Reinstein, T.J. Archer, J.G. Potter, et al. (2023), "Refractive and visual outcomes of SMILE for compound myopic astigmatism with the VisuMax 800", *Journal of Refractive Surgery (Thorofare, NJ: 1995)*, **39**(5), pp.294-301, DOI: 10.3928/1081597X-20230301-02.
- [14] M. Tomita, M. Watabe, S. Yukawa, et al. (2013), "Supplementary effect of static cyclotorsion compensation with dynamic cyclotorsion compensation on the refractive and visual outcomes of laser *in situ* keratomileusis for myopic astigmatism", *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **39**(5), pp.752-758, DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.11.030.
- [15] A. Saad, K. Klabe, M. Kirca, et al. (2024), "Refractive outcomes of small lenticule extraction (SMILE) Pro® with a 2 MHz femtosecond laser", *International Ophthalmology*, **44**(1), DOI: 10.1007/s10792-024-02915-2.