

Déplacement des faisceaux de fibres nerveuses et risque d'erreur de diagnostic du glaucome dans une petite série non consécutive de patients afro-américains

Alex Hynes, O.D., FAAO,
professeur adjoint

Alaina Short, O.D., FAAO,
professeure adjointe

Nova Southeastern University,
College of Optometry, Fort
Lauderdale, Floride, États-Unis

Résumé

Objectif

La présente étude de cas vise à partager des observations préliminaires sur la façon dont les pics des faisceaux de la couche de fibres nerveuses rétiniennes (CFNR) supéro-temporale et inféro-temporale peuvent être décalés anatomiquement chez certains patients afro-américains par rapport à la majorité des patients de la base de données normative du système de tomographie par cohérence optique (TCO) Cirrus. Cet écart peut entraîner un amincissement faussement positif sur les cartes de déviation de la CFNR, ce qui donne l'impression d'une maladie glaucomateuse. On a sélectionné trois patients afro-américains non consécutifs atteints de myopie légère ($< 2,12$ dioptries d'équivalent sphérique) pour illustrer ce décalage des faisceaux. Malgré la taille très limitée de l'échantillon, l'étude de cas peut inciter à réaliser des études plus rigoureuses avec des cohortes plus importantes de patients diversifiés.

Observations

Les trois patients d'ascendance africaine présentaient des rapports excavation/papille de 0,6 ou plus et un amincissement bilatéral symétrique de la CFNR hors des limites normales dans les secteurs supéro-temporal ou inféro-temporal de la CFNR par rapport à la base de données normative de TCO Cirrus. Aucun des six yeux ne présentait d'atrophie péripapillaire ni d'inclinaison du disque importante, qui pourrait être associée à des déficits non glaucomateux détectables par TCO. L'amincissement sur les cartes de déviation de la CFNR chez chaque patient a montré des défauts en coin (wedge defect) symétriques vers les zones de vulnérabilité supéro-temporale et inféro-temporale de la papille. Cependant, chaque patient présentait des épaisseurs de cellules ganglionnaires maculaires robustes et des champs visuels automatisés incompatibles avec un glaucome. En y regardant de plus près, les principaux pics de faisceau de la CFNR supéro-temporale et inféro-temporale de ces patients semblaient être décalés de façon verticale (ou nasale).

Conclusion

L'anatomie de la CFNR des patients afro-américains peut différer de celle de la majorité des patients de la base de données normative de TCO Cirrus. Chaque patient de notre série présentait un amincissement de la CFNR supéro-temporal ou inféro-temporal à haut risque, mais

d'apparence symétrique, en grande partie attribuable au déplacement anatomique de ces pics de faisceau. Le fait d'ignorer le déplacement des faisceaux peut conduire à des diagnostics de glaucome erronés. Cela est d'autant plus important que les cliniciens sont formés à prêter une attention particulière aux secteurs supéro-temporal et inféro-temporal de la CFNR, connus pour leur vulnérabilité au glaucome précoce. Il est donc important de corréliser les résultats de la CFNR et l'analyse des cellules ganglionnaires maculaires et des champs visuels avec une évaluation minutieuse du nerf optique.

Mots clés

couche de fibres nerveuses rétinienne (CFNR), tomographie par cohérence optique (TCO), base de données normative, afro-américains, suspicion de glaucome, glaucome

Alors que la neuropathie optique glaucomateuse est souvent cliniquement perceptible à l'examen du fond de l'œil dans les cas avancés, il peut être plus difficile de faire la distinction entre le glaucome préperimétrique ou léger (perte d'un seul hémisphère sans déficit central et déviation moyenne supérieure à 6 dB) et le glaucome présumé¹. Pour faciliter le diagnostic, le recours à l'imagerie par tomographie par cohérence optique (TCO) a considérablement augmenté ces dernières années². La TCO compare l'épaisseur de la couche de fibres nerveuses rétinienne (CFNR) et des cellules ganglionnaires d'une personne par rapport à une base de données normative appariée en fonction de l'âge. Les personnes atteintes de glaucome devraient théoriquement avoir un ou des secteurs de la CFNR marqués comme minces par rapport à la population saine de la base de données normative. Les secteurs situés entre le premier et le cinquième percentile sont codés en jaune, et ceux situés en dessous du premier percentile sont codés en rouge³. Les secteurs du glaucome préperimétrique ou du

glaucome léger qui sont signalés avec la fréquence la plus élevée par rapport à la population normale sont ceux où les principaux faisceaux de la CFNR supéro-temporale et inféro-temporale pénètrent dans la papille après avoir décrit un arc autour de la macula^{4,5}. Ces endroits correspondent généralement à 6 et 7, et 11 et 12 heures d'horloge dans l'œil droit, et à 1 et 12, 5 et 6 dans l'œil gauche⁵⁻⁸. La recherche d'un amincissement dans ces secteurs par rapport à la base de données normative peut s'avérer utile lorsque l'analyse de l'évolution n'est pas encore disponible pour une personne.

Malheureusement, les résultats de la TCO chez les personnes présentant des variations anatomiques normales qui ne sont pas bien représentées dans les données normatives peuvent être signalés comme hors normes malgré l'absence d'une véritable maladie⁴. Hood et al. soulignent que ces variations anatomiques dans des yeux sains peuvent produire des anomalies apparentes dans l'emplacement des faisceaux de fibres nerveuses arciformes, ce qui peut conduire à de faux positifs⁴. Pour réduire le risque de faux positifs conduisant à des diagnostics erronés, les travaux de recherche de Mwanza et al.¹ et de Hood et al.⁴ préconisent tous deux de combiner plusieurs paramètres individuels et résultats de tests pour améliorer la sensibilité et la spécificité du diagnostic. Hood et al. préconisent d'utiliser deux règles ou caractéristiques principales pour diagnostiquer le glaucome sur la base des cartes de déviation établies par

Suggested citation

Hynes A., Short A. Déplacement des faisceaux de fibres nerveuses et risque d'erreur de diagnostic du glaucome dans une petite série non consécutive de patients afro-américains *Can J Optom.* 2026;88(1):59-74.
<https://www.doi.org/10.65636/cjo.v88i1.6908>

TCO. La première caractéristique glaucomateuse est un défaut en forme d'arc ou de coin (représenté en rouge ou en jaune sur la carte de déviation) qui s'étend vers la région supérieure, inférieure ou les deux régions de la papille⁴. Ces défauts sont plus susceptibles de se trouver sur la moitié temporale de ces régions de la papille, en parallèle avec les secteurs à haut risque des zones de vulnérabilité inférieures et supérieures⁵. La deuxième caractéristique glaucomateuse apparaît lorsque les cartes de déviation des cellules ganglionnaires et de la CFNR sont inspectées simultanément et que la région signalée comme anormale traverse la ligne médiane verticale, de préférence en forme d'arc⁴. Les défauts des cellules ganglionnaires associés au glaucome apparaissent souvent en forme d'arc ou de croissant et sont en corrélation topographique avec les anomalies péripapillaires de la CFNR dans le même hémisphère⁴⁻⁶.

Les trois patients présentés dans notre étude de cas ont été évalués dans une clinique d'enseignement urbaine. Aucun renseignement sur leur santé permettant de les identifier n'est inclus dans le présent article. Tous les patients étaient afro-américains et souffraient d'une légère myopie (équivalent sphérique < 2,12 D). Les six yeux avaient une pression intraoculaire (PIO) inférieure à 22 mmHg sans aucune thérapie ni procédure d'abaissement de la PIO. Aucune observation du segment antérieur ou de la gonioscopie n'indiquait un glaucome secondaire. Aucun des six yeux ne présentait d'atrophie péripapillaire ni d'inclinaison du disque importante, qui pourrait être associée à des déficits non glaucomateux détectables par TCO⁹.

Les images de TCO ont été acquises avec un appareil Cirrus de Zeiss, tandis que les examens du champ visuel 24-2 automatisés ont été réalisés sur un analyseur de champ Humphrey de Zeiss. Pour illustrer l'importance de reconnaître les limites des comparaisons actuelles des bases de données normatives dans le diagnostic du glaucome, les CFNR de ces patients ont été marquées dans les zones à haut risque, ce qui satisfait la première règle de Hood et al. Comme de nombreuses études ont démontré que les images de la CFNR avec un signal plus fort mesurent une épaisseur de la CFNR plus importante, nous avons fait de notre mieux

pour n'inclure que les images de la CFNR avec un signal très fort (au moins 9/10 de puissance). Ceci était important pour nos objectifs, car la réduction de l'intensité du signal est liée à une réduction de l'épaisseur de la CFNR, qui peut être diagnostiquée à tort comme des déficits glaucomateux¹⁰.

Série de cas

Les résultats pour les trois patients sont résumés dans le tableau 1.

Patient 1

Un homme afro-américain de 59 ans sans antécédents familiaux de glaucome s'est présenté pour un examen oculovisuel général. La meilleure acuité visuelle corrigée a été mesurée à 20/20 dans chaque œil avec les réfractions suivantes : -1,25-0,75 x 070 OD et -1,25-1,25 x 070 OS. À 9 h, la PIO était de 21 mmHg au tonomètre à aplanation de Goldmann dans chaque œil. L'épaisseur de la cornée centrale était de 536 µm OD et de 532 µm OS. La gonioscopie a révélé une approche de l'iris périphérique plate avec angle iridocornéen ouvert à la base du corps ciliaire sur 360° et une pigmentation de 2+ du trabéculum postérieur des deux yeux. Il n'y avait pas de synéchies antérieures périphériques, de néovascularisation, ni de récession angulaire dans les deux yeux. Ses pupilles étaient égales, rondes et réactives, sans déficit pupillaire afférent. L'examen à la lampe à fente n'a révélé aucune pigmentation endothéliale ni aucun déficit de transillumination de l'iris; une sclérose nucléaire 1+ a été observée bilatéralement. L'examen du fond de l'œil avec dilatation de la pupille a montré des rapports excavation/papille stéréoscopiques de 0,6 rond dans chaque œil, sans encoche focale du bord. Le pôle postérieur et la rétine périphérique étaient sains et sans autre particularité (figures 1C et 1D).

Le système de TCO Cirrus a montré des anomalies arciformes bilatérales supéro-temporales et inféro-temporales sur la carte de déviation de la CFNR (figure 1A). Les heures d'horloge suivantes ont été signalées comme à haut risque de glaucome par rapport à la base de données normative : 7 et 11 OD, et 1 et 5 OS. L'analyse des cellules ganglionnaires par Cirrus n'a pas montré d'amincissement de la couche plexiforme interne

Tableau 1. Observations oculaires chez les patients 1 à 3

Patient	Patient 1	Patient 2	Patient 3
Réfraction/MAVC	-1,25-0,75 x70 20/20 OD -1,25-1,25x 70 20/20 OS	-1,50 SPH 20/20 OD -1,75 SPH 20/20 OS	-1,25 SPH 20/20 OD -1,50 SPH 20/20 OS
État des cristallins	SN 1+ OU	SN 1+ OU	SN 1+ OD; PCIOL OS
PIO maximale sans traitement au tonomètre à aplanation de Goldmann	21 mmHg OD 21 mmHg OS	19 mmHg OD 18 mmHg OS	21 mmHg OD 21 mmHg OS
Épaisseur de la cornée centrale	536 µm OD 532 µm OS	527 µm OD 522 µm OS	541 µm OD 543 µm OS
Rapport excavation/papille clinique	0,6 rond OU	0,65 rond OD 0,7 V/0,6 H OS	0,65 rond OD 0,5 rond OS
Amincissement de la CFNR sur les cartes de déviation par TCO	ST et IT OU	ST OU	IT plus important que ST OU
Secteurs à risque élevé signalés en heure d'horloge de la CFNR	11 et 7 OD; 1 et 5 OS	1 OD; 11 OS	7 OD; 1 et 5 OS

Ce qui suit s'applique aux trois cas.

Résultats du segment antérieur : aucun défaut de pigmentation endothéliale cornéenne ou de transillumination de l'iris OU.

Gonioscopie : ouvert à la BCC sur 360° avec pigmentation 2+ du TP OU.

ACG (Cirrus) : saines et robustes; aucun amincissement par rapport à la base de données normative OU.

Champ visuel 24-2 : aucun déficit glaucomateux OU.

Abréviations : ACG, analyse des cellules ganglionnaires; BCC, bande du corps ciliaire; CFNR, couche de fibres nerveuses rétinienne; H, horizontal; IT, inféro-temporal; MAVC, meilleure acuité visuelle corrigée; OD, œil droit; OS, œil gauche; OU, les deux yeux; PCIOL, lentille intraoculaire de chambre postérieure; PIO, pression intraoculaire; TP, trabéculum postérieur; SN, sclérose nucléaire; SPH, sphérique; ST, supéro-temporal; V, vertical; TCO, tomographie par cohérence optique.

des cellules ganglionnaires (CPICG) par rapport à la base de données normative sur la carte de déviation (figure 1B). Les champs visuels automatisés n'ont révélé aucun déficit glaucomateux dans les deux yeux.

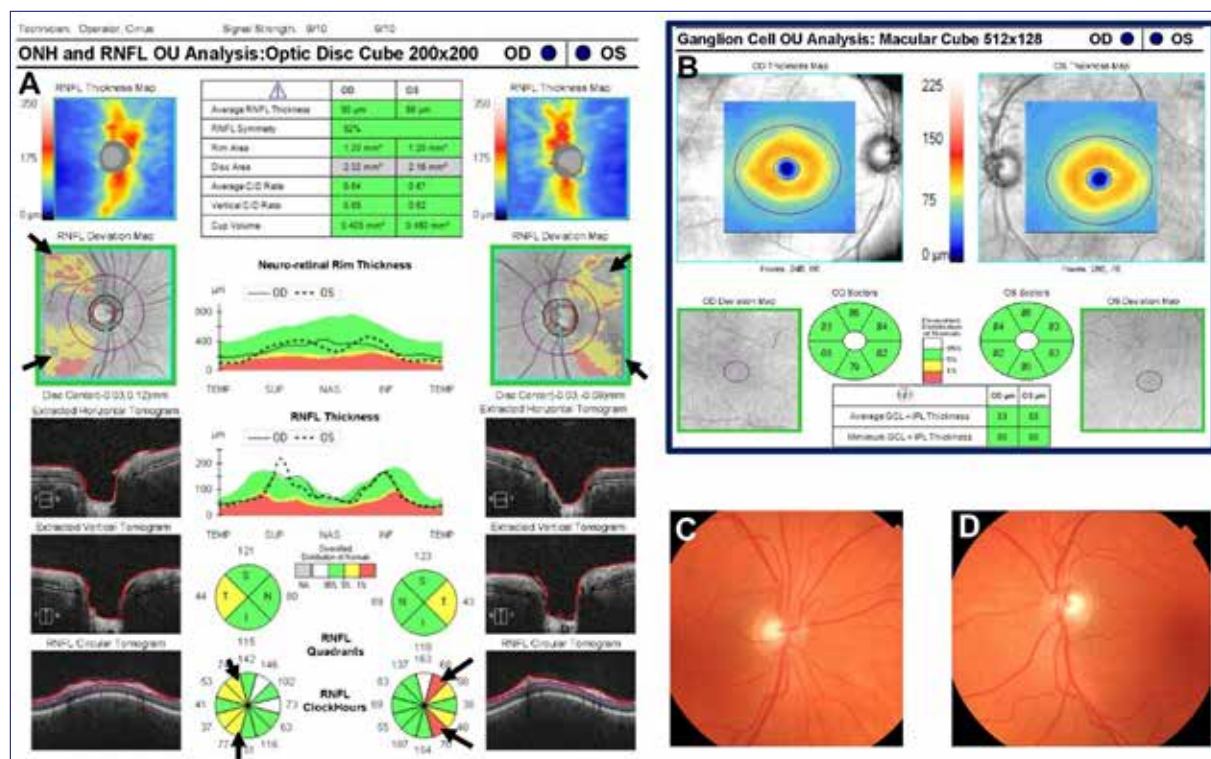
Nous avons discuté avec le patient de l'importance d'une surveillance à long terme du risque de glaucome. Il a accepté de revenir dans un an pour un examen complet avec la possibilité de répéter l'imagerie dans les deux ans.

Patient 2

Un homme afro-américain de 63 ans ayant des antécédents familiaux de glaucome au deuxième degré (grand-mère maternelle) s'est présenté pour un examen oculovisuel général. La meilleure acuité visuelle corrigée a été mesurée à 20/20 dans

chaque œil avec les réfractions suivantes : -1,50 D OD et -1,75 D OS. À 9 h, la PIO était de 19 mmHg OD et 18 mmHg OS au tonomètre à aplanation de Goldmann. L'épaisseur de la cornée centrale était de 527 µm OD et 522 µm OS. La gonioscopie a révélé une approche de l'iris périphérique plate avec angle iridocornéen ouvert à la base du corps ciliaire sur 360° et une pigmentation de 2+ du trabéculum postérieur des deux yeux. Il n'y avait pas de synéchies antérieures périphériques, de néovascularisation, ni de récession angulaire dans les deux yeux. Ses pupilles étaient égales, rondes et réactives, sans déficit pupillaire afférent. L'examen à la lampe à fente n'a révélé aucune pigmentation endothéliale ni aucun déficit de transillumination de l'iris; une sclérose nucléaire 1+ a été observée bilatéralement. L'examen du fond de l'œil avec dilatation a

Figure 1. Patient 1



(A) Analyse du Cirrus (Zeiss) de la tête du nerf optique et de la CFNR des yeux droit et gauche. Les flèches noires mettent en évidence l'amincissement de la CFNR sur les cartes de déviation et les secteurs des heures d'horloge de la CFNR par rapport à la base de données normative.

(B) Analyse de Cirrus des cellules ganglionnaires des yeux droit et gauche.

(C) Image du fond de l'œil droit.

(D) Image du fond de l'œil gauche. Notons que les branches supéro- et inféro-temporales des principaux vaisseaux sanguins en C et D sortent de la papille vers le haut et vers le bas, respectivement.

Abréviation : CFNR, couche de fibres nerveuses rétiniennes.

montré des rapports excavation/papille stéréoscopiques de 0,65 rond dans l'œil droit, et de 0,7 verticalement et 0,6 horizontalement dans l'œil gauche, sans encoche focale du bord bilatéralement. Le pôle postérieur et la rétine périphérique étaient sans particularité dans les deux yeux (figures 2C et 2D).

Le système de TCO Cirrus a montré des anomalies arciformes bilatérales supéro-temporales sur la carte de déviation de la CFNR (figure 2A). Les heures d'horloge à haut risque suivantes ont été signalées par rapport à la base de données normative : 1 OD et 11 OS. L'analyse des cellules ganglionnaires n'a montré aucun amincissement

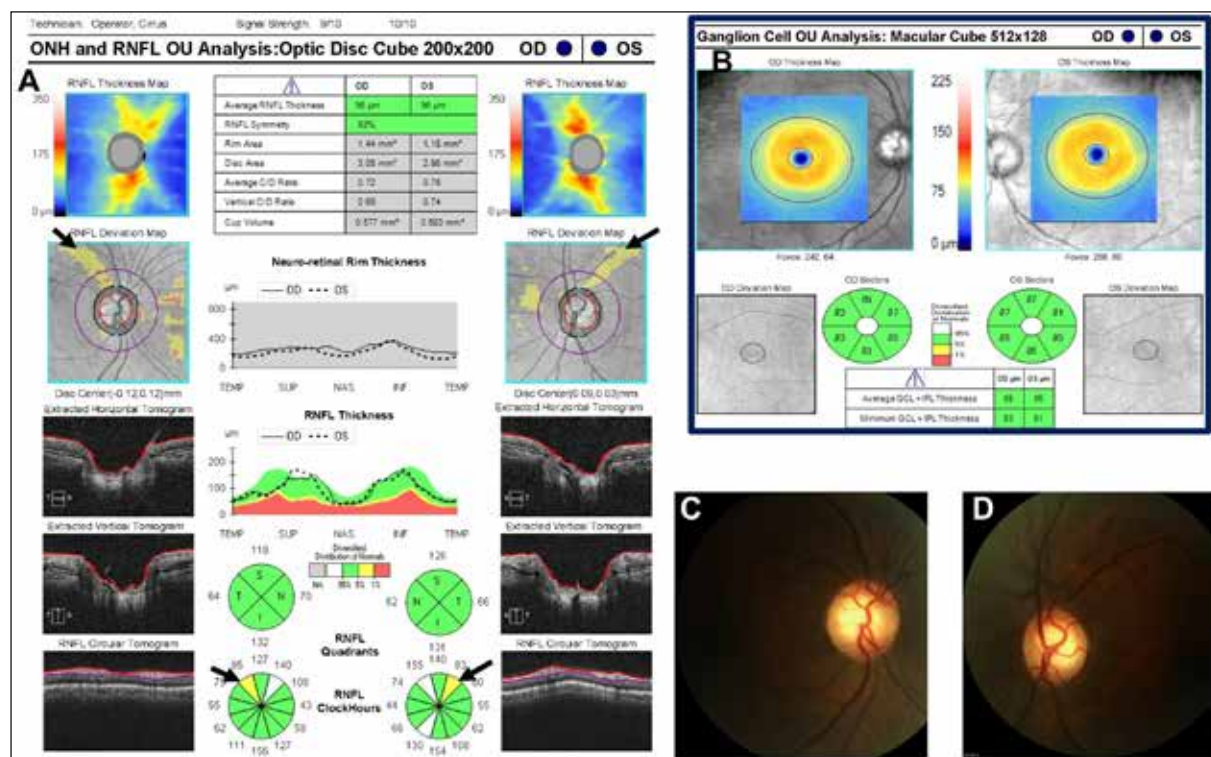
par rapport à la carte de déviation (figure 2B). Les champs visuels automatisés n'ont révélé aucun déficit glaucomateux dans l'un ni l'autre des yeux (figures 5D et 5E).

Nous avons discuté avec le patient de l'importance d'une surveillance à long terme du risque de glaucome. Il a accepté de revenir dans un an pour un examen complet avec la possibilité de répéter l'imagerie dans les deux ans.

Patient 3

Une femme afro-américaine de 55 ans ayant des antécédents familiaux de glaucome au premier degré

Figure 2. Patient 2



(A) Analyse de Cirrus (Zeiss) de la tête du nerf optique et de la CFNR des yeux droit et gauche. Les flèches noires mettent en évidence l'amincissement de la CFNR sur les cartes de déviation et les secteurs des heures d'horloge de la CFNR par rapport à la base de données normative.

(B) Analyse de Cirrus des cellules ganglionnaires des yeux droit et gauche.

(C) Image du fond de l'œil droit.

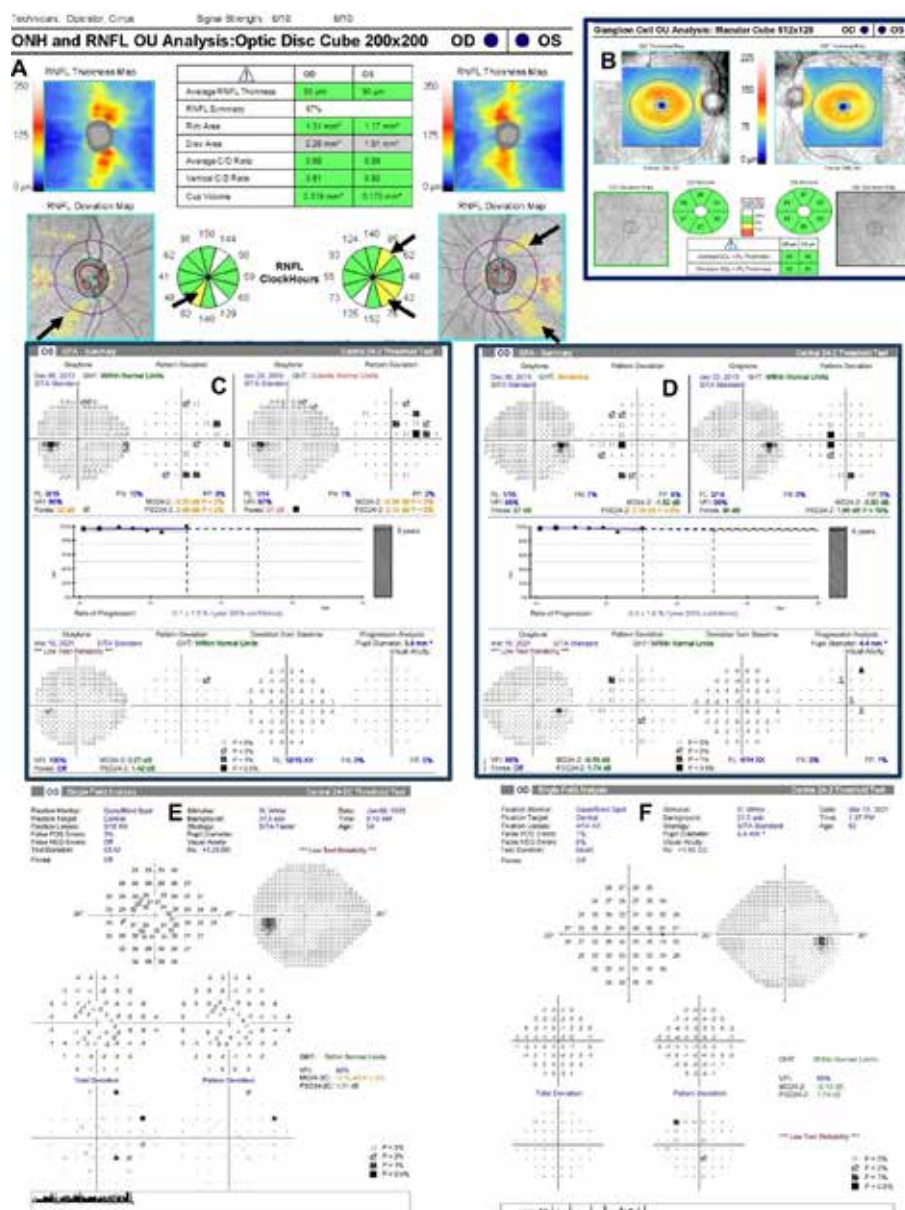
(D) Image du fond de l'œil gauche.

Abréviation : CFNR, couche de fibres nerveuses rétinienne.

(mère) s'est présentée pour son examen oculovisuel général. Cette patiente établie avait été suivie de près au moyen d'examen du champ visuel depuis 10 ans – par un prestataire récemment retraité – en raison d'une asymétrie entre l'excavation et la papille. La PIO maximale non traitée était de 21 mmHg OD et de 21 mmHg OS. L'épaisseur de la cornée centrale avait été mesurée précédemment à 541 µm OD et 543 µm OS. La gonioscopie avait révélé une approche de l'iris périphérique plate avec angle iridocornéen ouvert à la base du corps ciliaire sur 360° et une pigmentation de 2+ du trabéculum postérieur des deux yeux. Il n'y avait pas de synéchies antérieures périphériques, de néovascularisation,

ni de récession angulaire dans les deux yeux. Les champs visuels automatisés étaient stables lors de l'analyse de la progression guidée dans chaque œil (figures 3C à 3E). La meilleure acuité visuelle corrigée a été mesurée à 20/20 avec les réfractions suivantes : -1,25 D OD et -1,50 D OS. Ses pupilles étaient égales, rondes et réactives, sans déficit pupillaire afférent. L'examen à la lampe à fente n'a révélé aucune pigmentation endothéliale ni aucun déficit de transillumination de l'iris; une sclérose nucléaire 1+ a été observée dans l'œil droit, et un implant intraoculaire de chambre postérieure clair a été observé dans l'œil gauche. À 10 h 30, la PIO était de 16 mmHg bilatéralement au tonomètre à aplanation de Goldmann.

Figure 3. Patiente 3



(A) Analyse de Cirrus (Zeiss) de la tête du nerf optique et du RNFL des yeux droit et gauche. Les flèches noires mettent en évidence l'amincissement de la CFNR sur les cartes de déviation et les secteurs des heures d'horloge de la CFNR par rapport à la base de données normative.

(B) Analyse de Cirrus des cellules ganglionnaires des yeux droit et gauche.

(C) Résumé de Humphrey (Zeiss) de l'œil gauche montrant la stabilité de l'analyse des tendances et des événements.

(D) Analyse à champ unique de Humphrey de l'œil gauche, montrant que les résultats du THG se situent dans les limites normales et qu'il n'y a pas de déficits glaucomateux ni de progression par rapport aux données de référence.

(E) Résumé de l'APG de Humphrey de l'œil droit montrant la stabilité de l'analyse des tendances et des événements.

(F) Analyse de Humphrey à champ unique de l'œil droit montrant que les résultats du THG se situent dans les limites normales et qu'il n'y a pas de déficits glaucomateux ni de progression par rapport aux données de référence.

Abréviations : APG, analyse de progression guidée; CFNR, couche de fibres nerveuses rétinienne; THG, test d'hémichamp du glaucome.

L'examen du fond d'œil avec dilatation a montré des rapports excavation/papille stéréoscopiques de 0,65 OD et de 0,5 OS.

La TCO de référence a révélé un amincissement bilatéral par rapport à la base de données normative plus important en inféro-temporal qu'en supéro-temporal (figure 3A). L'épaisseur des cellules ganglionnaires ne présentait pas d'anomalie et était robuste dans chaque œil (figure 3B). Les champs visuels automatisés répétés étaient nets; aucun signe de progression n'a été noté dans l'un ni l'autre des yeux (figures 3D et 3F).

Nous avons discuté avec la patiente de l'importance d'une surveillance à long terme du risque de glaucome. Elle a accepté de revenir dans un an pour un examen complet avec la possibilité de répéter l'imagerie dans les deux ans ou plus tôt si les résultats de l'examen indiquaient des changements glaucomateux.

Discussion

Données en défaveur du diagnostic de glaucome dans notre série

Les trois patients présentaient un amincissement sur la carte de déviation de la CFNR ainsi que des secteurs d'heure d'horloge dans les zones supéro-temporales et inféro-temporales, qui sont vulnérables en cas de glaucome préperimétrique ou de glaucome au stade léger (perte d'un seul hémichamp sans déficits centraux). Les six yeux répondent ainsi aux critères de la première règle de Hood et al. pour le diagnostic du glaucome par TCO (figures 1A, 2B et 3A).

Cependant, nous pensons que ces patients ne présentent pas de données suffisantes pour un glaucome préperimétrique ou un glaucome à un stade léger, et ce, pour trois raisons.

Premièrement, le Cirrus ne révèle pas d'amincissement des cellules ganglionnaires maculaires sur les cartes de la CPICG. Il s'ensuit qu'il n'y a pas d'amincissement sur les cartes de déviation qui traverse la ligne médiane verticale (deuxième règle de Hood et al.), ni d'amincissement de la CPICG qui corresponde à la trajectoire de l'amincissement de la CFNR (figures 1B, 2B et 3B)⁴.

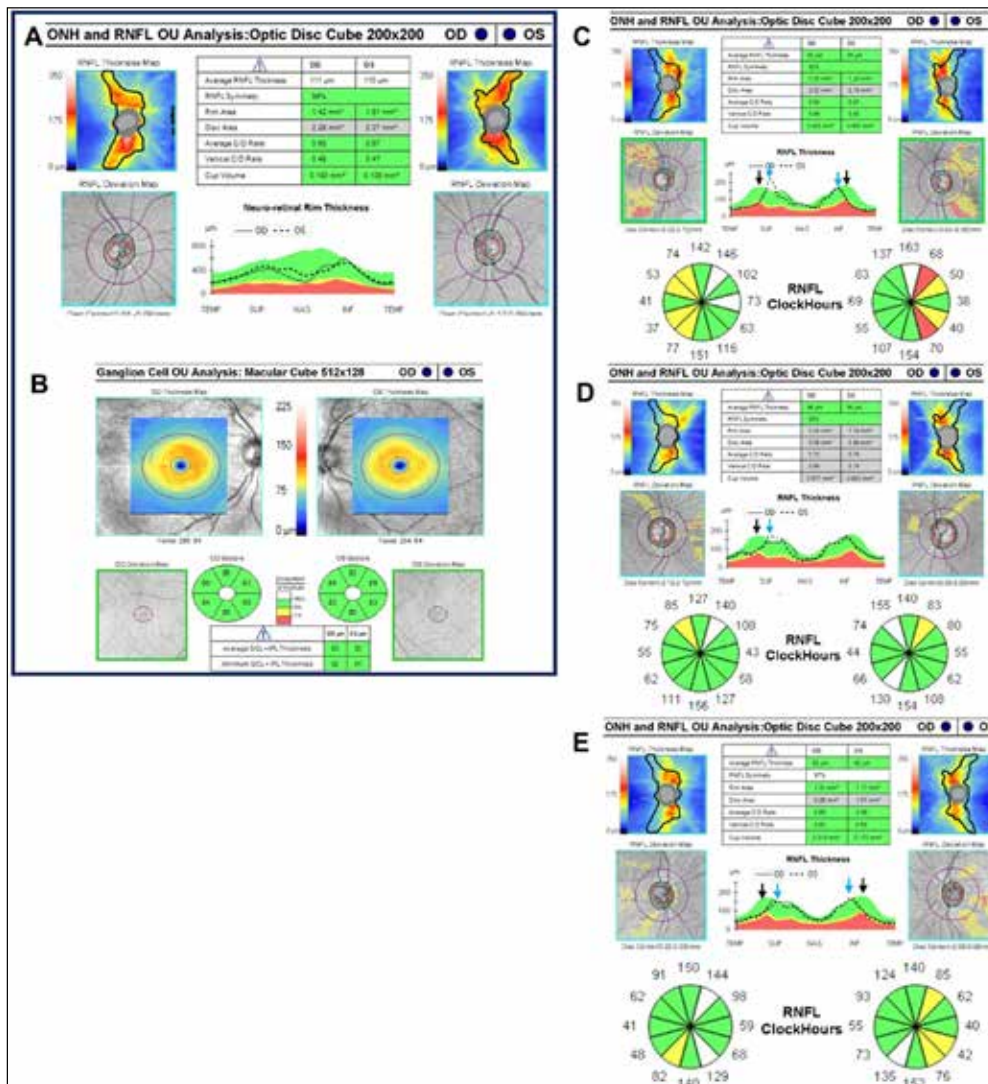
Deuxièmement, le glaucome se déclare généralement (au moins en partie) de manière asymétrique entre les deux yeux¹². Par conséquent, la symétrie de l'amincissement de la CFNR entre les yeux droit et gauche chez chaque patient suggère également qu'une divergence anatomique par rapport à la base de données normative est plus probable¹¹.

Troisièmement, on ne s'attend pas à ce que les bords supérieurs et inférieurs de la neurorétine soient cliniquement sains et ne présentent pas d'encoche focale, de barrage circumlinéaire des vaisseaux sanguins ou en forme de baïonnette dans le cas du glaucome. Nous avons observé des bords de neurorétine robustes chez les trois patients, y compris sur les photos du fond d'œil des patients 1 et 2 (figures 1C, D; 2C et 2D)¹¹. Bien que nous n'ayons pas de photos du fond d'œil à joindre pour la patiente 3, l'analyse de la progression guidée par le champ visuel automatisé de Humphrey ne montre aucun signe de perte de champ progressive sur plusieurs années (figures 3C à 3F).

Ascendance : Considérations anatomiques et limites de la base de données

La surface des papilles a tendance à être plus grande chez les personnes d'ascendance africaine que chez celles d'ascendance européenne. Cependant, même après avoir ajusté l'effet de la surface de la papille, Knight et al. ont noté des différences statistiquement significatives entre des groupes ethniques pour tous les paramètres de la tête du nerf optique et de la CFNR mesurés par Cirrus (à l'exception de la surface du rebord)¹³. Il en va de même pour Girkin et al. qui ont constaté que des différences structurelles résiduelles de la papille optique persistaient après ajustement de la taille de la surface de la papille par ophtalmoscopie confocale au laser à balayage¹⁴.

Ces différences anatomiques font ressortir l'importance de tenir compte du fait que l'utilisation des codes de couleur de la base de données normative chez les patients d'ascendance africaine peut entraîner un surdiagnostic du glaucome dans certains cas et un sous-diagnostic dans d'autres cas³. Les appareils de TCO disponibles sur le marché n'incluent qu'une minorité de patients d'ascendance

Figure 4. Décalage vertical des faisceaux par rapport à la distribution attendue

(A) Analyse de Cirrus (Zeiss) de la CFNR de l'un des auteurs (d'ascendance européenne) représentant une distribution et une localisation moyennes des pics de faisceau de la CFNR. Les principaux pics ou ailes de faisceau de la CFNR supéro- et inféro-temporale ont été soulignés en bleu marine.

(B) Analyse de Cirrus des cellules ganglionnaires de l'auteur montrant un complexe de cellules ganglionnaires robuste dans les limites de la normale.

(C) Contour bleu marine de (A) collé sur les cartes d'épaisseur de la CFNR des yeux correspondants chez le patient 1 en (C), le patient 2 en (D) et la patiente 3 en (E). Le contour illustre comment les pics de faisceau de la CFNR supéro- ou inféro-temporale des patients afro-américains sont plus décalés verticalement (ou nasalement) par rapport à ceux de l'auteur, ce qui se traduit par un résultat jugé anormal sur les cartes de déviation sous-jacentes et les heures d'horloge de la CFNR. Sur le tracé de l'épaisseur de la CFNR TSNIT (temporal-supérieur-nasal-inférieur-temporal), les principaux pics de la CFNR des individus de la base de données normative (pointés par des flèches noires) sont plus temporaux que les pics supérieurs des patients d'ascendance africaine en (C), (D) et (E), ainsi que les pics inférieurs en (D) et (E).

Notons que les yeux des trois patients en (C), (D) et (E) ont au moins un secteur de la CFNR supéro- ou inféro-nasale avec une épaisseur supérieure au 95^e percentile par rapport à la base de données.

Abréviation : CFNR, couche de fibres nerveuses rétinienne.

africaine dans leur base de données normative¹⁵. Par exemple, la base de données Zeiss Cirrus de 282 sujets en bonne santé ne comprend que 18 % de patients d'ascendance africaine³. En raison des limites de ces bases de données, il n'est pas surprenant que KhalafAllah et al.¹⁶ et Moghimi et al.¹⁷ aient indiqué séparément que l'épaisseur de la CFNR a une moins bonne performance diagnostique pour détecter le glaucome chez les patients d'ascendance africaine que chez les patients d'ascendance européenne. Ces résultats se sont avérés cohérents avec Spectralis (Heidelberg) et Cirrus (Zeiss) selon KhalafAllah et al.¹⁶ ainsi qu'avec Avanti (Optovue) selon Moghimi et al.¹⁷. Ceci est regrettable, car le glaucome affecte de manière disproportionnée les individus d'ascendance africaine, à la fois en termes d'incidence et de risque de cécité¹⁸. Les patients d'ascendance africaine sont également susceptibles de développer un glaucome plus tôt dans leur vie¹⁷.

La variation anatomique liée à l'origine ethnique dans le contexte de la base de données normative Cirrus est étayée dans les études réalisées par Addis et al.³ et Nousome et al.¹⁹ Par exemple, nous avons noté dans les données d'Addis et al. que le quadrant temporal était signalé par TCO avec Cirrus dans 8,2 % des yeux afro-américains, alors que le quadrant nasal n'était signalé que dans 1,3 %³. Dans une étude sur les populations minoritaires sous-représentées dans la base de données normative Cirrus, Nousome et al. ont examiné des données Cirrus de haute qualité provenant de patients en bonne santé. Les participants à l'étude comprenaient 2843 Américains d'ascendance chinoise, 1979 Américains d'ascendance mexicaine et 1311 Américains d'ascendance africaine.

Illustration du déplacement des faisceaux

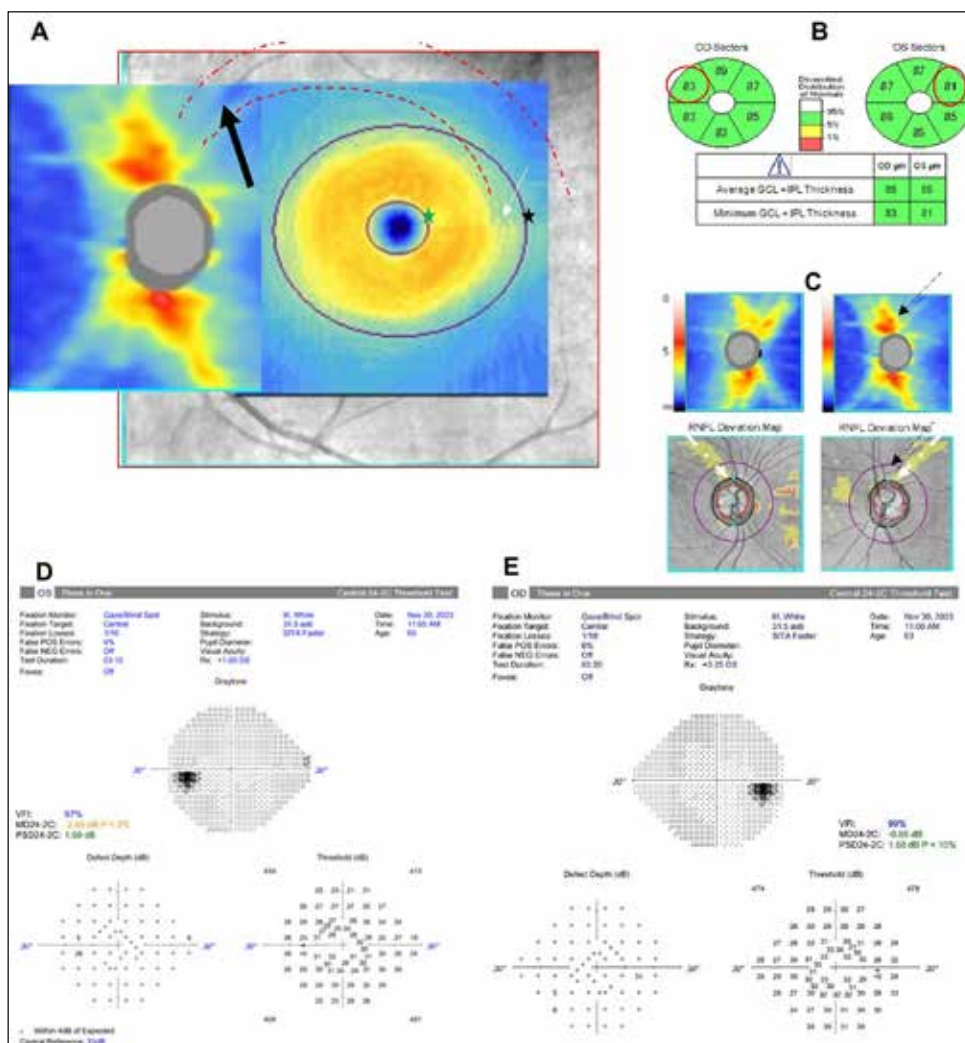
La diversité des participants et la taille importante de l'échantillon de ces études précédentes nous ont permis de tirer les conclusions suivantes sur la distribution des faisceaux de la CFNR à partir de leurs tracés d'épaisseur de la CFNR. Soulignons d'abord que l'épaisseur de la CFNR était plus importante chez les Sino-Américains que chez les Afro-Américains et les Mexico-Américains. Les trois

points suivants sont très importants pour les observations préliminaires de notre série :

1. Les Afro-Américains avaient des quadrants temporaux statistiquement plus minces que les Mexico-Américains (et encore plus que les Sino-Américains).
2. L'épaisseur de la CFNR était plus importante chez les Afro-Américains que chez les Mexico-Américains dans les secteurs des heures d'horloge supéro-nasales et inféro-nasales.
3. Les Afro-Américains avaient une CFNR plus épaisse que les Sino-Américains à 12 heures, de manière non statistiquement significative¹⁹.

Les conclusions des études distinctes d'Addis et al.³ et de Nousome et al.¹⁹ sont cohérentes avec nos observations préliminaires selon lesquelles les principaux pics de faisceau arciforme supéro-temporal et inféro-temporal chez les patients d'ascendance africaine pénètrent généralement dans le disque plus verticalement (ou moins temporairement), ce qui se traduit par un angle interartériel plus important que chez les groupes d'une autre ascendance (y compris européenne et est-asiatique). Notre série de cas, si elle est validée, pourrait signifier que les épaisseurs de la CFNR codées dans la base de données normative de TCO Cirrus sont susceptibles de mener au surdiagnostic de l'amincissement péripapillaire dans les secteurs situés dans le quadrant temporal ou adjacents à celui-ci chez les patients d'ascendance africaine. Ces secteurs adjacents comprennent les zones supéro-temporales et inféro-temporales généralement associées à un amincissement préperimétrique, à un stade glaucomateux léger, ou aux deux⁵.

Pour illustrer notre hypothèse de déplacement des faisceaux, nous avons décrit les faisceaux d'épaisseur maximale de la CFNR de la carte d'épaisseur de l'un des auteurs. Cet auteur est d'ascendance européenne; ses papilles semblent saines; ses longueurs axiales sont dans la moyenne; et son analyse de la CFNR et des cellules ganglionnaires n'a été signalée nulle part comme étant mince par rapport à la base de données Cirrus (figures 4A et 4B). Les points les plus épais (couleurs les plus chaudes) des faisceaux (ou ailes) de la CFNR de cet auteur dans chaque œil ont été entourés pour

Figure 5. Évaluation plus poussée de l'œil gauche chez le patient 2

(A) Carte d'épaisseur de la CFNR montrant un possible défaut en coin précoce (pointé par une flèche noire) sur la carte d'épaisseur de la CFNR. La superposition des cartes d'épaisseur de la CFNR et de la CPICG montre une corrélation possible avec une perte de CPICG précoce non confirmée en supéro-temporal (indiquée par des lignes pointillées rouges). La flèche blanche montre le début possible d'un signe de raphé temporal. Il n'est pas encore formé, car il ne s'étend pas (du moins pas encore) à mi-chemin de l'anneau externe (marqué par une étoile noire) vers l'anneau interne (marqué par une étoile verte).

(B) Secteur supéro-temporal de la CPICG OS, au-dessus du cinquième percentile en termes de coloration, indiqué comme un peu (2 µm) plus mince que le secteur correspondant de l'œil droit.

(C) Défaut en coin (pointé par une flèche noire). L'angle de ce défaut ne correspond pas à l'emplacement exact de l'amincissement symétrique de la carte de déviation de la CFNR par rapport à la base de données normative (pointé par des flèches blanches).

(D) CVH fiable (Sita Faster 24-2C) ne montrant pas de perte nasale inférieure corrélative ni d'autres déficits de champ glaucomateux manifestes.

(E) CVH fiable (Sita Faster 24-2C) de l'œil droit contralatéral montrant à nouveau qu'il n'y a pas de déficits glaucomateux apparents.

Abréviations : C, central; CFNR, couche de fibres nerveuses rétinienne; CPICG, couche plexiforme interne des cellules ganglionnaires; CVH, Champ visuel Humphrey; µm, microns.

illustrer le profil d'épaisseur de la CFNR attendu par rapport à la base de données normative.

Le contour de référence a ensuite été copié et collé sur les yeux correspondants des patients 1 à 3 (figures 4C à 4E). Dans les figures 4C à 4E, les zones à l'intérieur du contour qui ne contiennent pas les couleurs chaudes attendues des principaux pics de faisceau supéro-temporaux et inféro-temporaux sont signalées sur les cartes de déviation sous-jacentes. Cela permet d'illustrer le fait que les yeux des patients afro-américains de cette série de cas présentaient des principaux pics de faisceau qui s'étendaient davantage en direction supéro-nasale et inféro-nasale par rapport aux yeux de l'auteur et, par extension, à la base de données normative. En d'autres termes, les pics supéro-temporaux et inféro-temporaux de ces trois patients afro-américains semblaient plus verticalisés.

Ces principaux pics de la CFNR coïncident à peu près avec l'emplacement des principales branches des vaisseaux supéro-temporaux et inféro-temporaux au niveau de la papille optique. Ces vaisseaux sanguins, qui contribuent à l'épaisseur mesurée de la CFNR, se forment au cours du développement aux endroits où les fibres nerveuses sont les plus denses. Si la distribution des vaisseaux sanguins et, par extension, les faisceaux de la CFNR sont situés à une position rétinienne différente de celle attendue par l'appareil de TCO, les emplacements rétiens des yeux sains qui sont plus minces en raison de l'anatomie seule pourraient être signalés comme anormaux²¹. Cela a déjà été établi chez les myopes axiaux, dont les vaisseaux du disque et les pics de faisceau de la CFNR émergent généralement de la papille à une position temporale plus élevée. Cela mène donc à un faux positif de diagnostic d'amincissement dans les secteurs non temporaux des yeux sains²⁰⁻²².

Les patients afro-américains de notre série présentaient un faisceau de CFNR déplacé dans la direction verticale (ou nasale), comme en témoignent les branches des principaux vaisseaux supéro-temporaux et inféro-temporaux qui émergent de la papille vers le haut et vers le bas. Ce phénomène est particulièrement visible sur les photos du fond d'œil du patient 1 (figures 1C et 1D) ainsi que sur les cartes de déviation de la CFNR des trois

patients, qui présentent les contours des vaisseaux sanguins (figures 1A, 2A et 3A). La verticalisation des principaux pics de faisceau peut produire (ou induire par compensation) un épaississement de la CFNR dans les secteurs non temporaux. C'est ce que montrent les figures 4C à 4E, où l'on trouve au moins un secteur de la couche de fibres nerveuses supra-nasale ou inféro-nasale dont l'épaisseur est supérieure au 95^e percentile par rapport à la base de données normative.

Limites de cette série

À notre connaissance, cette différence anatomique possible dans l'emplacement des pics des faisceaux chez les patients d'ascendance africaine par rapport à la base de données normative de majorité blanche n'a pas encore été spécifiquement abordée ou remise en question dans la littérature. Étant donné qu'il s'agit d'une petite série sélectionnée de manière non aléatoire, l'étendue réelle du déplacement des faisceaux dans ce sous-groupe de population est inconnue et doit faire l'objet d'une étude plus approfondie. Notre série de trois patients afro-américains sélectionnés de manière non consécutive est tout simplement trop petite pour tirer des conclusions fondées sur des données probantes. De plus, même si notre hypothèse est confirmée pour les Afro-Américains, d'autres études sont nécessaires pour d'autres populations d'ascendance africaine.

Étant donné que nos patients présentaient tous une faible myopie (pouvant expliquer un léger déplacement du faisceau temporal), nous pensons que le déplacement vertical ou nasal des faisceaux dans notre série n'est pas lié à une erreur de réfraction. Néanmoins, les études futures devraient rigoureusement tenir compte de la longueur axiale et de l'erreur de réfraction. Nous n'avons pas mesuré la longueur axiale chez nos patients.

Les champs de la patiente 3 présentaient également une fiabilité légèrement réduite en raison des pertes de fixation (figure 3). Un taux élevé de manque de fiabilité, malgré les directives d'un technicien bien formé, est un problème dans les examens du champ visuel²³.

L'absence d'imagerie de la CFNR et des cellules ganglionnaires à large champ est une autre

limitation. Kim et Park ont montré que la zone de vulnérabilité supéro-temporale de la papille n'est pas bien représentée par les cartes traditionnelles de la CFNR et des cellules ganglionnaires maculaires de 6 x 6 mm dans le domaine spectral²⁴. À l'inverse, les cartes de sources balayées de 12 x 9 mm peuvent mieux montrer les défauts en coin (wedge defect) de la CFNR et la perte corrélative de cellules ganglionnaires, en particulier dans l'hémisphère supérieur.

Nous mentionnons l'hémisphère supérieur parce que Hood et al. ont montré qu'une grande partie de la macula supérieure dans la carte des cellules ganglionnaires maculaires de 6 x 6 mm s'insère dans le quadrant temporal moins vulnérable de la papille (en raison de l'anatomie et, en partie, de l'angle fovéa-papille)²⁵. Cela signifie que la CPICG supérieure sur les cartes de taille traditionnelle peut être moins susceptible de montrer un amincissement significatif dans le glaucome précoce avec une perte de la CFNR supérieure par rapport à la CPICG inférieure avec une perte de la CFNR inférieure équivalente. Cela peut être particulièrement pertinent et nécessiter un examen plus approfondi de l'œil gauche du patient 2 de notre série (figure 2).

À la figure 5A, l'examen plus approfondi du patient 2 montre un possible défaut en coin précoce de la CFNR en supéro-temporal (pointé par une flèche blanche). S'il est réel, ce défaut est encore périphérique (n'ayant pas encore atteint le nerf). Les flèches rouges hachurées montrent que cet amincissement serait probablement corrélé à une trajectoire de la CPICG hors des mesures traditionnelles de l'épaisseur de la CPICG maculaire, vers le haut. Notez qu'un signe de raphé temporal précoce et corrélé (mais jusqu'à présent incomplet)²⁶ peut se former sur la carte d'épaisseur de la CPICG. Le secteur supéro-temporal de la CPICG de l'œil gauche est également plus mince que le secteur correspondant de l'œil droit (figures 5A et 5B). Comparativement à l'œil droit (1,44 mm²), la surface du bord mesurée par TCO est également plus mince à gauche (1,18 mm²) (figure 2A). Il aurait donc été utile d'obtenir une impression PanoMap, un balayage de 12 x 9 mm de l'épaisseur de la CFNR et des cellules ganglionnaires, ou les deux dans ce cas²⁴. Bien

que cet œil présente les données les plus convaincantes pour un éventuel glaucome préperimétrique dans cette série, notez que la figure 5C montre que ce possible défaut en coin périphérique précoce sur la carte d'épaisseur de la CFNR ne correspond pas exactement à l'emplacement de l'amincissement symétrique de la carte de déviation supéro-temporale dans les deux yeux en raison du déplacement vertical des faisceaux de la CFNR (thème de l'article). Une fois encore, il est rassurant de constater que des champs fiables ont été obtenus pour le patient 2 sans signe de perte de champ glaucomateuse précoce (figures 5D et 5E). Cela peut également être surveillé au fil du temps. Lorsqu'on utilise l'imagerie non à large champ (nonwiderfield), on s'attend à ce qu'il y ait moins de chevauchement entre les défauts potentiels de la CPICG maculaire et les faisceaux de la CFNR orientés plus verticalement. Il est donc important de poursuivre l'étude de cette population de patients avec la TCO à nonwiderfield.

Une dernière limite de cette série est l'absence d'analyse en série au fil du temps. Cela permettrait en fin de compte de confirmer si ces yeux, comme l'œil gauche du patient 2, sont effectivement glaucomateux ou s'il s'agit simplement d'une excavation physiologique avec des variantes anatomiques normales de la couche de fibres nerveuses par rapport à la base de données normative. Notons que le verdict final peut être une combinaison pour certains de ces yeux, notamment l'œil gauche du patient 2 avec l'amincissement symétrique de la carte de déviation de la CFNR qui n'est probablement pas en corrélation avec l'éventuel défaut en coin de la CFNR supéro-temporale et la perte de CPICG (figures 5A à 5C).

Implications cliniques et orientations futures

Cette discussion concernant la variation de l'anatomie et des paramètres de la CFNR a suscité un intérêt pour les bases de données normatives propres à l'origine ethnique^{14,15}. Selon Realini et al., la prise en compte de l'origine ethnique dans la détermination des limites normatives de la CFNR peut être utile pour le diagnostic et la prise en charge du glaucome²⁷. Cependant, ils notent également que la meilleure façon de définir les groupes ethniques

de manière pratique et utile pour soutenir la pratique clinique quotidienne n'est pas claire²⁷. Par exemple, l'« ascendance africaine » englobe-t-elle les Africains, les Africains des Caraïbes, les Nord-Africains, les Afro-Américains et le nombre croissant de patients d'origine multiethnique ayant une certaine ascendance africaine²⁷? Ces questions illustrent à quel point il est complexe d'aborder ce problème de manière appropriée.

L'un des moyens possibles d'améliorer la généralisation consiste à sélectionner et à élargir une base de données normative pour en améliorer l'échantillonnage ethnique. Nakayama et al. notent que la diversité est essentielle pour promouvoir la généralisabilité des résultats¹⁵. En outre, il serait plus équitable et accessible de ne pas avoir à passer à une base de données élargie (plus pertinente pour certains patients) à un coût supplémentaire¹⁶.

Pour l'instant, les cliniciens doivent savoir que les bases de données normatives présentent des limites concernant le nombre de variantes anatomiques saines, en partie parce que les patients présentant des erreurs de réfraction importantes, des papilles inclinées et les patients issus d'ethnies non européennes (en particulier les personnes d'ascendance africaine, comme nous l'avons vu) sont mal représentés. Ces patients courent un risque accru de recevoir un faux positif de TCO (zone rouge)¹¹. Il s'ensuit que l'utilisation de l'analyse des cellules ganglionnaires, l'examen des champs visuels et l'inspection clinique précise du tissu du bord du nerf optique sont tous cruciaux^{4,5,11}. Les images numériques du fond d'œil offrent également une opportunité statique d'exclure l'amincissement focal du bord de la neurorétine, le barrage circumlinéaire des vaisseaux sanguins ou en forme de baïonnette et les défauts en coin de la CFNR suggérant un véritable glaucome¹². Ces images peuvent également être comparées au fil du temps, même si un appareil différent est utilisé. La mise en œuvre de ces bonnes pratiques pour le diagnostic du glaucome est encore plus essentielle chez les patients d'ascendance africaine, compte tenu de la prévalence de l'excavation physiologique, qui peut facilement être diagnostiquée à tort comme un glaucome si toutes les informations cliniques et d'imagerie ne sont pas utilisées de manière exhaustive^{14,18}.

Conclusion

Alors que la détection du glaucome préperimétrique devient plus courante grâce à l'utilisation de la TCO, les cliniciens devront considérer que l'anatomie des fibres nerveuses de certains patients d'ascendance africaine peut être différente de celle de la majorité des patients de la base de données normative. Les trois patients afro-américains sélectionnés dans notre série présentaient un amincissement supéro-temporal ou inféro-temporal à haut risque sur les cartes de déviation des fibres nerveuses, attribuable au déplacement des pics de faisceau supéro-temporaux et inféro-temporaux. Cela a entraîné le signalement de secteurs connus pour être vulnérables dans les premiers stades du glaucome. Le déplacement des faisceaux peut accroître la probabilité d'un diagnostic erroné du glaucome. Étant donné qu'il s'agit d'une petite série de cas sélectionnée de manière non aléatoire, l'étendue réelle de ce déplacement dans la population d'ascendance africaine est inconnue et doit faire l'objet d'une étude plus approfondie.

Pour l'instant, il est recommandé de se méfier d'un diagnostic automatique de glaucome si une personne d'ascendance africaine dont la pression intraoculaire est inférieure à 22 mmHg présente un amincissement à peu près symétrique des fibres nerveuses supéro-temporales ou inféro-temporales sur les cartes de déviation en l'absence d'un amincissement corrélé des cellules ganglionnaires, de déficits du champ visuel et d'un amincissement ou d'une encoche focale de l'anneau neuro-rétinien à la funduscopie. La CFNR TSNIT/NSTIN (en temporal-supérieur-nasal-inférieur-temporal et en nasal-supérieur-temporal-inférieur-nasal) et la trajectoire des vaisseaux sanguins hors du nerf peuvent être inspectées qualitativement pour évaluer si le profil du faisceau de la CFNR de cette personne est décalé anatomiquement par rapport à la moyenne de la base de données normative. En cas de doute, nous recommandons une surveillance en série au fil du temps afin d'exclure l'amincissement progressif. La cartographie par TCO de la CFNR et des cellules ganglionnaires à large champ peut permettre un diagnostic plus précoce et plus précis à mesure que l'utilisation de la TCO se généralise,

l'examen fundoscopique de la tête du nerf par des personnes bien formées demeurant essentiel.

Divulgations

Contribution : tous les auteurs ont contribué à la conception de l'article, à l'acquisition, à l'analyse ou à l'interprétation des données. Tous les auteurs ont participé à la rédaction et à la formulation de commentaires sur le document et ont approuvé la version finale.

Financement : Cette étude n'a reçu aucune subvention particulière d'organismes de financement des secteurs public, commercial ou sans but lucratif.

Conflits d'intérêts : Tous les auteurs ont rempli le formulaire de divulgation uniforme de l'ICMJE et n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts.

Approbation éthique : Celle-ci est non requise pour ce type d'article. Les patients ont donné leur consentement éclairé par écrit pour que leurs images et leurs données cliniques soient utilisées dans cet article.

Énoncé relatif à l'intelligence artificielle (IA) : Les auteurs confirment qu'aucune technologie d'IA générative ou assistée par l'IA n'a été utilisée pour créer du contenu.

Correspondance : Alex Hynes,
hynesa17@gmail.com

Références

1. Mwanza JC, Warren JL, Budenz DL. Utility of combining spectral domain optical coherence tomography structural parameters for the diagnosis of early glaucoma: A mini-review. *Eye Vis.* 2018 Apr 15;5:9. <https://doi.org/10.1186/s40662-018-0101-6>
2. Bussell II, Wollstein G, Schuman JS. OCT for glaucoma diagnosis, screening and detection of glaucoma progression. *Br J Ophthalmol.* 2014;98 Suppl 2:ii15-ii19. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304326>
3. Addis V, Chan L, Chen J, et al. Evaluation of the cirrus high-definition OCT normative database probability codes in a Black American population. *Ophthalmol Glaucoma.* 2022;5(1):110-118. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2021.05.002>
4. Hood DC, La Bruna S, Tsamis E, et al. Detecting glaucoma with only OCT: Implications for the clinic, research, screening, and AI development. *Prog Retin Eye Res.* 2022;90:101052. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2022.101052>
5. Hood DC. Improving our understanding, and detection, of glaucomatous damage: An approach based upon optical coherence tomography (OCT). *Prog Retin Eye Res.* 2017;57:46-75. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2016.12.002>
6. Tanna AP. Retinal nerve fiber layer analysis in glaucoma. In: Budenz, DL, ed. *Atlas of Optical Coherence Tomography for Glaucoma.* Springer Cham. 2020: 31-35. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46792-0>
7. Mwanza JC, Oakley JD, Budenz DL, Anderson DR. Cirrus Optical Coherence Tomography Normative Database Study Group. Ability of cirrus HD-OCT optic nerve head parameters to discriminate normal from glaucomatous eyes. *Ophthalmology.* 2011;118(2):241-8.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.06.036>
8. Hwang YH, Kim YY. Glaucoma diagnostic ability of quadrant and clock-hour neuroretinal rim assessment using cirrus HD optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(4):2226-2234. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-8689>
9. Chen JJ, Kardon RH. Avoiding clinical misinterpretation and artifacts of optical coherence tomography analysis of the optic nerve, retinal nerve fiber layer, and ganglion cell layer. *J Neuroophthalmol.* 2016;36(4):417-438. <https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000422>
10. Hardin JS, Taibbi G, Nelson SC, Chao D, Vizzeri G. Factors affecting cirrus-HD OCT optic disc scan quality: A review with case examples. *J Ophthalmol.* 2015; 2015:746150. <https://doi.org/10.1155/2015/746150>
11. Chong GT, Lee RK. Glaucoma versus red disease: Imaging and glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol.* 2012;23(2):79-88. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32834ff431>
12. Susanna R Jr, Vessani RM. New findings in the evaluation of the optic disc in glaucoma diagnosis. *Curr Opin Ophthalmol.* 2007;18(2):122-28. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e328040bfe0>

13. Knight OJ, Girkin CA, Budenz DL, Durbin MK, Feuer WJ; Cirrus OCT Normative Database Study Group. Cirrus OCT normative database study group. Effect of race, age, and axial length on optic nerve head parameters and retinal nerve fiber layer thickness measured by Cirrus HD-OCT. *Arch Ophthalmol*. 2012;130(3):312-318. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2011.1576>
14. Girkin CA, McGwin G Jr, McNeal SF, DeLeon-Ortega J. Racial differences in the association between optic disc topography and early glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(8):3382-3387. <https://doi.org/10.1167/iov.02-0792>
15. Nakayama LF, Zago Ribeiro L, de Oliveira JAE, et al. Fairness and generalizability of OCT normative databases: A comparative analysis. *Int J Retina Vitreous*. 2023;9(1):48. <https://doi.org/10.1186/s40942-023-00459-8>
16. KhalafAllah MT, Zangwill LM, Proudfoot J, et al. Racial differences in diagnostic accuracy of retinal nerve fiber layer thickness in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2024;259:7-14. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2023.10.012>
17. Moghimi S, Zangwill LM, Hou H, et al. Comparison of peripapillary capillary density in glaucoma patients of African and European descent. *Ophthalmol Glaucoma*. 2021;4(1):51-62. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2020.07.005>
18. Girkin CA. Differences in optic nerve structure between individuals of predominantly African and European ancestry: Implications for disease detection and pathogenesis. *Clin Ophthalmol*. 2008;2(1):65-69. <https://doi.org/10.2147/oph.s1628>
19. Noursome D, Mckean-Cowdin R, Richter GM, et al. Retinal nerve fiber layer thickness in healthy eyes of Black, Chinese, and Latino Americans: A population-based multiethnic study. *Ophthalmology*. 2021;128(7):1005-1015. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.11.015>
20. Hood DC, Fortune B, Arthur SN, et al. Blood vessel contributions to retinal nerve fiber layer thickness profiles measured with optical coherence tomography. *J Glaucoma*. 2008;17(7):519-528. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181629a02>
21. Wang M, Jin Q, Wang H, et al. The interrelationship between refractive error, blood vessel anatomy, and glaucomatous visual field loss. *Transl Vis Sci Technol*. 2018;7(1):4. <https://doi.org/10.1167/tvst.7.1.4>
22. Leung CK, Yu M, Weinreb RN, et al. Retinal nerve fiber layer imaging with spectral-domain optical coherence tomography: A prospective analysis of age-related loss. *Ophthalmology*. 2012;119(4):731-737. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.10.010>
23. Mendieta N, Suárez J, Barriga N, Herrero R, Barrios B, Guarro M. How do patients feel about visual field testing? Analysis of subjective perception of standard automated perimetry. *Semin Ophthalmol*. 2021;36(1-2):35-40. <https://doi.org/10.1080/08820538.2021.1884270>
24. Kim YW, Park KH. Macular parameters For Glaucoma. In: Budenz, DL, ed. *Atlas of Optical Coherence Tomography for Glaucoma*. Springer Cham. 2020: 77-95. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46792-0>
25. Hood DC, Raza AS, de Moraes CG, Liebmann JM, Ritch R. Glaucomatous damage of the macula. *Prog Retin Eye Res*. 2013;32:1-21. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2012.08.003>
26. Lee J, Kim YK, Ha A, et al. Temporal raphe sign for discrimination of glaucoma from optic neuropathy in eyes with macular ganglion cell-inner plexiform layer thinning. *Ophthalmology*. 2019;126(8):1131-1139. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.12.031>
27. Realini T, Zangwill LM, Flanagan JG, et al. Normative databases for imaging instrumentation. *J Glaucoma*. 2015;24(6):480-483. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000152>