



**ÉPAISSEUR CHOROÏDIENNE ET INDEX DE
VASCULARISATION CHOROÏDIENNE DANS LE DIABÈTE :
ÉTUDE SWEPT-SOURCE PAR TOMOGRAPHIE PAR
COHERENCE OPTIQUE**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR :
DOCTEUR CHAHRAZAD BENMLIH**

**POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE SPÉCIALITÉ EN MÉDECINE
OPTION : OPHTALMOLOGIE**

**Sous la direction du Professeur :
Idriss BENATIYA ANDALOUSSI**

Pr. BENATIYA A Idriss
Chef de Service d'Ophtalmologie
Hôpital Omar Drissi
FES

SESSION JUIN 2023

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADO	: Anti-diabétiques oraux
CCT	: Épaisseur choroïdienne centrale
CSI	: Jonction choroïde-sclère
CT	: Épaisseur choroïdienne
CVI	: Index de vascularisation choroïdienne
DT1	: Diabète type 1
DT2	: Diabète Type 2
EDI SD-OCT	: Enhanced depth imaging with spectral domain optical coherence tomography
EP	: Épithélium pigmentaire
ETDRS	: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study
LA	: Surface choroïdienne luminale
MDH	: Mesures hygiéno-diététiques
No RD	: Patients diabétiques sans rétinopathie diabétique
OMD	: Œdème maculaire diabétique
PPR	: Photocoagulation panrétinienne
RD	: Rétinopathie diabétique
RDNP	: Rétinopathie diabétique non proliférante
RDP	: Rétinopathie diabétique proliférante
SA	: Surface choroïdienne stromale
SD-OCT	: Spectral Domain tomographie par cohérence optique
SS-OCT	: Swept-source tomographie par cohérence optique
TCA	: Surface choroïdienne totale

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 1 : Grille ETDRS

Figure 2 : B- Scan avec segmentation choroïdienne

Figure 3 : B- Scan avec sélection de la choroïde

Figure 4 : B-Scan après binarisation de l'image

Figure 5 : B- Scan après délimitation de la surface luminale

Figure 6 : Répartition des patients en groupes d'études

Figure 7 : Répartition des patients en fonction du sexe

Figure 8 : Répartition des patients en fonction du type du diabète

Figure 9 : Répartition des patients en fonction de l'hémoglobine glyquée

Figure 10 : Répartition des patients en fonction des autres facteurs de risque

Figure 11 : Répartition de l'équivalent sphérique en fonction des groupes

Figure 12 : Répartition des patients en fonction de la PPR

Figure 13 : Répartition des yeux avec RD en fonction de l'OMD

Figure 14 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne des différents secteurs en fonction de la rétinopathie diabétique

Figure 15 : Représentation des moyennes de CVI des différents groupes de l'étude

Figure 16 : Représentation des moyennes de LA des différents groupes de l'étude

Tableau 1 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe contrôle et le groupe des patients diabétiques)

Tableau 2 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec et sans rétinopathie)

Tableau 3 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec rétinopathie proliférante et non proliférante)

Tableau 4 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques traités par PPR)

Tableau 5 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec et sans OMD)

Tableau 6 : Association entre l'épaisseur choroïdienne centrale et la rétinopathie diabétique tenant compte des variables de contrôle

Tableau 7 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe contrôle et les patients diabétiques)

Tableau 8 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe sans rétinopathie diabétique et le groupe des yeux avec rétinopathie)

Tableau 9 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec rétinopathie diabétique proliférante et non proliférante)

Tableau 10 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec rétinopathie diabétique traités par PPR)

Tableau 11 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec OMD)

Tableau 12 : Association entre CVI et le diabète tenant compte des variables de contrôle

Tableau 13 : Association entre CVI et la RD tenant compte des variables de contrôle

Tableau 14 : Association entre CVI et la RDNP/RDP tenant compte des variables de contrôle

Tableau 15 : Association entre CVI et CCT tenant compte des variables de contrôle

Tableau 16 : Épaisseur choroïdienne dans les différentes études utilisant EDI-OCT

Tableau 17 : Épaisseur choroïdienne dans les différentes études utilisant SS-OCT

Tableau 18 : CVI dans les différentes études

SOMMAIRE

SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
PATIENTS ET METHODES	10
A. DONNEES CLINIQUES	11
B. DONNEES TECHNIQUES.....	12
a. Épaisseur choroïdienne.....	12
b. Index de vascularisation choroïdienne.....	13
RESULTATS	16
A. RÉPARTITION DES PATIENTS.....	17
B. CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES.....	17
a. Généraux.....	17
1. Âge.....	17
2. Type du diabète.....	18
3. Autres facteurs de risque.....	19
b. Ophtalmologiques.....	20
1. Équivalent sphérique.....	20
2. Tonus oculaire.....	20
3. Photocoagulation.....	20
4. Œdème maculaire.....	21
C. ANALYSE STATISTIQUE.....	22
a. Épaisseur choroïdienne.....	22
b. Index de vascularisation choroïdienne.....	27
DISCUSSION	32
A. ÉPAISSEUR CHOROÏDIENNE.....	33
a. EDI-SD OCT.....	33
b. Swept-Source OCT.....	34
B. INDEX DE VASCULARISATION CHOROÏDIENNE.....	37
C. POINTS FORTS	39
D. LIMITES.....	39
CONCLUSION	40
RÉFÉRENCES	42
RÉSUMÉ	45

INTRODUCTION

La rétinopathie diabétique (RD) est l'une des principales causes de cécité chez les patients âgés de 20 à 74 ans dans le monde. C'est la complication microvasculaire la plus courante du diabète. ⁽¹⁾ La pathogénèse de la rétinopathie diabétique a été principalement attribuée à une régulation perturbée de la vascularisation rétinienne et à la destruction consécutive de la barrière hémato-rétinienne. Cependant, des études récentes suggèrent également un rôle supplémentaire de la choroïde.

La choroïde est un tissu vasculaire qui fournit la majorité de l'apport sanguin aux couches externes de la rétine y compris l'épithélium pigmentaire (EP) et les photorécepteurs. Elle est la seule source d'échange métabolique de la fovéa avasculaire.

Des études histopathologiques antérieures ont révélé des changements choroïdiens dans le diabète, notamment des microanévrismes, une dilatation et une obstruction de la choriocapillaire, une tortuosité vasculaire, des dépôts drusénoïdes sur la membrane de Bruch et une néovascularisation choroïdienne. ⁽²⁾

L'exploration de la vascularisation rétinienne et choroïdienne était possible grâce à la combinaison de l'angiographie à la fluorescéine et l'angiographie au vert d'indocyanine mais ces examens sont invasifs. Ensuite, l'avènement du Spectral Domain OCT (SD-OCT) a grandement amélioré la technique d'imagerie oculaire. Cela a facilité la mesure de l'épaisseur choroïdienne (CT) et l'identification des modifications des vaisseaux choroïdiens dans plusieurs maladies chorio-rétiniennes. Plus récemment, le système à source balayée (SS-OCT), utilisant des longueurs d'onde plus longues (environ 1 050 nm) et des vitesses de balayage plus rapides, a amélioré la pénétration tissulaire, la résolution spatiale et le rapport signal/bruit, permettant une meilleure visualisation des détails de la vascularisation choroïdienne. ⁽³⁾

Ces avancées technologiques ont permis de mieux comprendre la choroïde dans le contexte du diabète et de ses complications. Plusieurs paramètres choroïdiens ont été étudiés notamment l'épaisseur choroïdienne (CT) mais les résultats des séries ont été contradictoires. De plus, il reste incertain si les modifications de CT sont dues au remodelage vasculaire ou à l'altération stromale.

En 2013, Branchini ⁽⁴⁾ a tout d'abord conçu un logiciel automatisé pour calculer la surface des pixels sombres et clairs correspondant aux zones luminales et stromales de la choroïde. En 2015, Sonoda ⁽⁵⁾ et ses collègues, ont décrit une technique différente pour calculer la surface

luminale et la surface stromale en utilisant la méthode de binarisation Niblack des B-Scans de SD-OCT. Un an après, Agrawal ⁽⁶⁾ a proposé un nouveau paramètre quantitatif : l'index de vascularisation choroïdienne (CVI) qui est le rapport entre la surface luminale (LA) et la surface totale choroïdienne (TCA). Cet indice mesure de façon quantitative la vascularisation choroïdienne. Grâce à cette nouvelle analyse choroïdienne, il a été démontré, que dans les yeux sains, les 2/3 de la choroïde sous fovéale, représentée dans une seule coupe transversale, est vasculaire.

PATIENTS ET MÉTHODES

A. DONNÉES CLINIQUES

- Notre étude est prospective allant de Juillet 2022 à Janvier 2023.
- Elle inclue des patients diabétiques et non diabétiques (groupe contrôle) suivis au service d'ophtalmologie du centre hospitalier Hassan II de Fès.
- Nous avons systématiquement recueilli l'âge, le sexe, les comorbidités systémiques et ophtalmologiques. Pour les patients diabétiques : année du diagnostic de diabète, type du diabète, médication actuelle, valeur de l'hémoglobine glyquée la plus récente, historique des traitements au laser...
- Tous les patients ont bénéficié d'un examen ophtalmologique bilatéral complet : Acuité visuelle corrigée, réfraction, tonus oculaire, examen du segment antérieur et du fond d'œil après dilatation pupillaire.
- Nous avons exclu de l'étude tous les patients ayant :
 - Équivalent sphérique supérieur à ± 6 dioptries
 - Pathologie oculaire rétinienne (Glaucome, Dégénérescence maculaire liée à l'âge, Occlusion de veines rétiniennes, membranes épirétiennes...).
 - Rétinopathie diabétique proliférante compliquée de voiles tractionnels, d'une hémorragie intravitréenne ou intrarétinienne ou d'un décollement de rétine.
 - Pathologies systémiques pouvant affecter l'œil notamment la choroïde : Hypertension artérielle non contrôlée, lupus érythémateux disséminé, leucémie and syndrome d'apnée de sommeil.
 - Troubles des milieux pouvant affecter la qualité des images
 - Antécédents de chirurgie vitréorétinienne ou d'injections intravitréennes
 - Pathologies du spectre des pachychoroïdes : chorioretinite séreuse centrale, vasculopathie polypoïdale choroïdienne...
- La classification de la rétinopathie diabétique a été établie selon Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) ⁽⁷⁾. Les patients de l'étude ont été classés comme suit :
 - Patients non diabétiques (Groupe contrôle)
 - Patients diabétiques sans rétinopathie diabétique (No RD)
 - Patients diabétiques avec rétinopathie diabétique non proliférante (RDNP)
 - Patients diabétiques avec rétinopathie diabétique proliférante (RDP)
 - 2 autres sous-groupes ont été établis selon si le patient a reçu des séances de laser (PPR) au moins 3 mois avant l'étude ou s'il existe un œdème maculaire diabétique (OMD) fovéolaire ou menaçant la fovéa.

B. DONNEES TECHNIQUES

- Les acquisitions ont été prises par DRI Triton, Topcon, Tokyo-Japan Version 1.1.5 selon une disposition radiale de 6mm de diamètre, avec une résolution 1024*12.
- Toutes les images ont été acquises le matin tenant compte des variations diurnes de l'épaisseur choroïdienne.

a. Épaisseur Choroïdienne Maculaire

- Sur l'image B-Scan, la choroïde est délimitée après identification automatique du bord externe du complexe épithélium pigmentaire (EP) – membrane de Bruch représentant la limite interne et la jonction choroïde-sclère (CSI) qui est la limite externe de la choroïde.
- L'épaisseur choroïdienne maculaire a été obtenue grâce à un logiciel automatique intégré à l'appareil, selon la grille ETDRS conventionnelle composée d'anneaux concentriques de 3 diamètres : 1 mm, 3 mm et 6 mm divisés en quatre quadrants. 9 valeurs sont donc obtenues de neuf secteurs indépendants : temporal interne et externe, supérieur interne et externe, inférieur interne et externe, nasal interne et externe et la zone centrale.
- Lorsque la grille n'est pas bien centrée ou que la segmentation choroïdienne n'est pas correctement délimitée, un repositionnement manuel reste possible.
- Au terme de cette analyse, l'épaisseur choroïdienne à 1mm de diamètre de la grille définit l'épaisseur choroïdienne centrale (CCT).

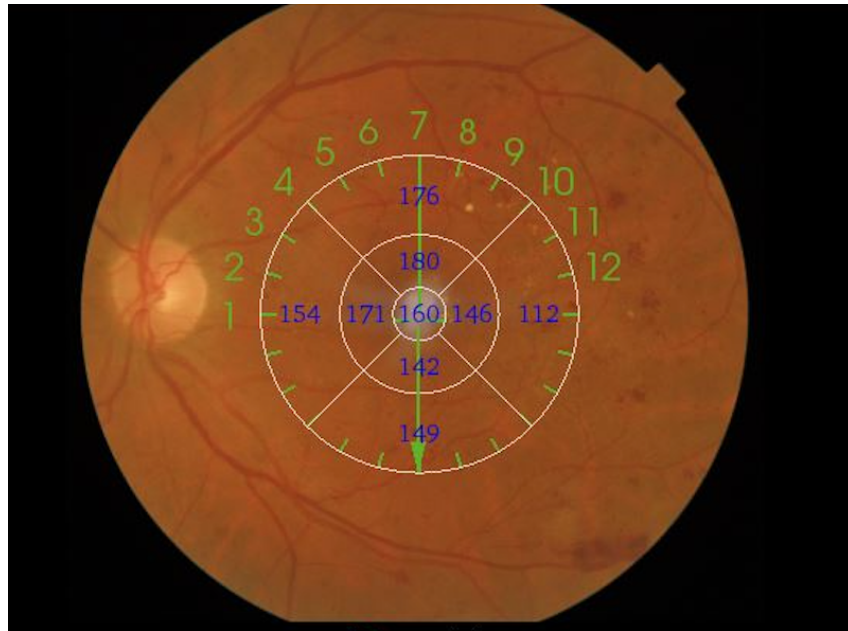


Figure 1 : Grille ETDRS

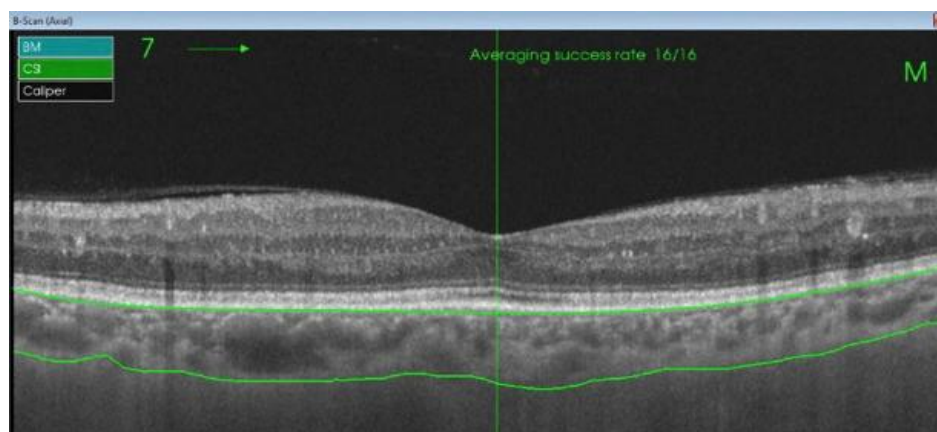


Figure 2 : B- Scan avec segmentation choroïdienne

b. Index de Vascularisation Choroïdienne

- Les images ont été recueillies en conservant leur résolution originale pour une meilleure analyse. Puis, une seule image, passant par la fovéa, a été retenue pour chaque œil.
- La segmentation a été réalisée suivant le protocole décrit par Agrawal *et al.* ⁽⁶⁾ à l'aide du logiciel FIJI (ImageJ version 2.9.0, National Institute of Health, USA) par le même opérateur.

- À l'aide de l'outil de sélection polygonal, toute la choroïde a été sélectionnée (6mm), la limite supérieure est tracée le long de la jonction EP-choroïde et la limite inférieure le long de la CSI : C'est la surface choroïdienne totale (TCA).
- Après conversion en 8-bits de l'image, elle est binarisée à l'aide du Niblack's autolocal threshold qui permet de démarquer la surface stromale (SCA) et la surface luminale vasculaire (LA), ensuite LA est sélectionnée en appliquant un color threshold.
- Finalement, TCA et LA sont calculés. Le rapport LA/TCA représente CVI.

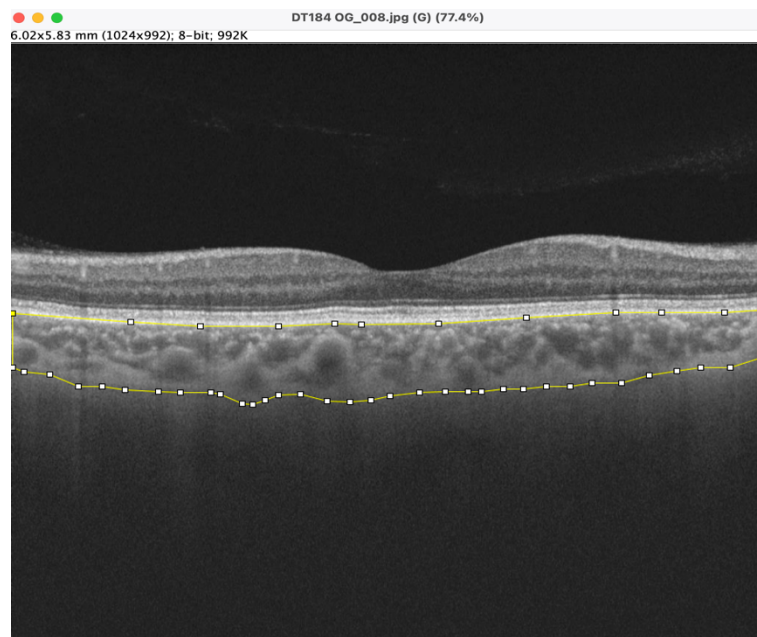


Figure 3 : B- Scan avec sélection de la choroïde

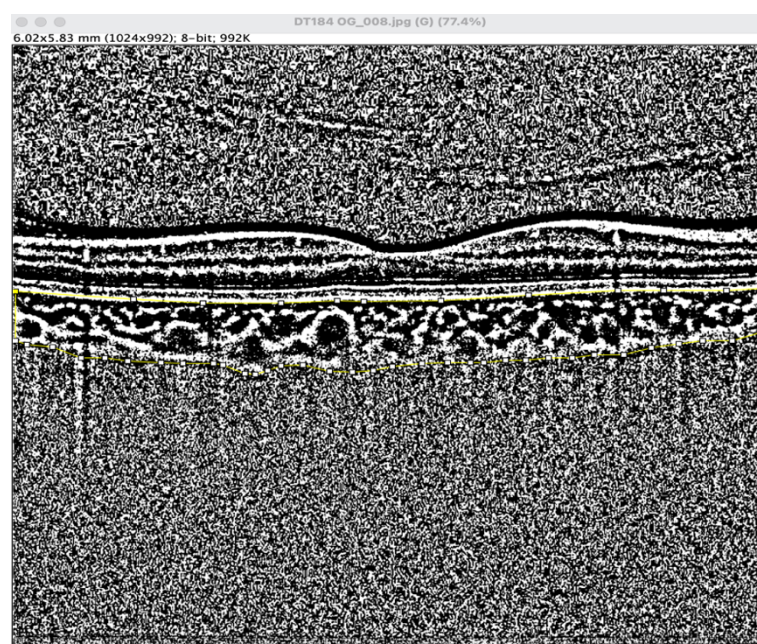


Figure 4 : B-Scan après binarisation de l'image

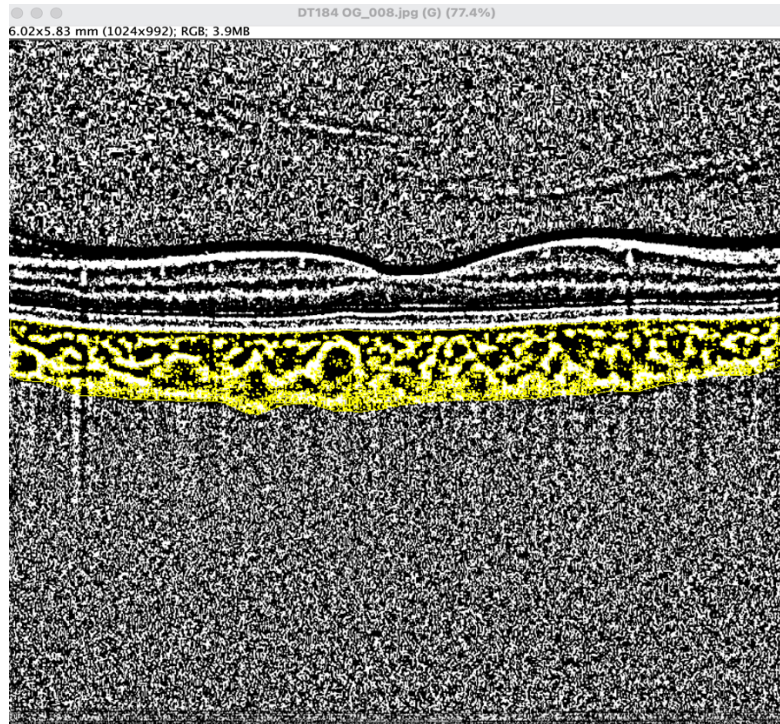


Figure 5 : B- Scan après délimitation de la surface luminale

RÉSULTATS

A. RÉPARTITION DES PATIENTS

- Nous avons retenu dans notre étude 152 yeux de 87 patients répartis comme suit :
 - 30 yeux de patients non diabétiques (Contrôle)
 - 122 yeux de patients diabétiques (DM) divisés en 3 groupes en fonction de la présence de la rétinopathie diabétique et de son stade le cas échéant :
 - 37 yeux sans rétinopathie diabétique : No RD
 - 43 yeux avec rétinopathie diabétique non proliférante : RDNP
 - 42 yeux avec une rétinopathie diabétique proliférante : RPD

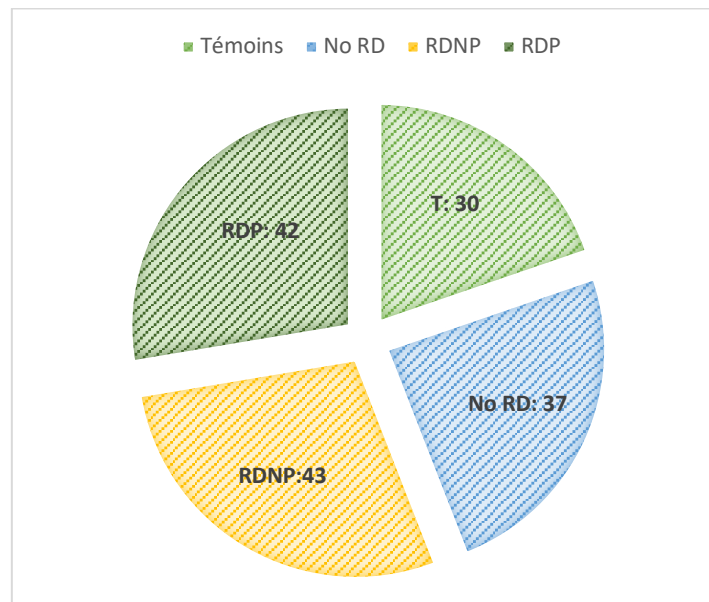


Figure 6 : Répartition des patients en groupes d'études

B. CARACTERISTIQUES CLINIQUES

a. Généraux

1. Âge

- L'âge moyen de nos patients est de 55 ± 12 ans.
- On note une prédominance masculine : 39 Femmes Vs 48 Hommes avec un sexe ratio : 1,25.

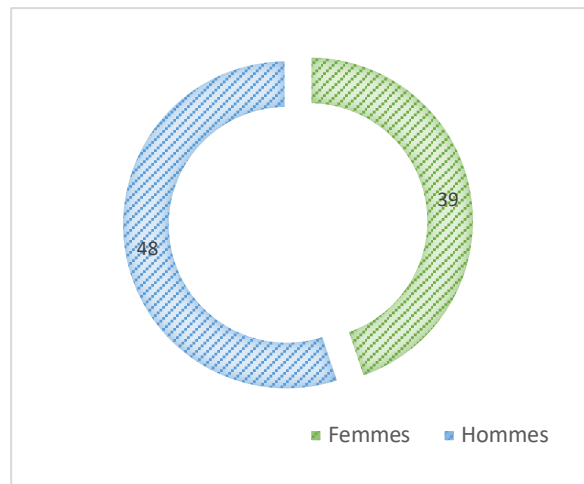


Figure 7 : Répartition des patients en fonction du sexe

2. Type du diabète

- 62 patients sont diabétiques Type 2 (DT2) Vs 6 patients Type 1 (DT1) avec une moyenne d'évolution du diabète entre 5 à 10 ans.
- La moitié des patients diabétiques est sous insuline, le tiers sous antidiabétiques oraux (ADO) et seuls 15% se contentent des mesures hygiéno-diététiques (MHD).
- Seuls 1/3 des patients sont équilibrés avec une hémoglobine glyquée HbA1c > 6%.

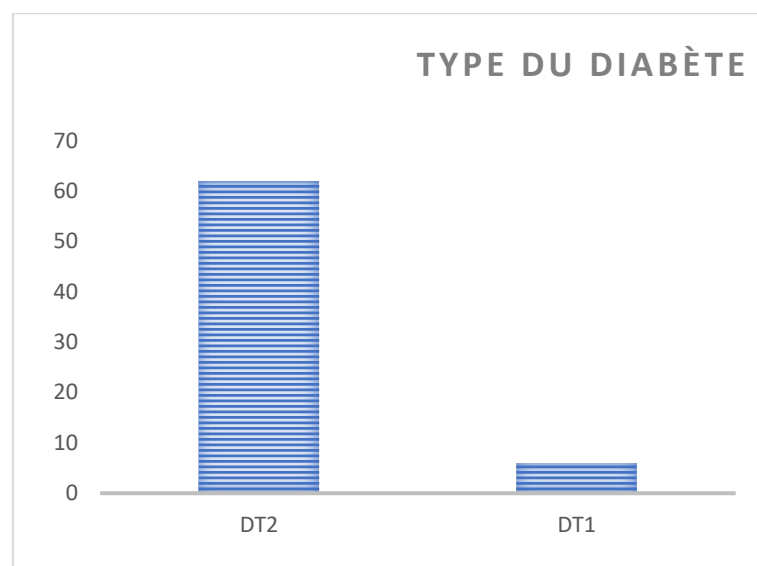


Figure 8 : Répartition des patients en fonction du type du diabète.

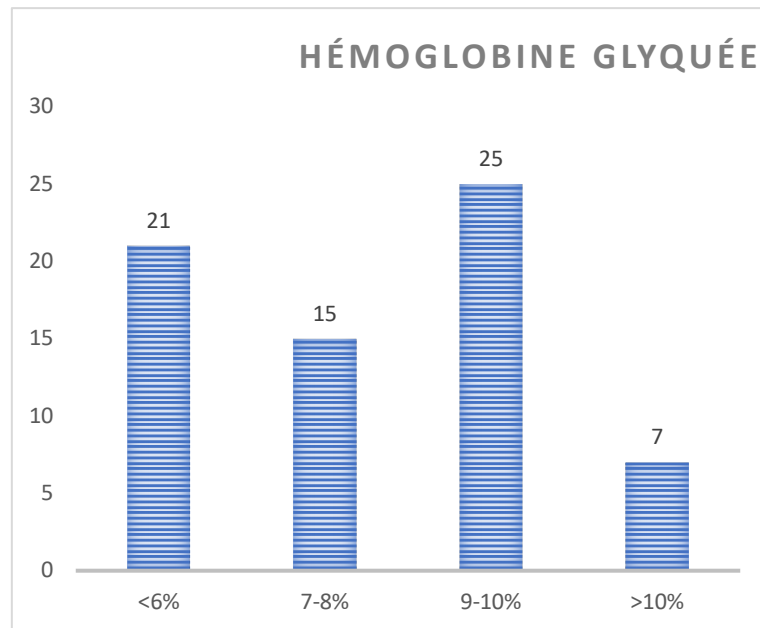


Figure 9 : Répartition des patients en fonction de l'hémoglobine glyquée.

3. Autres facteurs de risque

Parmi les patients diabétiques

- 29% sont également hypertendus.
- 17% ont une dyslipidémie
- 6% ont une néphropathie diabétique documenté

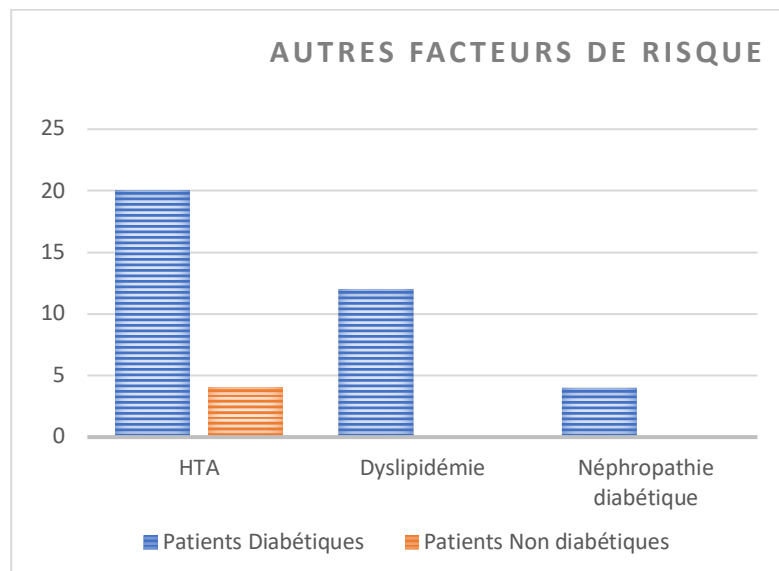


Figure 10 : Répartition des patients en fonction des autres facteurs de risque.

b. Ophtalmologique

1. Équivalent sphérique : $+ 0,47 \pm 0,9$ dioptries

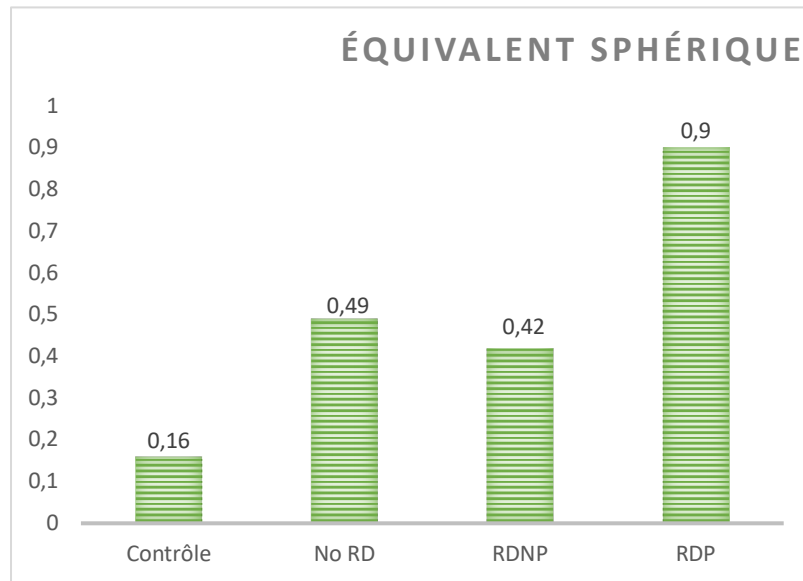


Figure 11 : Répartition de l'équivalent sphérique en fonction des groupes

2. Le tonus oculaire est correct chez tous les patients de notre étude avec une moyenne de : $14,8 \pm 2,4$ mmHg. (Tout patient glaucomateux a été exclu de l'étude).

3. Photocoagulation panrétinienne

- 69% des yeux avec rétinopathie diabétique proliférante ont bénéficié d'une photocoagulation panrétinienne (PPR) avec une moyenne de 3 séances par œil.
- Seuls 7 yeux parmi 43 avec rétinopathie diabétique non proliférante ont bénéficié de la PPR.

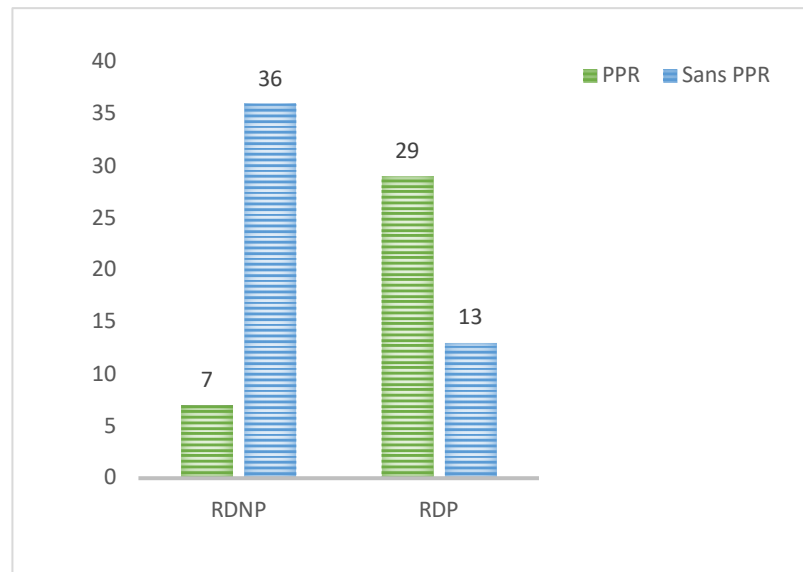


Figure 12 : Répartition des yeux en fonction de la PPR.

4. Œdème maculaire diabétique

- La moitié des yeux avec rétinopathie diabétique proliférante ont un œdème maculaire associé.

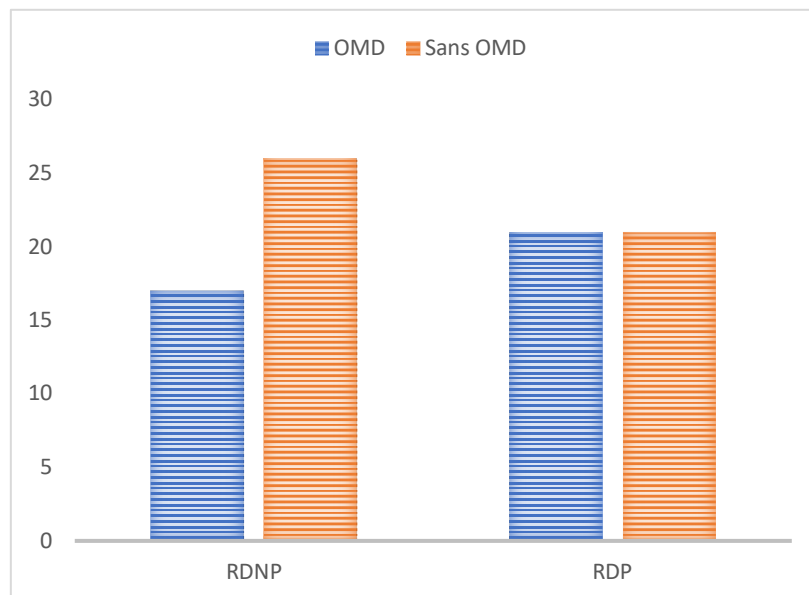


Figure 13 : Répartition des yeux avec RD en fonction de l'OMD

C. ANALYSE STATISTIQUE

a. Épaisseur choroïdienne

- La comparaison des moyennes de l'épaisseur choroïdienne des différents secteurs de la grille EDTRS, entre le groupe **contrôle** et l'ensemble des **patients diabétiques** a objectivé des valeurs diminuées dans le groupe des patients diabétiques (à l'exception des secteurs : nasal et externe inférieur). Ces valeurs diminuées ne sont statistiquement significatives que dans le secteur temporel.

Épaisseur choroïdienne	Contrôle	No RD	RDP	RDP	DM	Total	P Value Contrôle vs DM
Épaisseur choroïdienne centrale (CCT)	247±58	266±70	218±56	224±63	235±43	237±63	β: 12 ; p:0,363
Supérieur Interne	255±69	265±77	221±57	234±56	239±67	242±68	β: 24 ; p: 0,244
Nasal Interne	234±61	265±81	223±52	224±57	236±41	236±65	β: -2; p: 0,908
Inférieur Interne	237±72	263±74	220±63	228±53	236±66	236±67	β:1; p: 0,961
Temporal Interne	251±58	251±74	212±57	213±51	224±65	229±63	β: 27 ; p: 0,035
Supérieur Externe	239±71	251±70	211±50	219±63	226±52	229±61	β: 13 ; p: 0,307
Nasal Externe	202±58	225±80	205±52	202±50	210±65	208±64	β:-8 ; p: 0,518
Inférieur Externe	210±62	243±71	212±53	205±47	219±60	217±60	β: -7 ; p: 0,486
Temporal Externe	232±67	223±67	193±47	183±47	199±58	205±60	β: 30; p: 0,006

Tableau 1 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe contrôle et le groupe des patients diabétiques)

- Lorsque nous comparons le groupe des patients diabétiques sans rétinopathie diabétique avec le groupe des patients diabétiques avec rétinopathie, la moyenne des épaisseurs choroïdiennes est nettement plus diminuée dans le 2^e groupe de façon statistiquement significative dans tous les secteurs (sauf le secteur nasal externe).

Épaisseur choroïdienne	Contrôle	No RD	RDNP	RDP	RD	Total	P Value No RD vs RD
Épaisseur choroïdienne centrale	247±58	266±70	218±56	224±63	221±57	237±63	β: 45; p <.001
Supérieur Interne	255±69	265±77	221±57	234±56	227±60	242±68	β: 38; p: 0,004
Nasal Interne	234±61	265±81	223±52	224±57	223±54	236±65	β:42; p: <.001
Inférieur Interne	237±72	263±74	220±63	228±53	224±60	236±67	β: 39; p: 0,003
Temporal Interne	251±58	251±74	212±57	213±51	212±55	229±63	β: 39; p: 0,002
Supérieur Externe	239±71	251±70	211±50	219±63	215±50	229±61	β: 36; p: 0,002
Nasal Externe	202±58	225±80	205±52	202±50	203±58	208±64	β: 22; p: 0,095
Inférieur Externe	210±62	243±71	212±53	205±47	209±51	217±60	β: 34; p: 0,003
Temporal Externe	232±67	223±67	193±47	183±47	188±47	205±60	β:35; p: <.001

Tableau 2 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec et sans rétinopathie).

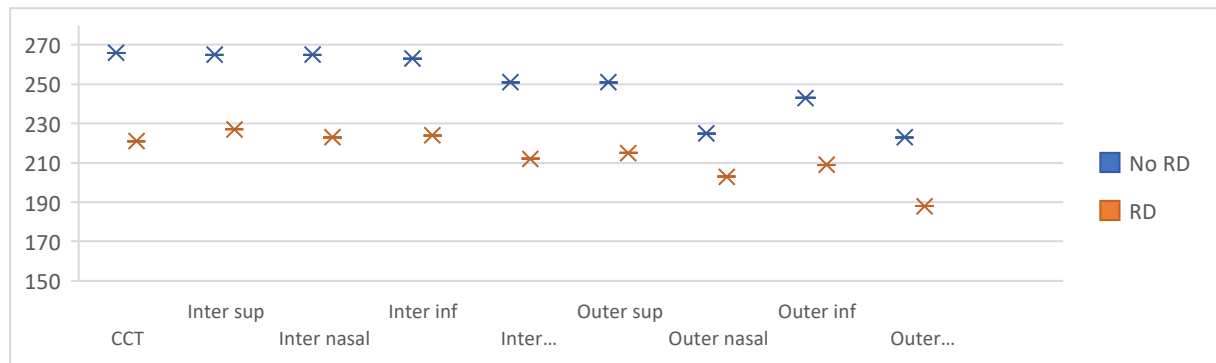


Figure 14 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne des différents secteurs en fonction de la rétinopathie diabétique.

- En analysant les 2 groupes de la rétinopathie diabétique, aucune différence significative n'a été notée entre les moyennes des épaisseurs choroïdiennes dans tous les secteurs de la grille ETDRS.

Épaisseur choroïdienne	Contrôle	No RD	RDNP	RDP	RD	Total	P Value RDNP vs RDP
Épaisseur choroïdienne centrale	247±58	266±70	218±56	224±63	221±57	237±63	β:-6 ; p:0,656
Supérieur Interne	255±69	265±77	221±57	234±56	227±60	242±68	β:-13 ; p:0,321
Nasal Interne	234±61	265±81	223±52	224±57	223±54	236±65	β:-1 ; p: 0,912
Inférieur Interne	237±72	263±74	220±63	228±53	224±60	236±67	β:-8 ; p:0,532
Temporal Interne	251±58	251±74	212±57	213±51	212±55	229±63	β:-1 ; p:0,989
Supérieur Externe	239±71	251±70	211±50	219±63	215±50	229±61	β:-7 ; p:0,440
Nasal Externe	202±58	225±80	205±52	202±50	203±58	208±64	β: 3; p:0,809
Inférieur Externe	210±62	243±71	212±53	205±47	209±51	217±60	β:7 ; p:0,520
Temporal Externe	232±67	223±67	193±47	183±47	188±47	205±60	β:10 ; p:0,319

Tableau 3 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec rétinopathie proliférante et non proliférante).

- Nous avons également analysé l'épaisseur choroïdienne dans le groupe des patients diabétiques avec rétinopathie qui ont été traité ou non par une photocoagulation panrétinienne, ainsi que dans le groupe de patients avec ou sans œdème maculaire diabétique mais aucune différence significative n'a été observée.

Épaisseur choroïdienne	No PPR	PPR	RD	P Value No PPR/PPR
Épaisseur choroïdienne centrale	221±60	222±53	221±57	β: -1 ; p: 0,367
Supérieur Interne	224±61	231±60	227±60	β:-7 ; p: 0,826
Nasal Interne	222±55	226±52	223±54	β:-4 ; p: 0,640
Inférieur Interne	226±66	221±52	224±60	β:5 ; p: 0,307
Temporal Interne	216±56	207±54	212±55	β:9 ; p: 0,200
Supérieur Externe	216±49	214±53	215±50	β: 2 ; p:0,429
Nasal Externe	206±56	200±61	203±58	β: 6; p: 0,618
Inférieur Externe	218±49	197±43	209±51	β:21; p:0,067
Temporal Externe	193±48	180±46	188±47	β:13; p: 0,099

Tableau 4 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques traités par PPR)

Épaisseur choroïdienne	No OMD	OMD	RD	P Value No OMD/OMD
Épaisseur choroïdienne centrale	220±55	223±60	221±57	β: 3 ; p: 0,820
Supérieur Interne	227±56	227±66	227±60	β:0 ; p:0,976
Nasal Interne	219±49	228±60	223±54	β:9 ; p: 0,452
Inférieur Interne	231±57	216±64	224±60	β:15 ; p: 0,272
Temporal Interne	212±55	213±55	212±55	β:-1 ; p:0,993
Supérieur Externe	217±49	212±55	215±50	β: 5 ; p:0,678
Nasal Externe	203±58	204±58	203±58	β:-1 ; p:0,984
Inférieur Externe	215±53	200±49	209±51	β:15 ; p:0,190
Temporal Externe	191±48	184±46	188±47	β:7 ; p:0,473

Tableau 5 : Répartition des moyennes de l'épaisseur choroïdienne selon les secteurs ETDRS et les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des patients diabétiques avec et sans OMD)

- Pour tout résultat significatif de l'étude des moyennes, nous avons procédé à l'étude de la régression linéaire en utilisant la méthode « structural equation modeling » (SEM) afin d'évaluer la corrélation entre les variables. Puis nous avons inclus aux résultats les variables de contrôle suivantes : âge, sexe et équivalent sphérique.
- L'étude de l'impact de la présence de la rétinopathie diabétique sur l'épaisseur choroïdienne centrale a été explorée :
 - Il existe une forte corrélation entre la présence de la rétinopathie diabétique et la diminution de l'épaisseur choroïdienne centrale ($B=-45,18$; $p< .001$) mais après ajustement en fonction des paramètres influençant l'épaisseur choroïdienne, cette corrélation n'est plus significative ($B=0,0986$; $p=0,404$). Le sexe étant un biais dans notre étude.

Variables	Standardized Coefficient	<i>p</i> value	95% intervalle de confiance
Rétinopathie diabétique	0,098	0,404	0.13 à 0,33
Âge	-0,383	0,745	-0.26 à 0,19
Équivalent sphérique	-0,013	0,906	-0,23 à 0,20
Homme/Femme	0,574	0,001	0,39 à 0,75

Tableau 6 : Association entre l'épaisseur choroïdienne centrale et la rétinopathie diabétique tenant compte des variables de contrôle.

b. Index de vascularisation choroïdienne

- L'index de vascularisation choroïdienne (CVI) mesure quantitativement la vascularisation de la choroïde. Il est statistiquement, nettement plus diminué dans le groupe des patients diabétiques (DM) par rapport au groupe témoin ($p < 0,001$).
- La moyenne de la surface luminale (LA) est diminuée dans le groupe des patients diabétiques comparé au groupe contrôle sans qu'elle ne soit statistiquement significative.

	Contrôle	No RD	RDNP	RDP	DM	P value Contrôle / DM
TCA (mm ²)	3,6945	3,6539	3,5985	3,512	3,5558	0,146
LA	2,5063	2,4405	2,3601	2,2400	2,3008	0,545
SA	1,2057	1,2133	1,2383	1,2720	1,2550	0,521
CVI	0,6811	0,6670	0,6554	0,6374	0,6465	< .001

Tableau 7 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe contrôle et les patients diabétiques)

- En comparant le groupe de patients diabétiques avec et sans rétinopathie diabétique le même résultat est constaté : CVI est significativement plus diminué dans le groupe des patients avec rétinopathie diabétique.

	Contrôle	No RD	RDNP	RDP	RD	P value No RD/ RD
TCA (mm ²)	3,6945	3,6539	3,5985	3,512	3,5558	0,543
LA	2,5063	2,4405	2,3601	2,2400	2,3008	0,195
SA	1,2057	1,2133	1,2383	1,2720	1,2550	0,452
CVI	0,6811	0,6670	0,6554	0,6374	0,6465	<.001

Tableau 8 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe sans rétinopathie diabétique et le groupe des yeux avec rétinopathie)

- Dans les 2 groupes des patients diabétiques avec rétinopathie diabétique, CVI est statistiquement plus diminué dans le groupe RDP.

	Contrôle	No RD	RDNP	RDP	RD	P value RDNP/RDP
TCA (mm ²)	3,6945	3,6539	3,5985	3,512	3,5558	0,588
LA	2,5063	2,4405	2,3601	2,2400	2,3008	0,253
SA	1,2057	1,2133	1,2383	1,2720	1,2550	0,547
CVI	0,6811	0,6670	0,6554	0,6374	0,6465	<.001

Tableau 9 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec rétinopathie diabétique proliférante et non proliférante)

- En analysant les moyennes des paramètres étudiés entre l'ensemble des groupes de l'étude, nous remarquons que CVI et LA diminuent au fur et à mesure que le diabète progresse.

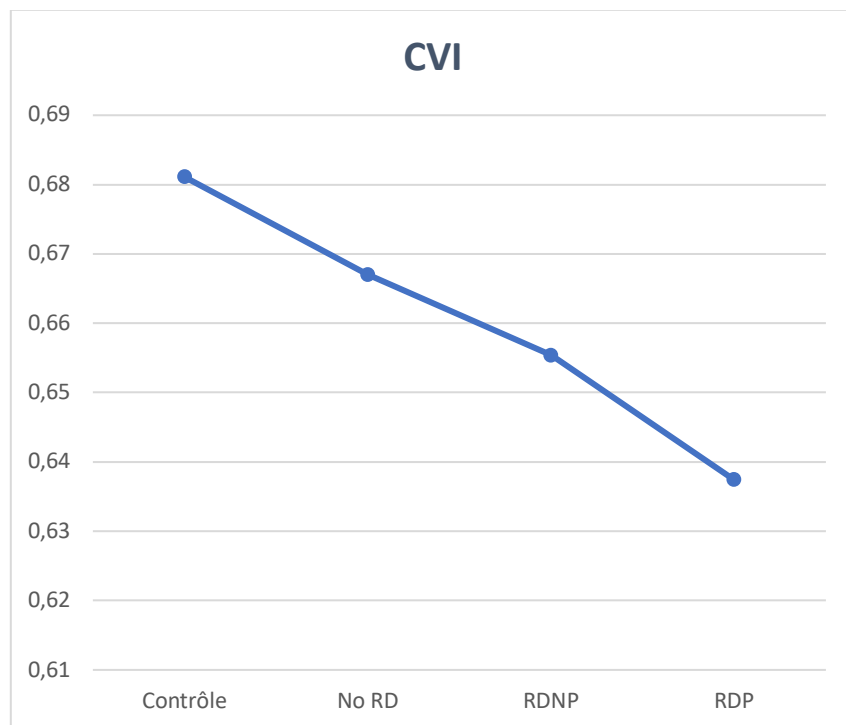


Figure 15 : Représentation des moyennes de CVI des différents groupes de l'étude.

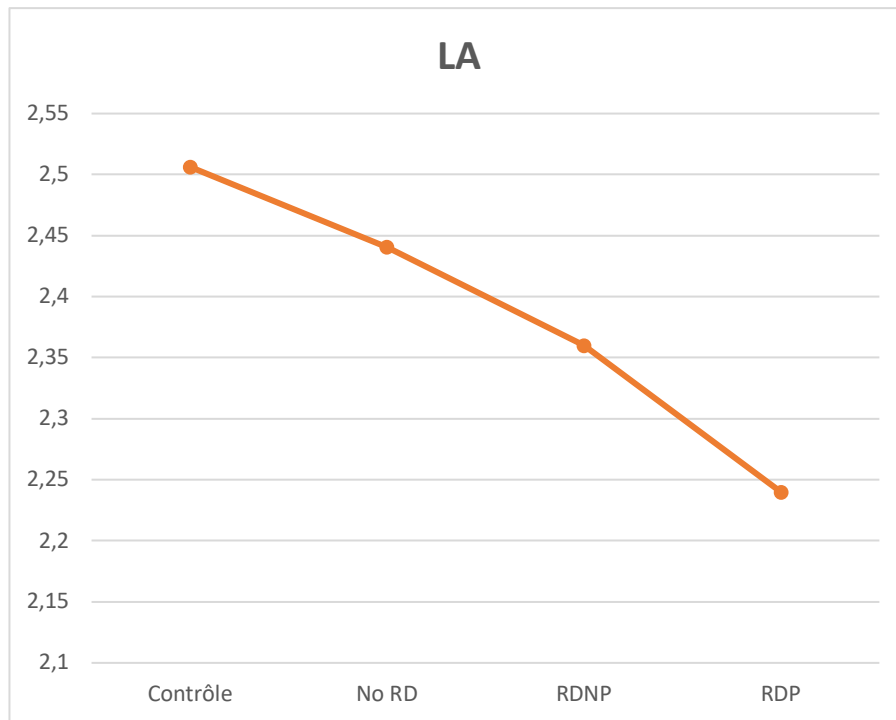


Figure 16: Représentation des moyennes de LA des différents groupes de l'étude.

- L'analyse de l'index de vascularisation choroïdienne dans le groupe des patients diabétiques avec rétinopathie qui ont été traité ou non par une photocoagulation panrétinienne, ainsi que dans le groupe de patients avec ou sans œdème maculaire diabétique a montré que : CVI est significativement diminué dans le groupe traité par PPR ; et tend à être significativement augmenté dans le groupe des patients avec œdème maculaire.

	No PPR	PPR	RD	P value
TCA (mm ²)	3,7611	3,2894	3,78875	0,097
LA	2,4503	2,1033	2,5058	0,029
SA	1,308	1,1861	1,2829	0,539
CVI	0,6518	0,6396	0,6521	< .001

Tableau 10 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec rétinopathie diabétique traités par PPR)

	No OM	OM	RD	P value
TCA (mm ²)	3,5677	3,5410	3,78875	0,753
LA	1,2591	1,2499	2,5058	0,940
SA	2,3086	2,2911	1,2829	0,409
CVI	0,6458	0,6473	0,6521	< 0,084

Tableau 11 : Répartition des moyennes de CVI entre les groupes de l'étude. (Comparaison entre le groupe des yeux avec OMD)

- L'étude de la régression linéaire a révélé une forte corrélation négative entre CVI et la présence du diabète d'une part et la progression de la rétinopathie diabétique d'une autre part même en présence des variables de contrôle.

Variables	Standardized Coefficient	<i>p</i> value	95% intervalle de confiance
Diabète	-0.53	<.001	-0.72 à -0.35
Âge	0.01	0.876	-0.20 à 0,24
Équivalent sphérique	-0.11	0.241	-0.31 à 0,07
Homme/Femme	0.13	0.176	-0.06 à 0,33

Tableau 12 : Association entre CVI et le diabète tenant compte des variables de contrôle.

Variables	Standardized Coefficient	<i>p</i> value	95% intervalle de confiance
Rétinopathie diabétique	-0.43	<.001	-0.47 à -0.04
Âge	-0.25	0.018	-0.20 à 0,24
Équivalent sphérique	-0.14	0.168	-0.35 à 0.06
Homme/Femme	0.012	0.915	-0.21 à 0.23

Tableau 13 : Association entre CVI et la RD tenant compte des variables de contrôle.

Variables	Standardized Coefficient	<i>p</i> value	95% intervalle de confiance
RDNP/RDP	-0.63	<.001	-0.79 à -0.47
Âge	-0.22	0.027	-0.43 à -0.02
Équivalent sphérique	-0.06	0.555	-0.27 à 0.14
Homme/Femme	-0.06	0.522	-0.27 à 0.14

Tableau 14 : Association entre CVI et la RDNP/RDP tenant compte des variables de contrôle.

- L'étude de la régression linéaire entre CCT et CVI n'a pas objectivé de corrélation (B=0,0004; p=0,306)

Variables	Standardized Coefficient	<i>p</i> value	95% intervalle de confiance
CCT	-0.0004	0.306	-0.00013 à 0.000042
Âge	-0.00052	0.018	-0.0009 à -0.00008
Équivalent sphérique	-0.0039	0.146	-0.009 à 0.0013
Homme/Femme	0.0045	0.394	-0.0058 à 0.0149

Tableau 15 : Association entre CVI et CCT tenant compte des variables de contrôle.

DISCUSSION

La choroïde est un tissu vasculaire responsable de l'apport sanguin aux couches externes de la rétine, y compris l'épithélium pigmenté rétinien et les photorécepteurs. Elle est la seule source d'échange métabolique pour la fovéa avasculaire.

La plupart des connaissances anatomiques de la choroïde proviennent d'études histologiques : Les anomalies choroïdiennes des yeux diabétiques comprennent les microanévrismes, la dilatation et l'obstruction de la choriocapillaire, le remodelage et la tortuosité vasculaire, les zones de non-perfusion vasculaire et la néovascularisation choroïdienne.

L'avènement de la tomographie par cohérence optique (OCT) au cours des dernières décennies a permis l'examen de la choroïde, in vivo de façon détaillée et non invasive.

A. ÉPAISSEUR CHOROÏDIENNE

a. SD-EDI OCT

- L'introduction de l'imagerie EDI SD-OCT (Enhanced depth imaging combined with spectral domain optical coherence tomography) a permis la mesure de l'épaisseur choroïdienne in vivo.
- Plusieurs études ont évalué l'épaisseur choroïdienne dans la rétinopathie diabétique avec des résultats contradictoires :

Étude	Journal	Methods	Conclusion
Xu <i>et al.</i> ⁽⁸⁾	Ophthalmology 2013	EDI-OCT	• Le diabète (en tant que maladie systémique) est associé à un épaississement de la choroïde sous-fovéale. • Pas de différence significative de l'épaisseur choroïdienne entre les patients avec ou sans rétinopathie.
Rewbury <i>et al.</i> ⁽⁹⁾	Eye 2016	EDI-OCT	• Augmentation statistiquement significative de l'épaisseur choroïdienne dans la rétinopathie diabétique proliférante par rapport au groupe avec rétinopathie diabétique non proliférante.
Tavares <i>et al.</i> ⁽¹⁰⁾	Retina 2017	EDI-OCT	• Épaisseur choroïdienne augmentée chez les patients diabétiques sans rétinopathie diabétique comparé au groupe contrôle.

Lee <i>et al.</i> ⁽¹¹⁾	Korean Journal of Ophthalmology 2013	EDI-OCT	• L'épaisseur choroïdienne rétro-fovéale est plus fine dans les yeux atteints de rétinopathie diabétique non proliférative ou proliférative que dans les yeux normaux.
Sudhalkar <i>et al.</i> ⁽¹²⁾	Indian Journal of ophthalmology 2016	EDI-OCT	• Les yeux du groupe diabétique avec ou sans rétinopathie diabétique ont une épaisseur choroïdienne rétrofovéolaire inférieure à celle des sujets témoins. • L'amincissement progresse avec la gravité de la RD.

Tableau 16 : Épaisseur choroïdienne dans les différentes études utilisant EDI-OCT

- Ces résultats contradictoires sont peut-être dus à des limitations au protocole EDI : d'une part la longueur d'onde SD-OCT peut ne pas permettre une détection précise de la limite entre la choroïde et la sclérale dans certains cas (Edème maculaire diabétique par exemple) en raison d'une faible pénétration de l'épithélium pigmentaire. D'autre part, la plupart des études utilisant EDI n'ont utilisé la segmentation manuelle qu'en un seul point, ou un nombre limité de points conduisant à des variations plus importantes en raison de l'épaississement ou de l'amincissement focal de la choroïde.

b. Swept - Source OCT

- La tomographie par cohérence optique Swept-Source a le potentiel de surmonter certaines de ces limitations. Elle utilise une source lumineuse différente (laser accordable en longueur d'onde) et a une bonne adaptabilité à des longueurs d'onde plus longues.
- Nous prenons l'exemple de DRI OCT Triton de Topcon : Sa longueur d'onde de 1050 nm qui permet une pénétration améliorée et une diffusion plus faible à travers l'épithélium pigmentaire.
- Ces caractéristiques offrent des avantages potentiels dans la documentation de la choroïde avec des mesures hautement reproductibles de l'épaisseur choroïdienne. De plus, le SS-OCT a actuellement la capacité de générer des cartes pachymétriques automatiques permettant d'examiner la choroïde dans diverses maladies, y compris

la dégénérescence maculaire liée à l'âge, la chorioretinopathie séreuse centrale, les stries angioïdes, la toxicité liée à l'hydroxychloroquine. ⁽¹³⁾

- Plusieurs d'autres études ont utilisé SS-OCT pour comparer l'épaisseur choroïdienne des yeux diabétiques avec des patients témoins :

Étude	Journal	Methods	Conclusion
Lains <i>et al.</i> ⁽¹³⁾	Retina 2017	SS-OCT	• SS-OCT montre une réduction significative de l'épaisseur choroïdienne dans la rétinopathie diabétique proliférante par rapport aux yeux de patients témoins. • Dans la région fovéale, la choroïde semble être plus fine dans les yeux de patients diabétiques avec rétinopathie que dans les yeux sans rétinopathie.
Horváth <i>et al.</i> ⁽¹⁴⁾	Acta Diabetologica 2018	SS-OCT	• La choroïde est significativement plus fine chez les patients diabétiques par rapport aux témoins sains. • Dans le groupe diabétique, une différence significative est constatée entre les moyennes des épaisseurs choroïdiennes des différents stades de la rétinopathie diabétique, avec une épaisseur plus fine dans les cas de rétinopathie proliférante.
Kim <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾	Scientific reports 2018	SS-OCT	• Les yeux des patients diabétiques présentent une épaisseur choroïdienne rétrofovéolaire inférieure à celui des yeux des témoins sains. • Parmi les yeux des patients diabétiques, les valeurs de l'épaisseur choroïdienne les plus basses ont été observées dans le groupe de la rétinopathie diabétique proliférante.
Wang <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾	Clinical and Epidemiologic Research 2020	SS-OCT	• L'épaisseur choroïdienne est augmentée au stade précoce de la rétinopathie diabétique et diminue avec la progression de la RD.

Tableau 17 : Épaisseur choroïdienne dans les différentes études utilisant SS-OCT

- La grande majorité des études utilisant SS-OCT a conclu à une diminution de l'épaisseur choroïdienne dans le groupe des patients diabétiques par rapport aux témoins. La choroïde est encore plus fine dans les yeux avec rétinopathie diabétique proliférante.
- L'étude menée par Wang *et al.* ⁽¹⁶⁾ a démontré que cette épaisseur **augmente** aux stades précoces de la rétinopathie diabétique et **diminue** au fur et à mesure de sa progression : Les auteurs rattachent l'augmentation de l'épaisseur choroïdienne à l'épaississement stromal secondaire à l'hyperperméabilité vasculaire ou à l'état inflammatoire et au stress oxydatif lié au diabète. Puis la diminution de l'épaisseur à l'état hypoxique lors des stades avancés de la rétinopathie.
- Il n'est pas encore clair, si les changements choroïdiens dans le diabète sont liés ou indépendants de la rétinopathie diabétique. Certains auteurs soutiennent la théorie de l'atteinte choroïdienne avant le début de la rétinopathie diabétique ⁽¹¹⁾ tandis que d'autres pensent que la choroïdopathie ne survient que dans les stades les plus sévères de la rétinopathie diabétique. ⁽¹⁵⁾
- Notre étude a révélé une diminution significative de l'épaisseur choroïdienne dans les yeux atteints de rétinopathie diabétique par rapport à ceux sans rétinopathie dans presque tous les secteurs ETDRS avec une forte corrélation ($B = -45,18$; $p < .001$) mais après ajustement en fonction des paramètres influençant l'épaisseur choroïdienne, cette corrélation n'est plus significative ($B = 0,0986$; $p = 0,404$). Le sexe étant un biais dans notre étude. En comparant l'ensemble des patients diabétiques au groupe témoin, nous ne constatons pas de différence significative.
- Et, en tenant compte de l'influence de la photocoagulation panrétinienne, la plupart des auteurs ont décrit une diminution de l'épaisseur choroïdienne 3 mois après le traitement ⁽¹⁷⁾. Il n'existe pas dans notre étude une différence significative entre le groupe de patients traités et le groupe des patients non traités. C'est le cas également pour les deux groupes avec et sans œdème maculaire diabétique.

B. INDEX DE VASCULARISATION CHOROÏDIENNE

- L'index de vascularisation choroïdienne est un nouvel outil d'imagerie permettant la mesure et l'analyse du système vasculaire choroïdien en quantifiant les deux composants luminal et stromal.
- De nombreux rapports ont été publiés concernant ses applications potentielles dans des yeux sains ainsi que dans l'évaluation et la prise en charge de plusieurs maladies chorioretiniennes.
- La littérature actuelle suggère que cet index présente une variabilité moindre et est influencé par moins de facteurs physiologiques par rapport à l'épaisseur choroïdienne. Il peut être considéré comme un paramètre relativement stable pour évaluer les changements dans le système vasculaire choroïdien ⁽¹⁸⁾.
 - En 2013, Branchini et al. ⁽⁴⁾ a démontré que les composants majeurs de la choroïde sont représentés par la lumière vasculaire des vaisseaux.
 - Plus tard en 2015, Sonoda ⁽⁵⁾ et ses collègues ont décrit une technique différente pour calculer la surface luminale et stromale en utilisant une méthode de binarisation Niblack des scans EDI-OCT.
 - Un an plus tard, Agrawal ⁽⁶⁾ et ses co-auteurs ont proposé un nouveau paramètre quantitatif appelé indice de vascularisation choroïdienne comme nouveau paramètre OCT pour mesurer l'état vasculaire de la choroïde.
- Récemment, la comparaison entre les mesures de l'index de vascularisation choroïdienne sur les scans SD-OCT et SS-OCT a été étudiée et une bonne fiabilité a été rapportée entre les mesures obtenues avec les deux longueurs d'onde ⁽¹⁹⁾.

Étude	Journal	Methods	Conclusion
Tan <i>et al.</i> ⁽²⁰⁾	Acta Ophthalmologica 2016	EDI-OCT	• Les yeux des patients diabétiques ont montré une diminution de l'IVC avec une diminution évidente de la surface luminale. • Aucune différence n'a été retrouvée entre la surface luminale et la surface stromale chez les patients témoins par rapport aux patients diabétiques avec ou sans rétinopathie.
Kim <i>et al.</i> ⁽¹⁵⁾	Scientific reports 2018	SS-OCT	• Les yeux des patients diabétiques présentent un index significativement inférieur à celui des témoins sains, même sans rétinopathie diabétique. • Les yeux présentant une rétinopathie proliférante présentent un index significativement plus faible que les groupes témoins sains, sans rétinopathie ou avec rétinopathie légère à modérée.
Damian <i>et al.</i> ⁽²¹⁾	Journal of clinical medicine 2021	EDI-OCT	• Les valeurs moyennes de la surface choroïdienne totale ainsi que la surface luminale et la surface stromale dans le groupe des patients diabétiques ont été significativement diminuées indépendamment de la présence de la rétinopathie.

Tableau 18 : CVI dans les différentes études.

- La grande majorité des études ont objectivé un index de vascularisation choroïdienne diminué chez les patients diabétiques avec ou sans rétinopathie.
- Notre étude a retrouvé un index de vascularisation diminué chez les patients diabétiques en comparaison avec le groupe de patients témoins sains. Et en comparant les yeux de patients diabétiques, on constate une diminution de cet index parallèle à la progression de la rétinopathie. Ainsi, les yeux présentant une rétinopathie proliférante ont un index de vascularisation significativement diminué par rapport à ceux avec une rétinopathie non proliférante ou sans signes de rétinopathie.
- La diminution de l'index de vascularisation choroïdienne est associée à une diminution de la surface luminale entre les différents sous-groupes. Ceci peut être expliqué par la vasoconstriction vasculaire secondaire à l'hypoxie de la choroïde au fur et à mesure que la rétinopathie progresse.

- L'étude de régression linéaire a révélé à son tour une forte corrélation négative entre le diabète et CVI ($B=-0.53$; $p < .001$), entre la rétinopathie diabétique et CVI ($B=-0.43$; $p < .001$) et entre la sévérité de la rétinopathie et CVI ($B=-0.63$; $p < .001$) même après ajustement en fonction des facteurs de contrôle, prouvant ainsi l'influence moindre de cet index par les facteurs physiologiques par rapport à l'épaisseur choroïdienne.
- Nous avons également étudié la régression linéaire entre CCT et CVI qui n'a pas objectivé de corrélation entre les deux paramètres ($B=-0.0004$; $p < 0.306$).

C. POINTS FORTS

- La plupart des études publiées sur l'index de vascularisation choroïdienne ont été menées sur des populations asiatiques. À notre connaissance, cette étude est la première à être menée sur des yeux de patients africains.
- L'épaisseur choroïdienne a été obtenue automatiquement pour éliminer la part subjective de la sélection manuelle.
- Toute la surface choroïdienne (6mm) a été sélectionnée pour étudier l'index de vascularisation choroïdienne, contrairement à d'autres études qui se sont limitées à la région rétrofovéolaire, qui peut ne pas représenter correctement la choroïde diabétique.

D. LIMITES

- Notre étude comporte un petit échantillon d'yeux qui n'a pas permis une classification plus détaillée de la rétinopathie diabétique, ce qui limite la possibilité d'une étude de la corrélation plus précise.
- Le sexe a été un facteur de confusion dans notre étude, ce qui a limité la possibilité d'une meilleure étude de la corrélation entre l'épaisseur choroïdienne et le diabète.
- La mesure de l'index de vascularisation choroïdienne a été effectuée sur une seule coupe B-Scan passant par la fovéa.

CONCLUSION

En conclusion, avec l'avènement des dernières technologies OCT, la choroïdopathie diabétique est devenue une entité clinique hautement étudiée suscitant un grand intérêt chez les chercheurs.

Le développement de la mesure de l'index de vascularisation choroïdienne fournit une approche plus complète pour comprendre les changements vasculaires choroïdiens se produisant dans diverses maladies oculaires. Par rapport aux mesures de l'épaisseur choroïdienne, l'évaluation de cet index fournit une analyse plus précise et plus détaillée de la vascularisation choroïdienne, permettant un diagnostic et un suivi de la progression de la maladie.

Les résultats d'un grand nombre d'études suggèrent que les anomalies vasculaires choroïdiennes peuvent jouer un rôle important dans le développement et la progression de la rétinopathie diabétique. Néanmoins, des investigations complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre la relation entre la choroïdopathie diabétique et la progression de la rétinopathie diabétique.

RÉFÉRENCES

1. Vujosevic et al., Screening for diabetic retinopathy: new perspectives and challenges, *Lancet Diabetes Endocrinol* (2020)
2. Mrejen et al., Optical coherence tomography: imaging of the choroid and beyond. *Surv Ophthalmol* (2013), 58(5):387–429
3. Kim et al., Choroidal vascularity index in type-2 diabetes analyzed by swept-source optical coherence tomography, *Scientific reports* (2018) 8:70
4. Branchini et al., Analysis of choroidal morphologic features and vasculature in healthy eyes using spectral-domain optical coherence tomography, *Ophthalmology* (2013),120:1901-1908
5. Sonoda et al., Luminal and Stromal Areas of Choroid Determined by Binarization Method of Optical Coherence Tomographic Images, *Am. J. Ophthalmol.* (2015) 159, 1123–1131.e1
6. Agrawal et al., Choroidal vascularity index as a measure of vascular status of the choroid: Measurements in healthy eyes from a population-based study. *Sci. Rep.* (2016), 6, 1–9
7. Early treatment diabetic retinopathy study research group, Grading diabetic retinopathy from stereoscopic color fundus photographs - An extension of the modified Airlie House classification, *Ophthalmology* (1991), 98(5):786–806
8. Xu et al., Subfoveal Choroidal Thickness in Diabetes and Diabetic Retinopathy, *Ophthalmology* (2013);120:2023-2028
9. Rewbury et al., Subfoveal choroidal thickness in patients with diabetic retinopathy and diabetic macular oedema, *Eye* (2016) 30, 1568–1572
10. Tavares et al., Choroidal thickness in diabetic patients without diabetic retinopathy, *RETINA* (2017) 0:1–10
11. Lee et al., Comparison of choroidal thickness in patients with diabetes by spectral-domain optical coherence tomography, *Korean J Ophthalmol.* 2013,27:433-439
12. Sudhalkar et al., Choroidal thickness in diabetic patients of Indian ethnicity., *Indian J Ophthalmol.* (2015),63:912-916
13. Lains et al., Choroidal thickness in diabetic retinopathy assessed with swept-source optical coherence tomography. *Retina.* 2018; 38:173–182.
14. Horvath et al., Choroidal thickness changes in non-treated eyes of patients with diabetes: swept-source optical coherence tomography study. *Acta Diabetol.* 2018; 55:927–934.
15. Kim et al., Choroidal vascularity index in type-2 diabetes analyzed by swept-source optical coherence tomography, *Scientific reports* (2018) 8:70

16. Wang et al., Choroidal Thickness in Diabetes and Diabetic Retinopathy: A Swept Source OCT Study, *Invest Ophthalmol, Vis Sci.* (2020) ;61(4):29.
17. Zhang et al., Changes in choroidal thickness after panretinal photocoagulation for diabetic retinopathy: a 12-week longitudinal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* (2015) 56(4):2631–2638
18. Iovino et al., Choroidal vascularity index: An in-depth analysis of this novel optical coherence tomography parameter, *J. Clin. Med.* (2020) 9, 595
19. Agrawal et al., Choroidal vascularity index using Swept-Source and Spectral-Domain optical coherence tomography: A comparative study, *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* (2019) 1;50(2): e26-e32.
20. Tan et al., Choroidal vascularity index - a novel optical coherence tomography parameter for disease monitoring in diabetes mellitus? *Acta ophthalmologica* (2016) 94, e612–e616
21. Damian et al., Analysis of the Choroid and Its Relationship with the Outer Retina in Patients with Diabetes Mellitus Using Binarization Techniques Based on SD-OCT, *J. Clin. Med.* (2021) 10, 210.

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

La rétinopathie diabétique est une des principales causes de cécité dans le monde. Elle est la complication microvasculaire la plus courante du diabète.

L'atteinte choroïdienne dans le diabète a été essentiellement révélée par des études histopathologiques. Depuis l'avènement du Spectral Domain OCT et plus récemment le Swept-Source OCT, la mesure de l'épaisseur choroïdienne est plus facile et l'analyse, à la fois de la composante luminale et la composante stromale, est plus accessible.

PATIENTS ET MÉTHODES

Notre étude est prospective de Juillet 2022 à Janvier 2023, nous avons inclu 152 yeux de patients diabétiques et non diabétiques et nous avons exclu toute pathologie pouvant affecter la choroïde ou compromettre la résolution de l'image OCT.

L'épaisseur choroïdienne a été obtenue automatiquement selon la grille ETDRS grâce au logiciel intégré à l'OCT, et l'index de vascularisation choroïdienne a été calculé à l'aide du Logiciel FIJI en se basant sur la méthode de Agrawal et *al.*

RÉSULTATS

Nous avons retenu 152 yeux de 87 patients : 30 yeux de patients sains, 122 yeux de patients diabétiques divisés en 3 groupes : 37 yeux sans rétinopathie diabétique, 43 yeux avec une rétinopathie diabétique non proliférante et 42 yeux avec une rétinopathie diabétique proliférante. L'âge moyen de nos patients est de 55 ± 12 ans avec une prédominance masculine.

Notre étude statistique a montré une nette diminution de l'épaisseur choroïdienne dans les yeux avec rétinopathie diabétique comparés aux yeux sans rétinopathie dans tous les secteurs ETDRS avec une forte corrélation négative ($B = -45,18$; $p < .001$) mais après ajustement en fonction des facteurs de contrôle, cette corrélation n'a plus lieu. En effet, le sexe est un facteur de confusion dans notre série.

Concernant l'index de vascularisation choroïdienne, l'étude de la corrélation a montré une nette corrélation négative entre cet index et la présence du diabète d'une part et la progression du diabète d'une autre part même en présence des variables de contrôle.

DISCUSSION

Dans la littérature, les résultats sont contradictoires : certains auteurs rapportent un épaissement de la choroïde chez les patients diabétiques ou avec rétinopathie, d'autres rapportent un amincissement significatif chez ces mêmes patients. Ces résultats sont principalement expliqués par le type d'OCT utilisé, le Spectral Domain OCT étant moins précis et nécessitant une segmentation manuelle de la choroïde.

Notre étude a révélé une diminution significative de l'épaisseur choroïdienne dans les yeux atteints de rétinopathie avec une forte corrélation négative ($B = -45,18$; $p < .001$) qu'on ne retrouve plus après ajustement en fonction des covariantes. ($B = 0,0986$; $p = 0,404$). En effet, le sexe a été un facteur de confusion dans notre série.

Et comme dans la majorité des études, la régression linéaire étudiant l'index de vascularisation choroïdienne a clairement montré une corrélation négative entre cet index et le diabète, la rétinopathie diabétique et sa sévérité même après ajustement en fonction des facteurs de contrôle. Ce qui prouve l'influence moindre de cet index par les facteurs physiologiques : On peut attribuer la baisse de l'IVC à une baisse de la surface luminale essentiellement.

CONCLUSION

L'index de vascularisation est un nouvel outil qui a, récemment suscité beaucoup d'intérêt et a permis de nouvelles orientations de recherches dans les yeux sains et pathologiques.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Diabetic retinopathy is one of the leading causes of blindness in the world. It is the most common microvascular complication of diabetes.

Choroidal involvement in diabetes has been mainly revealed by histopathologic studies. Since the advent of Spectral Domain OCT and more recently Swept-Source OCT, measurement of choroidal thickness is easier and analysis of both the luminal and stromal components is more accessible.

PATIENTS AND METHODS

Our study is prospective from July 2022 to January 2023, we included 152 eyes of diabetic and non-diabetic patients and we excluded any pathology that could affect the choroid or compromise the resolution of the OCT image.

Choroidal thickness was obtained automatically according to the ETDRS grid using the software integrated with the OCT, and the choroidal vascularization index was calculated using the FIJI Software based on the method of Agrawal et al.

RESULTS

We included 152 eyes of 87 patients: 30 eyes of healthy patients, 122 eyes of diabetic patients divided into 3 groups: 37 eyes without diabetic retinopathy, 43 eyes with non-proliferative diabetic retinopathy and 42 eyes with proliferative diabetic retinopathy. The average age of our patients was 55 ± 12 years with a male predominance.

Our statistical study showed a clear decrease in choroidal thickness in eyes with diabetic retinopathy compared with eyes without retinopathy in all ETDRS areas with a strong negative correlation ($B = -45.18$; $p < .001$) but after adjustment for control factors, this correlation no longer occurs. Indeed, sex is a confounding factor in our series.

Concerning the choroidal vascularization index, the correlation study showed a clear negative correlation between this index and the presence and the progression of diabetes even in the presence of control variables.

DISCUSSION

The studies in the literature are contradictory: some authors report a thickening of the choroid in patients with diabetes or retinopathy, while others report a significant thinning in these same patients. These results are mainly explained by the type of OCT used, the Spectral Domain OCT being less precise and requiring manual segmentation of the choroid.

Our study revealed a significant decrease in choroidal thickness in eyes with retinopathy with a strong negative correlation ($B=-45.18$; $p<.001$) that was no longer found after adjustment for covariates. ($B= 0.0986$; $p=0.404$). Indeed, gender was a confounding factor in our series.

As in the majority of studies, linear regression investigating the choroidal vascularization index clearly showed a negative correlation between this index and diabetes, diabetic retinopathy, and its severity even after adjustment for control factors. This proves the lesser influence of this index by physiological factors: The decrease in CVI can be attributed to a decrease in luminal area.

CONCLUSION

The choroidal vascularization index is a new tool that has recently raised a lot of interest and has allowed new research orientations in healthy and pathological eyes.