**MODÈLES DE DOPPLER D’ARTÈRE OPHTHALMIQUE ET ARTÈRE RETINAL CENTRAL CHEZ LES PATIENTS DE GLAUCOME D’ANGLE OUVERT PRIMAIRE À L’HÔPITAL DES ENSEIGNEMENTS UNIVERSITAIRES DE LAGOS, NIGERIA**

**Eniola M.A**1\*, **Adeyomoye A.A.O**2, **Musa K.O**3**, Ishola A.A.S**4**, Olatunji O.O.**5

1Clinix Healthcare, Lagos, Nigeria

2Département de la Radiodiagnose, Hôpital d’Enseignements Universitaires de Lagos (LUTH), Lagos, Nigeria.

3Département de l’ Ophthalmologie (Centre pour les yeux de Guinness), Hôpital d’Enseignements Universitaire de Lagos (LUTH)/ Collège de la Médicine de l’Université de Lagos, Lagos, Nigeria.

4 Centre Médical Fédéral, Abeokuta, Nigeria.

5Hôpital National , Abuja, Nigeria

**\*Correspondence:** Dr. K.O Musa. **E-mail**: musa\_kareem@yahoo.com

**Conflit d’intérêt:** Aucun

**Source de soutient sous forme de bourse:** Aucun

**RÉSUMÉ**

**Arrière-Plan:** Les anormalités circulatoires des nerfsrétrobulbaires sont lies a l’aetiopathogénèse de la glaucome primaire d’angle ouvert. Ces anormalités peuvent être examinées par une image de Doppler en couleur des nerfs rétrobulbaires.

**But et objectifs :** Comparer les modèles de Doppler Ultrason d’artère rétinal central et artère ophtalmique chez les nouveaux patients avec la diagnose de glaucome primaire d’angle ouvert (GPAO) avec ceux du groupe non-glaucomateux.

**Modèle de l’étude :** Etude comparative et intersectorielle basée sur l’hôpital

**Lieu :** Département de l’Ophtalmologie (Centre d’œil de Guinness) et Département de la Radiographie, Hôpital des Enseignements Universitaires de Lagos, Idi Araba, Lagos, Nigeria.

**Matériels et Méthodes :**  Fin de la Vélocité diastolique (FVD), Sommet de la Vélocité systolique (SVS) et l’index de la résistivité (IR) étaient mesures dans l’artère rétinal central (ARC) et l’artère ophtalmique (AO) de deux yeux des patients de GPAO nouvellement diagnoses. Les valeurs de Doppler des mieux et mauvais yeux des patients avec GPAO asymétriques sont également comparés.

**Résultats:** Cent patients d’enquêtés (200 yeux) y compris 50 patients GPAO et 50 sujets non-glaucomateux en bonne santé étaient recrutés pour cette étude. La ration de mâle a femelle était 1 :1.1 (24 mâles et 26 femelles) pour les patients de GPAO et 1 :1 (mâles et femelles) pour des sujets non-glaucomateux. L’ARC et l’AO dans les deux yeux de patients GPAO avait un moyen bas dans FVD et SVS comparés avec ceux du groupe glaucomateux (p ˂ 0,001). L’ARC et l’AO dans deux yeux des patients GPAO avait un moyen élevé de IR compares avec ceux du groupe non-glaucomateux (p ˂ 0,001). Une corrélation de Pearson positive signifiante était vu entre PIO et IR dans ARC et AO dans deux yeux. Egalement, les corrélations statistiquement négatives et signifiante de Pearson étaient vues entre PIO et SVS et FVD dans AO et ARC des deux yeux.

**Conclusion:** Cette étude a démontré une réduction signifiante en FVD et SVS ainsi que IR de l’ARC et AO dans deux yeux parmi les patients GPAO compares au groupe non-glaucomateux.

**Mots-Clefs :** Artère rétinal central, Glaucome, Artère ophtalmique, Doppler, Lagos.

**Introduction**

Glaucome est un groupe des maladies des yeux avec une neuropathie distinctive optique et perte de tissue neural conduisant à l’évolution des modèles caractéristiques des champs défauts visuels.1 Dans le monde entier, glaucome est le deuxième la cause la plus commune d’aveuglement et la cause dominante de la perte de vision irréversible.2 Cela constitue 12,3% de l’aveuglement mondial et 16,7% d’aveuglement des adultes de 40 ans et plus au Nigeria.1,3

Glaucome a été traditionnellement classifie comme primaire ou secondaire (basé sur une cause anatomique identifiable de l’obstruction d’écoulement vers dehors) ainsi que l’angle ouvert ou l’angle ferme (base sur la patence de l’angle du chambre antérieur).1 Glaucome primaire d’angle ouvert (GPAO) est le type prédominant de glaucome et courts une course plus agressive chez les personnes de teint noir tel compares au Caucasiens.4

Malgré le fait que le niveau de la pression intraoculaire (PIO) est un des facteurs primaires de risques pour le développement de glaucome, la susceptibilité de glaucome est aussi déterminée par la résilience de nerf optique aux multiples mécanismes pathogéniques dans la neuropathie.1 La théorie vasculaire est une des théories majeures qui ont été proposées avec le respect de l’aetiopathogénèse de glaucome.5 Dans la théorie vasculaire, la neuropathie optique glaucomateuse est considérée pour apparaitre comme une conséquence du sang insuffisant soit à cause de PIO élevé soit à cause d’autres causes de la réduction d’écoulement du sang oculaire.6,7 Les évidences augmentant des études cliniques indiquent que les anormalités circulatoires sont importantes dans l’aetiopathogénèse de glaucome et des facteurs vasculaires qui aboutissent à l’ischémie du nerf optique peut être contributoire.6,8,9

Il y a des plusieurs méthodes non-invasives pour évaluer l’écoulement du sang oculaire. Cela comprend Vélocimétrie de Laser Doppler (VLD), l’écoulement- mètre de scanner laser (ESL), l’écoulement- mètre de laser Doppler (ELD), Image de Doppler en couleur (IDC), Le domaine-Fourier Doppler de la cohérence optique tomographie (Doppler FD-OCT) et la cohérence optique tomographie-angiographie (OCT-A).10-14 En 1989, Erickson et al11 a introduit l’image de Doppler en couleur orbitale (IDC).15 L’IDC orbital est un moyen d’accéder les nerfs du sang dans l’orbite qui est moins cher, toujours disponible, non-invasive et relativement facile. Il est utile pour le contrôle qualitatif et quantitatif de la vélocité d’écoulement du sang.15,16 On emploi Image de Doppler simultanément et B-Scan afin de trouver et accéder les paramètres de la vélocité de l’écoulement du sang dans les nerfs du sang orbital.

L’hypothèse vasculaire dans la neuropathie optique glaucomateux a été suggéré dans plusieurs études hors du Nigeria, cependant, peu d’étude ont été faites dans ce pays sur ce regard. Odunlami et al17 a fait une étude similaire avec l’emphase sur la vélocité d’écoulement du sang dans l’œil droit seulement en utilisant les contrôles âge-lié (age-matched). Cette paucité de l’information compréhensive de Doppler sur la circulation artérielle rétrobulbaire parmi les patients nigérians de glaucome ont informé le besoin de cette étude.

Cette étude vise à comparer l’artère ophtalmique et les paramètres de Doppler sur l’artère rétinal central de nouveaux patients avec la diagnose de GPAO et âge-sexe lie du groupe non-glaumateux afin de déterminer s’il y a de différences hémodynamique dans chaque œil de patients asymétrique de GPAO car GPAO est une maladie asymétrique bilatérale.

**Matériels et Méthodes**

Cette étude comparative et entre-sectorielle, basée sur un hôpital, a comparé des patients de glaucome primaire d’angle ouvert nouvellement diagnoses qui sont âgés de 40 ans et au-dessus avec l’âge tendre lie avec un groupe non-glaucomateux. Elle a été effectué à l’Hôpital Universitaire d’Enseignement de Lagos (Lagos University Teaching Hospital LUTH), Nigeria pendant une durée de neuf mois, du septembre 2016 à mai 2017. Cette étude a été approuvé par la Comité de l’Ethique de la Recherche en Santé (Health Research Ethics Committee) de l’Hôpital Universitaire d’Enseignement de Lagos (LUTH) [ADM/DCST/HREC/APP/1049] et les règlements de la déclaration de Helsink étaient étroitement respectés.

Cent sujets ont été recrutes pour cette étude, en comparant 50 patients nouvellement diagnoses comme GPAO et 50 âge-sexe marques comme des sujets glaucomateux. Les patients consécutifs et qui sont d’accord ; ceux qui ont atteints les critères d’inclusion étaient recrutes pour la clinique de Glaucome du Département de Ophtalmologie (Department of Ophthalmology, LUTH) alors que âge-sexe lies des sujets non-glaucomateux étaient recrutes concurrentement a la Clinique Générale d’Ophtalmologie (General Ophthalmology Clinic). Les deux yeux étaient utilisés pour l’étude qui constituent un total de 200 yeux.

Les patients moins âges que 40 ans, ceux avec d’autres types de glaucome hors de GPAO, ceux avec anormalités corneales preclus la tonométrie juste , ceux avec l’inflammation oculaire de surface ou uvéites et ceux avec n’importe quelle maladie médicale sévère cliniquement et biochimiquement (diabète mellites, hypertension systémique, hypercholestérolémie) ou condition psychiatrique étaient hors de cette étude. D’autres critères d’exclusion y compris la thérapie anti-hypertensive, ayant eu l’opération intraoculaire ou l’opération laser et la neuropathie non-glaucomateux ou défauts rétinaux.

GPAO était défini par PIO corrige ≥ 21mmHg, angle ouvert sur la gonioscopie , nerf optique tête-verre a ration disque d’au moins 0,7 ou la différence d’une ration d’un verre à disque plus que 0,2 entre yeux droits et gauches qui était consistant avec des défauts du champ visuel dans deux programmes centraux consécutifs 24-2 du test périmètre de Humphrey (Humphrey threshold perimetry test), selon les critères de la Société Européenne sur Glaucome (European Glaucoma Society).20,21 Sur ce qui concerne les répondants avec GPAO asymétriques (différence en gravité de glaucome de chaque œil), la gravité de glaucome était basée sur la ration du verre au disque (RVD) tel que l’œil avec moins de RVD était classifie comme un œil mieux alors que l’œil avec plus de RVD était classifié l’œil mauvais.

Les deux yeux de tous les patients qualifiés de GPAO et du groupe non-glaucomateux avaient l’évaluation de la vélocité d’écoulement du sang de leur artère ophtalmique (AO) et l’artère rétinal central (ARC) avec l’aide de l’Image de Doppler en couleur (IDC) une machine d’ultrason (Toshiba Nemio XG système diagnostique d’ultrason, modèle 2000, probe 7,5 MHz, phase linéaire d’arrangement de transducteur). Le transducteur était placé sur l’ipsilateral commun de l’artère carotide (ipsilateral common carotid artery) pour être certain de la vélocité d’écoulement du sang et d’exclure n’importe quelle maladie d’artère carotide.22 Seulement les répondants avec forme d’onde carotide normale (normal carotid waveform) avaient été subis éventuellement à l’étude pour la vélocité d’écoulement du sang. Afin d’examiner la vélocité d’écoulement du sang de l’ARC et l’AO , chaque participant se couche *supine* et il est demande de regarder directement après que les yeux avaient été fermés. L’ultrason 7,5 MHz probe était soigneusement applique aux peaux de yeux fermes en utilisant la crème de coupling (coupling gel*)*. Les focalisations de filtre de mur-bas (Low wall filter settings) ainsi que la correction d’angle de ≤20°, étaient occasionnellement utilises en se servant de la caisse de couleur (a colour box steering*)* pour accomplir cela.16,17

Pendant cette enquête toute entière, le processus était soigneusement effectué afin d’eviter un manuel insignifiant de la pression de probe.23 La fenêtre d’IDC était localisée sur la région rétrobulbaire après que l’écoulement du sang d’artère rétinal central et ophtalmique sont identifiés.23 Ensuite, un échantillon de portail d’onde (1,5mm x 1,5 mm) était placé sur la région d’écoulement d’IDC afin de déplacer la trace de la fréquence de Doppler.23 La trace était considérée satisfaisante si trois formes d’onde consécutives étaient identifiées en permettant le moyen des valeurs des trois cycles cardiaques d’être obtenus.

L’AO s’était trouvé superonasal au nerf optique en orientant l’échantillon de volume environ 10-15mm postérieur à l’œil.24 Le nerf optique était identifié comme le rayon visible hypo-échoïque. L’ARC se trouvait à l’intérieur de l’ombre du nerf optique en orientant le côté central d’échantillon de volume vers 2-3mm postérieur a la tête du nerf optique.24 La fin de la vélocité diastolique ( FVD ) et le sommet de la vélocité systolique (SVS) étaient mesures avec un caliper d’entre-cheveux ( cross-hair caliper). L’indexe de la résistivité (IR) était automatiquement calcule par la machine en utilisant le l’équation de Pourcelot (Poucelot equation). Les deux yeux étaient insonatés , en commençant avec le droit. La variabilité intra-observeuse était diminué en prenant un moyen de 3 mesure des paramètres Doppler vélocimétrique (SVS, FVD , et IR) pour chaque artère.

L’analyse des données était effectuée avec (IBM Statistic Package*)* pour Science Sociale, version 20 (Chicago , IL 2007). Le moyen PIO, IR, SVS, et FVD des patients GPAO étaient compares avec leurs âge-sexe combine des patients non-glaucomateux en utilisant Independent t-test après avoir examiner la normalité avec le Kolmogorov-Smirnov test*.* Similairement, les valeurs de Doppler des mieux et mauvais yeux des patients avec GPAO asymétrique étaient aussi comparés en utilisant t-test indépendant (Independent t-test). Les rapports linéaires entre la pression intraoculaire et l’AO et l’ARC des paramètres de Doppler étaient déterminés avec le coefficient de la corrélation de Pearson (Pearson correlation coefficient). Une P-valeur de moins que 0,05 était considéré statistiquement signifiant.

**Résultats**

Un nombre total de 100 enquêtés (200 yeux) y compris 50 patients de GPAO et 50 sujets en bonne santé non-glaucomateux sont consultes pour cette étude. Il y 24 males et 26 femelles dans le groupe GPAO avec un male a une femelle en ration de 1 :1 .1 alors que la ration du male a femelle était 1 :1 (25 males et 25 femelles) pour des sujets non-glaucomateux. L’âge moyen pour le groupe GPAO était 51,62 ± 9,39 ans (entre, 40-69) alors que le groupe non-glaucomateux était 53.58 ± 9,44 ans (entre 41-72). Les distributions de l’âge et du sexe de deux groupes n’étaient pas très différentes (p ˃ 0,05).

Le moyen de la pression intraoculaire des patients GPAO était très plus élevé que ceux du groupe non-glaucomateux. Le moyen de la pression intraoculaire (PIO) de l’œil droit du groupe GPAO, 28,26 ± 3,42 mmHg, était plus élevé que le moyen de PIO de l’œil droit du groupe non-glaucomateux 12,56 ± 1,93 mmHg, (p˂ 0,001 ; 95% de confiance intervalle de la différence entre les moyens, 14,60 – 16,80). Egalement, le moyen de l’œil gauche de PIO du groupe non-glaucomateux, 12,74 ± 1,90 mmHg, (p ˂ 0,001 ; 95% confiance intervalle de différence entre moyens, 14,12 – 16,36).

Tableau numéro 1 compare des modèles Doppler de l’artère rétinal central (ARC) et l’artère ophtalmique (AO) entre le groupe de GPAO et le groupe non-glaucomateux. L’ARC et l’AO dans les deux yeux des patients de GPAO avaient un moyen bas de la fin de la vélocité diastolique (FDV) et le sommet de la vélocité systolique (SVS) compares avec ceux du groupe non-glaucomateux. Au contraire, l’ARC et l’AO dans les deux yeux des patients de GPAO avaient un moyen élevé considérable de IR compares avec ceux du groupe non-glaucomateux.

Tableau numéro 2 dépeint la corrélation entre le moyen de PIO et les modèles Doppler de l’ARC et l’AO dans les deux yeux du groupe de GPAO. Le moyen de PIO était trouvé être négativement et considérablement corrélé avec SVS ainsi que FVD de l’AO et l’ARC dans deux yeux du groupe GPAO (Tableau 2, Image 1). Au contraire, le moyen PIO était trouvé être positivement et considérablement corrélé avec l’IR de l’AO et l’ARC dans les deux yeux du groupe GPAO (Tableau 2, Images 2 et 3).

Trente-cinq (70,0%) des 50 répondants avec GPAO avait la maladie asymétrique. Le moyen ration verre au disque (RVD) dans les mieux et mauvais yeux des répondants avec GPAO asymétriques étaient 0,69 ± 0,08 et 0,82 ± 0,08 respectivement (t = -6,60, p ˂ 0,001). Il y avait aucune différence signifiante dans le moyen FVD, SVS et IR de l’AO et l’ARC entre les deux yeux des patients GPAO avec RVD asymétrique. (Tableau 3)

**Discussion**

Cette étude a découvert les valeurs de moyen significativement bas de la vélocité diastolique de la fin (VDF) .et la vélocité systolique du sommet (VSS) de d’artère ophtalmique (AO) et artère rétinal central (ARC) dans les deux yeux du groupe GPAO compare au groupe glaucomateux. Ceci est similaire aux découvertes d’Odunlami et al17 qui a conduit une étude similaire parmi la population nigériane a Ile-Ife. Des observations similaires ont été relevées des études précédentes hors du Nigeria. 22,25-28 Ces études ont suggéré un rapport possible entre les vélocités réduites du courant du sang rétrobulbaire et l’aetiopathogénèse de glaucome. Singh et al29 a observé que l’ARC et l’AO de patients GPAO qu’ils ont étudiés a diminué drastiquement VDF et VSS compares aux sujets normaux. Ils ont postulé que le courant réduit du sang rétrobulbaire était probablement une fonction de la pression intraoculaire augmente (PIO) et non pas un facteur indépendant dans l’aetiologie de glaucome.

Hors du déclin de VDF et VSS parmi les répondants de GPAO dans cette étude, les le moyen d’indices résistifs (IR) de l’ ARC et AO étaient très plus haut dans les deux yeux ( p<0.001) du groupe GPAO au groupe non-glaucomateux. Cela tombe d’accord avec les découvertes des études précédant du Nigeria,17 Africa,30 Europe,25,27,28,31 Asia,22 et Amérique du Nord.26,32 Les valeurs (IR) plus haut a suggéré une résistance plus haut au courant du sang dans artères rétinal central et ophtalmique des patients GPAO. Le IR, étant une ration, n’est pas dépendant l’angle de Doppler faisant que sa valeur utile pour la comparaison des résultats parmi des études car les valeurs sont constantes malgré le changement de l’angle de Doppler.17,22 Le IR élevé dans l’ ARC et l’AO des patients non-soignes de GPAO a été attribué à la PIO élevée qui a abouti au blocage directe du écoulement du sang dans la circulation rétinale.17,31 Cela est an accord avec la découverte de la corrélation positive entre PIO et IR dans AO et ARC de deux yeux des patients GPAO qui constituent les répondants de l’enquête de cette étude. En plus, les valeurs de corrélation de Person positive entre PIO et IR sont plus haut constamment sur ce qui concerne ARC compare à AO dans les deux yeux des patients GPAO. Cela peut suggérer que l’ARC est plus sensitif pour détecter les changements de PIO que l’AO. La raison peut être le fait que l’AO est une artère relativement large qui n’a pas de plusieurs branches y compris l’ARC.

Dans cette étude, les différences entre le moyen des valeurs des paramètres de IDC des yeux mieux des répondants avec GPAO asymétrique compare à leurs mauvais yeux ne sont pas signifiants statistiquement. Singh et al29 a observé aucune différence signifiante statistiquement dans les paramètres de IDC de l’AO, l’ARC et le court artère ciliaire postérieur (CACP) de répondants asymétriques de GPAO avec la glaucome du début, de milieu et de l’avancé. Cela peut suggérer la contribution d’autres facteurs a RVD asymétrique que les différences dans les indices hémodynamiques qui peuvent être explorés dans les études de l’avenir. Au contraire, Hommer et al33 a observé que l’écoulement des vélocités du sang qui est au moyen bas des yeux mauvais des répondants avec GPAO asymétriques quand c’est comparé à leurs yeux mieux. Cependant, il n’y a pas de différence signifiante trouvée sur ce qui concerne l’AO. La disparité dans leurs découvertes peut demander d’autres explorations approfondies ; cela peut être mentionné, cependant, que Hommer et al33 a étudié seulement 15 répondants de GPAO asymétriques.

 Cette étude est limitée par non-disponibilité des informations sur le diamètre des *vessels* étudiés. Cependant, la vélocité d’écoulement du sang quand déterminé avec l’IDC peut ne pas vraiment montrer le volume de l’écoulement du sang. En plus, la validité de IR comme une mesure de résistance vasculaire est incertaine comme IR peut être affecte par plusieurs facteurs anatomiques et physiologiques qui ne sont pas associés à la résistance, telles que montre le profil de conductance et de la pression du sang tel montré par Stalmans et al34 Finalement, en utilisant le nerf optique de verre tête pout la ration de disque pour classifier GPAO asymétrique dans les mieux et plus mauvais yeux peut ne pas être très juste en utilisant les paramètres de champs visuels tels que le moyen de déviation et le modeler de déviation standard.

En conclusion, cette étude a démontré un déclin signifiant dans SVS et FVD ainsi qu’une augmentation signifiante dans IR dans AO et ARC des répondants avec GPAO compares avec le groupe non-glaucomateux. Cependant, il n’y avait pas de différence signifiante dans FVD, SVS, et IR de ARC et AO des yeux mieux compares avec des yeux plus mauvais des répondants de GPAO asymétriques.

**Références**

1. Girkin CA, Bhorade AM, Giaconi JA, Medeiros FA, Sit AJ, Tanna AP et al. Glaucoma, Basic and Clinical Science Course, 2016-2017. In: Introduction to Glaucoma. American Academy of Ophthalmology, San Francisco; 2016: 20-26.
2. Resnikoff S, Pascolini D, Etya’ale D, Kocur I, Pararajasegaram R, Pokharel GP, et al. Global data on visual impairment in the year 2002. Bulletin of the World Health Organization.2004; 32:848-851
3. Abdul MM, Sivasubramaniam S, Murthy GV, Gilbert C, Abubakar T, Ezelum C, et al. Causes of blindness and visual impairment in Nigeria, The Nigeria national blindness and visual impairment survey. Invest Ophthalmol. & Vis. Sci. 2009; 50:4114-4120
4. Racette L, Wilson MR, Zangwill LM, Weinreb RN, Sample PA. Primary open-angle glaucoma in blacks: a review. Surv Ophthalmol 2003; 48: 295-313.
5. Acar N, Berdeaux O, Juaneda P, Gregoire S, Cabaret S, Joffre C, et al. Red blood cells plasminogens and docosahexanoic acid are independently produced in primary open angle glaucoma. Exp. Eye Res. 2009; 89:840-853.
6. Moore D, Harris A, Wudunn D, Kheradiya N, Siesky B. Dysfunctional regulation of ocular blood flow: A risk factor for glaucoma? Clin Ophthalmol. 2008;2:849-861.
7. Yanagi M, Kawasaki R, Wang JJ, Wong TY, Crowston J, Kiuchi Y. Vascular risk factors in glaucoma: a review. Clin Exp Ophthalmol 2011; 39: 252-258.
8. Grieshaber MC, Flammer J. Blood flow in glaucoma. Curr Opin Ophthalmol. 2005;16:79–83
9. Flammer J, Pache M, Resink T. Vasospasm, its role in the pathogenesis of diseases with particular reference to the eye. Prog Retin Eye Res. 2001;20: 319–349.
10. Maram J, Srinivas S, Sadda SR. Evaluating ocular blood flow. Indian J Ophthalmol 2017; 65: 337-346.
11. Erickson SJ, Hendrix LE, Massaro BM, Harris GJ**,** Lewandowski MF,x Foley WD et al. **xT L Lawson Search for articles by this author**
Colour Doppler flow imaging of the normal and abnormal orbit. Radiology 1989;173:511-516
12. Wang Y, Bower BA, Izatt JA, Tan O, Huang D. Retinal blood flow measurement by circumpapillary Fourier domain Doppler optical coherence tomography. J Biomed Opt. 2008;13(6):064003. doi: 10.1117/1.2998480.
13. Garcia JP, Jr, Garcia PT, Rosen RB. Retinal blood flow in the normal human eye using the canon laser blood flowmeter. Ophthalmic Res. 2002;34:295–299
14. Gao SS, Jia Y, Zhang M, Su JP, Liu G, Hwang TS, et al. Optical coherence tomography angiography. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57:27–36.
15. MacKinnon JR, McKillop G, O’Brien C, Swa K, Butt Z, Nelson P. Colour Doppler imaging of the ocular circulation in diabetic retinopathy. Acta Ophthalmol Scand. 2000;78:386-389.
16. Lieb WE, Cohen SM, Merton DA, Shields JA, Mitchell DG, Goldberg BB. Colour Doppler Imaging of the eye and orbit. Technique and normal vascular anatomy. Arch Ophthalmol 1991;109:527-531
17. Odunlami OA, Ayoola O, Onakpoya OH, Adetiloye VA, Arogundade R. Ocular blood flow velocity in primary open angle glaucoma - A tropical African population study. Middle East Afr J Ophthalmol 2013;20:174-178.
18. Araoye M.O. Research Methodology with Statistics for Health and Social Sciences. 1st Edition. Ilorin; Nathadex Publishers. 2004;115-129.
19. [Ashaye A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ashaye%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752), [Ashaolu O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ashaolu%20O%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752), [Komolafe O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Komolafe%20O%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752), [Ajayi BG](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ajayi%20BG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752), [Olawoye O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Olawoye%20O%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752), [Olusanya B](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Olusanya%20B%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24135752) et al. Prevalence and types of glaucoma among an indigenous African population in southwestern Nigeria. [Invest Ophthalmol Vis Sci.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24135752) 2013;54:7410-7416
20. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 4th Edition - Part 1. Available at <https://bjo.bmj.com/content/101/4/1>. Accessed on 24th August, 2018.
21. Crowston JG, Hopley CR, Healey PR, Lee A, Mitchell P. The effect of optic disc diameter on vertical cup to disc ratio percentiles in a population-based cohort: the Blue Mountains Eye Study. Available at https://bjo.bmj.com/content/88/6/766. Accessed on 10th December, 2018.
22. Sharma NC, Bangiya D. Comparative study of ocular blood flow parameters by colour Doppler imaging in healthy and glaucomatous eye. Indian J Radiol Imaging. 2006;16: 679–682.
23. Butt Z, McKillop G, O’Brien C, Allan P, Aspinall P. Measurement of ocular blood flow velocity using colour Doppler imaging in low tension glaucoma. Eye 1995;9 (Pt 1):29-33.
24. Yilmaz OG, Ersoy B, Tuncyurek O, Urk V, Ozkol M, Ozhan B et al. Doppler ultrasonography imaging of hemodynamic alteration of retrobulbar circulation in type 1 diabetic children and adolescents without retinopathy. Diabetes Res Clin Pract. 2008;79:243-248.
25. Stalmanns I, Vandewalle E, Anderson DR, Costa VP, Frenkel RE, Garhofer G et al. Use of Colour Doppler imaging in ocular blood flow research Acta Ophthalmologica. 2011;89:609-630.
26. Rojanapongpun P, Drance SM, Morrison BJ. Ophthalmic artery flow velocity in glaucomatous and normal subjects. Br J Ophthalmol. 1993;77: 25–29.
27. Akarsu C, Bilgili MY. Colour Doppler imaging in ocular hypertension and open-angle glaucoma. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2004;242: 125–129.
28. Garhofer G, Fuchsjager-Maryl G, Vass C, Pemp B, Hommer A, Schmetterer W. Retrobulbar blood flow velocity in open angle glaucoma and their association with mean arterial blood pressure. Invest. Ophthalmol.2010;51:6652-6657.
29. Singh MD, Sharma C, Prasad A. A colour doppler study of retrobulbar blood flow parameters in patients of primary open angle glaucoma. Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology. 2015;1:84-90.
30. Mokbel TH, Shahin MM, El-Said EM, Abd EL-Ghaffar WM. Potential Diagnostic value of fluorescein angiography and color Doppler imaging in primary open angle glaucoma. Eur J Ophthalmol. 2009;19: 957–962.
31. Butt Z, O’ Brien C, Mckillop G, Aspinall P, Allan P. Colour Doppler imaging in untreated high and normal pressure open angle glaucoma. Invest Ophthalmol Vis.Sci, 1997:38: 690-696.
32. Rankin SJ, Walman BE, Buckley AR, Drance SM: Colour Doppler imaging and spectral analysis of the of the optic nerve vasculature in glaucoma. Am J Ophthalmol 1995;119: 685-693.
33. [Hommer](http://iovs.arvojournals.org/solr/searchresults.aspx?author=A.+B.+Hommer) AB,  [Resch](http://iovs.arvojournals.org/solr/searchresults.aspx?author=H.+Resch) H,  [Garhofer](http://iovs.arvojournals.org/solr/searchresults.aspx?author=G.+Garhofer) G, [Vass](http://iovs.arvojournals.org/solr/searchresults.aspx?author=C.+Vass) C,  [Schmetterer](http://iovs.arvojournals.org/solr/searchresults.aspx?author=L.+Schmetterer) L. Ocular Blood Flow Parameters in Patients With Asymmetric Primary Open Angle Glaucoma. Invest Ophthalmol & Vis Sci 2010;51:5008.
34. Stalmans I, Vandewalle E, Anderson DR, Costa VP, Frenkel RE et al. Use of Colour Doppler imaging in ocular blood flow research. [Acta Ophthalmol.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21989301) 2011; 89(8):e609-30. doi: 10.1111/j.1755-3768.2011.02178.x.



**Image 1: Un courbe montrant un rapport inverse entre le moyen de la pression intraoculaire (mmHg) et le sommet de la velocité systolique (cm/s) dans l’artère opthalmique droit chez les patients de GPAO.**



**Image 2: Un courbe montrant un rapport linéaire ente le moyen de la pression intraoculaire (mmHg) et l’indexe resistif dans centre artere retinal de patients de GPAO.**



**Image 3: Un courbe montrant le rapport linéaire entre le moyen de la pression intraoculaire (mmHg) et l’index résistif (IR) dans centre artère rétinal chez les patients GPAO.**

**Tableau 1: Comparaison des paramètres de Doppler de l’artère rétinal central (ARC) et artère ophtalmique (AO) dans les yeux de GPAO et du groupe non-glaucomateux.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Artères** | **Doppler Paramètres** | **POAG Groupe** **(moyen ± DS)** | **Non-glaucomateux Groupe** **(moyen ± DS)** | **95% IC de différence entre moyens** |  **p- valeur** |
| **Oeil droit** AO | SVS (cm/s) | 28.33± 3.25 | 42.31± 6.84 | 11.85 - 16.10 | <0.001 |
|  | FVD (cm/s) | 5.66 ± 2.06 | 16.08 ±3.62 | 9.26 – 11.60 | <0.001 |
|  | RI | 0.80± 0.06 | 0.61± 0.08 | 0.17 – 0.22 | <0.001 |
| ARC  | SVS (cm/s) | 11.67± 1.02 | 16.92 ±2.73 |  4.43 – 6.06 | <0.001 |
|  | FVD (cm/s) | 1.88± 0.79 | 6.83± 1.60 |  4.44 – 5.45 | <0.001 |

 RI 0.84 ± 0.06 0.60 ± 0.04 0.22 – 0.26 <0.001

**Oeil gauche**

AO SVS (cm/s) 28.25 ± 3.39 41.58 ± 6.11 11.37 – 15.29 <0.001

 FVD (cm/s) 5.60 ± 2.06 16.08 ± 3.05 9.34 – 11.62 <0.001

 RI 0.81 ± 0.05 0.62 ± 0.04 0.17 – 0.21 <0.001

ARC SVS (cm/s) 11.72 ± 1.13 17.06 ± 2.96 4.46 – 6.23 <0.001

 FVD (cm/s) 1.86 ± 0.79 6.74 ± 1.60 4.38 – 5.38 <0.001

 RI 0.85± 0.06 0.61 ± 0.04 0.22 – 0.25 <0.001

DS= Déviation Standard IC=Intervalle de Confiance

**Tableau 2: Rapport entre moyen IOP et paramètres de Doppler de l’artère rétinal central (ARC) et artère ophtalmique (AO) dans deux yeux du groupe GPAO.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Artères** | **Paramètres de Doppler**  |  **Corrélation de Pearson Coefficient (r)** | **p-valeur** |
| **Oeil droit**AO | SVS (cm/s) | -0.906 | 0.02 |
|  | FVD (cm/s) | -0.908 | 0.03 |
|  |  RI | 0.863 | 0.02 |
| ARC | SVS (cm/s) | -0.718 | 0.01 |
|  | FVD (cm/s) | -0.894 | 0.02 |
| **Oeil gauche**AOARC |  RISVS (cm/s)FVD (cm/s) RI SVS(cm/s) FVD (cm/s) RI  | 0.902-0.873-0.8580.812 -0.681 -0.882 0.876 | 0.010.030.020.02 0.01 0.01 0.01 |

**Tableau 3: Comparaison des paramètres de Doppler de l’artère rétinal central et de l’artère ophtalmique (AO) de deux yeux chez les patients asymétriques de GPAO**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Artères** | **Paramètres****Doppler** | **Oeil Mieux****Moyen ± DS** | **Mauvais Oeil****Moyen ± DS** | **95% IC de différence entre moyens** |  **p-valeur** |
| AO | SVS (cm/s) | 27.62±3.46 | 28.44±3.45 | -2.00 – 0.62 | 0.30 |
|  | FVD (cm/s) | 5.34±2.06 | 5.97±2.20 | -1.22 – 0.40 | 0.32 |
|  | RI | 0.81±0.05 | 0.80±0.05 | -0.01 – 0.03  | 0.42 |
| CRA | SVS (cm/s) | 11.42±1.15 | 11.82±1.04 | -0.73 – 0.11  | 0.15 |
|  | FVD (cm/s) | 1.76±0.80 | 1.98±0.84 | -0.44 – 0.17 | 0.39 |
|  | RI | 0.85±0.06 | 0.84±0.06 | -0.01 – 0.03 | 0.49 |

DS= Déviation Standard IC= Intervalle de confiance