



LA CHIRURGIE DES TROUS MACULAIRES

COMPLEXES :

Expérience du service d'ophtalmologie du

CHU Hassan II de Fès

Mémoire présenté par :

Dr Ghomri Hamza

Né le 04-10-1994 à Fès

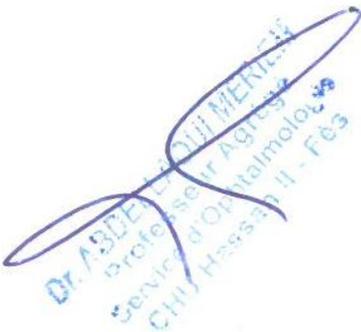
POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE SPÉCIALITÉ EN MÉDECINE

Option : Ophtalmologie

Sous la direction de

Pr Abdellaoui Meriem (encadrante)

Pr Benatiya Andaloussi Idriss (chef de service)



Session de Juin 2025

PLAN

PLAN	1
ABRÉVIATIONS	4
LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES TABLEAUX	9
INTRODUCTION	10
MATÉRIEL ET MÉTHODES	13
1. Le cadre de l'étude :.....	14
2. Critères d'inclusion des patients :.....	14
3. Examen initial :	14
4. Tomographie en cohérence optique swept source.....	14
5. Modalités chirurgicales :.....	15
6. Modalités de suivi :	15
7. Le cadre éthique	15
PRÉSENTATION DES CAS	16
1. Cas 1 :	17
2. Cas 2 :	20
2. Cas 3 :	26
3. Cas 4 :	28
4. Cas 5 :	32
5. Cas 6 :	36
6. Cas 7 :	39
7. Récapitulatif des différents résultats.....	43
DISCUSSION	44
1. Les trous maculaires	45
1.1. Définition	45
1.2. Rappels	45
1.3. Étiologies.....	51
1.4. Epidémiologie	52
1.5. Physiopathologie	53

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

1.6. Classifications.....	56
1.7. Facteurs pronostiques.....	66
1.8. Traitement.....	69
2. Comparaison de nos résultats avec les principales séries de la littérature.....	81
2.1. Flap inversé de l'ILM	81
2.2. Greffe de membrane amniotique.....	82
2.3. Greffe de rétine autologue	85
CONCLUSION	89
RÉSUMÉ.....	91
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHQUES.....	96

ABRÉVIATIONS

AVM	: Adhésion vitréomaculaire
BBG	: Brilliant Blue G
BEAVRS	: British and Eire Association of Vitreoretinal Surgeons
BSS	: Balanced Salt Solution
C2F6	: Hexafluoroéthane
C3F8	: Octafluoropropane
DHI	: Diameter Hole Index
DPV	: Décollement postérieur du vitré
DRR	: Décollement de rétine rhéomatogène
EPR	: Epithelium Pigmentaire Rétinien
FCC	: Flap de la capsule cristallinienne
FM	: Flap multicouche
FTMH	: Full Thickness Macular Hole
GRA	: Greffe de rétine autologue
HFF	: Hole Forming Factor
HSO	: Huile de silicone lourde
ICG	: Vert d'indocyanine
ILM	: Membrane limitante interne
IVTS	: International Vitreomacular Traction Study
LMH	: Lamellar macular hole
LogMAR	: Logarithm of minimum angle resolution
MAH	: Membrane amniotique humaine
MAVC	: Meilleure acuité visuelle corrigée
MH	: Macular Hole

MHI	: Macular Hole Index
MIVS	: Micro Incision Vitrectomy Surgery
MLE	: Membrane limitante externe
OCT	: Tomographie en cohérence optique
OD	: Œil Droit
OG	: Oeil Gauche
PFCL	: Perfluorocarbone liquide
PIO	: Pression intraoculaire
PPV	: Pars Plana Vitrectomy
PVR	: Prolifération vitréorétinienne
RePPV	: Vitrectomie postérieure de révision
SD-OCT	: Spectral Domain OCT
SF6	: Hexafluorure de soufre
SO	: Huile de silicone conventionnelle
THI	: Tractional Hole Index
TM	: Trou maculaire
TVM	: Traction Vitréo-maculaire
ZE	: Zone ellipsoïde

LISTE DES FIGURES

Figure 1. OCT du cas 1 avant chirurgie initiale	17
Figure 2. Photo couleur du pôle postérieur du cas 1 avant reprise	17
Figure 3. OCT du cas 1 avant reprise chirurgicale.....	18
Figure 4. Déroulement de la chirurgie du cas 1	18
Figure 5. Photo couleur du pôle postérieur du cas 1 à M1	19
Figure 6. Contrôle OCT du cas 1 à M1	19
Figure 7. Contrôle OCT du cas 1 à M3.....	19
Figure 8. Photo couleur du pôle postérieur du cas 2 avant la chirurgie.....	21
Figure 9. OCT du cas 2 avant la chirurgie	21
Figure 10. Préparation de la membrane amniotique pour le cas 2	22
Figure 11. Déroulement de la chirurgie du cas 2	24
Figure 12. Contrôle OCT du cas 2 à M1	24
Figure 13. Photo couleur du pôle postérieur du cas 2 à M3.....	25
Figure 14. Contrôle OCT du cas 2 à M3	25
Figure 15. Contrôle OCT du cas 2 à M6.....	25
Figure 16. OCT du cas 3 avant la chirurgie	26
Figure 17. Photo couleur du pôle postérieur du cas 3 à M1	27
Figure 18. Contrôle OCT du cas 3 à M1	27
Figure 19 . Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 avant la chirurgie....	28
Figure 20. OCT du cas 4 avant la chirurgie	29
Figure 21. Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 à M1	29
Figure 22. Contrôle OCT du cas 4 à M1	30
Figure 23. Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 à M3 lors de son hospitalisation pour poussée d'uvéite.....	30
Figure 24. Echographie oculaire du cas 4 à M3 lors de son hospitalisation pour poussée d'uvéite.....	31
Figure 25. OCT du cas 4 à M3	31

Figure 26. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 avant la chirurgie.....	32
Figure 27. OCT du cas 5 avant la chirurgie	33
Figure 28. Déroulement de la chirurgie du cas 5	34
Figure 29. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 à M1	34
Figure 30. Contrôle OCT du cas 5 à M1	34
Figure 31. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 à M3.....	35
Figure 32. Contrôle OCT du cas 5 à M3	35
Figure 33. Photo couleur du pôle postérieur du cas 6 avant la chirurgie.....	36
Figure 34. OCT du cas 6 avant la chirurgie	37
Figure 35. Photo couleur du pôle postérieur du cas 6 à M3.....	38
Figure 36. Contrôle OCT du cas 6 à M3	38
Figure 37. Photo couleur du pôle postérieur du cas 7 avant la chirurgie.....	39
Figure 38. Déroulement de la chirurgie du cas 7	40
Figure 39. Contrôle OCT du cas 7 à M1	41
Figure 40. Photo couleur du pôle postérieur du cas 7 à A1	41
Figure 41. Contrôle OCT du cas 7 à A1	42
Figure 42. Contrôle OCT du cas 7 après ablation du silicone	42
Figure 43. Anatomie du vitré.....	46
Figure 44. Anatomie de l'interface vitréorétinienne	47
Figure 45. Stade 1 du DPV	48
Figure 46. Stade 2 du DPV	49
Figure 47. Stade 3 du DPV	49
Figure 48. Stade 4 du DPV	50
Figure 49. DPV pathologique	50
Figure 50. Physiopathologie de la traction vitréomaculaire	54
Figure 51. Trou maculaire Stade 1A de la classification de Gass.....	57
Figure 52. Trou maculaire Stade 1B de la classification de Gass	57
Figure 53. Trou maculaire Stade 2 de la classification de Gass	58
Figure 54. Trou maculaire Stade 3 de la classification de Gass	59

Figure 55. Trou maculaire Stade 4 de la classification de Gass	59
Figure 56. Stadification de l'AVM selon IVTS.....	60
Figure 57. Stadification de la TVM selon IVTS	61
Figure 58. Système de classification de l'IVTS pour VMA , VMT et FTMH.....	62
Figure 59. Corrélation entre les stades cliniques du trou maculaire couramment utilisés et le système de classification de l'IVTS pour l'adhérence vitréomaculaire, la traction et le trou maculaire.	62
Figure 60. FTMH selon IVTS	63
Figure 61. FTMH de petite taille selon IVTS.....	63
Figure 62. FTMH moyen sans TVM selon IVTS.....	64
Figure 63. Grand FTMH avec TVM selon IVTS.....	64
Figure 64. LMH selon IVTS	65
Figure 65. Pseudotrou maculaire selon IVTS	65
Figure 66 Hole Forming Factor (HFF)	66
Figure 67. Macular Hole Index (MHI).....	67
Figure 68. Diameter Hole Index (DHI).....	67
Figure 69. Tractional Hole Index (THI).....	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. récapitulatif des différents résultats	43
Tableau 2. Données préopératoires et résultats d'études cliniques portant sur la membrane amniotique humaine pour les trous maculaires réfractaires/récurrents	84
Tableau 3. Données préopératoires et résultats d'études cliniques portant sur la greffe de rétine autologue pour les trous maculaires réfractaires/récurrents	87

INTRODUCTION

Le trou maculaire de pleine épaisseur (FTMH) est une pathologie de l'interface vitréo-rétinienne caractérisée par un défaut total de la rétine neurosensorielle au centre de la macula. La vitrectomie postérieure avec pelage de la membrane limitante interne (ILM) et tamponnement au gaz est largement reconnue comme la référence pour la réparation primaire des FTMH, permettant une fermeture dans 80 à 100 % des cas.

De plus, au cours de la dernière décennie, la technique du flap inversé de ILM a gagné en popularité et en soutien scientifique. Cette méthode pourrait améliorer le taux de succès de la réparation primaire des FTMH, notamment pour les FTMH de grande taille et/ou myopes, qui sont associés à un taux de succès anatomique inférieur après pelage conventionnel de l'ILM. Dans ce contexte, le groupe BEAVRS d'études sur les résultats des trous maculaires et le groupe Manchester Large Macular Hole Study ont proposé de définir les FTMH "grands" à partir de diamètres de 500 et 650 μm , respectivement, en raison d'une diminution substantielle du taux de fermeture primaire observée pour ces tailles de trous ou plus grands après vitrectomie postérieure par la pars plana (PPV) avec pelage conventionnel de l'ILM.

Malgré un taux de succès élevé, la chirurgie primaire peut échouer ou une réouverture tardive du FTMH peut se produire. Un FTMH est défini comme "réfractaire ou persistant" lorsqu'il reste ouvert après la chirurgie primaire et comme "récurrent" lorsqu'une réouverture est constatée au moins 4 semaines après une fermeture initiale réussie. Les FTMH réfractaires et récurrents présentent certaines limitations qu'il convient de prendre en compte lors de la planification d'une chirurgie secondaire, telles que la réduction ou l'absence d'ILM à peler, l'impossibilité de réaliser un lambeau inversé de l'ILM, et un taux

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
de succès plus faible des chirurgies répétées. Plusieurs techniques
chirurgicales ont été proposées pour gérer ces trous complexes , notamment
la greffe de membrane amniotique et la greffe de rétine autologue ... Quoiqu'il
n'y a pas de consensus actuel quant à la technique chirurgicale idéale à
adopter .

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Le cadre de l'étude :

Nous avons mené une étude prospective, analytique, mono centrique portant sur les yeux de patients présentant un trou maculaire complexe : géant ou récurrent/persistant après vitrectomie postérieure et pelage d'ILM initial.

L'étude a été menée de Mars 2024 à Janvier 2025 au sein du service d'ophtalmologie CHU HASSAN II FES.

2. Critères d'inclusion des patients :

Nous avons inclus dans l'étude les patients présentant un trou maculaire géant (>800 microns) ou ayant déjà été opérés une première fois par vitrectomie postérieure +/- pelage de l'ILM. Toute étiologie du trou maculaire était acceptée (par exemple : idiopathique, forte myopie, etc.). Tous nos patients ont été opérés par le même opérateur.

3. Examen initial :

Tous les patients ont bénéficié d'un examen ophtalmologique complet incluant :

- ▲ Une mesure de la meilleure acuité visuelle corrigée.
- ▲ Un examen biomicroscopique du segment antérieur associé à une mesure du tonus oculaire,
- ▲ Un examen du vitré et de la rétine.

4. Tomographie en cohérence optique swept source

Une tomographie à cohérence optique (Topcon DRI OCT TRITON) a été réalisée chez tous les patients. Des acquisitions de cube maculaire B scan 6X6 mm ont été réalisées.

5. Modalités chirurgicales :

Tous nos patients ont bénéficié d'une vitrectomie postérieure avec pour :

- ✓ Le premier patient : un flap inversé de l'ILM
- ✓ Les cinq patients suivants : une greffe de membrane amniotique lyophilisée
- ✓ Le dernier : une greffe de rétine autologue.

La chirurgie fut réalisée sous anesthésie générale chez tous non patients sauf un seul qui avait une contre-indication (opéré sous anesthésie latéro-bulbaire) .

6. Modalités de suivi :

Un contrôle clinique post-opératoire a été réalisé à J1, J7, M1, puis tous les 3 mois. Incluant la mesure de la MAVC, un examen biomicroscopique du segment antérieur et du fond d'œil.

Un contrôle tomographique avec des acquisitions maculaire B-Scan 6x6mm a été réalisé à M1 puis tous les 3 mois.

7. Le cadre éthique

Nos patients ont été informés que leurs données seront le sujet d'une étude, ainsi, nous avons recueilli leur consentement éclairé.

PRÉSENTATION DES CAS

1. Cas 1 :

Il s'agit d'un enfant de 14 ans , phaqué , sans notion de traumatisme , présentant un trou maculaire de l'OG persistant après vitrectomie avec flap ILM inversé temporal il y a trois mois . Le diamètre minimal du trou maculaire était de 500 um avec un œdème pseudo-kystique.

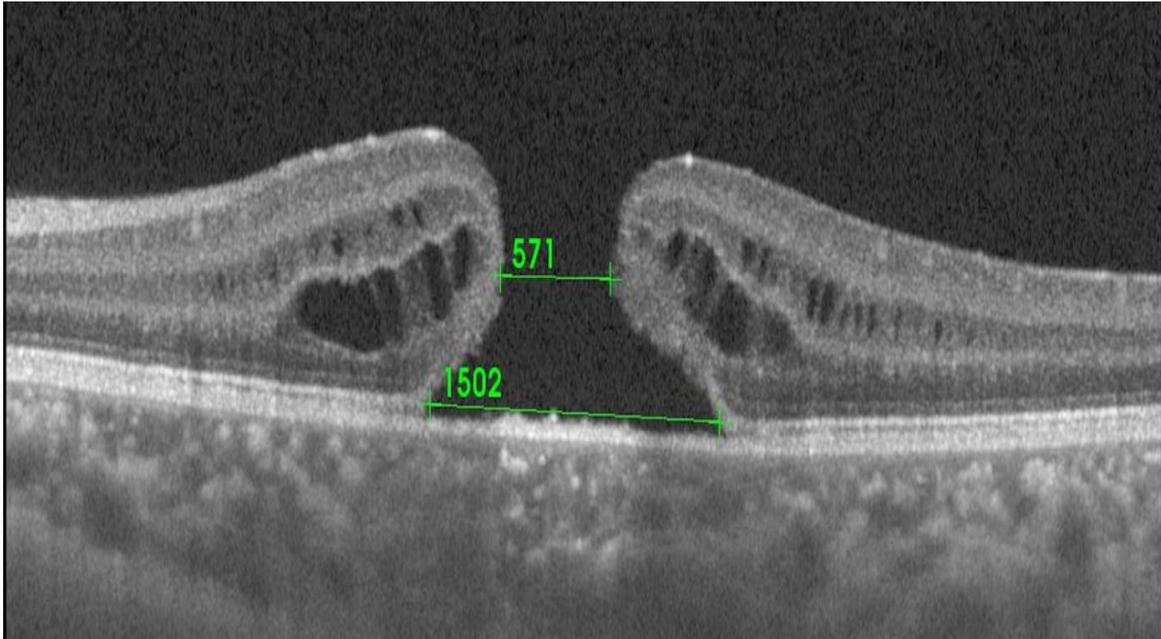


Figure 1. OCT du cas 1 avant chirurgie initiale

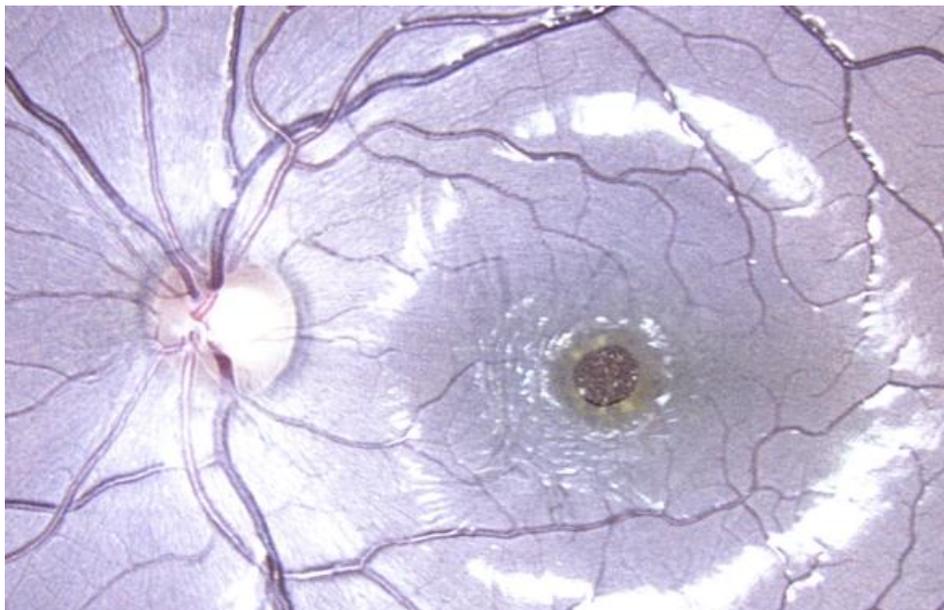


Figure 2. Photo couleur du pôle postérieur du cas 1 avant reprise

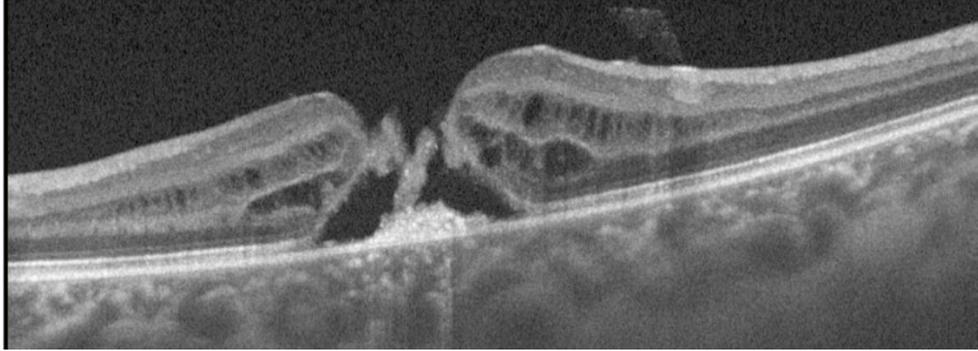


Figure 3. OCT du cas 1 avant reprise chirurgicale

Au cours de la chirurgie nous avons remarqué que le flap temporal s'est déplacé et ne couvre pas le trou, nous avons décidé donc de le repositionner et de l'intégrer lors de la réalisation du flap multicouche de l'ILM avec tamponnement par C3F8 12 % .

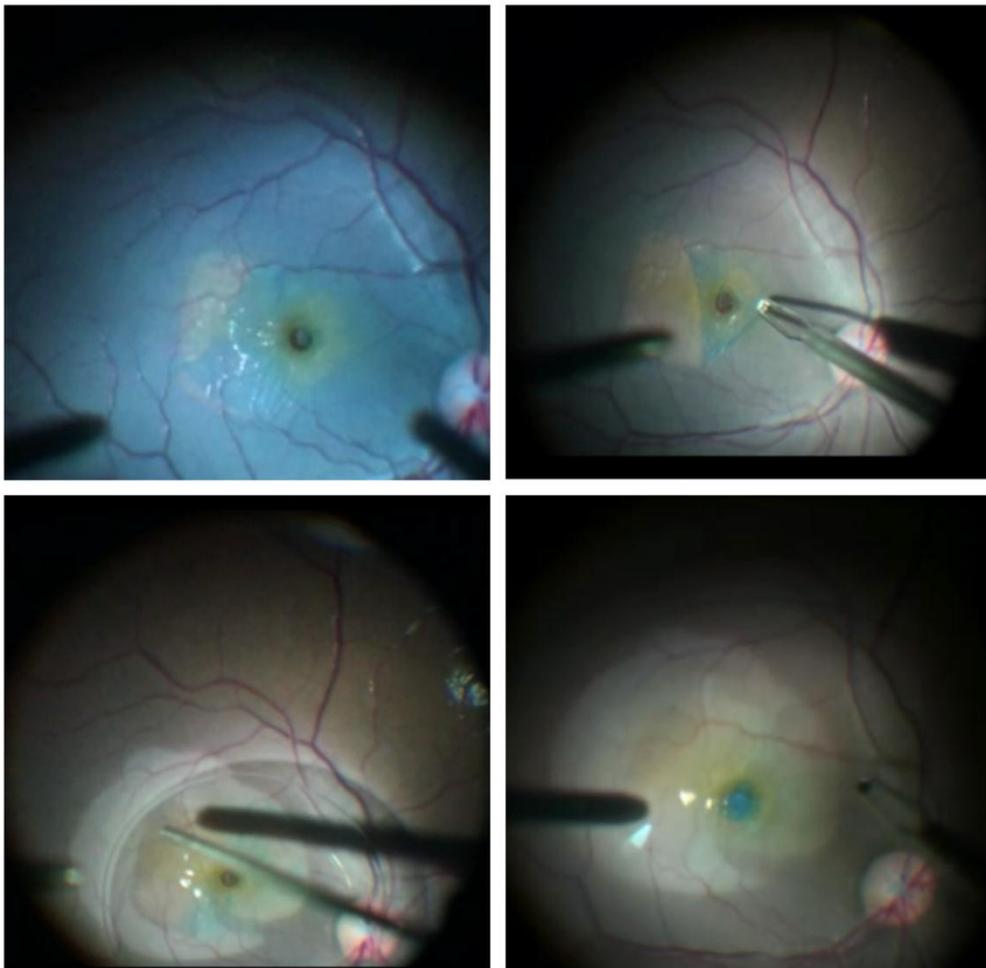


Figure 4. Déroulement de la chirurgie du cas 1

Au contrôle d'un mois, le trou s'est refermé, les couches internes se sont reconstituées et la vision améliorée à 5/10 avec correction.

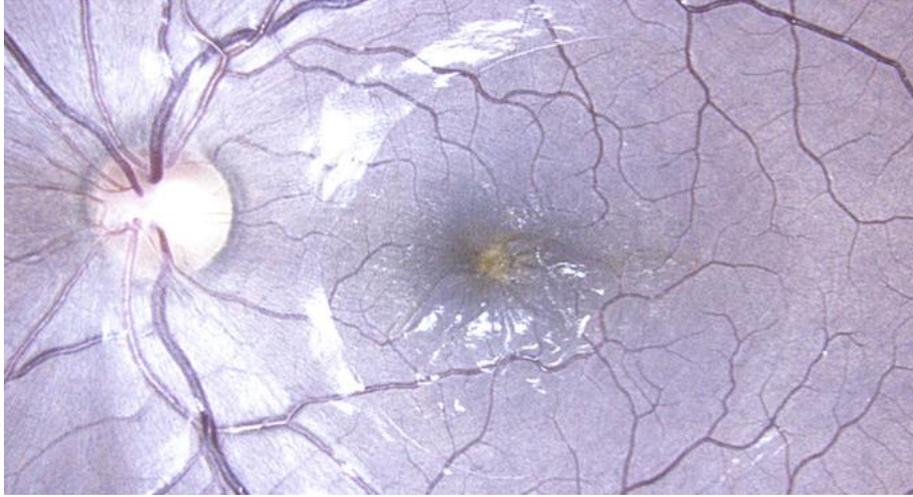


Figure 5. Photo couleur du pôle postérieur du cas 1 à M1

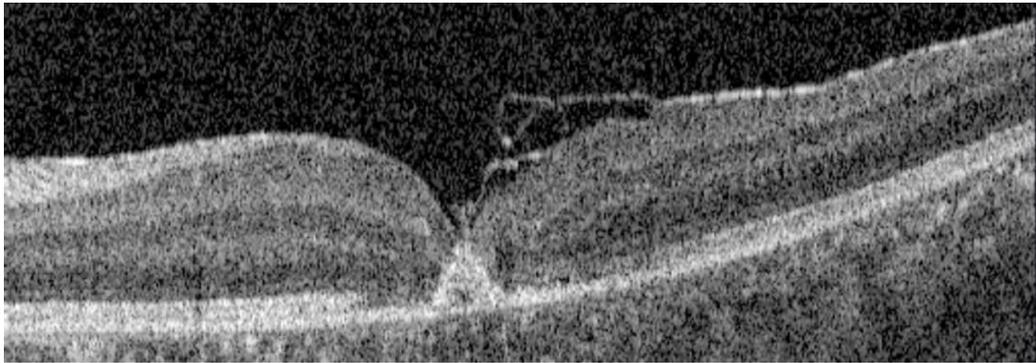


Figure 6. Contrôle OCT du cas 1 à M1

L'examen clinique et l'OCT sont restés stables au 3^{ème} mois avec restitution presque complète des couches rétiniennes externes .

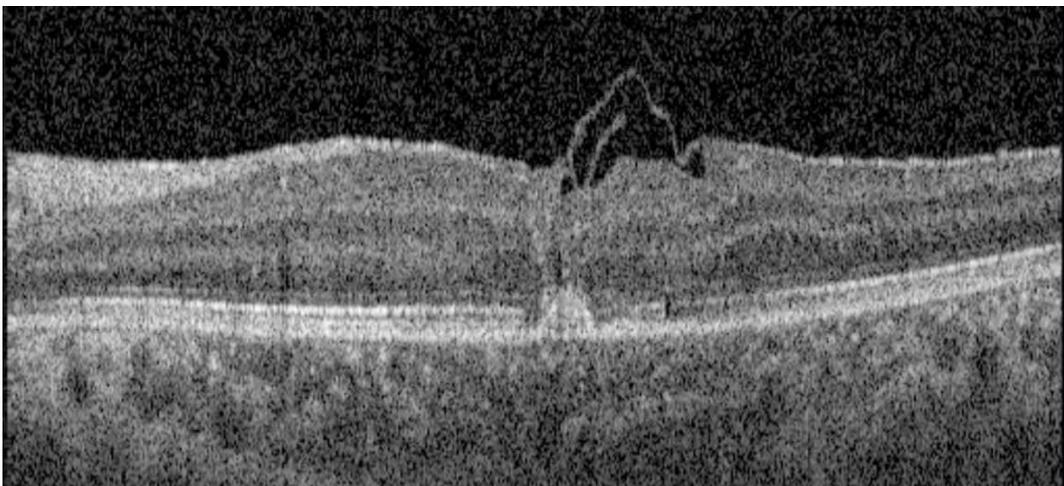


Figure 7. Contrôle OCT du cas 1 à M3

Cas 2 :

Il s'agit d'une patiente âgée de 36 ans , hospitalisée 2 ans et demi auparavant dans notre formation pour la prise en charge d'un décollement de rétine rhégmato-gène (DRR) de l'OD allant de 1h à 9h macula OFF sur grosse déchirure à 6h et une autre à 5h30 et une à 2h30 PVRC1 avec présence d'un trou maculaire. Elle a bénéficié d'une vitrectomie avec tamponnement par gaz C2F6 . Elle a présenté dans les suites post opératoires immédiates une hypertension non jugulée nécessitant plusieurs exsufflations avec réalisation d'une iridotomie périphérique chirurgicale . Elle a développé par la suite une cataracte pour laquelle elle a bénéficié d'une phacoémulsification avec implantation dans le sac .

Son examen retrouvait une acuité visuelle corrigée à 0,5/10 avec un implant en place , un tonus oculaire à 19 mmhg et au fond d'œil une excavation papillaire à 6/10 avec un aspect de trou maculaire . A l'OCT , il mesurait 1012 um . La décision était de réaliser une vitrectomie postérieure avec une greffe de membrane amniotique .

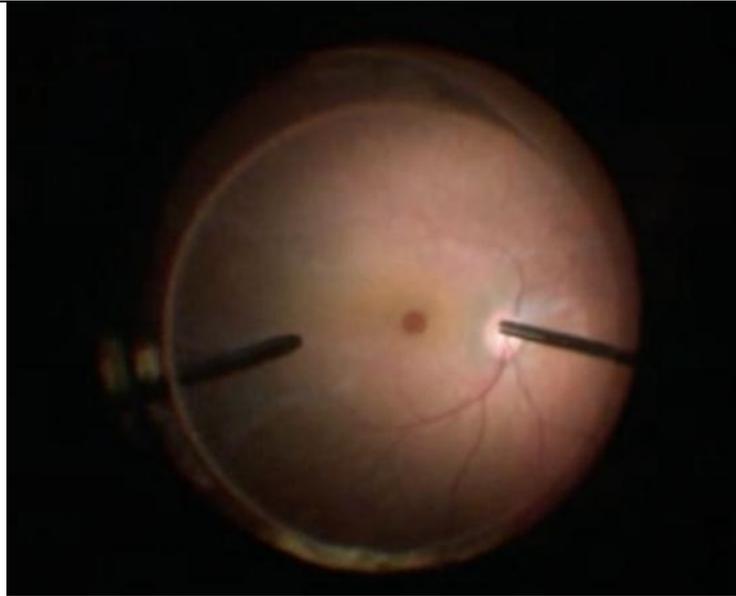


Figure 8. Photo couleur du pôle postérieur du cas 2 avant la chirurgie

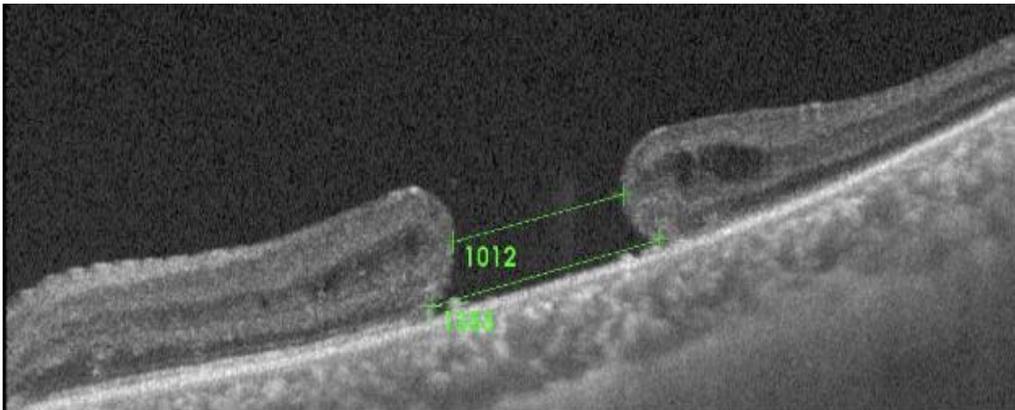


Figure 9. OCT du cas 2 avant la chirurgie

Nous avons utilisé la membrane amniotique lyophilisée Visio AMTRIX . Des disques de deux fois la taille du trou au minimum ont été façonnés au ciseau vu que notre punch était de petite taille puis la membrane était colorée au Bleu Trypan pour une meilleure visualisation dans la cavité vitréenne. La préparation de la membrane amniotique était la même pour tous les patients qui en ont bénéficiée.



Figure 10. Préparation de la membrane amniotique pour le cas 2

Lors de la chirurgie, nous avons commencé par la coloration de l'ILM au bleu ILM view. Nous avons remarqué que l'ILM est toujours en place avec un trou maculaire très large, d'où la décision d'effectuer la technique du flap multicouche de l'ILM. Des flaps multicouches ont été façonnés vers le bord du trou maculaire avec la pince à ILM, puis progressivement nous avons élargi le pelage. Les flaps sont délicatement placés sur le trou.

Ensuite, nous avons procédé à un échange partiel fluide-air. Un sclérotome a été retiré et un grand carré de membrane amniotique lyophilisée de deux fois la taille du trou maculaire, colorée au bleu trypan, est introduit à l'aide de la pince ILM dans la cavité vitrénne au niveau de l'interface fluide-air.

L'échange fluide-air a ensuite été complété puis nous avons essayé de compléter le dépliage de la membrane amniotique dans la zone maculaire mais sa manipulation est difficile à l'air, surtout après son hydratation, car elle s'enroule facilement. Nous avons switché alors vers le liquide et nous avons travaillé sous perfluorocarbone liquide (PFCL). La pointe du vitréotome et la pince à ILM ont été utilisées pour déplier la membrane amniotique et la centrer sur le trou maculaire sans manipulation excessive, le dépliage étant l'étape la plus difficile. Pendant l'échange d'air fluide, la bulle de la PFCL a été lentement aspirée et le globe est légèrement incliné vers le côté nasal pour éviter la dislocation de la membrane amniotique. Notre tamponnement était au gaz à C3F8 dilué à 12% avec une position face vers le sol.

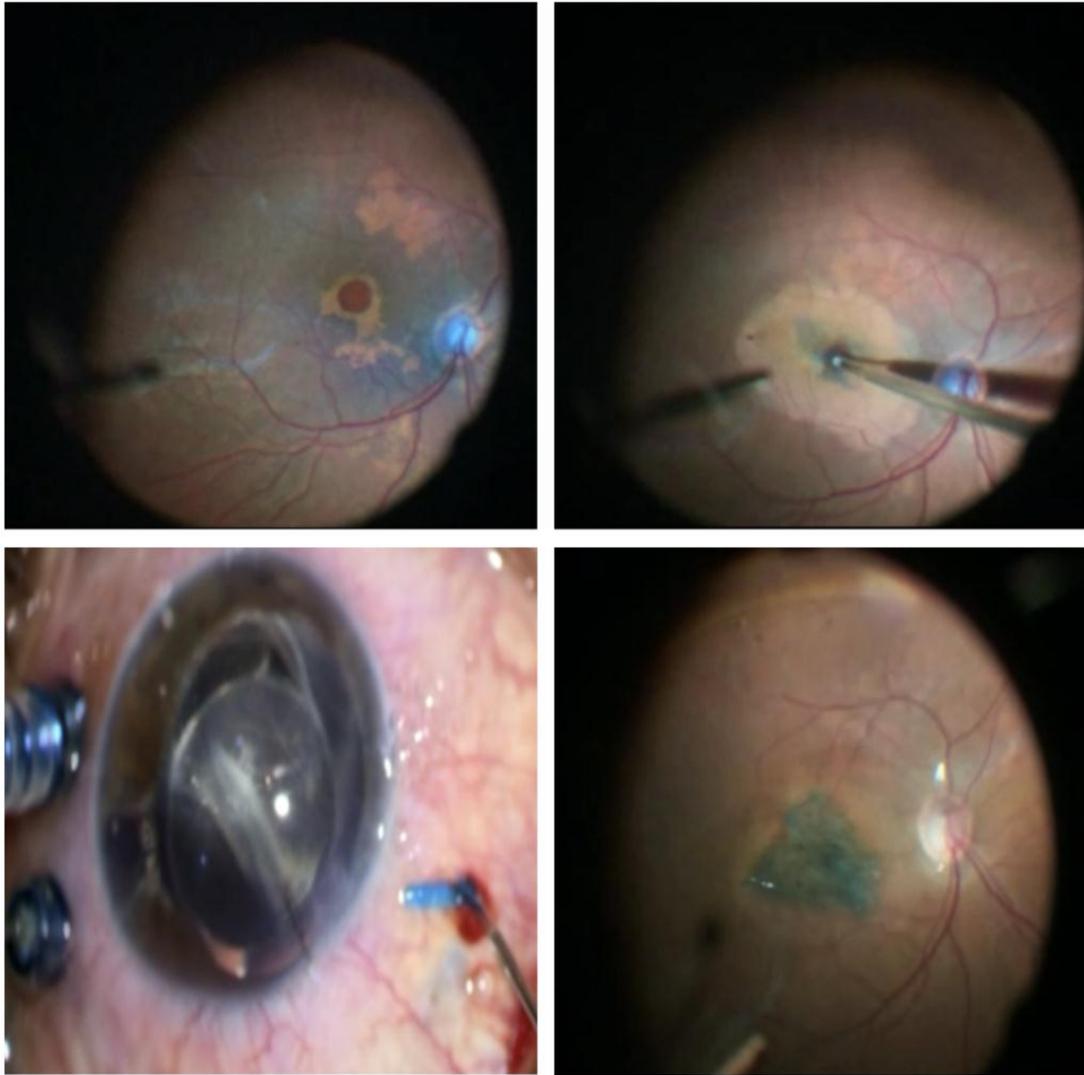


Figure 11. Déroulement de la chirurgie du cas 2

Lors des contrôles de 1 mois et 3 mois, le trou s'est fermé mais légèrement rétracté avec une amélioration de la vision à 1/10

Il n'y a pas eu de rejet du patch.

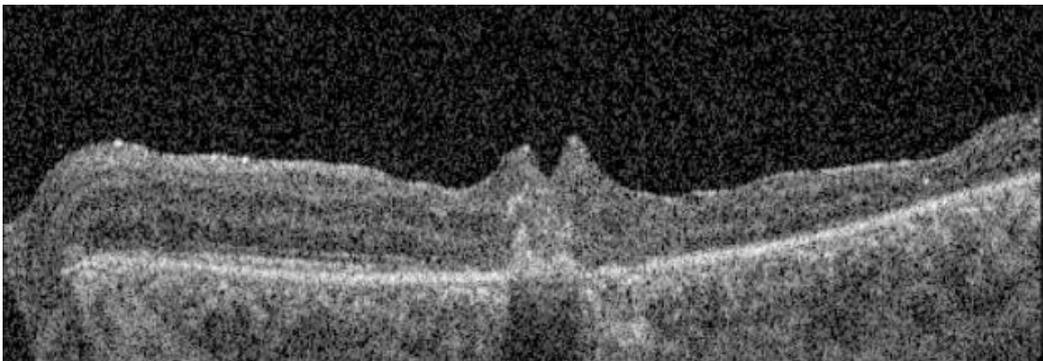


Figure 12. Contrôle OCT du cas 2 à M1

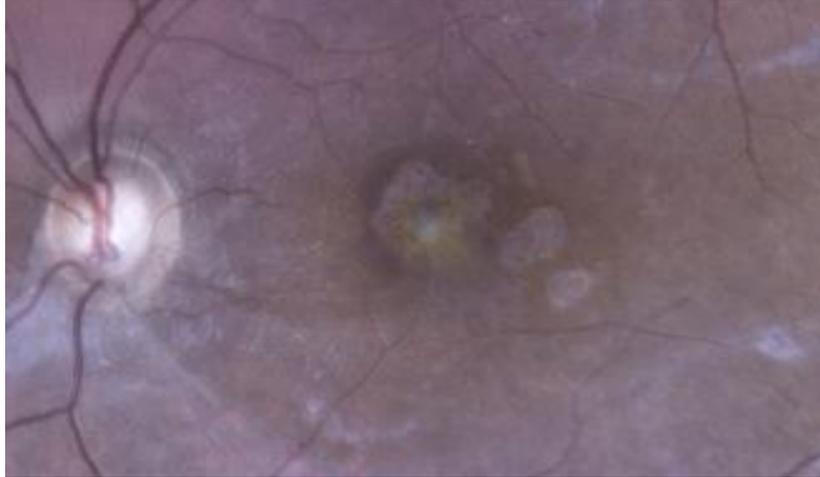


Figure 13. Photo couleur du pôle postérieur du cas 2 à M3

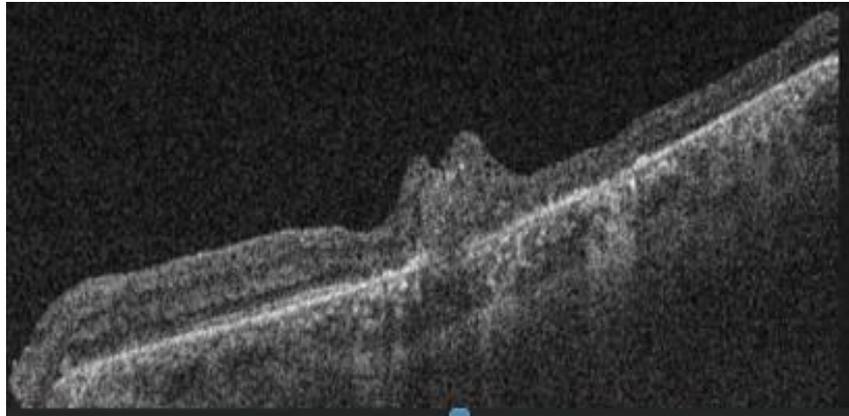


Figure 14. Contrôle OCT du cas 2 à M3

À M6, la dépression fovéolaire s'est reconstituée contrairement à la ligne des photorécepteurs avec une acuité visuelle à 2/10.

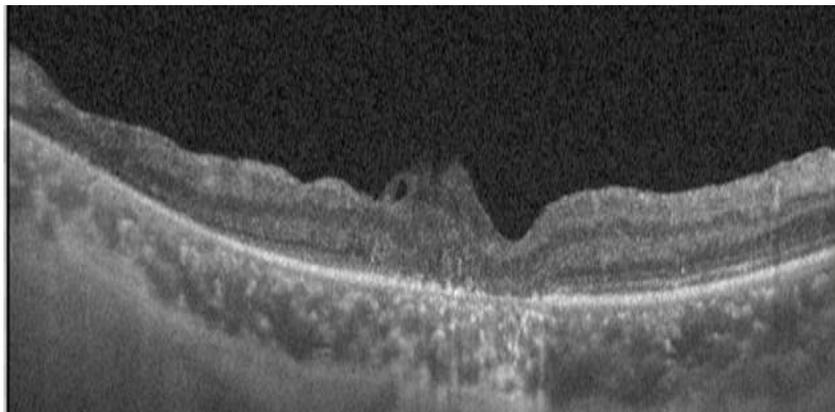


Figure 15. Contrôle OCT du cas 2 à M6

2. Cas 3 :

Il s'agit d'un patient âgé de 60 ans, suivi pour hémopathie maligne sous chimiothérapie, opéré dans notre formation 9 mois auparavant pour DRR subtotal de l'OG sur multiples déchirures avec trou maculaire (phaco-vitrectomie avec pelage de l'ILM et barrage au laser sur 360 + tamponnement par silicone 5000) . Vu la persistance du trou maculaire mesurant 2192 um à l'OCT, la décision était une reprise chirurgicale avec greffe de membrane amniotique lyophilisée, ablation du silicone et tamponnement par C3F8 12% .

L'examen avant la reprise retrouvait une acuité visuelle à compte les doigts moins de 1m , taie de cornée proche de l'axe , gouttelettes de silicone en chambre antérieure , pseudophake iol dans le sac capsulaire , cavité vitrénne remplie de silicone , trou maculaire géant avec 2 autres trou para-maculaire en temporal , rétine à plat avec barrage au laser sur 360 .

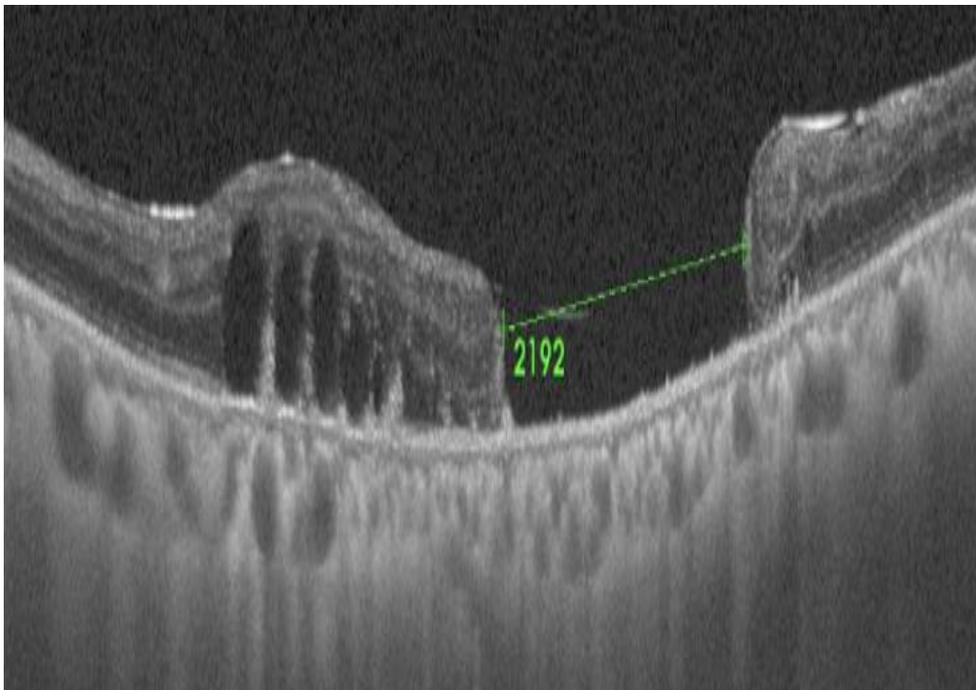


Figure 16. OCT du cas 3 avant la chirurgie

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

Lors de la chirurgie, nous avons commencé par l'ablation du silicone. Après coloration de l'ILM au bleu ILM View, nous avons remarqué que l'ILM était déjà pelée. Nous avons rencontré les mêmes difficultés chirurgicales que le cas 1 et nous avons procédé au comblement du trou maculaire et des trous para-maculaires sous liquide et PFCL vu que la visibilité sous air est très médiocre. Le tamponnement était le gaz C3F8 12% avec positionnement face vers le sol.

Lors du contrôle à M1, la membrane amiotique s'était partiellement intégrée avec un comblement presque total du trou maculaire géant.

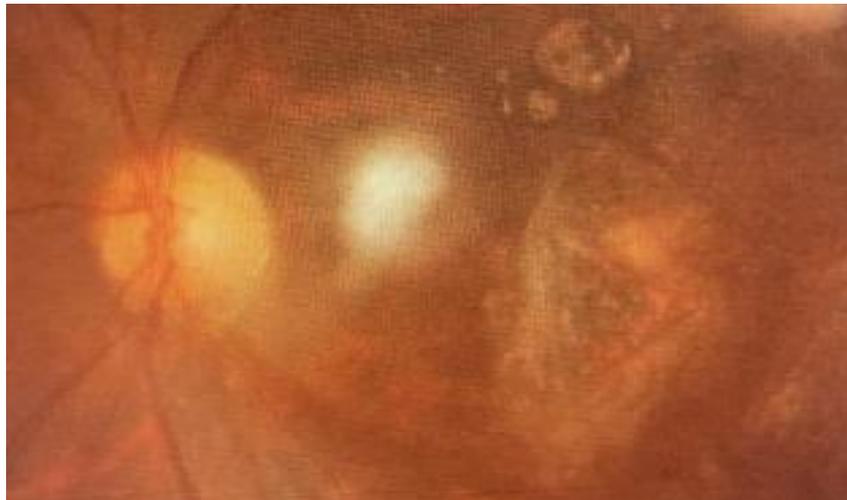


Figure 17. Photo couleur du pôle postérieur du cas 3 à M1

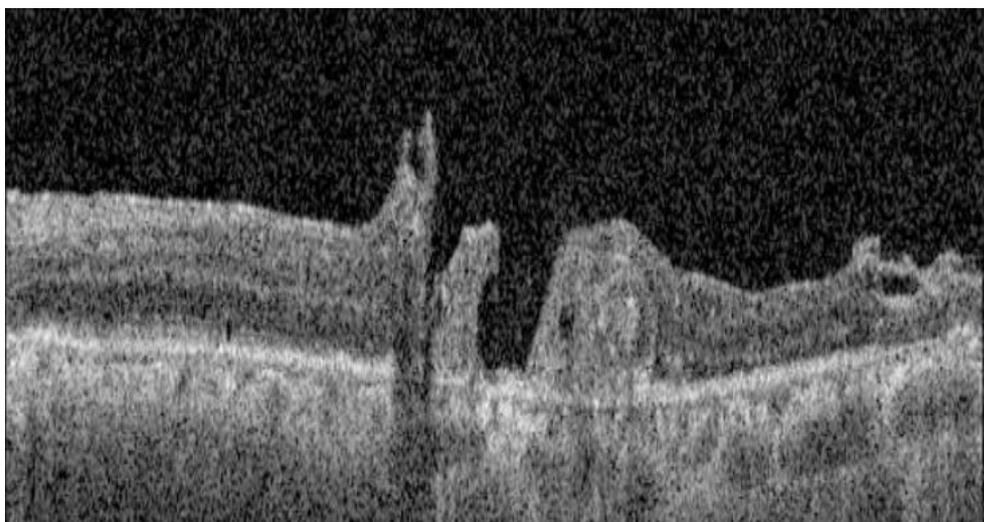


Figure 18. Contrôle OCT du cas 3 à M1

Malheureusement, le patient ne pouvait plus se présenter par la suite à ses rendez-vous de contrôle vu la dégradation de son état général (hémopathie maligne).

3. Cas 4 :

Il s'agit d'un patient de 43 ans, diabétique , suivi depuis 4 ans dans notre formation et en médecine interne pour uvéite totale bilatérale avec vascularite rétinienne sur maladie de Behcet en accalmie depuis 3 ans , considéré monophthalme de l'OD à cause de sa maladie (Détachement de rétine) .

Son examen à l'admission retrouvait une acuité visuelle à 0,3/10, un segment antérieur calme, une cataracte débutante, un tonus oculaire à 13 mmhg et au fond d'œil un aspect de trou maculaire avec aspect cellophane en temporomaculaire (membrane épirétinienne) , rétine à plat , pas de signes de vascularite active . A l'OCT, le trou maculaire mesurait 1708 um.



Figure 19 . Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 avant la chirurgie

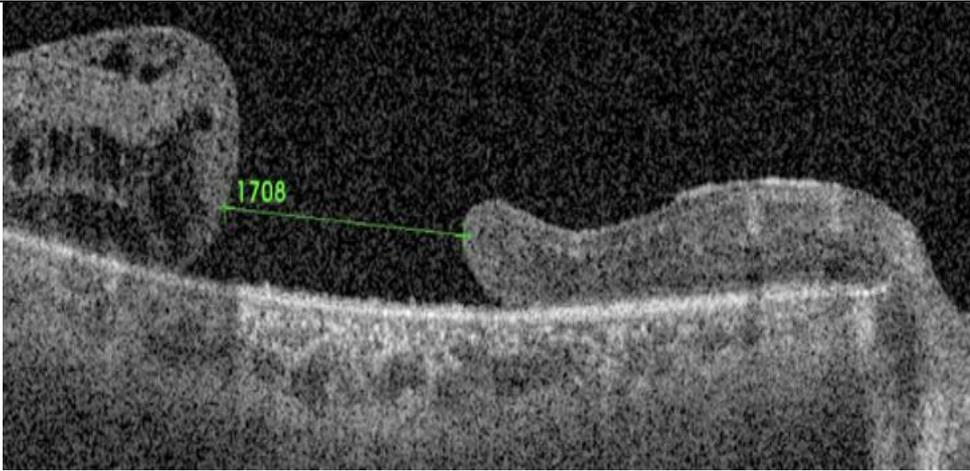


Figure 20. OCT du cas 4 avant la chirurgie

Le geste a consisté en une chirurgie combinée phaco-vitrectomie , greffe de membrane amiotique lyophilisée et tamponnement par gaz C2f6 16 % . La chirurgie s'est déroulée sans incidents avec un comblement du trou maculaire par membrane amiotique mesurant 2 fois la taille du trou et désenroulée sous liquide + PFCL.

A un mois de la chirurgie, le greffon était déplacé avec un trou maculaire non comblé.



Figure 21. Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 à M1

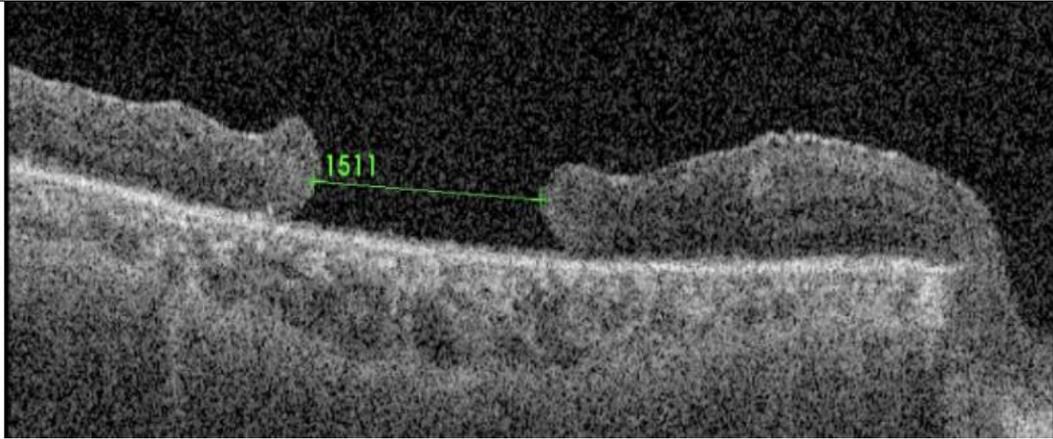


Figure 22. Contrôle OCT du cas 4 à M1

A 3 mois, le patient a été hospitalisé pour une poussée de son uvéite avec hémorragie intra-cavitaire. Après bolus de solumédrol pendant 3 jours avec un relai par voie orale, l'hémorragie s'est résorbée. Puis le patient a été référé au service de médecine interne pour ajustement du traitement de fond.

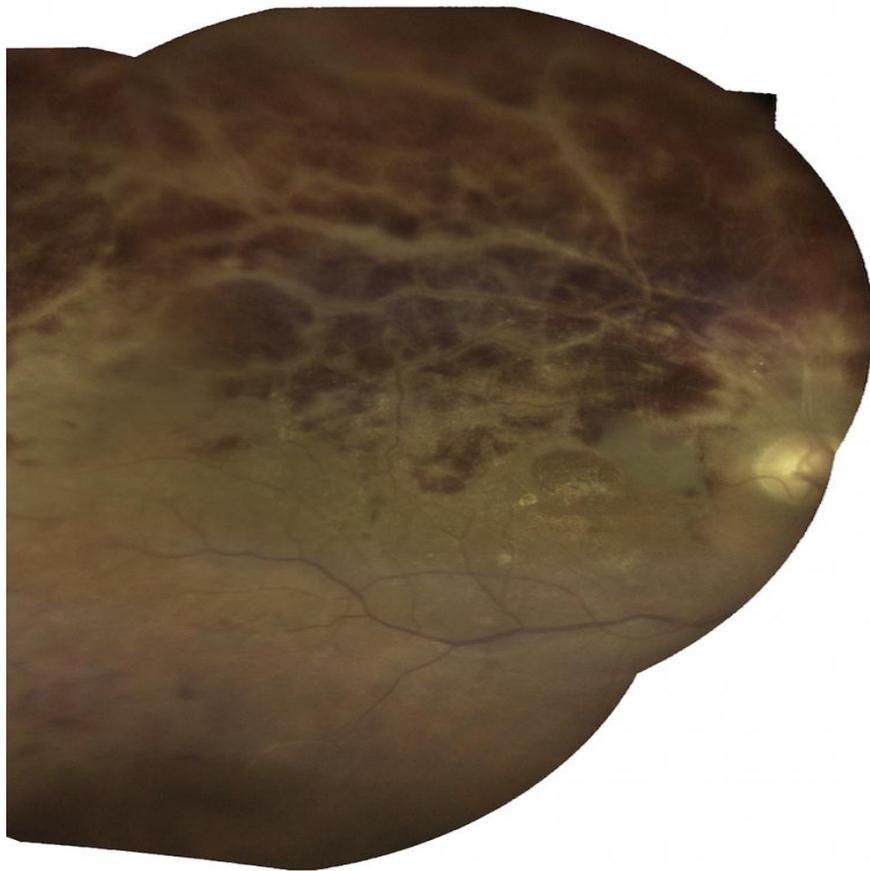


Figure 23. Photo couleur du pôle postérieur du cas 4 à M3 lors de son hospitalisation pour poussée d'uvéite

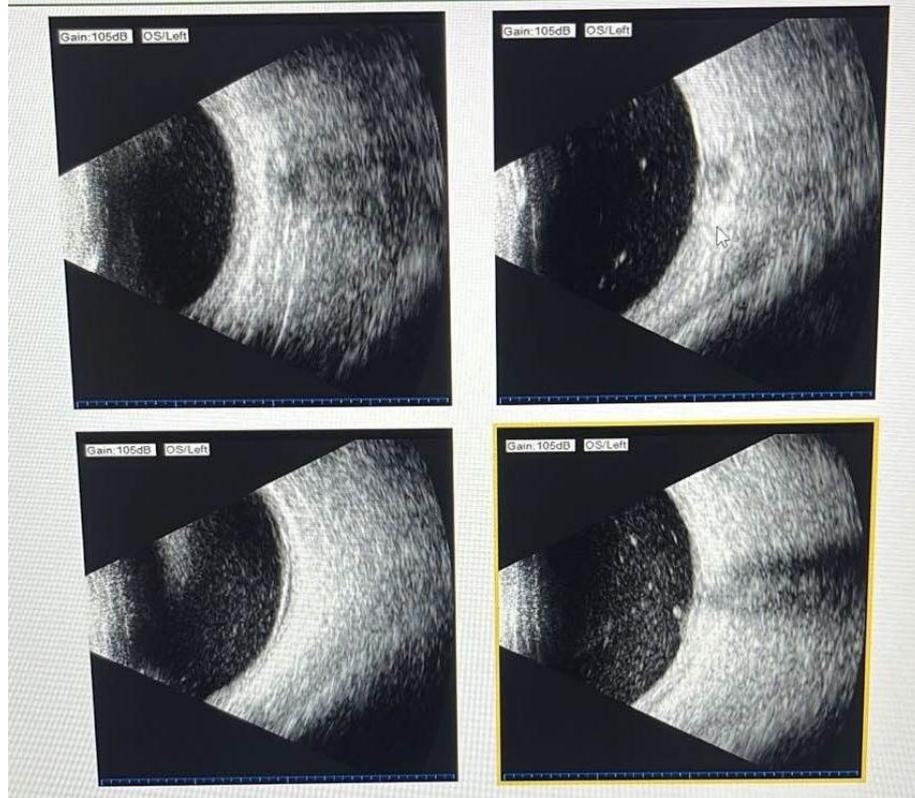


Figure 24. Echographie oculaire du cas 4 à M3 lors de son hospitalisation pour poussée d'uvéite

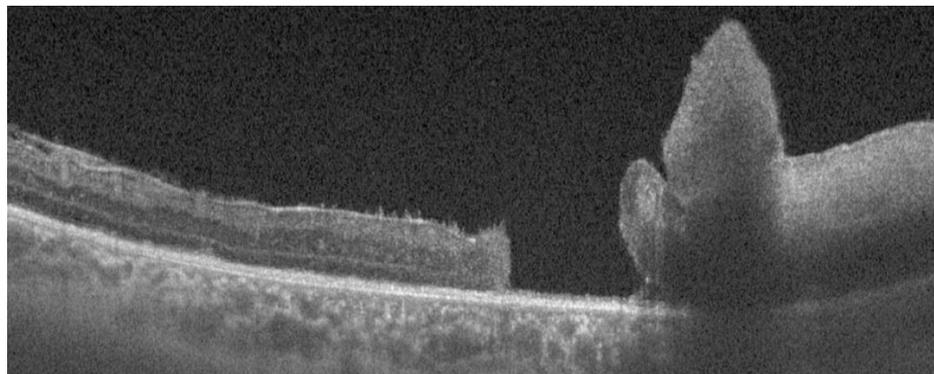


Figure 25. OCT du cas 4 à M3

La taille du trou maculaire s'est réduite avec diminution de l'œdème des berges et amélioration de l'acuité visuelle à 0,5/10.

4. Cas 5 :

Il s'agit d'un patient de 90 ans, hypertendu, diabétique, monophthalme de l'œil gauche sur traumatisme oculaire ancien, aphake. Opéré un an auparavant dans notre formation : vitrectomie postérieure + extraction d'un implant Artisan subluxé + pupilloplastie, barrage laser d'un DRR localisé de 3h à 5h, tamponné par air. Puis repris 5 mois après pour récurrence de DRR de 3h à 9h sur une déchirure à 5h en regard de la zone du barrage au laser, macula off, PVR C1 ayant bénéficié d'un complément de vitrectomie + pelage de l'ILM et du nœud à 5h, barrage au laser sur 360° et tamponnement par silicone 5000.

Le patient comptait les doigts de près avec au segment antérieur une rubéose irienne et une aphakie, un tonus oculaire correct et au fond d'œil cavité vitrénne remplie de silicone, rétine à plat sur 360 avec aspect de trou maculaire et barrage au laser sur 360°. A l'OCT, le trou maculaire mesurait 845 μm .

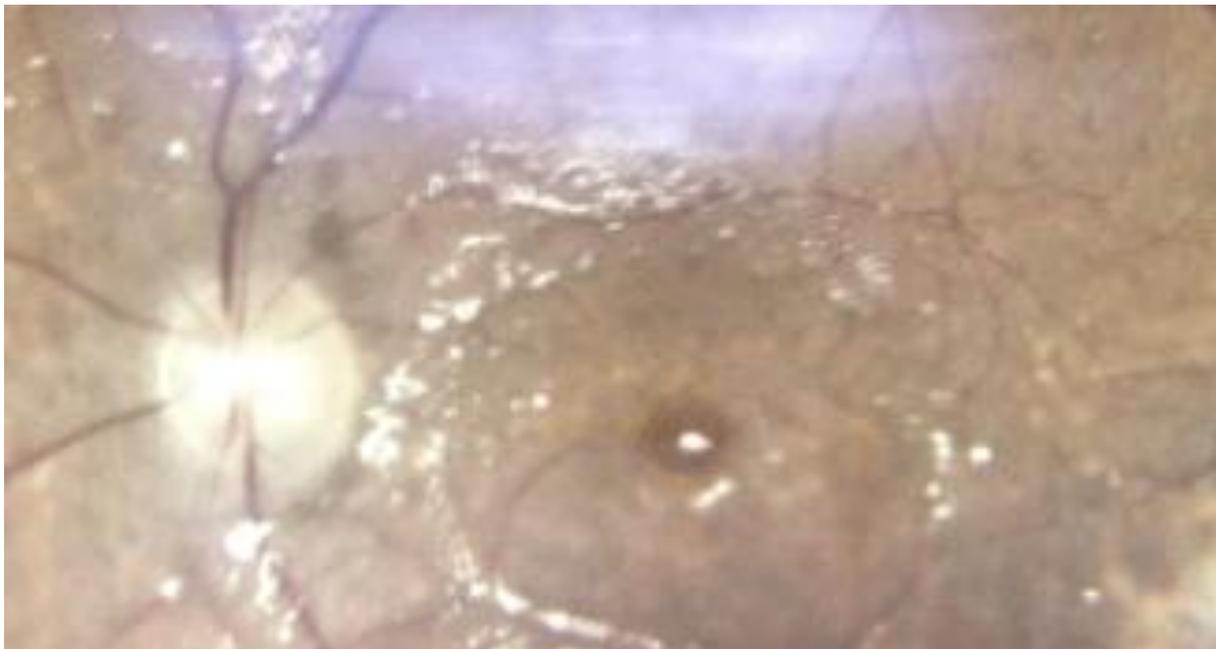


Figure 26. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 avant la chirurgie

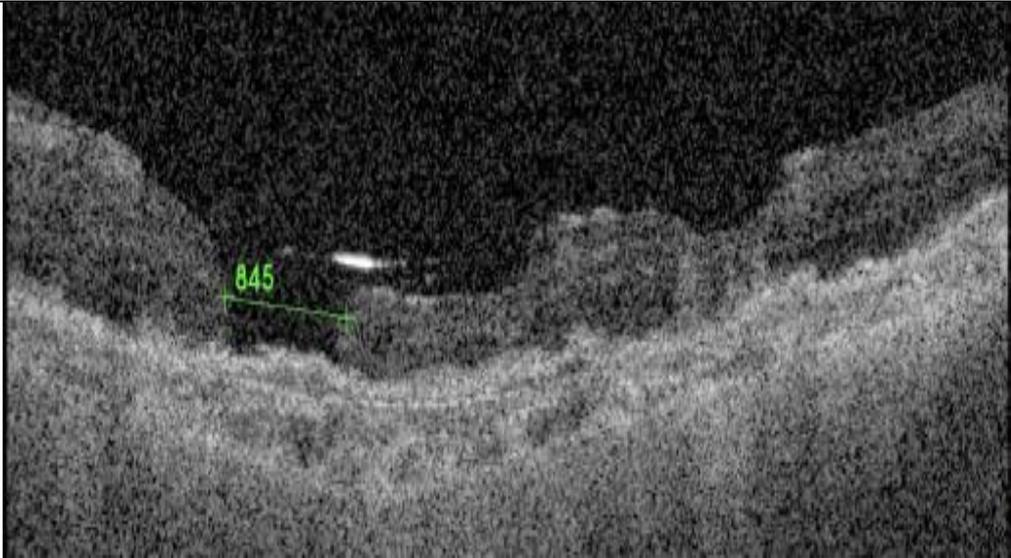


Figure 27. OCT du cas 5 avant la chirurgie

La chirurgie s'est déroulée sous anesthésie latérobulbaire vu l'état général du patient. Au début de l'opération, lors de la mise en place des sclérotomes, des saignements sont apparus dans la chambre antérieure et en pré rétinien. Nous avons décidé de travailler sous silicone. Après injection d'une bulle de PFCL, nous avons préparé la membrane amniotique lyophilisée dont le diamètre est 3 fois supérieur à la taille du trou puis la membrane amniotique est introduite à travers les sclérotomes, puis sous la bulle de PFCL à la surface de la macula par une technique bimanuelle à l'aide d'une pince et d'une Backflush. L'hémorragie a été aspirée par la Backflush à la périphérie de la bulle. La membrane amniotique étant encore repliée, la Backflush et la pince à ILM ont été utilisées pour déplier la membrane amniotique et la centrer sur le trou maculaire. À la fin, nous avons procédé à un échange direct PFCL silicone 5000.

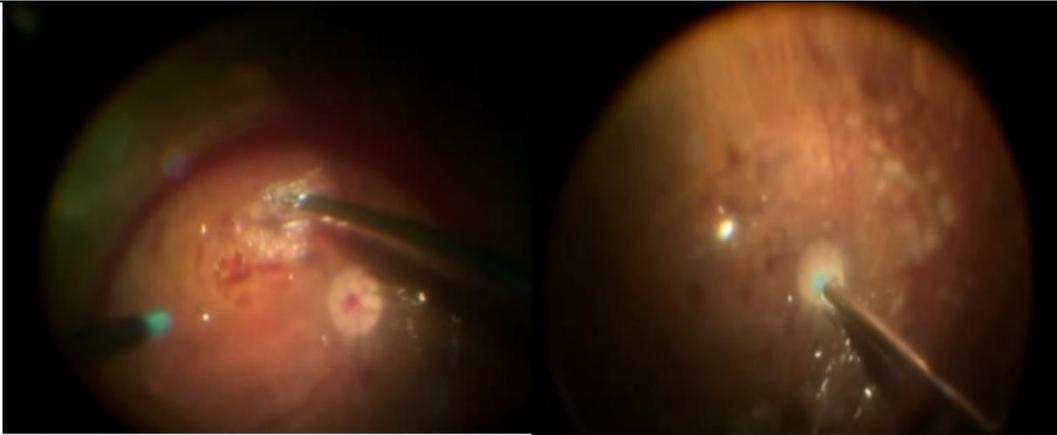


Figure 28. Déroulement de la chirurgie du cas 5

Après un mois, le trou maculaire a été refermé avec une membrane amniotique remplissant la déhiscence fovéale, avec une amélioration minimale de la vision.

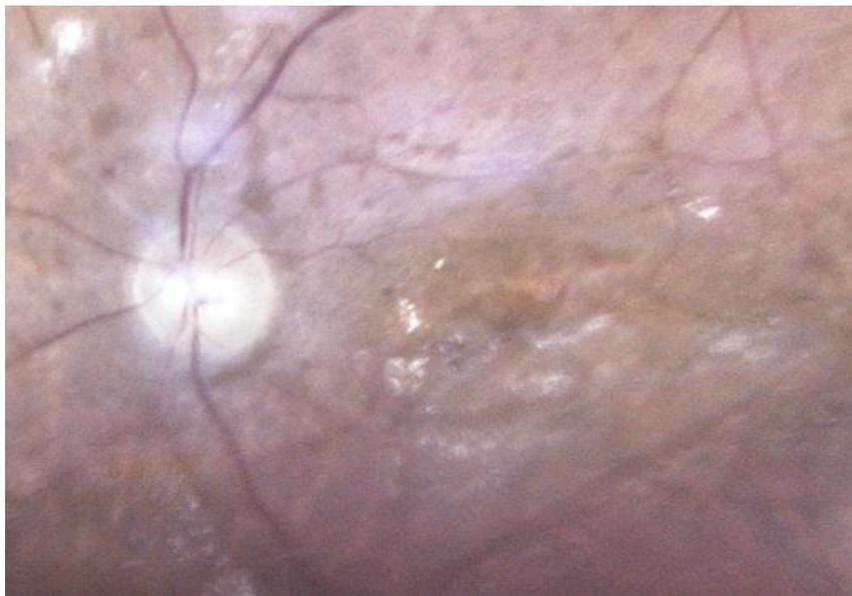


Figure 29. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 à M1

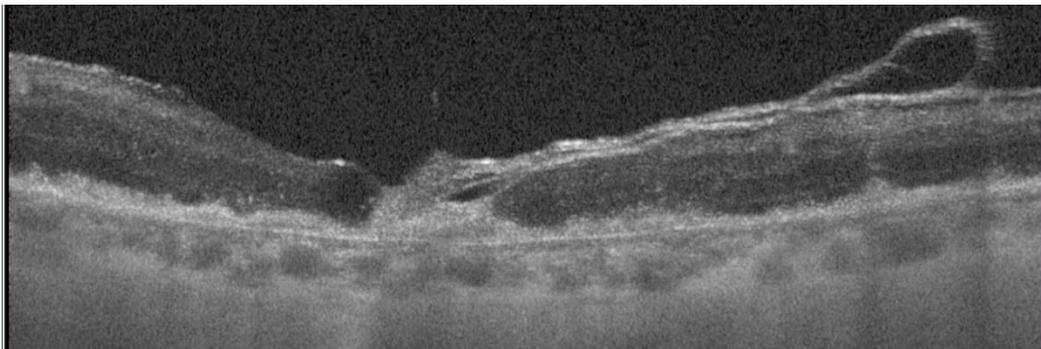


Figure 30. Contrôle OCT du cas 5 à M1

Lors du contrôle de M3, la rétine s'est redécollée. Le patient a été programmé pour reprise chirurgicale.

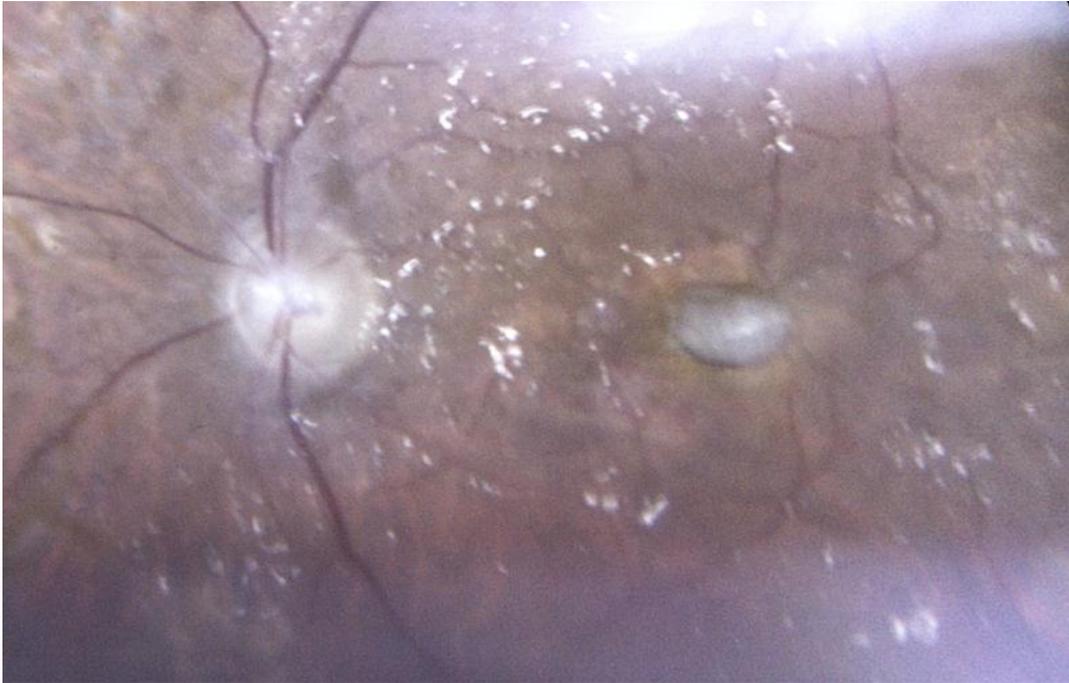


Figure 31. Photo couleur du pôle postérieur du cas 5 à M3

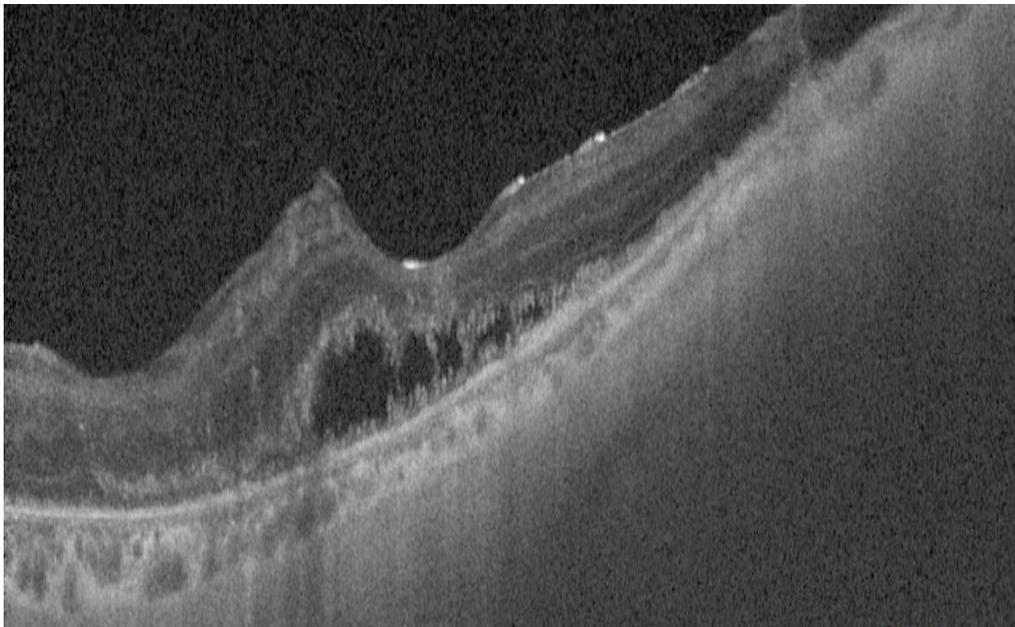


Figure 32. Contrôle OCT du cas 5 à M3

5. Cas 6 :

Il s'agit d'un patient âgé de 50 ans, opéré dans notre formation pour DRR en ODG :

OD : il y a 6 mois, phaco-vitrectomie pour DRR sur trou maculaire avec pelage de l'ILM et tamponnement par silicone 5000

OG : il y a 4 mois, vitrectomie tamponné par silicone 5000 avec découverte d'un foyer de rétinite nécrosante ayant incité à réaliser des sérologies qui ont révélées que le patient était séropositif (mis sous traitement)

Son examen de l'OD à l'admission retrouvait une acuité visuelle à 0,5/10, pseudophake implant en place, tonus oculaire à 14 mmhg, cavité vitrénne remplie de silicone, aspect de trou maculaire de grande taille avec un 2e trou temporo maculaire de petite taille, rétine à plat avec barrage au laser sur 360 . A l'OCT, le trou maculaire mesurait 1608 um et le trou temporo maculaire 602 um.



Figure 33. Photo couleur du pôle postérieur du cas 6 avant la chirurgie

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

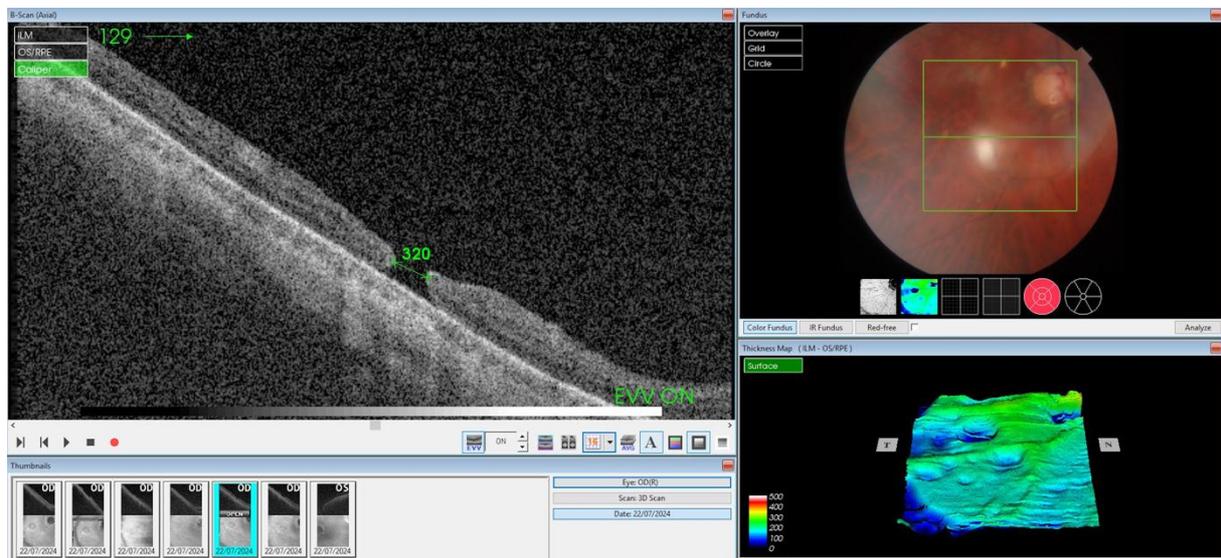
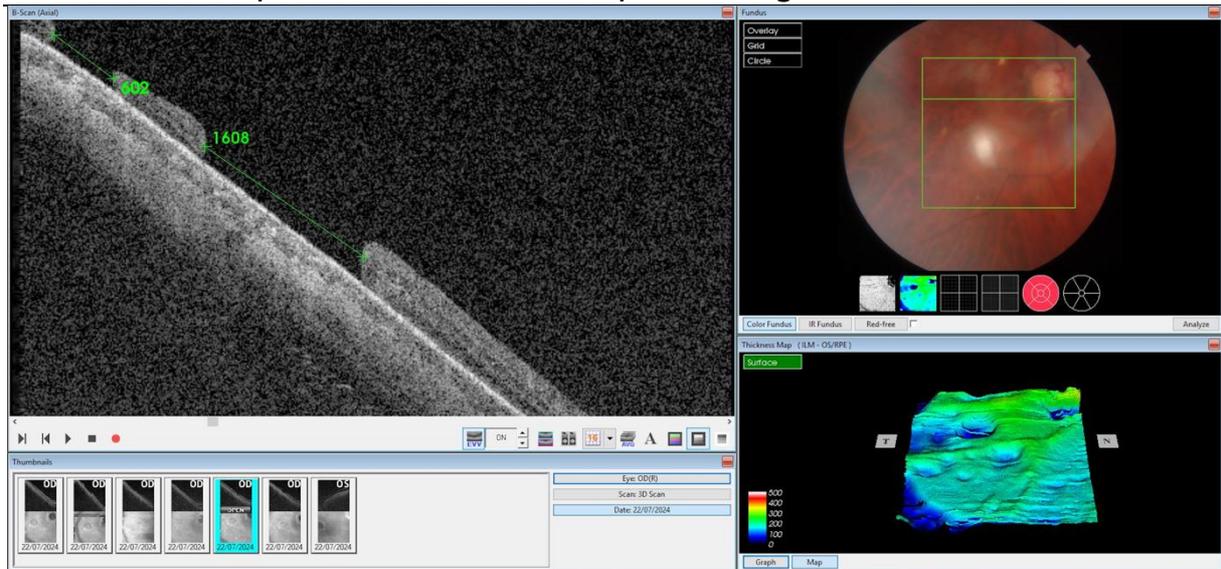


Figure 34. OCT du cas 6 avant la chirurgie

La chirurgie a consisté en une ablation de silicone, décollement des bords du trou au BSS injecté par l'aiguille 40 G puis massage autour du trou, introduction sous PFCL d'une membrane amniotique lyophilisée mesurant 2 fois la taille du trou. Le petit trou temporo maculaire a été comblé par les restes de limitante interne (pelée lors de la chirurgie initiale). Du silicone 5000 a été réinjecté en fin de geste pour tamponnement.

Lors du contrôle du 3^{ème} mois, le greffon s'était déplacé avec une acuité visuelle stable à 0,5/10.

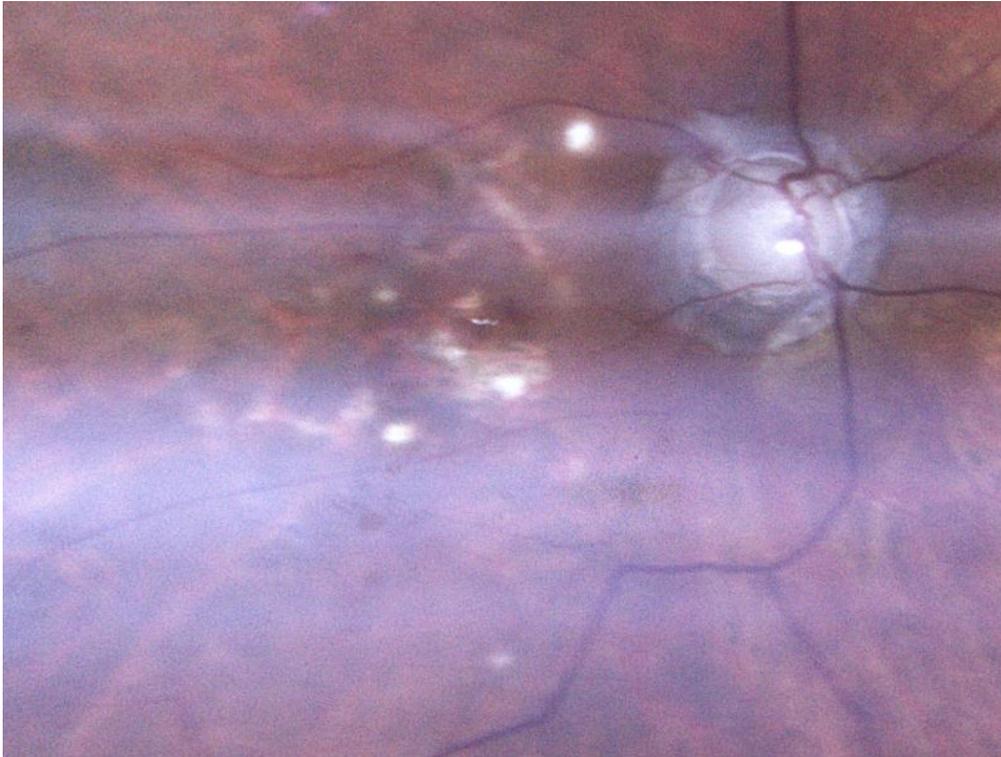


Figure 35. Photo couleur du pôle postérieur du cas 6 à M3

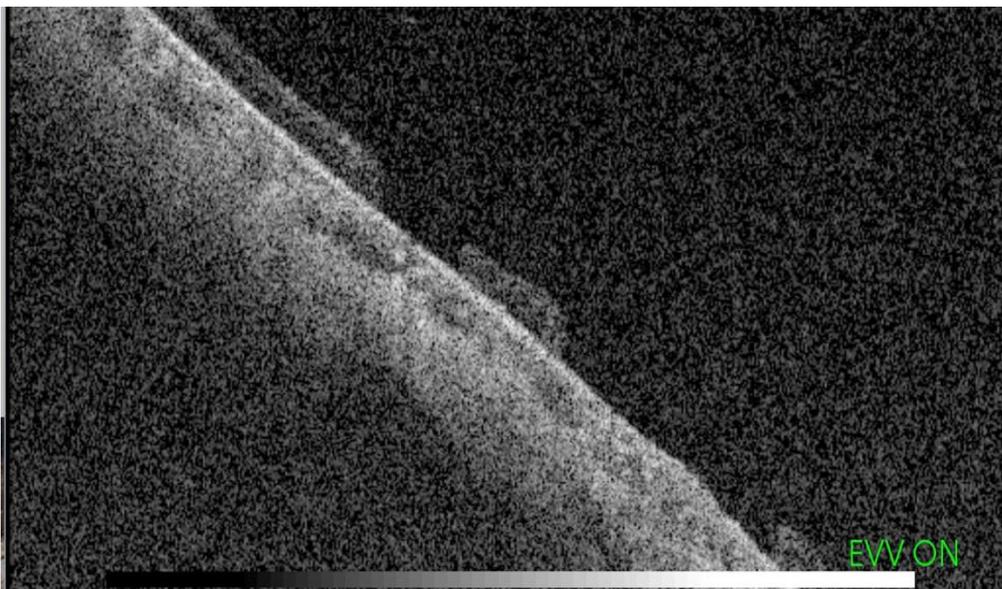


Figure 36. Contrôle OCT du cas 6 à M3

6. Cas 7 :

Il s'agit d'un homme de 70 ans , monophthalme de l'œil droit , ayant bénéficié d'une phaco-vitrectomie+ pelage de l'ILM+SF6 pour hémorragie du vitré 2 mois auparavant probablement d'origine inflammatoire. Le patient a développé un décollement de rétine rhégmato-gène total avec une PVR avancée et un grand trou maculaire.

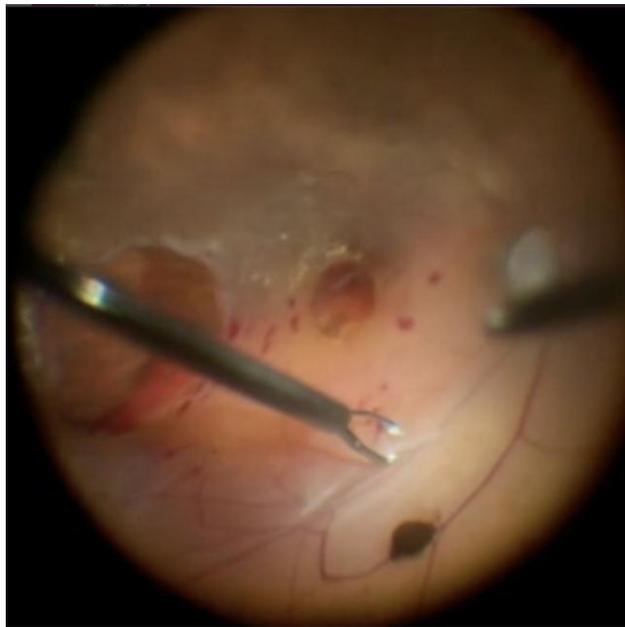


Figure 37. Photo couleur du pôle postérieur du cas 7 avant la chirurgie

La chirurgie a consisté en un traitement chirurgical de la PVR puis greffe de rétine autologue et tamponnement par silicone 5000 .

Nous avons commencé l'opération par une capsulotomie postérieure et l'ablation de la membrane inflammatoire derrière la capsule postérieure.

Après coloration au bleu pour mieux identifier les membranes, nous avons essayé d'effectuer un décollement en monomanuel mais cela n'a pas fonctionné d'où la décision de procéder à un décollement bimanuel pour relâcher la traction sur le bord du grand trou postérieur, ce qui a été un succès.

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

Ensuite nous avons réalisé une rétinectomie inférieure car la rétine était raccourcie. Nous avons réappliqué le pôle postérieur avec du PFCL, après nous avons réalisé une greffe de rétine autologue pour le trou maculaire. Le greffon a été prélevée sur le bord de la rétinotomie.

Après aspiration de la PFCL, nous avons placé le greffon sur le trou maculaire, nous l'avons stabilisé avec du PFCL, puis nous l'avons étalé et positionné correctement sur le trou maculaire . Nous avons effectué une rétinopexie au laser et nous avons terminé par un échange PFCL–silicone 5000 avec un positionnement face vers le bas pendant 5 jours.

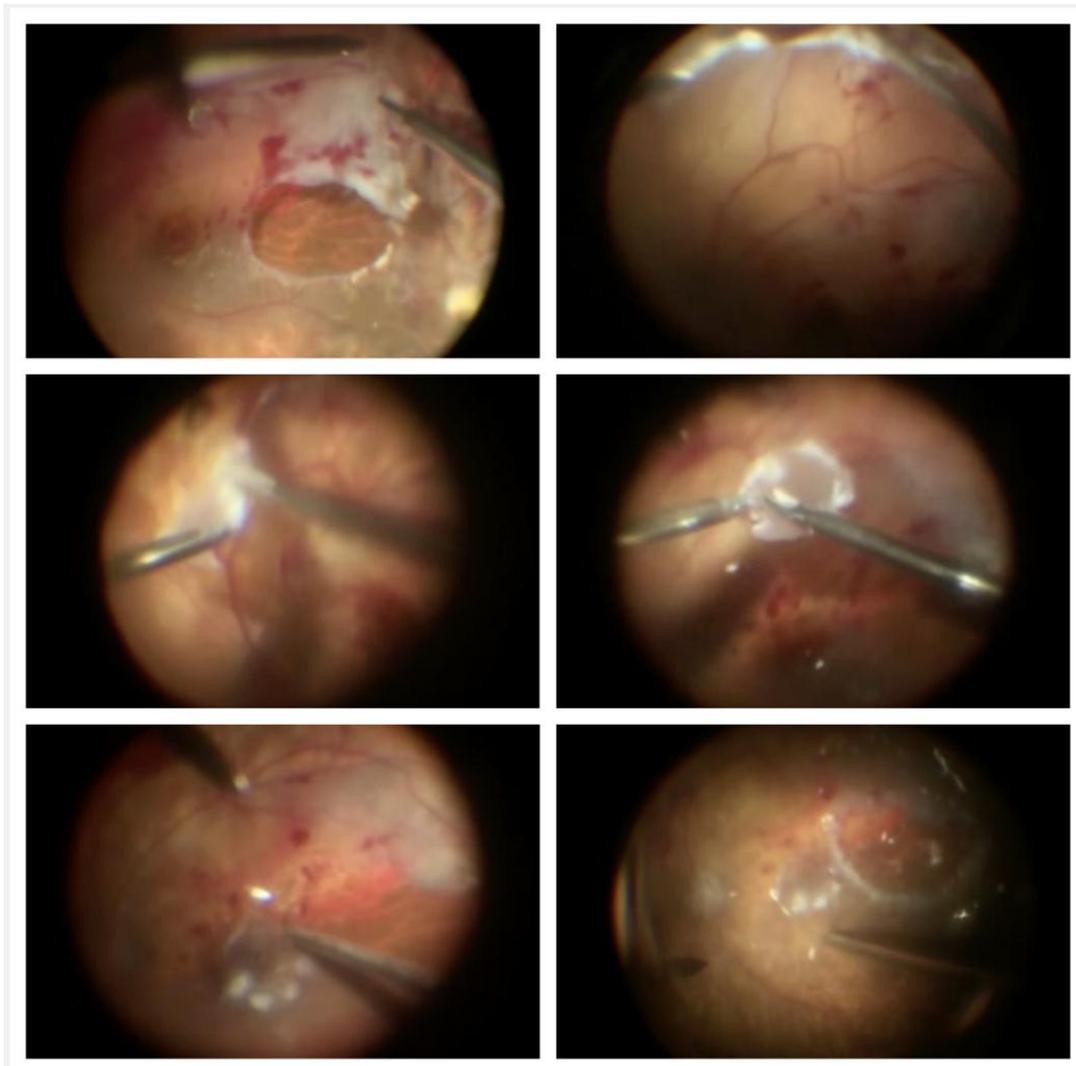


Figure 38. Déroulement de la chirurgie du cas 7

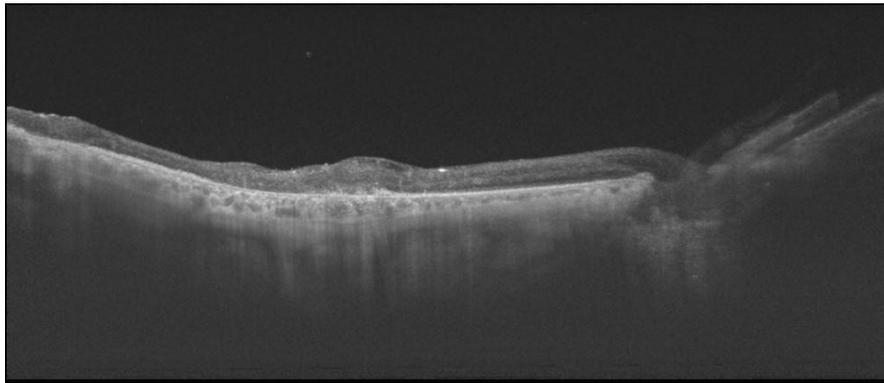


Figure 39. Contrôle OCT du cas 7 à M1

A un an de la chirurgie, la rétine est encore à plat avec une bonne intégration du greffon mais malheureusement le patient n'a pas amélioré sa vision.

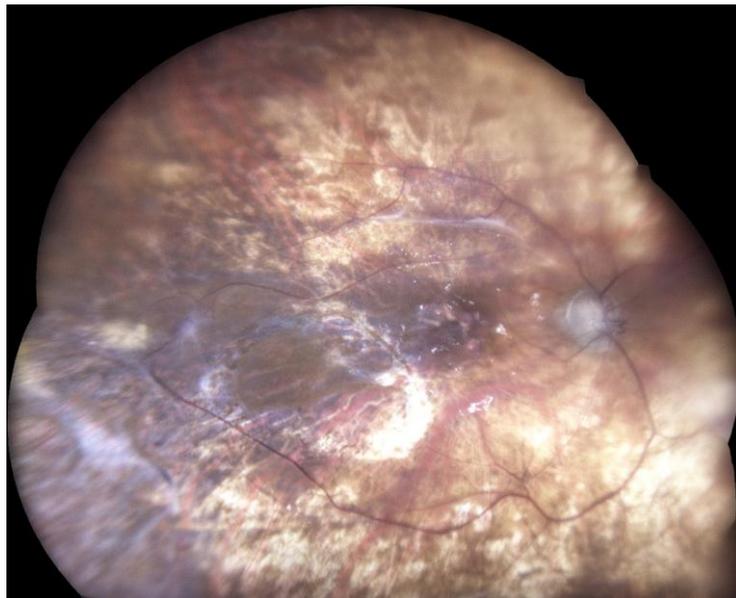


Figure 40. Photo couleur du pôle postérieur du cas 7 à A1



Figure 41. Contrôle OCT du cas 7 à A1

Après ablation du silicone, la rétine est restée à plat avec un trou maculaire fermé.

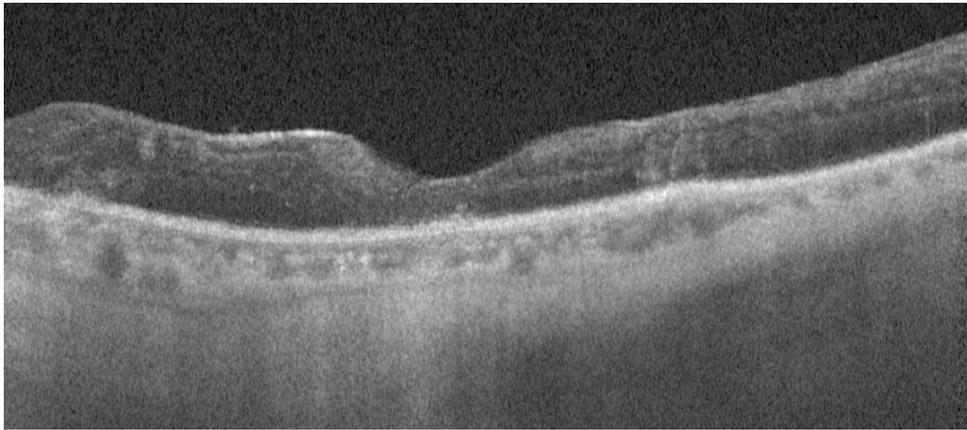


Figure 42. Contrôle OCT du cas 7 après ablation du silicone

7. Récapitulatif des différents résultats

Tableau 1. Récapitulatif des différents résultats

	Sexe	Age	Oeil	Nbr PPV avt	Intervalle entre PPV- re PPV (mois)	Pelage ILM chir initiale	MAVC Pré-op	Taille Trou pré-op	DRR associé	Chirurgie	Tamponn- ement	Durée Suivi	MAVC post-op	Fermeture trou	Complicatio ns
1	H	14	G	1	3	Flap temporal	3/10	500	Non	FM	C3F8 12%	3	5/10	Oui	Non
2	F	36	G	1	30	Non	0,5/10	1012	Non	FM+GMA	C3F8 12%	6	2/10	Oui	Non
3	H	60	G	1	9	Oui	Cld 1m	2192	Non	GMA	C3F8 12%	1	Cld 1m	Partiel	Non
4	H	43	D	0	-	-	0,3/10	1708	Non	GMA	C2F6 16%	3	0,5/10	Non	Poussée d'uvéite
5	H	90	G	2	7	Oui	Cld <1m	845	Non	GMA	Silicone	3	Cld <1m	Oui	DRR
6	H	60	D	1	6	Oui	0,5/10	1608	Non	GMA	Silicone	3	0,5/10	Non	Non
7	H	70	D	1	2	Oui	MDD		Oui	GRA	Silicone	12	MDD	Oui	Non

DISCUSSION

1. Les trous maculaires

1.1. Définition

Le trou maculaire (TM) est une pathologie de l'interface vitréo-rétinienne caractérisée par un défaut total de la rétine neurosensorielle au centre de la macula.

1.2. Rappels (1)

a. Anatomie du vitré

Le vitré occupe environ les 4/5 du volume de l'œil. Il est sphérique en arrière et présente une dépression en avant correspondant au cristallin, appelée fosse patellaire.

Le corps vitré se compose de la base du vitré, du cortex vitréen et du noyau vitréen.

La base du vitré est une structure tridimensionnelle, dense en collagène.

Le cortex vitréen (ou membrane hyaloïde) enveloppe le corps vitré. Il est divisé en parties antérieure et postérieure par la base vitréenne.

Le cortex est mince au-dessus de la macula et absent au-dessus du nerf optique. Le cortex vitréen est attaché à toutes ses structures contiguës, la connexion la plus forte se trouvant à la base du vitré.

D'autres attaches vitréo-rétiniennes importantes comprennent :

- Le cristallin
- La zone parafovéolaire de la rétine
- Le bord de la tête du nerf optique
- Le long des principaux vaisseaux sanguins rétiniens

Le cortex vitréen est composé de trois éléments principaux :

- Des fibres de collagène,

- Des cellules fibrocytaires et macrophagiques,
- Et des mucopolysaccharides complexes

Le gel vitréen est responsable de la stabilisation du globe oculaire. Les fibres de collagène (principalement de type II) traversent son centre dans le sens antéro-postérieur, adhèrent à la base antérieure du vitré et s'insèrent dans le cortex vitréen postérieur.

Les espaces entre les fibrilles de collagène sont remplis d'eau (qui constitue 98 % du gel vitréen) et d'acide hyaluronique .

Le gel vitréen est donc construit pour résister aux forces de traction et de compression.

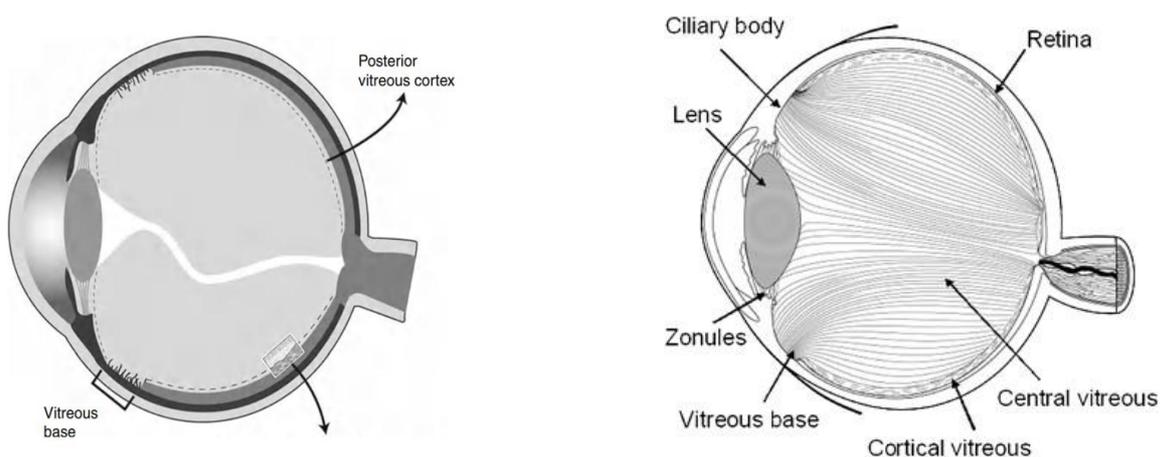


Figure 43. Anatomie du vitré

b. Anatomie de l'interface vitréorétinienne

L'interface vitréo-rétinienne se compose de trois éléments :

- Le cortex vitréen
- La membrane limitante interne (ilm) (l'ilm de la rétine est la membrane basale des cellules de müller)
- La membrane plasmique des cellules de müller

L'ILM est constituée de collagène de type I et de type IV, de protéoglycanes, de laminine et de fibronectine.

Son épaisseur varie de 50 μm à la base du vitré à 300 μm à l'équateur et plus de 1 500 μm au pôle postérieur.

Au niveau de la fovéa, l'ILM est mince, ce qui correspond à la distribution éparses des cellules de Müller. La surface antérieure de l'ILM est lisse tandis que la surface postérieure est irrégulière, correspondant à l'irrégularité de surface de la cellule de Müller adjacente.

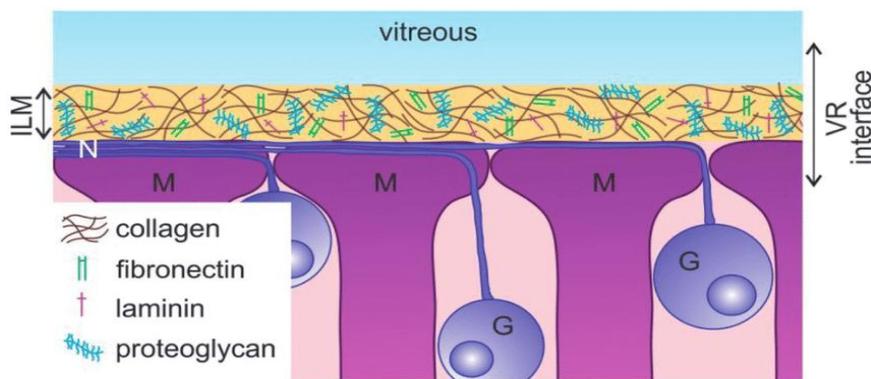


Figure 44. Anatomie de l'interface vitréorétinienne

c. Décollement postérieur du vitré

c1-Définition

La DPV est une séparation entre le cortex vitréen postérieur et la membrane limitante interne de la rétine.

c2-Pathogénèse

La DPV peut être localisée, partielle ou totale jusqu'au bord postérieur de la base du vitré.

Chez les jeunes, le vitré est normalement clair et n'a que peu ou pas d'effet sur la sensibilité à l'éblouissement.

Au cours du vieillissement, l'agrégation des fibrilles de collagène du vitré en fibres épaisses, irrégulières et visibles peut induire des éblouissements gênants.

La DPV chez les personnes âgées peut également provoquer des éblouissements en raison de la diffusion de la lumière par le réseau dense de fibrilles de collagène dans le cortex vitréen postérieur.

Les "myodésopsies" sont la plainte la plus fréquente des patients atteints de DPV. Elles résultent généralement de la condensation des fibres vitréennes.

Les corps flottants se déplacent avec le vitré lors des mouvements oculaires et diffusent la lumière incidente, projetant une ombre sur la rétine qui est perçue comme une structure grise, semblable à un cheveu ou à une mouche.

c3-Stades

La DPV est classiquement divisée en quatre stades :

Stade 1 : séparation périfovéolaire avec adhésion du vitré à la fovéa.

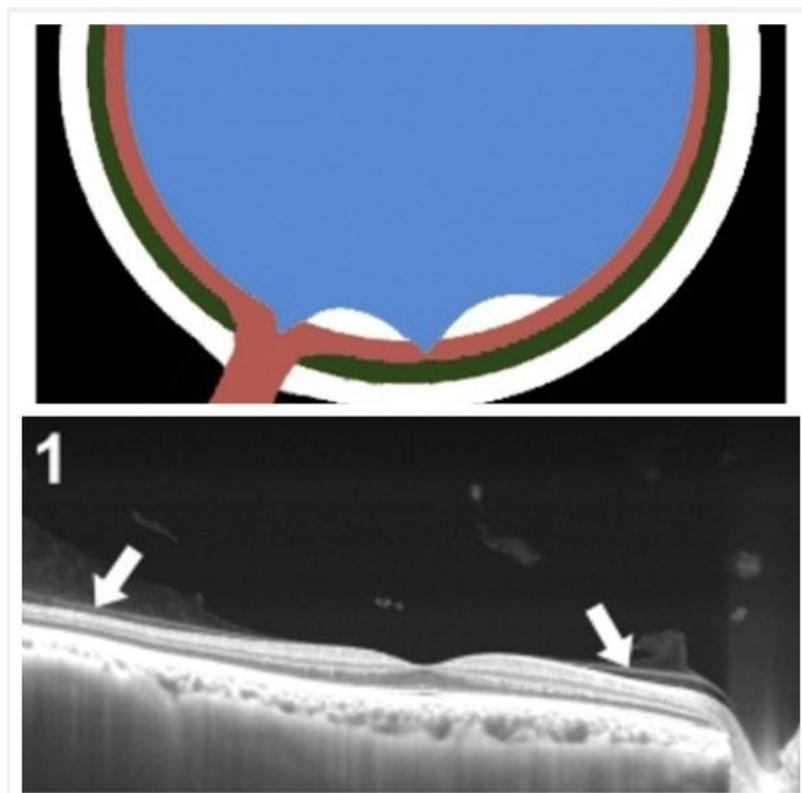


Figure 45. Stade 1 du DPV

Stade 2 : séparation complète du vitré de la macula, toujours attaché au disque optique et à la rétine périphérique moyenne.

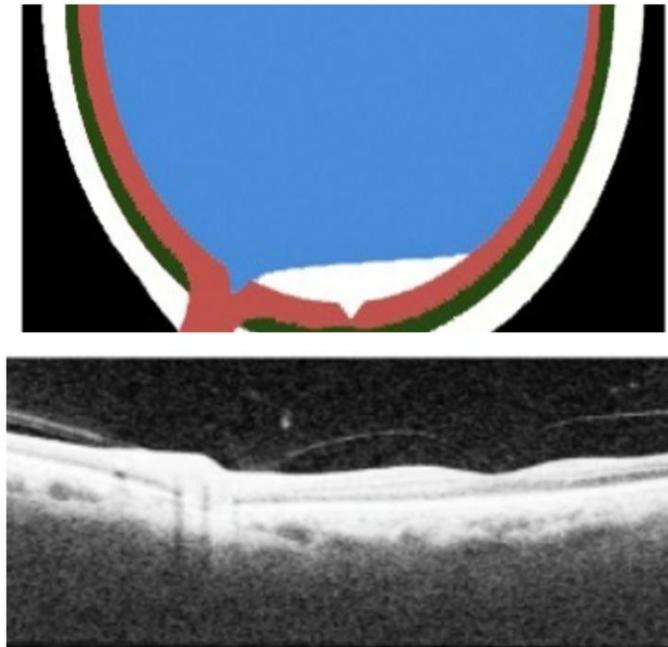


Figure 46. Stade 2 du DPV

Stade 3 : le vitré n'est attaché qu'au disque optique

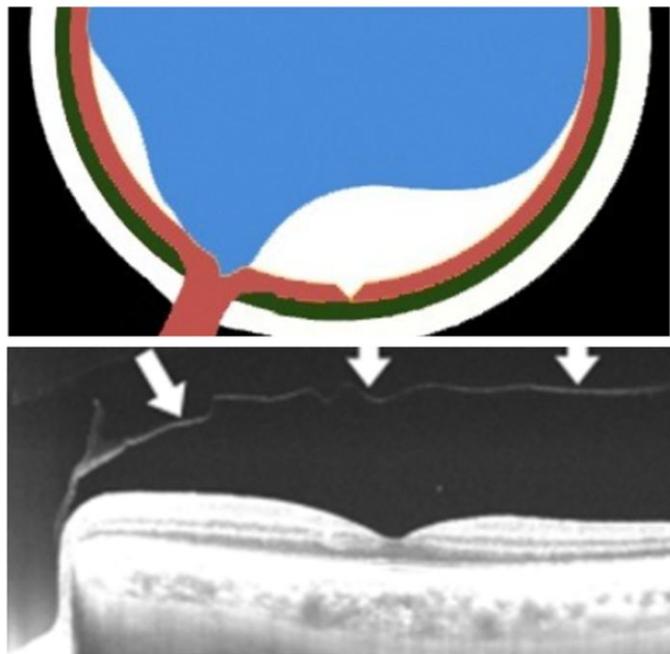


Figure 47. Stade 3 du DPV

Stade 4 : DPV complet

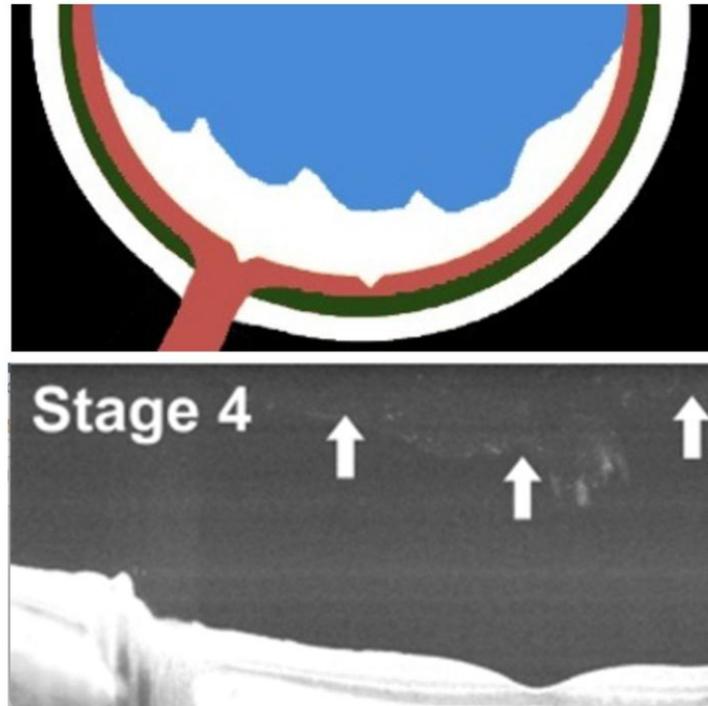


Figure 48. Stade 4 du DPV

c4-DPV pathologique

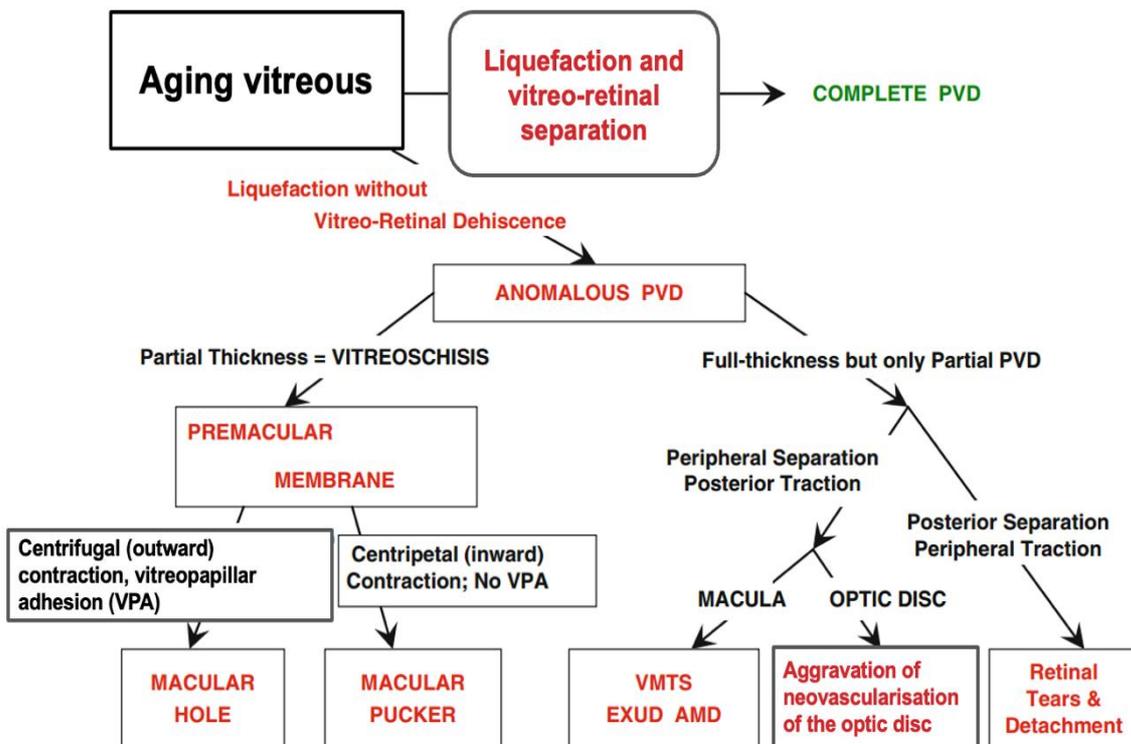


Figure 49. DPV pathologique

1.3. Étiologies

Le trou maculaire est le plus souvent idiopathique (90%) ou lié au syndrome de traction vitréomaculaire. Le trou maculaire peut être associé à diverses formes de pathologie maculaire, notamment :

- Après un traitement au laser (2)
- Intervention chirurgicale intraoculaire (3)
- Membrane épirétinienne
- vasculopathie choroïdienne polypoïdale (4)
- Rétinopathie hypertensive
- Rétinopathie diabétique
- Dystrophie vitelliforme (5)
- Macro-anévrisme artériel rétinien rompu (6)

D'autres associations rares sont :

- Occlusion de l'artère centrale de la rétine (7)
- La rétinite pigmentaire (8)
- Le syndrome d'alport (9)
- Rétinopathie de valsalva (10)
- La maladie de stargardt (11)
- Syphilis

Par ailleurs, la myopie avec ou sans staphylome postérieur est une pathologie oculaire qui peut prédisposer l'œil à développer un trou maculaire (12). Le décollement de la rétine à partir du trou maculaire n'est pas très rare, et dans ces cas, différentes techniques de fermeture du trou sont aujourd'hui testées (12) (13). Les traumatismes sont une autre cause importante, en particulier chez les jeunes (14). Un trou maculaire traumatique peut se

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
refermer spontanément et, dans le cas contraire, nécessiter une intervention chirurgicale (15).

S'il n'est associé à aucune autre condition prédisposante, il s'agit d'un trou maculaire primaire. Les trous maculaires associés à des conditions prédisposantes sont appelés trous maculaires secondaires.

1.4. Epidémiologie

Un trou maculaire idiopathique est généralement unilatéral. L'atteinte bilatérale varie largement entre 2 % et 28 %, bien qu'aucune association systémique définitive n'ait été rapportée (16) (17). Les femmes sont plus souvent touchées (F:H=3:1, de 1,2:1 à 7:1) dans leur sixième ou septième décennie (18) (19). Bien que l'âge moyen soit supérieur à 60 ans, un trou maculaire myopique et traumatique peut se manifester à tout âge. La prévalence des trous maculaires peut varier de 3,3 pour 1000 habitants (Baltimore eye study) à 0,2 pour 1000 habitants en Australie (19) . L'incidence des trous maculaires était de 7,8 personnes pour 100000 habitants par an dans une étude menée aux États-Unis (19). Dans une autre étude, l'incidence cumulée des trous maculaires était de 41,1 cas pour 100000 personnes-années (20). Différents facteurs de risque systémiques ont été étudiés quant à leur association avec les trous maculaires, mais les résultats n'ont pas été concluants (21).

1.5. Physiopathologie

a. Interface vitréo-rétinienne (1)

Trois conditions prérétiniennes principales sont associées à la traction vitréo-maculaire :

- Des adhérences vitréo-maculaires persistantes dues à un DPV incomplet (partiel)
- Le vitréoschisis avec des restes de cortex vitréen sur la membrane limitante interne après un DPV
- Prolifération de cellules épirétiniennes sur la MLI.

Dans les deux cas, la MLI est le site anatomique de la pathologie qui transmet les forces de traction vitréo-maculaire à la rétine.

Le DPV se caractérise par une liquéfaction du vitré et une séparation vitréo-rétinienne .

Un DPV incomplet ou des adhérences vitréo-rétiniennes anormales sont les mécanismes de base d'une variété de pathologies vitréo-rétiniennes un DPV complet peut protéger contre divers troubles tels que la rétinopathie diabétique.

Le mécanisme de la traction vitréomaculaire se caractérise par la transmission à la macula de forces de traction statiques et dynamiques, antéropostérieures ou tangentiellles, résultant des modifications du vitré liées à l'âge et de la prolifération pathologique de cellules épirétiniennes à l'interface vitréo-rétinienne.

PHYSIOPATHOLOGY OF VITREOMACULAR TRACTION:

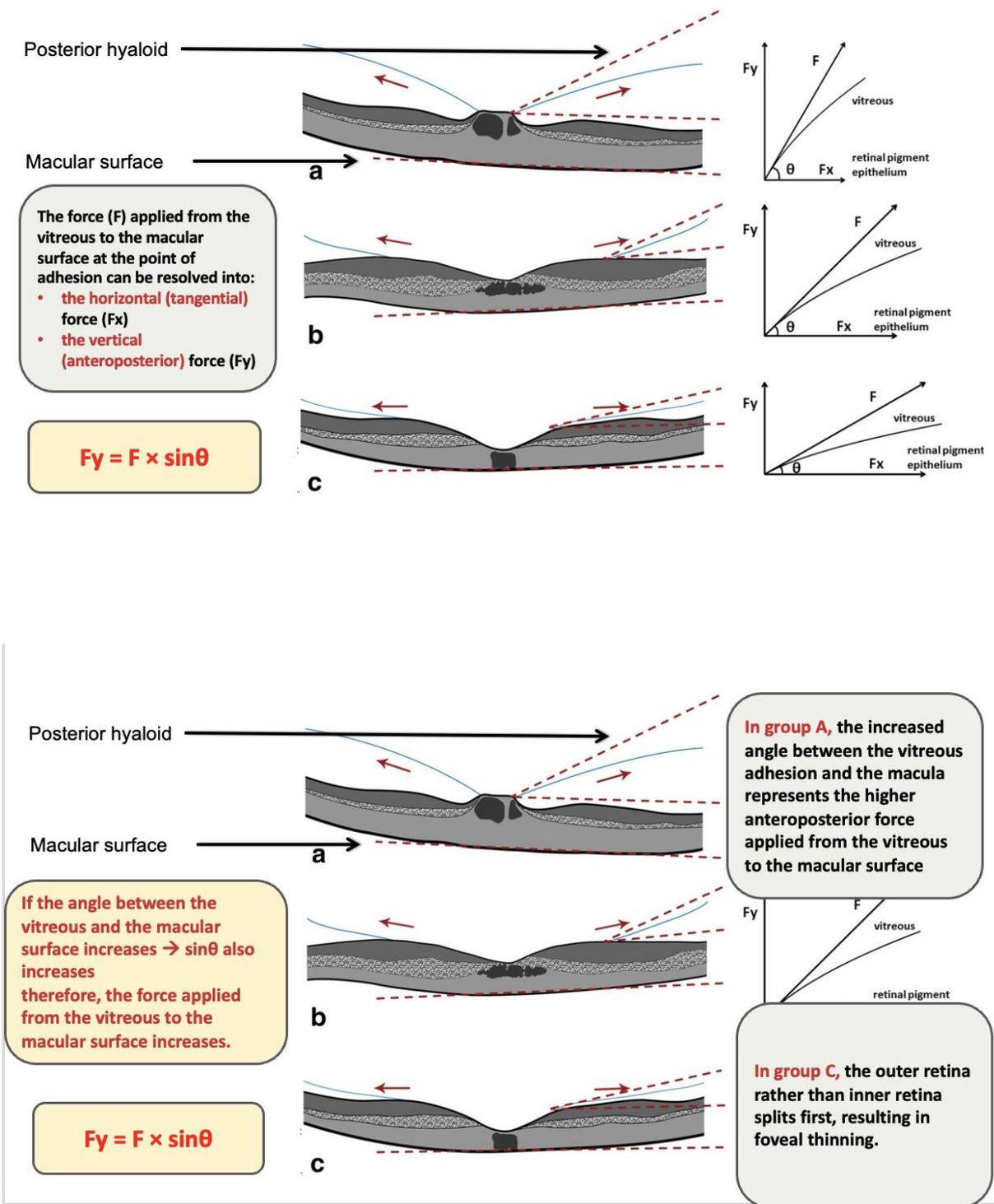


Figure 50. Physiopathologie de la traction vitréomaculaire

b. Troux maculaires

La physiopathologie exacte du développement des trous maculaires idiopathiques est inconnue. Mais les progrès récents de la tomographie par cohérence optique spectral Domain (SD-OCT), ont eu un impact important. L'anomalie de l'interface vitréo-rétinienne et ses forces de traction jouent un rôle majeur dans le développement des trous maculaires. L'amincissement fovéal involutif joue également un rôle (22).

Cette force de traction peut être tangentielle par la membrane épi-rétinienne préexistante ou verticale par la traction vitréomaculaire (23). Cette traction vitréenne tangentielle anormale est le produit d'un mouvement de fluide dans le vitré avec une prolifération cellulaire, comme le suggère une étude menée par W.R.Green (24).

La fermeture anatomique réussie du trou maculaire après l'ablation chirurgicale du vitré prouve indirectement son rôle pathologique. Chez les jeunes patients dont le corps vitré est sous forme de gel, les traumatismes provoquent une traction vitréomaculaire soudaine suivie d'une séparation forcée, ce qui entraîne la formation de trous maculaires (25). La myopie est une autre cause d'anomalie de la physique vitréo-rétinienne, qui provoque des trous maculaires dans un contexte d'amincissement de la rétine au centre (26). Les autres pathologies de la macula ou de la rétine associées à la formation de trous maculaires sont généralement liées à une anomalie de l'interface vitréo-rétinienne.

1.6. Classifications

Il existe deux systèmes de stadification des trous maculaires, à savoir la stadification clinique et la stadification basée sur les résultats de l'OCT. Gass a décrit cliniquement les stades des trous maculaires à la fin des années 90, mais ce système est encore largement accepté (27) . Sa description des étapes de la formation des trous maculaires est utile pour la décision de la prise en charge thérapeutique :

Au stade 0, ou prémaculaire, le trou se crée suite à un DPV avec une fixation fovéale persistante. Une perte de la dépression fovéolaire peut être observée mais l'acuité visuelle n'est généralement pas altérée. La majorité des trous de stade 0 ne progressent pas vers des stades avancés. Ce stade représente les adhésions vitréomaculaires.

Le stade 1 – menace de trou ou trou maculaire imminent – provoque typiquement des symptômes visuels de métamorphopsies et de scotome positif central, avec une acuité visuelle comprise en général entre 3/10 et 8/10. Les modifications maculaires évocatrices sont soit un point jaune central (stade 1A), soit un anneau jaunâtre (stade 1B) au niveau de la fovéa.

L'examen OCT retrouve un « pseudokyste » fovéal (stade 1A) ou un clivage des couches rétiniennes internes (schisis) associé à une traction vitréomaculaire au centre de la fovéa.

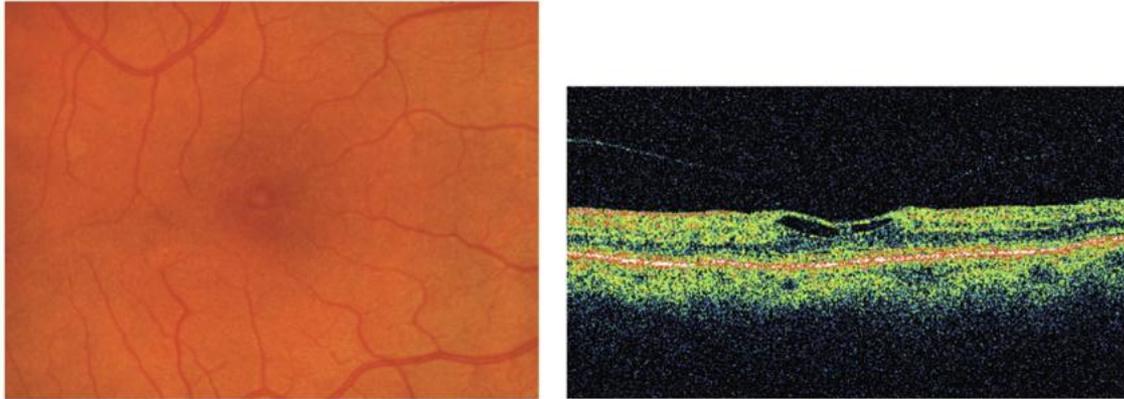


Figure 51. Trou maculaire Stade 1A de la classification de Gass

Au stade 1B, on observe un clivage de la rétine externe au niveau fovéal correspondant à l'anneau jaunâtre vu cliniquement.

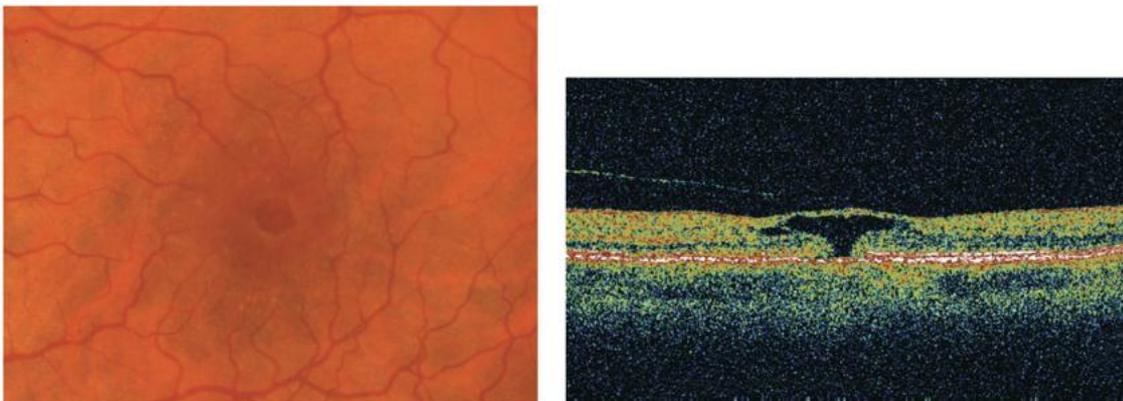


Figure 52. Trou maculaire Stade 1B de la classification de Gass

La résolution spontanée du stade 1 survient dans environ 50 % des cas.
Ce stade correspond au syndrome de traction vitréomaculaire.

Le stade 2 - trou maculaire débutant - correspond à un trou maculaire de pleine épaisseur de survenue récente et de moins de 400 μm de diamètre. C'est le résultat de la progression du pseudokyste fovéal vers un trou maculaire de pleine épaisseur lorsqu'il existe un détachement du « toit » du pseudokyste (couche interne). Cette progression s'accompagne d'une baisse d'acuité visuelle. En OCT, on retrouve un défaut rétinien de pleine épaisseur associé à une persistance de l'adhésion vitréomaculaire au niveau de la fovéa. Il s'agit d'une TVM avec un trou de taille petite à moyenne.

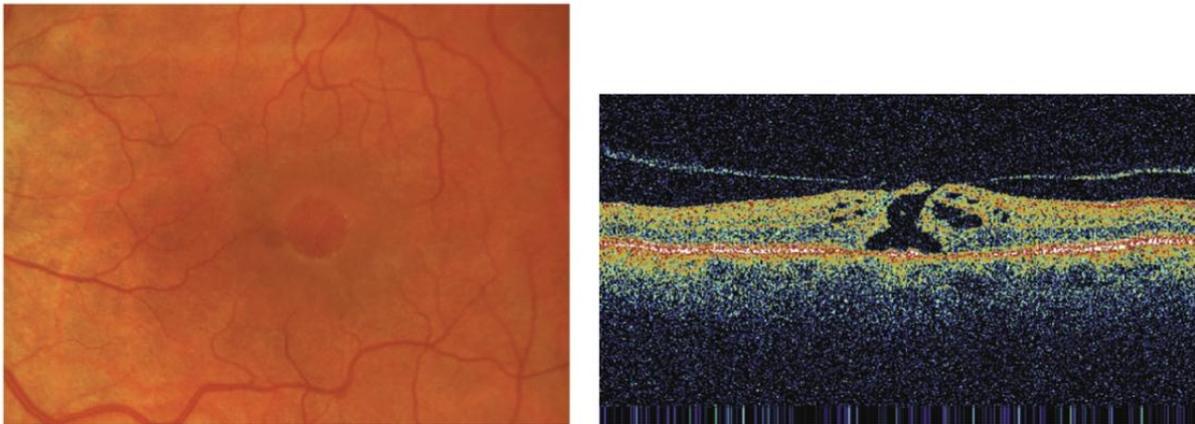


Figure 53. Trou maculaire Stade 2 de la classification de Gass

Au stade 3, le trou maculaire est entièrement constitué ($\geq 400 \mu\text{m}$ de diamètre), typiquement entouré par un rebord de rétine épaissie et soulevé. L'acuité visuelle varie largement. La hyaloïde postérieure reste attachée à la papille optique, mais est détachée de la fovéa. Un opercule suspendu par la hyaloïde postérieure peut être vu recouvrant le trou. Sur l'OCT, on peut voir un grand trou maculaire sans TVM.

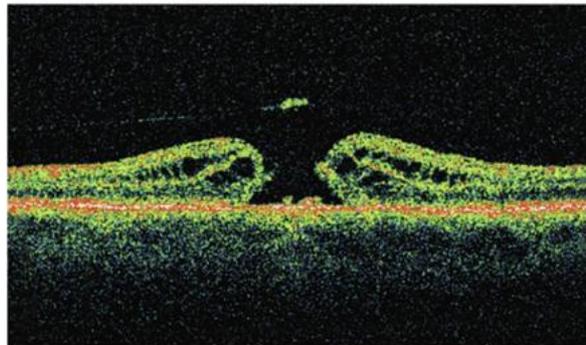


Figure 54. Trou maculaire Stade 3 de la classification de Gass

Le stade 4 correspond à trou maculaire constitué avec décollement postérieur du vitré complet, mis en évidence par la présence de l'anneau de Weiss. En OCT, on retrouve un grand trou maculaire sans TVM.

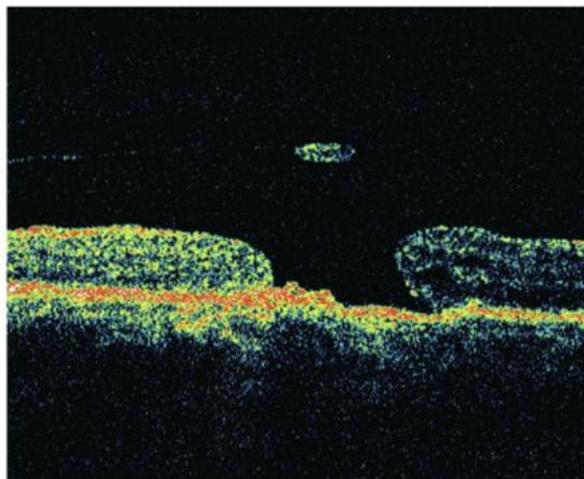


Figure 55. Trou maculaire Stade 4 de la classification de Gass

L'étude internationale sur la traction vitréomaculaire (IVTS) a décrit, sur la base des résultats de l'OCT, une stadification de l'adhérence vitréomaculaire (AVM), de la traction vitréomaculaire (TVM) et du trou maculaire (MH) (28).

Adhésion vitréo-maculaire (AVM) : Absence de distorsion du contour fovéal

Focale : Hyaloïde postérieure attachée avec interface rétinienne de 1500 micromètres ou moins

Large : Supérieure à 1500 micromètres

A, AVM focale : Les flèches blanches marquent les zones d'adhérence du vitré. La zone d'adhérence est inférieure ou égale à 1500 mm et il n'y a pas de modification détectable du contour fovéal des tissus rétiniens sous-jacents.

B, AVM large : Les flèches blanches indiquent les zones d'adhérence du vitré. La zone d'adhérence est supérieure à 1500 mm et il n'y a pas de changement détectable dans le contour fovéal des tissus rétiniens sous-jacents.

C, AVM focale avec dégénérescence maculaire liée à l'âge exsudative concomitante.

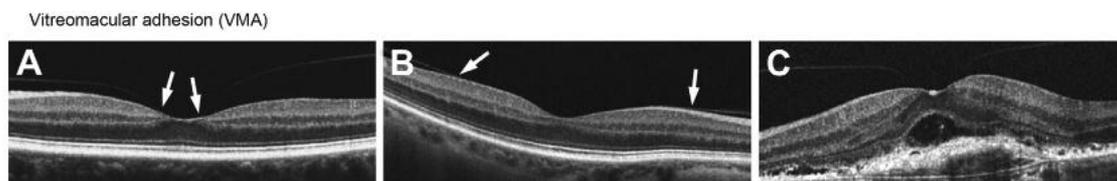


Figure 56. Stadification de l'AVM selon IVTS

Traction vitréo-maculaire (TVM) : Présence d'une distorsion du contour de la fovéa ou de changements structuraux dans les couches intrarétiniennes sans trou maculaire de pleine épaisseur.

Focale : Hyaloïde postérieure attachée et interface rétinienne de 1500 micromètres ou moins

Large : plus de 1500 micromètres.

D, TVM focale : Les flèches blanches marquent les zones d'adhérence du vitré. La zone d'adhérence est inférieure ou égale à 1500 mm et est associée à une distorsion de la surface fovéale.

E, TVM focale avec pseudokyste intrafovéal.

F, TVM large : La zone d'attache est supérieure à 1500 mm et est associée à une distorsion de la surface fovéale et à une élévation de la dépression fovéolaire . La TVM est également associé à une membrane épirétinienne et à une maculopathie (pointes de flèches blanches).

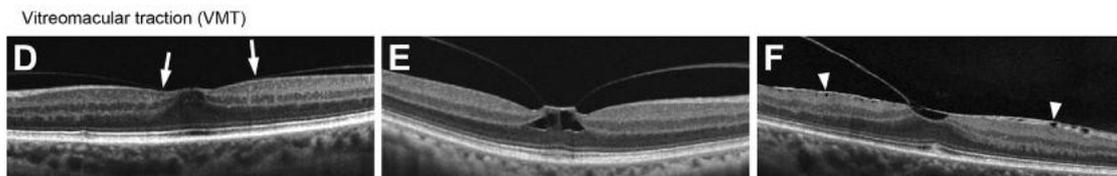


Figure 57. Stadification de la TVM selon IVTS

Trou maculaire de pleine épaisseur (FTMH) : Défect rétinien neurosensoriel sur toute l'épaisseur, de la membrane limitante interne à l'épithélium pigmentaire de la rétine.

Facteur 1 : taille – diamètre horizontal au point le plus étroit : petit (inférieur ou égal à 250 micromètres), moyen (250 à 400 micromètres), grand (supérieur à 400 micromètres).

Facteur 2 : Cause – primaire ou secondaire

Facteur 3 : Présence/absence de VMT

Classification	Subclassification
Vitreomacular adhesion	Size: focal ($\leq 1500 \mu\text{m}$) or broad ($> 1500 \mu\text{m}$) Isolated or concurrent
VMT	Size: focal ($\leq 1500 \mu\text{m}$) or broad ($> 1500 \mu\text{m}$) Isolated or concurrent
Full-thickness macular hole	Size: small ($\leq 250 \mu\text{m}$), medium ($> 250 - \leq 400 \mu\text{m}$), or large ($> 400 \mu\text{m}$) Status of vitreous: with or without VMT Cause: primary or secondary

Figure 58. Système de classification de l'IVTS pour VMA , VMT et FTMH

Full-Thickness Macular Hole Stages in Common Use	International Vitreomacular Traction Study Classification System
Stage 0	VMA
Stage 1: impending macular hole	VMT
Stage 2: small hole	Small or medium FTMH with VMT
Stage 3: large hole	Medium or large FTMH with VMT
Stage 4: FTMH with PVD	Small, medium, or large FTMH without VMT

FTMH = full-thickness macular hole; PVD = posterior vitreous detachment; VMA = vitreomacular adhesion; VMT = vitreomacular traction.

Figure 59. Corrélation entre les stades cliniques du trou maculaire couramment utilisés et le système de classification de l'IVTS pour l'adhérence vitréomaculaire, la traction et le trou maculaire.

Ci-dessous des OCT illustrant : trou maculaire de pleine épaisseur (FTMH), trou maculaire lamellaire (LMH) et pseudo-trou maculaire selon le système de classification de l'International Vitreomacular Traction Study (IVTS) pour l'adhésion vitréomaculaire, la traction et le trou maculaire.

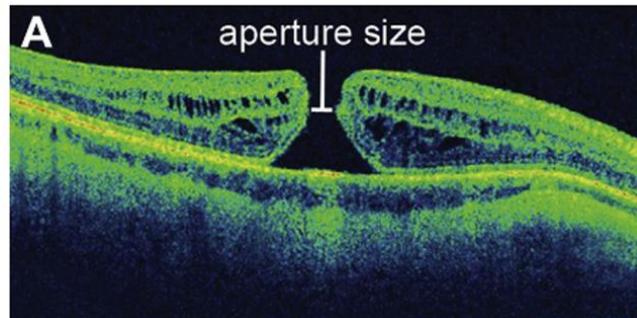


Figure 60. FTMH selon IVTS

Le trou maculaire de pleine épaisseur peut être défini anatomiquement par la mesure OCT de la largeur minimale du trou ou de la taille de l'ouverture. La taille de l'ouverture est mesurée à la largeur la plus étroite du trou dans la rétine moyenne, à l'aide de la fonction de calibre OCT, sous la forme d'une ligne tracée à peu près parallèlement à l'épithélium pigmentaire de la rétine. Cette coupe OCT montre un trou maculaire de pleine épaisseur (FTMH) avec une ouverture de 192 μ m et sans traction vitréomaculaire (TVM).

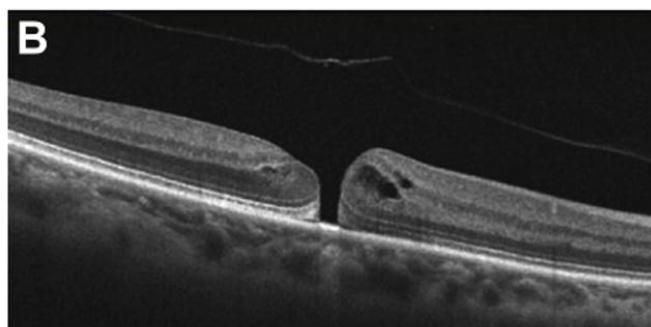


Figure 61. FTMH de petite taille selon IVTS

FTMH de petite taille sans TVM. La lésion fovéale interrompt toutes les couches maculaires, de la membrane limitante interne à l'épithélium pigmentaire rétinien, et sa largeur linéaire la plus étroite est inférieure ou égale à 250 μ m. Le vitré n'est pas attaché à la macula ou au bord du trou.

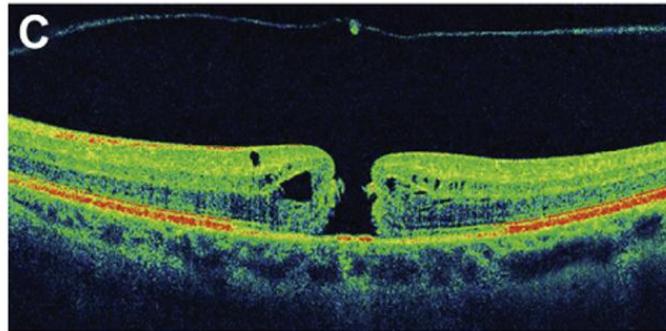


Figure 62. FTMH moyen sans TVM selon IVTS

FTMH moyen sans TVM. Le trou a une largeur linéaire la plus étroite supérieure à 250 μ m et inférieure ou égale à 400 μ m.

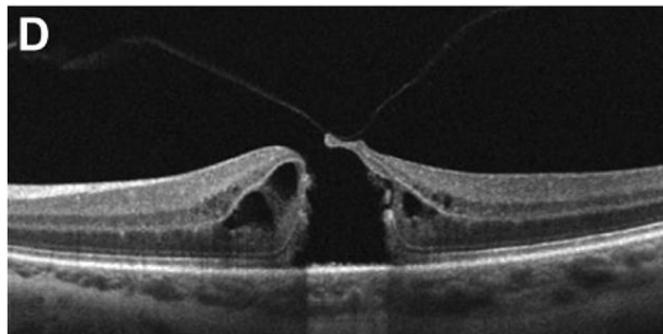


Figure 63. Grand FTMH avec TVM selon IVTS

Grand FTMH avec TVM. La largeur linéaire la plus étroite du trou est supérieure à 400 um. Le vitré est fixé au bord du trou.

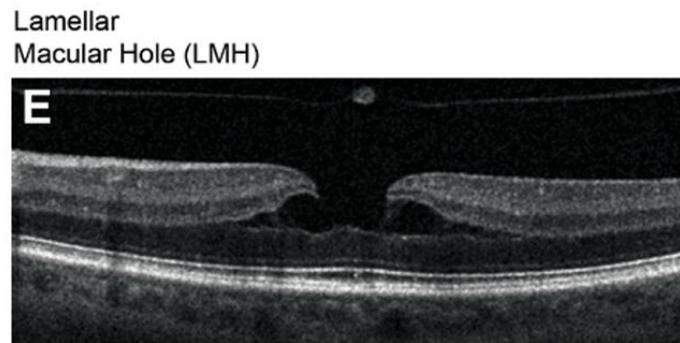


Figure 64. LMH selon IVTS

LMH avec schisis entre la couche plexiforme externe et la couche nucléaire externe, mais avec maintien de la couche des photorécepteurs. Le vitré est détaché et un opercule est visible au-dessus du trou.

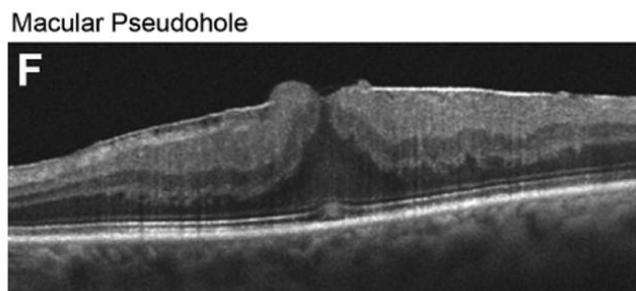


Figure 65. Pseudotrou maculaire selon IVTS

OCT illustrant les caractéristiques anatomiques qui distinguent un pseudo-trou maculaire dans le système de classification IVTS.

1.7. Facteurs pronostiques

a. Facteurs préopératoires de bon pronostic

- Un trou maculaire idiopathique a un meilleur pronostic qu'un trou maculaire traumatique qui n'a pas subi de résolution spontanée et qu'un trou maculaire myopique.
- Durée des symptômes plus courte
- Bonne vision préopératoire
- Stade du trou (plus le stade est précoce, meilleur est le pronostic)
- Taille du trou maculaire (plus petite, meilleur est le pronostic)
- Indices OCT : Quelques indices OCT sont calculés en préopératoire pour évaluer le pronostic.

Hole Forming Factor (HFF)

Il s'agit du rapport entre la longueur des bras droit et gauche (mesurée au diamètre minimum du trou à partir de la base) et le diamètre de la base du MH. Un HFF supérieur à 0,9 est de bon pronostic et un HFF inférieur à 0,5 est de mauvais pronostic pour la fermeture anatomique (29).

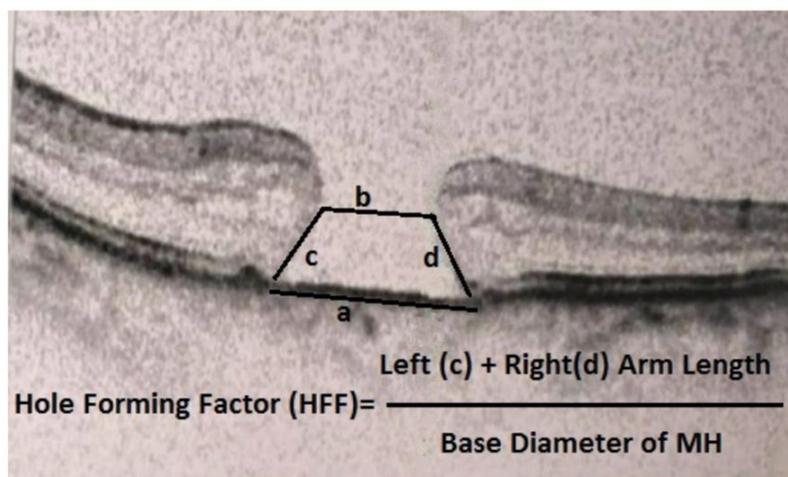


Figure 66 Hole Forming Factor (HFF)

Macular Hole Index (MHI)

Il indique le rapport entre la hauteur du trou maculaire et le diamètre de la base du trou maculaire. Un MHI supérieur à 0,5 est de meilleur pronostic (30).

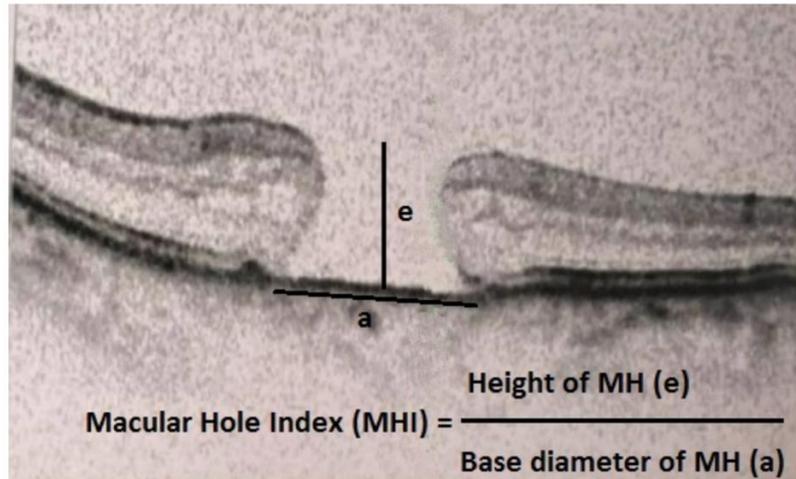


Figure 67. Macular Hole Index (MHI)

Diameter Hole Index (DHI)

Il s'agit du rapport entre le diamètre minimum du trou et le diamètre de la base du trou. Il indique une traction tangentielle. Un DHI inférieur à 0,5 est de bon pronostic (31).

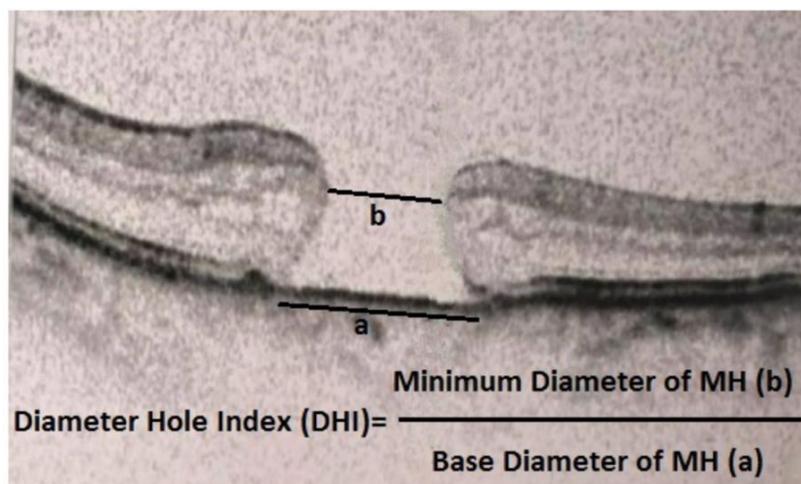


Figure 68. Diameter Hole Index (DHI)

Tractional Hole Index (THI)

Il indique le rapport entre la hauteur maximale du MH et le diamètre minimal du MH. Il indique une traction verticale ou une hydratation de la rétine (32). Un THI supérieur à 1,41 indique un meilleur pronostic (33).

Les changements kystiques dans les couches rétinienne et le liquide sous-rétinien sont de bon pronostic (34) .

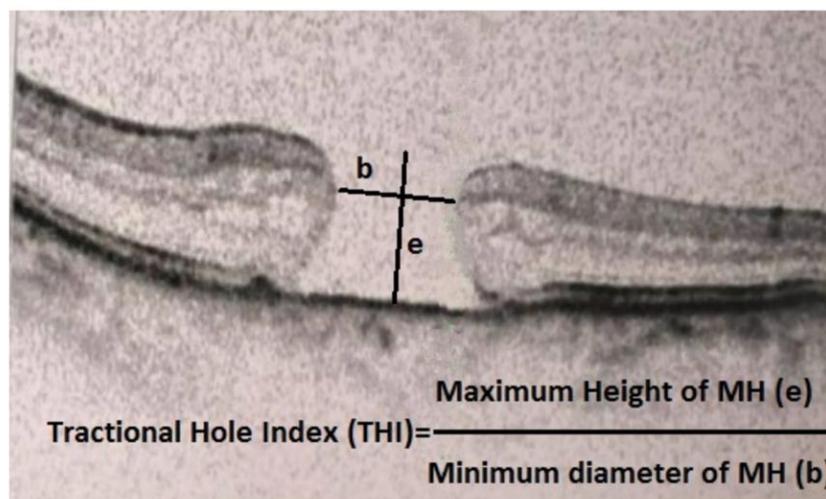


Figure 69. Tractional Hole Index (THI)

b. Facteurs peropératoires de bon pronostic

- Chirurgie de vitrectomie par micro-incision (MIVS) (35)
- Coloration de l'ILM avec le BBG plutôt qu'avec l'ICG. (36)
- Agents de tamponnement peropératoires : Le C3F8 est meilleur que le SF6, bien que cela soit controversé (37).

c. Facteurs postopératoires de bon pronostic

- Positionnement de la tête : Le positionnement face vers le bas dans les trous maculaires de grande taille (plus de 400 micromètres) est efficace pour fermer le trou (38)
- L'intégrité de la jonction entre le segment interne et le segment

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
externe (jonction entre le segment interne et le segment externe) ou
la zone ellipsoïde en OCT.

- Type de fermeture : le type 1, c'est-à-dire sans défaut de la rétine neurosensorielle fovéale, est de bon pronostic, tandis que le type 2, c'est-à-dire avec défaut de la rétine neurosensorielle fovéale, est de mauvais pronostic (39).

1.8. Traitement

1.8.1. Chirurgie primaire des TM

La vitrectomie postérieure avec pelage conventionnel de l'ILM ou flap inversé de l'ILM et tamponnement par gaz est l'approche chirurgicale la plus couramment pratiquée pour la réparation primaire des TM. Dans les deux cas, la procédure chirurgicale est censée contribuer à la fermeture du trou par différents mécanismes. En particulier, la gliose induite par les cellules de Müller est un facteur essentiel pour la fermeture du trou maculaire. (40) (41) (42) Les cellules de Müller activées peuvent non seulement combler le trou maculaire, mais aussi créer des conditions favorables au repositionnement des photorécepteurs. (43) (40) (41) (42) . Cependant, une gliose excessive peut avoir un effet néfaste sur les cellules rétiniennes et entraîner la formation d'un tissu fibreux entravant la reconstitution de la zone ellipsoïde (ZE) et de la membrane limitante externe (MLE) ainsi que les résultats visuels (44) (45) En effet, la restauration de la MLE et de la ZE après une chirurgie du TM est corrélée à de meilleurs résultats visuels. (46) (47) (48) .

a. Pelage conventionnel de l'ILM

La vitrectomie, ainsi que l'induction d'un décollement postérieur du vitré, supprime la composante antéro-postérieure des forces de traction impliquées dans la formation des TM, tandis que le pelage de l'ILM entraîne la suppression des tractions tangentielles sur la zone fovéale, y compris les bords du trou, augmentant ainsi de l'élasticité rétinienne.

De plus, le pelage de l'ILM induit un traumatisme mécanique sur la rétine, et donc sur les cellules de Müller, stimulant leur réaction en termes de gliose et, potentiellement, de migration et de prolifération (49). En outre, cette manœuvre chirurgicale garantit l'élimination de tout résidu potentiel de vitré sur la surface maculaire et élimine tout support pour une re prolifération des myofibroblastes, réduisant le taux d'occurrence de membrane épirétinienne postopératoire et la réouverture potentielle du trou (50) (49). Enfin, le tamponnement par gaz bouche le trou et induit l'isolement et la déshydratation de la rétine, ce qui optimise l'action de pompage des cellules de l'épithélium pigmentaire rétinien (EPR) et l'absorption du liquide sous-rétinien (SRF). En outre, la création d'un environnement semi-déshydraté peut stimuler davantage la gliose et la migration des cellules de Müller. (51)

b. Flap inversé de l'ILM

Selon la description initiale de Michalewska et de ses collègues (52), l'ILM est pelée de manière circonférentielle et reste attachée aux bords du trou.

Une fois la partie périphérique de l'ILM découpée, les restes centraux sont massés pour couvrir le trou, prenant ainsi la configuration « inversée », le côté vitréen de l'ILM faisant face à l'EPR (52). La technique du flap d'ILM inversé peut être supérieure à celle du pelage d'ILM conventionnel en termes

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
de taux de fermeture dans les grandes TM et les TM myopes, ainsi que dans
les TM quelle que soit leur taille (53) .

1.8.2. Techniques chirurgicales pour TM complexes

a. Vitrectomie de révision avec ou sans élargissement du pelage de l'ILM

La vitrectomie de révision (rePPV) avec élargissement du pelage de l'ILM, si nécessaire, et le tamponnement intraoculaire peuvent induire la fermeture du TM en favorisant la réponse de guérison, déjà déclenchée par la chirurgie primaire. (54) En effet, l'élargissement du pelage primaire de l'ILM peut affaiblir davantage les tractions tangentielles, augmenter l'élasticité rétinienne et stimuler l'activation des cellules de Müller, tandis que le tamponnement intraoculaire peut boucher le trou en favorisant la réabsorption du liquide sous rétinien et en soutenant la prolifération/migration des cellules de Müller. (55) (56) Les gaz, les huiles de silicone conventionnelles (SO) et les huiles de silicone lourdes (HSO) peuvent être utilisés comme tamponnement pour la rePPV, offrant ainsi différents avantages potentiels. D'une part, l'effet de tamponnement du gaz est plus important en raison de la tension de surface et de la flottabilité plus élevées (54) . D'autre part, le SO et l'HSO peuvent convenir aux patients qui ne sont pas en mesure de maintenir une position postopératoire face vers le bas, mais une intervention chirurgicale supplémentaire est nécessaire pour les retirer (57) . En outre, HSO pourrait offrir un meilleur contact avec la rétine postérieure, une phase fluide réduite et une concentration accrue de facteurs de croissance (58) (59) (60) cependant, des préoccupations importantes sont liées à la propension plus élevée de HSO à induire une inflammation intraoculaire, et à la possibilité d'un

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
contact avec la rétine postérieure. propension plus élevée du HSO à induire
une inflammation intraoculaire et une augmentation de la PIO postopératoire
par rapport au SO conventionnel (61).

b. Injection de fluide en sous rétinien

L'induction d'un décollement maculaire par l'injection de BSS dans
l'espace sous-rétinien est supposée induire la fermeture du TM par la
libération des adhérences anormales résiduelles entre la neurorétine et l'EPR,
et par conséquent l'augmentation de l'élasticité des bords rétractés du trou
favorisant leur apposition (62) . Par conséquent, les TM réfractaires dans
lesquelles une adhésion ferme entre la neurorétine et l'EPR est probable, telles
que les TM chroniques, larges ou traumatiques ou les TM associées aux drusen
ou à l'uvéite, seraient les meilleurs candidats pour cette option chirurgicale
(62) .

c. Plasma riche en plaquettes autologue

La justification de l'utilisation du plasma riche en plaquettes autologue
comme adjuvant dans la réparation des TM repose sur la preuve expérimentale
de l'influence des plaquettes et de leurs facteurs de croissance sur les cellules
de Müller et les cellules de l'EPR (63) (64) (65) (66).

d. Greffe d'un flap libre de l'ILM

Les mécanismes induisant la fermeture du TM après la greffe d'un flap
libre d'ILM rejoignent ceux mentionnés plus haut pour le flap d'ILM inversé. En
particulier, le flap d'ILM peut combler le trou, remplir l'espace, agir comme un
support et moduler la migration et la prolifération des cellules de Müller (67)
(68) . Contrairement au flap d'ILM inversé, le flap libre de l'ILM est une option
appropriée dans la gestion chirurgicale des TM réfractaires/récurrents car il

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
peut être obtenu également dans des yeux qui ont précédemment subi un pelage conventionnel de l'ILM .

e. Grefte d'un flap de capsule cristallinienne (FCC)

Chen et ses collègues (69) ont été les premiers à utiliser la transplantation du flap capsulaire du cristallin (FCC) dans les TM réfractaires en vue d'une réparation chirurgicale secondaire. Comme l'ILM , la capsule du cristallin est structurellement une membrane basale et deux de ses principaux composants, à savoir la laminine et le collagène de type IV, sont capables de stimuler la migration et la prolifération des cellules de Müller in vitro (70) . Par conséquent, le FCC est supposé agir à la fois comme un bouchon pour le TM et comme un support pour la migration et la prolifération des cellules de Müller (69) . En outre, la plus grande épaisseur et la plus grande densité de la capsule du cristallin, en particulier de la capsule antérieure, par rapport à l'ILM , peuvent être avantageuses pour la manipulation peropératoire du tissu (69) .

Dans les yeux phaqes, un FCC antérieur circulaire, obtenu à partir du capsulorhexis pendant la chirurgie combinée de la cataracte, est l'option préférée (69) (72) (73) . Dans les yeux pseudophakes/aphakes, des ciseaux et des microforceps peuvent être utilisés pour créer un ou plusieurs lambeaux à partir de la capsule postérieure ou, dans les yeux aphakes, à partir de la capsule équatoriale. (69) (72)

f. Grefte de membrane amniotique

f.1. Principe

La membrane amniotique humaine (MAH), la couche interne semi-transparente et avasculaire du placenta humain, a une épaisseur de 0,02–0,05 mm d'épaisseur et se compose de 3 couches, à savoir un épithélium

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
monostratifié , une membrane basale épaisse et une couche stromale. En particulier, la membrane basale amniotique, à l'instar d'autres membranes basales humaines, notamment ILM, contient des collagènes IV, des laminines et de la fibronectine (74) .

La MAH est riche en facteurs de croissance et possède des propriétés anti-inflammatoires, antifibrotiques, antimicrobiennes et anti-angiogéniques connues, ainsi qu'une faible immunogénicité (75). En raison de ces propriétés et de la possibilité de s'intégrer dans le tissu hôte, la greffe/le patch de membrane amniotique humaine (MAH) est largement utilisé pour la reconstruction de la surface oculaire (75) .

En ce qui concerne l'utilisation potentielle de la MAH en chirurgie vitéo-rétinienne , des études expérimentales ont démontré que les cellules de l'épithélium pigmentaire rétinien humain peuvent être cultivées et se développer sur la MAH , en conservant un phénotype épithélial et en sécrétant divers facteurs de croissance impliqués dans l'homéostasie rétinienne (76) . De plus, Rosenfeld et ses collègues (77) ont rapporté que la MAH peut être implantée avec succès dans l'espace sous-rétinien de modèles d'yeux de lapin sans signe de rejet ou d'inflammation.

Sur la base de ce raisonnement, Rizzo et ses collègues (78) ont d'abord proposé l'implantation sous-rétinienne d'un bouchon de MAH pour la réparation des trous maculaires de pleine épaisseur (FTMH) réfractaires et des déchirures rétiniennes associées au décollement de rétine rhéomatogène . En plus d'agir comme un bouchon pour le trou, la MAH , en raison de son contenu en facteurs de croissance , peut moduler la gliose intrarétinienne et stimuler la régénération rétinienne, consistant en la migration et la différenciation

f.2. Technique chirurgicale

Le patch de MAH peut être obtenu à partir de greffons de MAH cryoconservés, déshydratés ou lyophilisés (81) (82) ; cependant, la MAH cryoconservée est le plus couramment utilisée. (81) (78) Le patch MAH peut être découpé à l'aide d'un punch cutané de différents diamètres, en fonction du diamètre basal du TM (généralement 1, 1,5 ou 2 mm de diamètre), puis ajusté en taille à l'aide de ciseaux vitréo-rétiniens pour être légèrement plus grand que le diamètre interne du TM (81) (83) (84) ; selon Tsai et ses collègues (85) , le bouchon MAH doit être pris 300–500 µm plus grand que le TM . Une vitrectomie 23G est généralement préféré pour faciliter l'insertion du patch et un chandelier peut être utilisé pour faciliter les manœuvres bimanuelles (81) (82) (83) (85) . Le pelage précédent de l'ILM peut être vérifiée à l'aide d'un colorant (82) (83) (85) . Des pinces vitréo-rétiniennes sont généralement utilisées pour retourner et enrouler le bouchon MAH et l'insérer par un port (82) (85) (86) . Une fois dans la cavité vitréenne , le patch peut être manipulé sous fluide ou PFCL, (85) et la face stromale peut être identifiée à l'aide de la pince vitréenne, car elle colle à la pince (81) . La MAH est ensuite positionnée dans le trou avec la face stromale face à l'EPR et inséré délicatement sous les bords du TM afin de le recouvrir complètement (81) (82) . A cet égard, Caporossi et ses collègues (81) ont suggéré de séparer à l'avance les bords du trou de l'EPR à l'aide d'une aiguille 40G ou d'une backflush si les bords du trou apparaissent plats sur les coupes OCT. Après l'échange fluide-air , l'œil peut être rempli d'air ou de SF6 (81) (83) , plus rarement d'huile de silicone (82) (85) . L'utilisation d'air peut être justifiée par la capacité du patch à

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
adhérer à l'EPR (79) . En postopératoire, le patient doit maintenir la position
face vers le bas jusqu'à 2 semaines. (81) (82) (83) (85)

g. Grefte de rétine autologue

g.1. Principe

Grewal et ses collègues (87) ont décrit pour la première fois l'utilisation d'une greffe rétinienne autologue (GRA) pour la réparation secondaire d'un TM myopique qui n'avait pas été fermé après une vitrectomie avec pelage de l'ILM. De même que les autres tissus greffés dans/sur le TM (tels que l'ILM et la capsule du cristallin), le greffon de rétine neurosensorielle peut servir de bouchon pour le trou et de support pour la migration des cellules rétinienne (88) .47 En même temps, l'utilisation d'un greffon rétinien peut offrir certains avantages techniques car le tissu du donneur est toujours disponible pour le prélèvement, la taille peut être adaptée au diamètre du TM et la manipulation chirurgicale est plus facile en raison de sa plus grande épaisseur, ce qui minimise également le traumatisme chirurgical (88). En outre, la GRA pourrait apporter des avantages anatomiques et fonctionnels supplémentaires significatifs en termes d'intégration et de remplacement des tissus et de réhabilitation rétinienne (89) .Le greffon rétinien transplanté peut s'intégrer dans la rétine hôte, comme le montrent les preuves de l'existence d'un tissu de pontage entre le greffon et la rétine hôte, d'une migration centripète du tissu rétinien entourant le greffon, d'une reconstitution partielle des couches externes de la rétine et d'une reperfusion vasculaire partielle du greffon. (88) (90) (91) En outre, la contraction postopératoire progressive du greffon peut contribuer à rapprocher les bords de l'orifice (92) .

g.2. Technique chirurgicale

Une vitrectomie postérieure standard est réalisée et l'injection d'un colorant permet de vérifier l'adéquation du décollement antérieur de l'ILM. Un chandelier peut être utilisé pour les manœuvres bimanuelles (90) . Le greffon rétinien est prélevé dans la périphérie moyenne , le plus souvent en arrière de l'équateur en supérieur . L'endolaser est utilisé pour créer un barrage délimitant le site de prélèvement et les vaisseaux situés sur les bords du greffon peuvent être cautérisés à l'aide d'une endodiathermie légère. (88) (90) La taille du greffon peut ressembler à celle du TM ou être plus grande, jusqu'à deux fois sa taille . (92) (90) (93) (94). Des ciseaux courbes ou verticaux sont utilisés pour exciser le greffon rétinien, à l'intérieur du barrage laser et des marques d'endodiathermie, afin de prélever du tissu rétinien sain. (92) (90) (93) (94) (95). La découpe peut être précédée d'une légère injection sous-rétinienne de BSS dans la zone du greffon rétinien pour faciliter le prélèvement (95). Des pinces à commande distale peuvent être utilisées pour manipuler le greffon et le placer en épirétinien (en aplatissant les bords pour couvrir l'intégralité du TM (88) (90) (95) , en intra-rétinien (dans le trou) (96) ou en sous-rétinienne (inséré sous les bords du trou) (97) , en préservant l'orientation naturelle des couches de la rétine. La manipulation et/ou l'ajustement du greffon rétinien sont plus souvent réalisées sous PFCL. (88) (92) (90) (93) (95)

En particulier, le PFCL peut être injecté sur le TM et le site donneur avant de terminer le prélèvement du greffon rétinien, afin de mobiliser et de placer le greffon rétinien sous le PFCL ; alternativement, le PFCL peut être injecté sur le greffon rétinien une fois qu'il est placé sur le TM afin d'ajuster sa position.

(88) (90) (93) Lorsque le PFCL n'est pas utilisé en peropératoire, une fois que le greffon rétinien est positionné, le recouvrir de sang autologue (97) ou d'OVD dispersif (98) pourrait contribuer à le stabiliser. En outre, Chang et ses collègues (98) ont injecté une goutte de sang ou d'OVD dispersif à l'intérieur du trou avant de placer le greffon rétinien et de le recouvrir avec de l'OVD supplémentaire. Les gaz, l'huile de silicone et le PFCL peuvent être utilisés comme tamponnement. Après un tamponnement au gaz ou au silicone, il est demandé au patient de rester face vers le sol jusqu'à une semaine, alors qu'une position de décubitus dorsal est conseillée en cas de tamponnement à court terme du PFCL. (88) (90) Le PFCL est généralement retiré dans les 2 semaines, alors que le retrait du silicone est plus couramment effectué dans les 3 mois. (92) (90) (93) (94) (95)

h. Autres techniques chirurgicales

D'autres options chirurgicales moins couramment utilisées sont : l'échange de liquide/gaz en ambulatoire , les rétinotomies relaxantes, le massage rétinien, le microdrainage et l'indentation maculaire .

1.8.3. Propositions thérapeutiques (99)

Il est difficile de se faire une idée sur la meilleure technique. Le manque d'études prospectives comparatives, la publication de cas anecdotiques et l'absence d'études multicentriques nécessaires pour minimiser le rôle du chirurgien laissent planer une incertitude sur tous les résultats publiés, d'abord sur le plan anatomique mais encore plus sur le plan fonctionnel.

Le taux de succès actuel du traitement chirurgical de première intention des TM idiopathiques rend les études prospectives sur les échecs difficiles à organiser. Il est compliqué de retrouver dans les publications une classification des cas, certaines parlant des stades de Gass, d'autres du diamètre à la base, d'autres encore utilisant la classification publiée en 2013.

Enfin, un autre biais vient du fait qu'il est difficile de savoir ce qui a provoqué la fermeture d'un trou réfractaire entre la réaction gliale engendrée par les manœuvres de pelage de la MLI, la qualité et la durée du positionnement postopératoire et le type de tamponnement postopératoire .

On peut donc proposer, pour tous les trous de grande taille (supérieurs à 650 μ) :

- Un pelage de l'ilm aussi grand que possible, allant presque aux arcades temporales et suivi d'un positionnement strict de plusieurs jours. Cela doit être fait en première intention mais reste possible dans le cas d'une reprise rapide après un échec initial ;
- Il faut essayer de garder le lambeau disséqué attaché à la rétine en un point, et on peut l'utiliser pour couvrir le TM en le repliant dedans après rotation. Si on le détache complètement, le flap d'ILM libre peut aussi être utilisé pour combler le trou, en sachant que sa manipulation est extrêmement difficile, facilitée parfois en fermant temporairement l'infusion pour diminuer les turbulences ;
- Chez le myope fort, la fermeture des grands TM n'a pas qu'un but fonctionnel. Elle s'accompagne d'un rôle préventif de décollement de rétine et on pourra plutôt utiliser un morceau de MAH soit glissé sous les bords soulevés du trou, soit couvrant le trou si les bords ne sont pas visibles ;
- Enfin, une greffe de rétine prélevée à distance, à l'extérieur des arcades temporales ou en nasal, pourra également être envisagée chez le myope fort. Le positionnement épirétinien de cette greffe rend les choses plus simples, la partie difficile étant la manipulation et le déplacement du greffon, nécessitant l'utilisation de perfluorocarbonés liquides.

2. Comparaison de nos résultats avec les principales séries de la littérature

2.1. Flap inversé de l'ILM

Une méta-analyse récente comparant le flap d'ILM inversé et le pelage conventionnel de l'ILM pour la réparation primaire des grands TM a montré que le premier était associé à un taux de fermeture primaire plus élevé (94,8 contre 78,7 %), à un taux de fermeture complète plus élevé (83,7 contre 53,2%) et à une meilleure acuité visuelle postopératoire moyenne avec meilleure correction (MAVC) (0,77 contre 0,59 logMAR) (100) .

D'autres mécanismes bénéfiques favorisant la fermeture du trou peuvent être impliqués dans l'utilisation du flap ILM inversé. En particulier, le lambeau de ILM peut à la fois optimiser le colmatage des trous et servir de support pour la migration et la prolifération des cellules de Müller (101) . De plus, les composants de l'ILM (c'est-à-dire le collagène de type IV, la laminine et la fibronectine) sont capables de renforcer les activités prolifératives et migratoires des cellules de Müller in vitro (102) (103) . Enfin, la matrice extracellulaire présente à la surface de l'ILM retient des facteurs trophiques qui sont également exprimés par les cellules migrantes (par exemple, les cellules de l'œil).

Cette technique chirurgicale a montré son efficacité pour notre premier cas de la série qui a fermé son trou maculaire après échec d'un flap d'ILM temporal.

2.2. Greffe de membrane amniotique

Les résultats anatomiques et fonctionnels dans le cas de TM réfractaires, y compris ceux associés à une forte myopie, sont apparemment favorables, avec un taux de fermeture variant de 57,1 à 100 % et une amélioration significative de la MAVC (**Tableau 2**) . Contrairement aux patchs de MAH qui se dissolvent progressivement lorsqu'ils sont utilisés dans les procédures de reconstruction de la surface oculaire, la MAH peut être détectée sur les scans OCT jusqu'à 13 mois après la chirurgie du TM (104) . Rizzo et ses collègues (105) ont décrit une différenciation temporelle des couches rétiniennes externes en l'absence d'un processus glial identifiable sur le patch de MAH ainsi que la migration centripète progressive des bords du trou sur des scans OCT postopératoires séquentiels. La régénération de la membrane limitante externe et de la zone ellipsoïde peut être plus évidente sur les bords de la greffe de MAH et est corrélée avec l'amélioration de l'AV et l'augmentation de la sensibilité fovéale, avec un pic d'amélioration anatomique et fonctionnelle environ 6 mois après la chirurgie (83) (106). De plus, Szurman et ses collègues (107) ont rapporté une réouverture progressive dans 2 des 7 TM réfractaires traitées par rePPV et greffe de MAH.

Le succès anatomique et l'amélioration fonctionnelle peuvent ne pas être influencés par le type de MAH utilisée (cryoconservée ou déshydratée) (108) ni par l'utilisation de SF6 ou d'air comme tamponnement (84) . De plus, l'intervalle entre l'implantation de MAH et l'intervention chirurgicale précédente ainsi que le diamètre minimal du TM peuvent ne pas être en corrélation avec la MAVC finale (109); alors que les données disponibles sont controversées en ce qui concerne la corrélation entre le diamètre maximal

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
préopératoire du TM. et la MAVC finale (84) (110) . En termes de complications, le taux rapporté de déplacement du greffon de MAH varie de 5,9 à 28,6 %, principalement dans les yeux fortement myopes (84) (110) (111) (112) . Le développement postopératoire d'une contracture du greffon de MAH et d'une atrophie parafovéale autour de celui-ci peut également compliquer l'utilisation de MAH dans les yeux fortement myopes traités pour un TM réfractaire (111) . Aucun des yeux traités n'a connu d'inflammation, d'infection du greffon ou de rejet après la chirurgie (84) (110) (111) (112) .

Concernant notre série, malheureusement cette technique n'a réussi que dans le cas 2 avec un déplacement du greffon dans 3 autres cas (3-4-6). Le positionnement du patch de MAH, malgré ses nombreux avantages, reste une chirurgie difficile avec une courbe d'apprentissage assez longue. La manipulation du patch s'avère assez difficile car après réhydratation il s'enroule étroitement l'épithélium étant tourné vers l'intérieur et donc le patch peut ne pas être complètement déplié et se déplace peu de temps après la chirurgie. En outre, trop de manipulations peuvent conduire à une atrophie fovéale.

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

Tableau 2. Données préopératoires et résultats d'études cliniques portant sur la membrane amniotique humaine pour les trous maculaires réfractaires/récurrents

Author, year	Study design	Eyes, n.	MH type	Tamponade	MH min. diameter, μm mean \pm SD (min-max)	MH base diameter, μm mean \pm SD (min-max)	Inter-surgical time, months	MH closure, n (%)	Preop BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	Final BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	VA gain \geq 2 Snellen lines (%)	Complications n. eyes (%)	Final follow-up, months mean \pm SD (min-max)
Rossi et al, 2018 ¹⁰³	P	8*	ref	SF6	NA	NA	NA	8 (100)	1.48 \pm 0.49 (0.7-2)	0.48 \pm 0.14 (0.3-1)	NA	None	6
Caporossi et al, 2019 ¹¹	P	16	ref hm †	air, SF6	716.93 \pm 355.43 (275-1,620)	948.25 \pm 422.78 (402-1,760)	49 \pm 56 (12-204)	16 (100)	0.94 \pm 0.24 (0.5-1.3)	0.67 \pm 0.26 (0.4-1.3)	68.7	GD, 1 (6.25)	12
Huang et al, 2020 ⁵⁵	R	7	cAM Ref ‡	SF6, SO	1,116 \pm 214 (902-1,500)	NA	NA	5 (71.4) [§]	1.14 \pm 0.37 (0.7-1.48)	1.14 \pm 0.4 (0.7-1.48)	28.6	PFA, 1 (14.3); GD, 2 (28.6)	7.3 \pm 1.8 (6-11)
				4 dAM	SF6	1,011 \pm 449 (905-1,530)	NA	NA	2 (50)	1.39 \pm 0.61 (0.7-2)	1.45 \pm 0.53 (1-2)	0	PFA, 2 (50); GD, 1 (25)
Tsai et al, 2020 ¹²³	R	7	ref hm	SF6, SO	1,057 \pm 392 (459-1,530)	NA	NA	4 (57.1)	1.19 \pm 0.51 (0.7-2)	1.26 \pm 0.48 (0.7-2)	0	PFA, 3 (42.8); GD, 2 (28.6)	7.85 \pm 2.6 (6-12)
Caporossi et al, 2020 ¹²	P	20	ref	air (10)	799 \pm 175.18 (569-996)	NA	NA	10 (100)	1.13 \pm 0.358 (0.7-2)	0.55 \pm 0.14 (0.3-0.7)	100	NA	12
				SF6 (10)	779.8 \pm 142.5 (601-991)	NA	NA	10 (100)	1.31 \pm 0.58 (0.5-2)	0.53 \pm 0.14 (0.3-0.7)	NA	None	6**
Caporossi et al, 2020 ¹⁰	R	19	ref	air, SF6	675 \pm 167	1,140 \pm 373	NA	19 (100)	1.34 \pm 0.45 (0.5-2)	0.58 \pm 0.24 (0.3-0.7)	NA	None	6**
Garcin et al, 2021 ⁴⁴	P	5 ^{††}	ref	C2F6	air, SF6	672 \pm 281	860 \pm 380	NA	0.96 \pm 0.25 (1-2)	0.61 \pm 0.13 (0.8-0.9)	NA	GD 1 (5.9)	13.2 \pm 4.7 (12-18)
					745 \pm 111 (610-869)	1,458 \pm 791 (928-2,838)	1.9 \pm 1 (1-3)	4 (80)	1.52 \pm 0.38 (1-2)	0.88 \pm 0.04 (0.8-0.9)	NA	NA	13.2 \pm 4.7 (12-18)
Szurman et al, 2021 ¹¹⁸	R	7	ref	NA	494 \pm 210	NA	NA	5 (71.4)	NA	0.86 \pm 0.41	NA	MH reopening, 2 (28.6)	\geq 1

BCVA = best-corrected visual acuity; cAM = cryopreserved human amniotic membrane; dAM = dehydrated human amniotic membrane; GD = graft dislocation; hAM = human amniotic membrane; hm = high myopia; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; MH = macular hole; MH-RD = macular hole-associated retinal detachment; NA = not applicable; P = prospective; PFA = parafoveal atrophy; R = retrospective; ref = refractory; SD = standard deviation.

* 1 high myopia
† axial length of \geq 30 mm
‡ In cAM group 4 eyes were high myopic and 5 eyes presented MH after MH-RD surgery; in dAM group all eyes were high myopic and presented MH after MH-RD surgery
§ 2 eyes needed repeat hAM, 1 because of partially closed MH and 1 because of RD associated with extramacular hole
|| 1 eye needed repeat hAM because of graft dislocation noted at 2-week follow-up
¶ In "air group" 4 eyes had high myopia; in "SF6 group" 3 eyes had high myopia
1 eye needed repeat hAM because of graft dislocation
** 2 patients lost during follow-up
†† 2 eyes presented MH after RD surgery

2.3. Greffe de rétine autologue

Après la GRA, une fermeture réussie du TM peut être obtenue dans la majorité des cas, comme le montre le taux de fermeture rapporté, qui varie de 66,7 à 100 %, alors que le succès fonctionnel, c'est-à-dire une amélioration visuelle significative, semble être moins fréquent (**Tableau 3**). La plus grande série multicentrique de TM réfractaires traitées par GRA (76 yeux) a rapporté un taux de fermeture de 88 % et un gain de 3 lignes de vision chez 36,6 % des patients (90).

La reconstitution de la zone ellipsoïde et de la membrane limitante externe ainsi que l'alignement des couches neurosensorielles entre le greffon et le tissu rétinien hôte sur l'OCT peuvent soutenir l'intégration anatomique du greffon, potentiellement en raison de la restauration et de la migration des cônes (90).

La MAVC finale peut être associée de manière significative à une meilleure MAVC de base, à la fermeture du TM, à la reconstitution de l'EZ et à l'alignement des couches neurosensorielles (90). Inversement, la taille du trou de base peut ne pas être en corrélation avec le taux de fermeture.⁴⁷ Le taux de fermeture et la MAVC finale peuvent ne pas être influencés par les données de base du patient, telles que le sexe, l'âge, la longueur axiale et l'état du cristallin, ainsi que par les variables opératoires modifiées par le chirurgien, telles que le site de prélèvement, le placement ou la taille du greffon, le type de greffe (rétine neurosensorielle ou rétine-EP-choroïde) et le type de tamponnement (90) (93) . En ce qui concerne le site de prélèvement du greffon, un emplacement supérieur pourrait minimiser les risques de

prolifération vitréorétinienne postopératoire et optimiser l'action de tamponnement en cas d'utilisation de gaz et d'huile de silicone.

Sur la base des résultats rapportés, la GRA peut être une option précieuse pour des TM plus complexes, auparavant considérées comme non traitables, telles que les grands TM réfractaires/récurrents et/ou très myopes, mais aussi les décollements de rétine associés à un trou maculaire, les grands TM primaires associées à d'autres comorbidités oculaires ou à une affection systémique (92) ; La GRA peut cependant ne pas être indiquée dans les yeux présentant un dysfonctionnement/une perte importante de l'EP ou des cicatrices chorioretiniennes qui pourraient empêcher la viabilité et l'intégration du greffon rétinien.

Dans notre étude, cette technique nous a permis de traiter un trou maculaire complexe avec une bonne récupération anatomique. Ce résultat est plus encourageant que celui de la membrane amniotique lyophilisée.

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

Tableau 3. Données préopératoires et résultats d'études cliniques portant sur la greffe de rétine autologue pour les trous maculaires réfractaires/récurrents

Author, year	Study design	Eyes, n.	MH type	Tamponade	MH min. diameter, μm mean \pm SD (min-max)	MH base diameter, μm mean \pm SD (min-max)	Inter-surgical time, months	MH closure, n (%)	Preop BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	Final BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	VA gain \geq 2 Snellen lines (%)	Complications n. eyes (%)	Final follow-up, months mean \pm SD (min-max)
Wu et al, 2018 ¹³¹ *	R	6 [†]	ref	SF6	538 \pm 184.9 (219-785)	978.5 \pm 441 (576-1,920)	NA	4 (66.7)	1.47 \pm 0.31 (1.22-2)	1.09 \pm 0.52 [†] (0.5-2)	66.7	None	25.2 \pm 15.6 (12-51)
Grewal et al, 2019 ⁴⁷	R	41 [§]	ref	C3F8, SO, st-PFCL	825 \pm 422.5 (336-1,649)	1,468.1 \pm 656.4 (621-2,600)	NA	36 (87.8)	1.11 \pm 0.66 (0.48-3)	1.03 \pm 0.51 (0.1-2)	36.6	CME, 7 (17.1); flap dislocation, 2 (4.8); RD, 1 (2.4); VH, 1 (2.4); ERM harvest site, 1 (2.4)	11.1 \pm 7.7 (6-36)
Chang et al, 2020 ¹⁷ #	R	10	ref	SO	1,404.2 \pm 562.9 (811-2,250)	NA	NA	9 (90)	1.65 \pm 0.43	0.87 \pm 0.50	90	None	12
Rojas-Juarez et al, 2010 ¹⁰⁵	P	13	ref	SO	964.1 \pm 709.8 (512-3,193)	1,615.38 \pm 689.19 (889-2,943)	NA	10 (76.92)	Closed 0.92 \pm 0.28 Unclosed 1.08 \pm 0.17	Closed 0.75 \pm 0.29 Unclosed 0.93 \pm 0.12	NA	eIOP, 3 (23); ERM, 1 (7.69); PVR-CP, 1 (7.69)	12
Moysidis et al, 2020 ⁸⁰	R	76	ref	SF6, C3F8, SO, st-PFCL	796 \pm 117	1,440 \pm 210	NA	complete 60 (78.9) eccentric 7 (9.2)	1.258 \pm 0.14	1.063 \pm 0.12	37	SR/VH, 5 (6.6); flap dislocation, 3 (4); subfoveal RPE damage, 2 (2.7) RD, 1 (1.3); endophthalmitis, 1 (1.3)	8.6 \pm 1
Takeuchi et al, 2021 ¹²⁰	P	5	ref hm	SO	1,175 \pm 340	1,504 \pm 684	NA	5 (100) ^{**}	0.84 \pm 0.23	0.76 \pm 0.36	20	CNV, 2 (40), flap dislocation, 1 (20)	13.6 \pm 8.4 (6-24)

La chirurgie des trous maculaires complexes : expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès

Tableau 3 (suite) :

Author, year	Study design	Eyes, n.	MH type	Tamponade	MH min. diameter, μm mean \pm SD (min-max)	MH base diameter, μm mean \pm SD (min-max)	Inter-surgical time, months	MH closure, n (%)	Preop BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	Final BCVA, logMAR mean \pm SD (min-max)	VA gain \geq 2 Snellen lines (%)	Complications n. eyes (%)	Final follow-up, months mean \pm SD (min-max)
Somnez et al, R 2021 ¹¹⁵		7	ref		788.9 \pm 148.8 (644–1,100)	1,146.7 \pm 413.7 (653–1,768)	NA	7 (100)	1.53 \pm 0.16 (1.3–1.7)	0.89 \pm 0.23 (0.6–1.3)	100	RD, 1 (14.3); CME, 1 (14.3); reactive pigment epithelial hyperplasia, 1 (14.3)	18.8 (12–38)

BCVA = best-corrected visual acuity; BRVO = branch retinal vein occlusion; CME = cystoid macular edema; CNV = choroidal neovascular membrane; eIOP = elevated intraocular pressure; ERM = epiretinal membrane; EZ = ellipsoid zone; hm = high myopia; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; MacTel = macular telangiectasia; MH = macular hole; MH-RD = macular hole-associated retinal detachment; NA = not applicable; P = prospective; PFCL = perfluorocarbon liquid; PR = prospective randomized; PVR-CP = posterior proliferative vitreoretinopathy grade CP; RD = retinal detachment; R = retrospective; RD = retinal detachment; rec = recurrent; ref = refractory; RHSO = removal of heavy silicone oil; ROSO = removal of silicone oil; RPE = retinal pigment epithelium; SD = standard deviation; SO = silicone oil; SR/VH = subretinal or vitreous hemorrhage; st-PFCL = short-term PFCL (removal within 2 weeks); VH = vitreous hemorrhage

* Autologous blood used as intraoperative adjuvant
† 1 following RD surgery, 1 coexisting BRVO
‡ BCVA values at 1-year follow-up
§ 28 highly myopic (of which 4 MH-RD), 1 Alport syndrome, 1 type 2 MacTel, 2 preexisting inactive CNV
|| 2 eyes needed repeat ART because of incomplete MH closure after the first ART
¶ 2 eyes had primary disease other than MH (1 ERM, 1 RD)
Autologous blood and/or dispersive ophthalmic viscoelastic device used as intraoperative adjuvant
** 1 eye underwent graft repositioning 5 days after ART

CONCLUSION

Le traitement des trous maculaires géants, récurrents ou persistants reste un défi chirurgical.

De multiples techniques peuvent être utilisées pour la prise en charge de ces trous et pour certaines d'entre elles, la littérature scientifique est limitée en raison de leur introduction récente dans la pratique. Par conséquent, contrairement à la chirurgie primaire, il n'y a pas d'accord sur la meilleure approche pour la chirurgie ces trous maculaires.

Notre série a montré des résultats encourageants concernant le flap inversé de l'ILM et la greffe de rétine. Quant à la greffe de membrane amniotique, un seul cas a bien répondu à la chirurgie. Le patch s'est déplacé pour 3 patients et un patient a récidivé son DRR. Cette technique demande une courbe d'apprentissage assez longue. En effet, la manipulation du patch peut être délicate car après réhydratation, il s'enroule étroitement. De plus lors des échanges, il peut facilement glisser rendant le succès anatomique délicat.

Toutefois, il convient de noter que notre échantillon reste limité. Un travail complémentaire avec un échantillon plus large serait nécessaire pour confirmer ces résultats et affiner les stratégies thérapeutiques pour les trous maculaires complexes. Une étude multicentrique incluant davantage de cas permettrait également d'évaluer plus précisément les facteurs prédictifs de succès et d'amélioration fonctionnelle.

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Les trous maculaires (TM) sont des défauts anatomiques de la fovéa qui entraînent une baisse de la vision. Le traitement de base est la vitrectomie postérieure avec ou sans pelage de la membrane limitante interne (ILM), qui présente un taux de réussite élevé pour les TM de petite et moyenne taille et qui a fait l'objet de multiples études. Les stratégies de prise en charge des TM complexes : géants, récurrents ou persistants ont proliféré au cours de la dernière décennie, mais il n'existe pas de consensus sur le traitement optimal.

Nous avons mené une étude prospective, analytique, mono centrique portant sur 7 yeux de patients présentant un trou maculaire complexe : géant (>800 microns) ou récurrent/persistant après vitrectomie postérieure +/- pelage d'ILM initial. L'étude a été menée de Mars 2024 à Janvier 2025 au sein du service d'ophtalmologie CHU HASSAN II FES.

Tous les patients ont bénéficié d'une vitrectomie postérieure : avec un flap inversé de l'ILM pour le premier, les cinq suivants ont reçu une greffe de membrane amniotique lyophilisée, et le dernier une greffe de rétine autologue. Les résultats de notre série sont prometteurs pour le flap inversé de l'ILM, qui a permis une bonne récupération anatomique et fonctionnelle, ainsi que pour la greffe de rétine autologue, qui a entraîné la fermeture du trou, bien que la vision n'ait pas amélioré en raison d'un pronostic initial défavorable. Concernant la greffe de membrane amniotique, un seul patient a présenté une réponse positive à la chirurgie. En revanche, pour trois patients, le patch s'est déplacé, et un patient a vu son décollement de rétine récidiver. Cette technique demeure complexe, avec une courbe d'apprentissage notable. La manipulation

La chirurgie des trous maculaires complexes :
expérience du service d'ophtalmologie du CHU Hassan II de Fès
du patch peut s'avérer difficile, car, après réhydratation, il a tendance à s'enrouler étroitement, et il peut facilement glisser pendant les échanges.

Les trous maculaires complexes sont associés à certaines limitations qui doivent être prises en compte lors de la planification d'une chirurgie secondaire, telles que la quantité réduite ou l'absence d'ILM à décoller, la non-faisabilité du flap inversé d'ILM et le taux de réussite plus faible des chirurgies répétées. Cependant, les résultats anatomiques et fonctionnels retrouvés dans la littérature semblent justifier une seconde procédure chirurgicale. En effet, une fermeture secondaire peut être réalisée chez plus de 75 % des patients, et la fermeture des trous maculaires réfractaires ou récurrents peut conduire à un gain visuel significatif chez la majorité des patients.

ABSTRACT

Macular holes (MHs) are anatomical defects of the fovea that lead to impaired vision. The basic treatment is posterior vitrectomy with or without peeling of the internal limiting membrane (ILM), which has a high success rate for small and medium-sized MHs and has been the subject of numerous studies. Management strategies for complex MHs: giant, recurrent or persistent have proliferated over the last decade, but there is no consensus on the optimal treatment.

We conducted a prospective, analytic, monocentric study of 7 eyes of patients with a complex macular hole: giant (>800 microns) or recurrent/persistent after posterior vitrectomy +/- initial ILM peeling. The study was conducted from March 2024 to January 2025 in the ophthalmology department of CHU HASSAN II FES.

All patients underwent posterior vitrectomy: the first with a inverted ILM flap, the next five with a lyophilized amniotic membrane graft, and the last with an autologous retinal graft. The results of our series are promising for the inverted ILM flap, which enabled good anatomical and functional recovery, and for the autologous retinal graft, which resulted in closure of the hole, although vision did not improve due to an unfavorable initial prognosis. With regard to amniotic membrane grafting, only one patient showed a positive response to surgery. In three cases, however, the patch was displaced, and one patient had a recurrence of retinal detachment. The technique remains complex, with a steep learning curve. Handling the patch can prove difficult, as, after rehydration, it tends to roll up tightly, and can easily slip off during

exchanges.

Complex macular holes are associated with certain limitations that need to be taken into account when planning secondary surgery, such as the reduced amount or absence of ILM to be peeled off, the infeasibility of ILM reverse flap and the lower success rate of repeat surgeries. However, the potentially achievable anatomical and functional results found in the literature seem to justify a second surgical procedure. Indeed, secondary closure can be achieved in over 75% of patients, and closure of refractory or recurrent macular holes can lead to significant visual gain in the majority of patients.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Aniz Girach, Marc D. de Smet. *Diseases of the vitreo-macular interface* . s.l. : Springer .
2. Stein GE, Jung JJ, Bodine S, Trokel SL, Chang S. *Vitreotomy for macular hole following Nd:YAG laser injury. Taiwan J Ophthalmol. 2016 Oct-Dec;6(4):195-198.*
3. Pillai GS, Varkey R, Unnikrishnan UG, Radhakrishnan N. *Incidence and risk factors for intraocular pressure rise after transconjunctival vitrectomy. Indian J Ophthalmol. 2020 May; 68(5):812-817.*
4. Chino M, Yoshikawa Y, Kanno J, Nagashima T, Sakaki Y, Katsumoto T, Shibuya M, Shoji T, Makita J, Shinoda K. *Development and spontaneous closure of a secondary macular hole associated with submacular hemorrhage due to polypoidal choroidal vasculopathy: a case report* . s.l. : BMC ophtalmol 2020 Mar 17;20(1):108.
5. Peart S, Ramsay A, Khan QA, Leong T, Gordon-Bennett P. Large,. *Spontaneous Macular Hole with Posterior Pole Detachment in a Patient with Best Vitelliform Macular Dystrophy. Case Rep Ophthalmol. 2019 May-Aug;10(2):221-226.*
6. Tsuiki E, Kusano M, Kitaoka T. *Complication associated with intravitreal injection of tissue plasminogen activator for treatment of submacular hemorrhage due to rupture of retinal arterial macroaneurysm. Am J Ophthalmol Case Rep. 2019 Dec;16:100556.*
7. Levison AL, Schachat AP. *Macular hole from a central retinal artery occlusion. JAMA Ophthalmol. 2014 Dec;132(12):1493.*
8. Fragiotta S, Rossi T, Carnevale C, Cutini A, Tricarico S, Casillo L, Scuderi G, Vingolo EM. *Vitreo-macular interface disorders in retinitis pigmentosa.*

9. Raimundo M, Fonseca C, Silva R, Figueira J. *Bilateral giant macular holes: A rare manifestation of Alport syndrome.* *Eur J Ophthalmol.* 2019 Jan;29(1):NP13–NP16.
10. Xie ZG, Yu SQ, Chen X, Zhu J, Chen F. . *Macular hole secondary to Valsalva retinopathy after doing push-up exercise.* *BMC Ophthalmol.* 2014 Aug 12;14:98.
11. Rizzo S, Mucciolo DP, Bacherini D, Murro V, Vannozzi L, Virgili G, Bani D, Sodi A. *Macular hole in Stargardt disease: Clinical and ultra-structural observation.* *Ophthalmic Genet.* 2017 Sep–Oct;38(5):486–489.
12. Li Y, Li Z, Xu C, Liu Y, Kang X, Wu J. *Autologous neurosensory retinal transplantation for recurrent macular hole retinal detachment in highly myopic eyes.* *Acta Ophthalmol.* 2020 Dec;98(8):e983–e990. .
13. Liao DY, Liu JH, Zheng YP, Shiu HW, Wang JM, Chao HM. *OCT proves that vitreomacular adhesion is significantly more likely to develop vision-threatening retinal complications than vitreomacular separation.* *BMC Ophthalmol.* 2020 Apr 22;20(1):163.
14. Gao M, Liu K, Lin Q, Liu H. *Management Modalities for Traumatic Macular Hole: A Systematic Review and Single-Arm Meta-Analysis.* *Curr Eye Res.* 2017 Feb;42(2):287–296.
15. Chen HJ, Jin Y, Shen LJ, Wang Y, Li ZY, Fang XY, Wang ZL, Huang XD, Wang ZJ, Ma ZZ. *Traumatic macular hole study: a multicenter comparative study between immediate vitrectomy and six-month observation for spontaneous closure.* *Ann Transl Med.* 2019 Dec;7(23).

16. Lewis ML, Cohen SM, Smiddy WE, Gass JD. *Bilaterality of idiopathic macular holes. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1996 Apr;234(4):241-5.*
17. Trempe CL, Weiter JJ, Furukawa H. . *Fellow eyes in cases of macular hole. Biomicroscopic study of the vitreous. Arch Ophthalmol. 1986 Jan;104(1):93-5.*
18. la Cour M, Friis J. . *Macular holes: classification, epidemiology, natural history and treatment. Acta Ophthalmol Scand. 2002 Dec;80(6):579-87.*
19. McCannel CA, Ensminger JL, Diehl NN, Hodge DN. *Population-based incidence of macular holes. Ophthalmology. 2009 Jul;116(7):1366-9.*
20. Ali FS, Stein JD, Blachley TS, Ackley S, Stewart JM. *Incidence of and Risk Factors for Developing Idiopathic Macular Hole Among a Diverse Group of Patients Throughout the United States. JAMA Ophthalmol. 2017 Apr 01;135(4):299-305.*
21. *Risk factors for idiopathic macular holes. The Eye Disease Case-Control Study Group. . s.l. : Am J Ophthalmol. 1994 Dec 15;118(6):754-61.*
22. Morgan CM, Schatz H. *Involitional macular thinning. A pre-macular hole condition. Ophthalmology. 1986 Feb;93(2):153-61.*
23. zawa Y, Shinoda H, Nagai N, Tsubota K. *Dynamic changes in neural retinal images during the development of a lamellar macular hole: A case report. Medicine (Baltimore). 2019 Dec;98(49):e18297.*
24. WR., Green. *The macular hole: histopathologic studies. Arch Ophthalmol. 2006 Mar;124(3):317-21.*
25. Liu J, Peng J, Zhang Q, Ma M, Zhang H, Zhao P. . *Etiologies, Characteristics, and Management of Pediatric Macular Hole. Am J Ophthalmol. 2020*

Feb;210:174-183.

26. Xin W, Cai X, Xiao Y, Ji L, Gu Y, Lv W, Jiang J. *Surgical treatment for type II macular hole retinal detachment in pathologic myopia. Medicine (Baltimore). 2020 Apr;99(17):e19531.*
27. JD., Gass. *Idiopathic senile macular hole: its early stages and pathogenesis. 1988. Retina. 2003 Dec;23(6 Suppl):629-39.*
28. Duker JS, Kaiser PK, Binder S, de Smet MD, Gaudric A, Reichel E, Sadda SR, Sebag J, Spaide RF, Stalmans P. *The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. Ophthalmology. 2013 .*
29. Ullrich S, Haritoglou C, Gass C, Schaumberger M, Ulbig MW, Kampik A. *Macular hole size as a prognostic factor in macular hole surgery. Br J Ophthalmol. 2002 Apr;86(4):390-3.*
30. Kusuhara S, Teraoka Escaño MF, Fujii S, Nakanishi Y, Tamura Y, Nagai A, Yamamoto H, Tsukahara Y, Negi A. *Prediction of postoperative visual outcome based on hole configuration by optical coherence tomography in eyes with idiopathic macular holes. Am J Oph. 2004.*
31. Ruiz-Moreno JM, Staicu C, Piñero DP, Montero J, Lugo F, Amat P. *Optical coherence tomography predictive factors for macular hole surgery outcome. Br J Ophthalmol. 2008 May;92(5):640-4.*
32. Venkatesh R, Mohan A, Sinha S, Aseem A, Yadav NK. *Newer indices for predicting macular hole closure in idiopathic macular holes: A retrospective, comparative study. Indian J Ophthalmol. 2019 Nov;67(11):1857-1862.*
33. Dai YM, Shen J, Li JK, Jin XH, Li YM. *[Optical coherence tomography*

predictive factors for idiopathic macular hole surgery outcome]. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2013 Sep;49(9):807-11.

34. Shahlaee A, Rahimy E, Hsu J, Gupta OP, Ho AC. *Preoperative and postoperative features of macular holes on en face imaging and optical coherence tomography angiography. Am J Ophthalmol Case Rep. 2017 Apr;5:20-25.*
35. Chen GH, Tzekov R, Jiang FZ, Mao SH, Tong YH, Li WS. *Iatrogenic retinal breaks and postoperative retinal detachments in microincision vitrectomy surgery compared with conventional 20-gauge vitrectomy: a meta-analysis. Eye (Lond). 2019 May;33(5):785-795.*
36. Li SS, You R, Li M, Guo XX, Zhao L, Wang YL, Chen X. *Internal limiting membrane peeling with different dyes in the surgery of idiopathic macular hole: a systematic review of literature and network Meta-analysis. Int J Ophthalmol. 2019;12(12):1917-1928.*
37. Unsal E, Cubuk MO, Ciftci F. *Preoperative prognostic factors for macular hole surgery: Which is better? Oman J Ophthalmol. 2019 Jan-Apr;12(1):20-24.*
38. Ye T, Yu JG, Liao L, Liu L, Xia T, Yang LL. *Macular hole surgery recovery with and without face-down posturing: a meta-analysis of randomized controlled trials. BMC Ophthalmol. 2019 Dec 21;19(1):265.*
39. Kang SW, Ahn K, Ham DI. *Types of macular hole closure and their clinical implications. Br J Ophthalmol. 2003 Aug;87(8):1015-9.*
40. Madreperla SA, Geiger GL, Funata M, et al. *Clinicopathologic correlation of a macular hole treated by cortical vitreous peeling and gas tamponade. . s.l. : Ophthalmology. 1994;101:682-6 .*

41. Michalewska Z, Michalewski J ,Nawrocki J . *Continuous changes in macular morphology after macular hole closure visualized with spectral optical coherence tomography*. . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2010;248:1249-55 .
42. Oh J, Yang SM ,Choi YM ,et al. *Glial proliferation after vitrectomy for a macular hole: a spectral domain optical coherence tomography study*. . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2013;251:477-84 .
43. Guyer DR, Green WR ,de Bustros S ,Fine SL . *Histopathologic features of idiopathic macular holes and cysts*. . s.l. : Ophthalmology. 1990;97:1045-51 .
44. Ko TH, Witkin AJ ,Fujimoto JG ,et al. *Ultrahigh-resolution optical coherence tomography of surgically closed macular holes*. . s.l. : Arch Ophthalmol. 2006;124:827-36 .
45. Lee SM, Kwon HJ ,Park SW ,Lee JE . Byon IS. *Microstructural changes in the fovea following autologous internal limiting membrane transplantation surgery for large macular holes*. . s.l. : Acta Ophthalmol. 2018;96:e406-8 .
46. Haritoglou C, Neubauer AS ,Reiniger IW ,et al. *Long-term functional outcome of macular hole surgery correlated to optical coherence tomography measurements*. . s.l. : Clin Exp Ophthalmol. 2007;35:208-13
47. Inoue M, Watanabe Y ,Arakawa A ,et al. *Spectral-domain optical coherence tomography images of inner/outer segment junctions and macular hole surgery outcomes*. . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmology. 2009;247:325-30 .

48. Wakabayashi T, Fujiwara M ,Sakaguchi H ,et al. *Foveal microstructure and visual acuity in surgically closed macular holes: spectral-domain optical coherence tomographic analysis*. . s.l. : Ophthalmology. 2010;117:1815-24 .
49. Morescalchi F, Costagliola C ,Gambicorti E , et al. *Controversies over the role of internal limiting membrane peeling during vitrectomy in macular hole surgery*. . s.l. : Surv Ophthalmol. 2017;62:58-69 .
50. D'Souza MJJ, Chaudhary V ,Devenyi R ,et al. *Reoperation of idiopathic full-thickness macular holes after initial surgery with internal limiting membrane peel*. . s.l. : Br J Ophthalmol. 2011;95:1564-7 .
51. Shiode Y, Morizane Y ,Matoba R ,et al. *The role of inverted internal limiting membrane flap in macular hole closure*. . s.l. : Invest Ophthalmol Vis Sci. 2017;58:4847-55 .
52. Michalewska Z, Michalewski J ,Adelman RA ,Nawrocki J . *Inverted internal limiting membrane flap technique for large macular holes*. . s.l. : Ophthalmology. 2010;117:2018-25 .
53. Marques RE, Cordeiro Sousa D ,Leal I ,et al. *Complete ILM peeling versus inverted flap technique for macular hole surgery: a meta-analysis*. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* . s.l. : Retina. 2020;51:187-95 .
54. Baumann C, El-Faouri M ,Ivanova T ,et al. *Manchester revisional macular hole study: predictive value of optical coherence tomography parameters on outcomes of repeat vitrectomy, extension of internal limiting membrane peel, and gas tamponade for persistent macular holes*. s.l. : Retina 2021 .
55. Cillino S, Cillino G ,Ferraro LL ,Casuccio A . *Treatment of persistently open*

- macular holes with heavy silicone oil (densiron 68) versus C2F6. A prospective randomized study.* . s.l. : Retina. 2016;36:688-94 .
56. Lappas A, Foerster AMH ,Kirchhof B . *Use of heavy silicone oil (Densiron-68) in the treatment of persistent macular holes.* . s.l. : Acta Ophthalmol. 2009;87:866-70.
57. Li JQ, Brinken R ,Holz FG ,Krohne TU . *Silicone oil tamponade for persistent macular holes.* . s.l. : Eye. 2021;35:2206-12 .
58. Cillino S, Cillino G ,Ferraro LL ,Casuccio A . *Treatment of persistently open macular holes with heavy silicone oil (densiron 68) versus C2F6. A prospective randomized study.* . s.l. : Retina. 2016;36:688-94 .
59. Rizzo S, Genovesi-Ebert F ,Vento A ,et al. *Heavy silicone oil (Densiron-68) for the treatment of persistent macular holes.* . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2009;247:1471-6 .
60. Saeed MU, Heimann H ,Wong D ,Gibran SK . *Heavy silicone oil tamponade after failed macular hole surgery with perfluoropropane (C3F8): a report of five cases.* . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthal. 2009;247:707-9 .
61. Romano MR, Ferrara M, Nepita I, et al. *Biocompatibility of intraocular liquid tamponade agents: an update.* . s.l. : Eye. 2021. doi: 10.1038/S41433-021- 01596-
62. Meyer CH, Szurman P ,Haritoglou C ,et al. *Application of subretinal fluid to close refractory full thickness macular holes: treatment strategies and primary outcome: APOSTEL study.* . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2020;258:2151-61 .
3. Campochiaro PA, Hackett SF ,Vinores SA , et al. *Platelet-derived growth factor is an autocrine growth stimulator in retinal pigmented epithelial*

- cells.* . s.l. : J Cell Sci. 1994;107:2459-69 .
64. Burmeister SL, Hartwig D ,Astrid Limb G ,et al. *Effect of various platelet preparations on retinal Müller cells.* . s.l. : Invest Ophthalmol Vis Sci. 2009;50:4881-6 .
65. Velhagen KH, Druegg A ,Rieck P . *Proliferation and wound healing of retinal pigment epithelium cells in vitro. Effect of human thrombocyte concentrate, serum and PDGF.* . s.l. : Ophthalmologe. 1999;96:77-81.
66. Wu AL, Liu YT ,Chou HD ,et al. *Role of growth factors and internal limiting membrane constituents in müller cell migration.* . s.l. : Exp Eye Res. 2021;202:108352 .
67. Dai Y, Dong F ,Zhang X ,Yang Z . *Internal limiting membrane transplantation for unclosed and large macular holes.* . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2016;254:2095-9 .
68. Rossi T, Trillo C ,Ripandelli G . *Autologous internal limiting membrane transplant for recurrent idiopathic macular holes.* . s.l. : Eur J Ophthalmol. 2021;31:656-63 .
69. Chen SN, Yang CM . *Lens capsular flap transplantation in the management of refractory macular hole from multiple etiologies.* s.l. : Retina. 2016;36:163-70 .
70. Shiode Y, Morizane Y ,Matoba R ,et al. *The role of inverted internal limiting membrane flap in macular hole closure.* s.l. : Invest Ophthalmol Vis Sci. 2017;58:4847-55 .
71. Wu AL, Liu YT ,Chou HD ,et al. *Role of growth factors and internal limiting membrane constituents in müller cell migration.* . s.l. : Exp Eye Res. 2021;202:108352 .

72. Peng J, Chen C ,Jin H ,et al. *Autologous lens capsular flap transplantation combined with autologous blood application in the management of refractory macular hole.* . s.l. : Retina. 2018;38:2177-83 .
73. Peng J, Chen C ,Zhang H ,et al. *Long-term surgical outcomes of lens capsular flap transplantation in the management of refractory macular hole.* s.l. : Retina. 2021;41:726-34 .
74. Fukuda K, Chikama T ,Nakamura M ,Nishida T . *Differential distribution of subchains of the basement membrane components type IV collagen and laminin among the amniotic membrane, cornea, and conjunctiva.* s.l. : Cornea.. 1999;18:73-9 .
75. Jirsova K, Jones GLA . *Amniotic membrane in ophthalmology: properties, preparation, storage and indications for grafting-a review.* . s.l. : Cell Tissue Bank. 2017;18:193-204 .
76. Ohno-Matsui K, Ichinose S ,Nakahama K ,et al. *The effects of amniotic membrane on retinal pigment epithelial cell differentiation.* . s.l. : Mol Vis. 2005;11:1-10 .
77. Romano MR, Ferrara M ,Nepita I ,et al. *Biocompatibility of intraocular liquid tamponade agents: an update.* . s.l. : Eye. 2021;35:2699-713 .
78. Rizzo S, Caporossi T ,Tartaro R ,et al. *A human amniotic membrane plug to promote retinal breaks repair and recurrent macular hole closure.* . s.l. : Retina. 2019;39:S95-S103 .
79. Caporossi T, Tartaro R ,Finocchio L ,et al. *Human amniotic membrane to treat macular holes that failed to close, sulfur hexafluoride endotamponade versus air endotamponade: a prospective comparative study.* . s.l. : Retina. 2021;41:735-43.

80. Rizzo S, Caporossi T ,Tartaro R ,et al. *A human amniotic membrane plug to promote retinal breaks repair and recurrent macular hole closure.* . s.l. : Retina. 2019;39:S95–S103 .
81. Caporossi T, Tartaro R ,Giansanti F ,Rizzo S . *The amniotic membrane for retinal pathologies. Insights on the surgical techniques.* . s.l. : Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2020;258:1347–9 .
82. Huang YH, Tsai DC ,Wang LC ,Chen SJ . *Comparison between cryopreserved and dehydrated human amniotic membrane graft in treating challenging cases with macular hole and macular hole retinal detachment.* . s.l. : J Ophthalmol. 2020;2020:9157518 .
83. Caporossi T, Pacini B ,Bacherini D ,et al. *Human amniotic membrane plug to promote failed macular hole closure.* . s.l. : Sci Rep. 2020;10:18264 .
84. Caporossi T, Pacini B ,de Angelis L ,et al. *Human amniotic membrane to close recurrent, high myopic macular holes in pathologic myopia with axial length of ≥ 30 mm.* . s.l. : Retina. 2020;40:1946–54 .
85. Tsai DC, Huang YH ,Chen SJ . *Parafoveal atrophy after human amniotic membrane graft for macular hole in patients with high myopia.* . s.l. : Br J Ophthalmol. 2021;105:1002–10 .
86. Rizzo S, Caporossi T ,Tartaro R ,et al. *A human amniotic membrane plug to promote retinal breaks repair and recurrent macular hole closure.* . s.l. : Retina. 2019;39:S95–S103 .
87. Grewal DS, Mahmoud TH . *Autologous neurosensory retinal free flap for closure of refractory myopic macular holes.* . s.l. : JAMA Ophthalmol. 2016;134:229–30 .

88. Grewal DS, Charles S ,Parolini B ,et al. *Autologous retinal transplant for refractory macular holes: multicenter international collaborative study group*. . s.l. : Ophthalmology. 2019;126:1399–408 .
89. Patel SN, Mahmoud TH, Kazahaya M, Todorich B. *Autologous neurosensory retinal transplantation: bridging the gap*. . s.l. : Retina. 2021. doi: 10.1097/iae.00000000000003210 .
90. Moysidis SN, Koulisis N ,Adrean SD ,et al. *Autologous retinal transplantation for primary and refractory macular holes and macular hole retinal detachments: the global consortium*. . s.l. : Ophthalmology. 2021;128:672–85 .
91. Tabandeh H. *Vascularization and reperfusion of autologous retinal transplant for giant macular holes*. . s.l. : JAMA Ophthalmol. 2020;138:305–9
92. Rojas–Juárez S, Cisneros–Cortés J ,Ramirez–Estudillo A , Velez–Montoya R . *Autologous full–thickness retinal transplant for refractory large macular holes*. . s.l. : Int J Retina Vitreous. 2020;6:60 .
93. *Autologous full–thickness retinal transplant for refractory large macular holes*. . s.l. : Int J Retina Vitreous. 2020;6:60 .