



Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

眼科写真 (2017.12) 34:18-23.

OCT-Angiography－脈絡膜循環障害の観察－

福井 勝彦

OCT-Angiography — 脈絡膜循環障害の観察 —

福井 勝彦

旭川医科大学眼科学講座

1. はじめに

近年開発された OCT-Angiography¹⁾ は、OCT 信号の振幅の変化量から血流の様子を三次元画像に再構築することが可能になった。複数枚の B-scan 画像からシグナル強度の変化量として画像化する Angio Vue 機能は SSADA (Split Spectrum Amplitude Decorrelation Angiography) の原理により動きのある部位 (白) と静止している部位 (黒) を判別する。また、高速トラッキング (30 f/s) や水平方向と垂直方向のスキャンを平均化する機能 (Motion Correction Technology) の搭載や follow up 機能も追加されて同一部位の経過観察や広角化の機種も登場した。

撮影対象は血管閉塞を伴う症例^{2,3)} や脈絡膜新生血管⁴⁾ も観察でき脈絡膜新生血管の治療として普及している抗 VEGF 投与の治療効果の判定にも応用されている。

今回は、波長が 840nm でスキャン速度が 70,000 A scan / 秒、深さ方向の解像度が 5 μ m のフーリエドメイン OCT である RTVue XR Avanti (Optovue 社製) を用いて脈絡膜の循環障害を伴う症例に対して OCT-Angiography の有用性を検討した。

2. 対象と方法

対象は妊娠性高血圧症 (Pregnancy-Induced Hypertension)、内頸動脈閉塞症、急性後部多発性斑状網膜色素上皮症 (Acute Posterior Multifocal Placoid Pigment Epitheliopathy: 以下 APMPE) の症例を用いた。画像の解像度は、現状では 304 × 304pixel と固定であるが症例により 3 × 3mm ~ 8 × 8mm の範囲とした。画像は自動 segmentation 機能により 3D Reina は、網膜表層 (Superficial Capillary)、網膜深層 (Deep capillary)、網膜外層 (Outer Retina)、脈絡膜毛細血管板層 (Choriocapillaris) の 4 画像と B-scan の OCT 画像および対象層の En face 画像を同時に表示できる。さらに、画像取得後にマニュアルで脈絡膜深層を詳細に観察するため 30 μ m の組織厚で、RPE-Ref Offset (0-180 μ m) の深さを 6 層に分割化 (segmentation) して観察した。

3. 結果

1) 妊娠性高血圧症

妊娠中毒症⁵⁻⁷⁾ による二次性高血圧症で右眼の黄斑部中心窩から下方血管アーケードにかけて胞状の網膜剥離がみられた (図 1)。

フルオレセイン蛍光眼底造影 (fluorescein angiography: 以下 FA) では、造影早期に脈絡膜の充盈遅延による低蛍光、造影後期では蛍光色素の漏出による過蛍光がみられた (図 2a, b)。インドシアニングリーン蛍光眼底造影 (Indocyanine green angiography: 以下 IA) でも造影早期に脈絡膜充盈遅延による低蛍光、造影後期に脈絡膜内の血管から色素漏出がみられた (図 2c, d)。

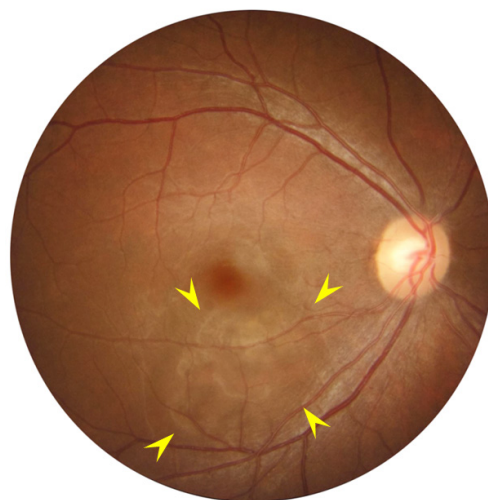


図 1 妊娠性高血圧症の眼底写真

胞状網膜剥離がみられる (血圧:146/103)。

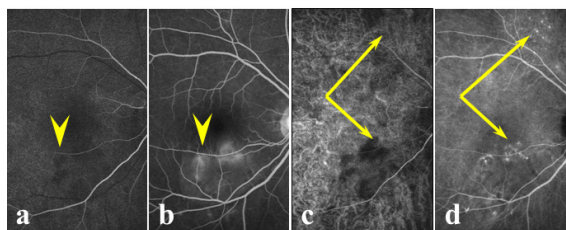


図 2 妊娠性高血圧症の FA と IA

- a: FA 初期に脈絡膜の充盈遅延 (矢頭) がみられた (7 秒)。
- b: FA 後期では脈絡膜から網膜下への蛍光漏出 (矢頭) がみられた (580 秒)。
- c: IA 初期に広範囲の脈絡膜蛍光の充盈遅延 (↑) がみられた (7 秒)。
- d: IA 後期では、脈絡膜内の血管から色素漏出がみられた (580 秒)。

初診時の OCT-Angiography では、網膜外層に脈絡膜毛細血管の拡張が透見でき、脈絡膜毛細血管板層 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) では、血流の循環障害を伴う領域は黒い陰影がみられた (図 3)。分娩後、高血圧症が改善された経過を示す。初診時にみられた脈絡膜毛細血管板層の脈絡膜循環障害による黒い陰影領域に血行不全の改善を示唆する所見が捉えられた (図 4)。さらに、初診時に拡張していた脈絡膜深層 RPE-Ref Offset (150-180 μ m)

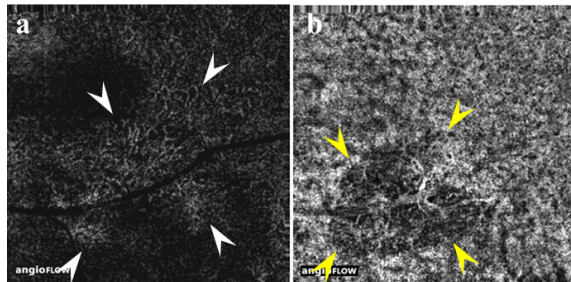


図 3 妊娠性高血圧症の OCT-Angiography (初診時)

- a: 網膜外層では脈絡膜毛細血管の拡張 (矢頭) が透見できた。
b: 脈絡膜毛細血管板層では循環障害を伴う領域は黒い陰影 (矢頭) がみられた。

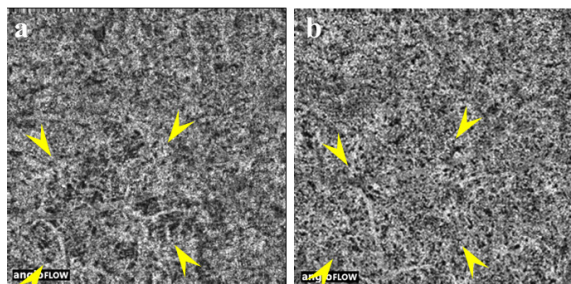


図 4 脈絡膜毛細血管板層 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) の OCT-Angiography による経過観察

- a: 循環障害領域が血圧 (121/74) の軽快とともに改善された (10 日後)。
b: 黒い陰影が消失し血流のある白い領域に変化していた (約 1 か月後 血圧: 130/49)。

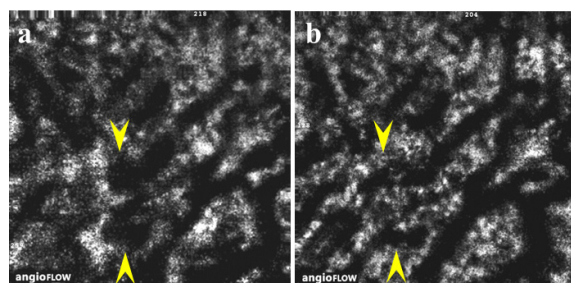


図 5 脈絡膜深層 RPE-Ref Offset (150-180 μ m) の脈絡膜中大血管径

- a: 拡張 (矢頭) がみられた (初診時)。
b: 血圧の軽快とともに縮小 (矢頭) していた (10 日後)。

の脈絡膜中大血管は縮小していた (図 5)。

2) 内頸動脈閉塞症

上下血管アーケード内の放射状乳頭周囲毛細血管網の存在部位に広範囲に綿花状白斑がみられる内頸動脈閉塞症^{8, 9)}を示す (図 6)。

FA では、腕 - 網膜循環時間が遅延しており、造影初期の脈絡膜相 (choroidal flush) にて黄斑部から下方の血管アーケード領域に脈絡膜動脈の充盈遅延がみられた (図 7)。

OCT-Angiography では、網膜表層、網膜深層、網膜外層、脈絡膜毛細血管板層 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) の 4 画像に循環障害を示唆する黒い陰影領域がみとめられた (図 8)。さらに、30 μ m の組織厚で、マニュアルで分割化 (segmentation) して脈絡膜層を観察すると RPE-Ref Offset (60-90 μ m) ~ (150-180 μ m) の深さの 4 画像でも脈絡膜血管の循環障害を示唆する黒い陰影領域がみとめられた (図 9)。術後約 1 か月の OCT-Angiography の網膜表層では、毛細血管網閉塞領域は縮小し、脈絡

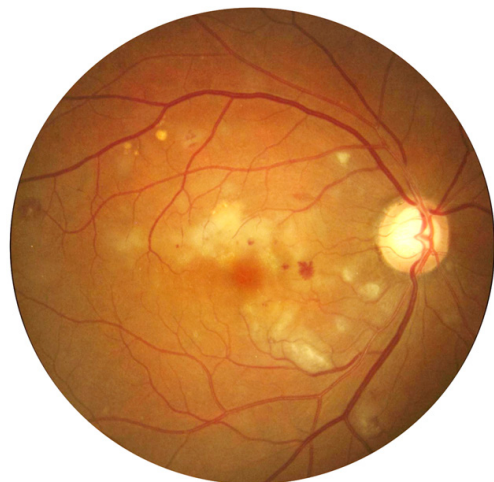


図 6 内頸動脈閉塞症の眼底写真 (初診時)

放射状乳頭周囲毛細血管網の閉塞を示す綿花様白斑がみられた。

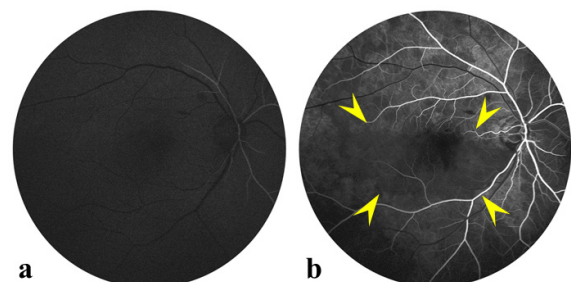


図 7 内頸動脈閉塞症の FA

- a: 腕 - 網膜循環時間の延長がみられた (20 秒)。
b: 造影早期では脈絡膜の充盈延長 (矢頭) が認められた (25 秒)。

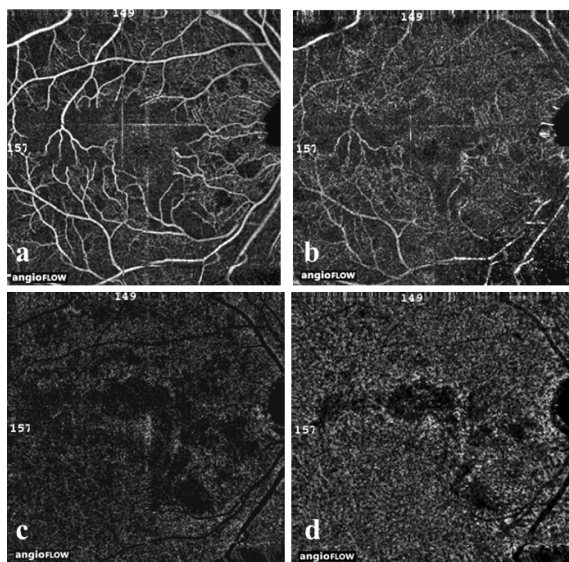


図8 内頸動脈閉塞症のOCT-Angiography

- a: 網膜表層の毛細血管網に血管閉塞がみられる。
- b: 網膜深層の毛細血管網に血管閉塞がみられる。
- c: 網膜外層に循環障害による黒い陰影領域がみられる。
- d: 脈絡膜毛細血管板層に黒い陰影領域がみられる。

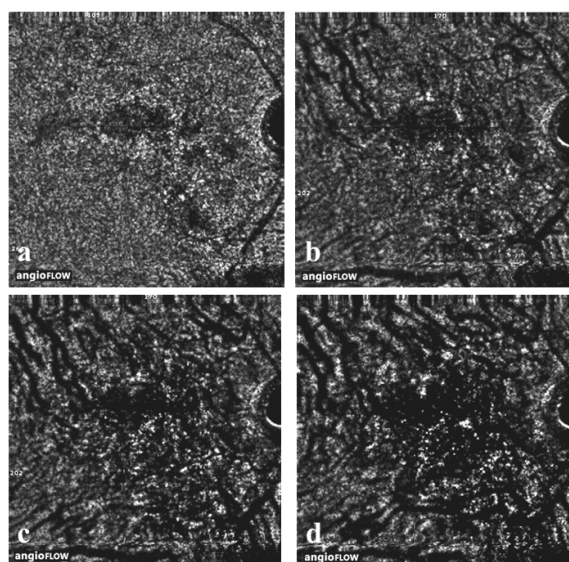


図9 OCT-Angiography (脈絡膜深層)

- a: RPE-Ref Offset (60-90 μ m)
- b: RPE-Ref Offset (90-120 μ m)
- c: RPE-Ref Offset (120-150 μ m)
- d: RPE-Ref Offset (150-180 μ m)

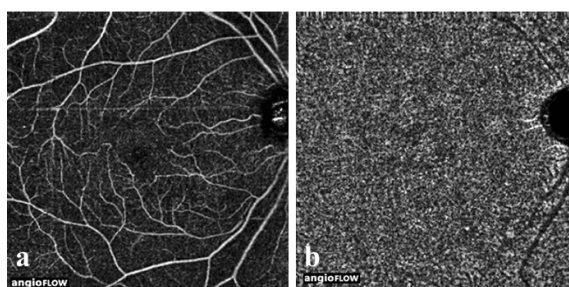


図10 OCT-Angiographyによる経過観察(術後1か月)

- a: 網膜表層の毛細血管閉塞領域は縮小していた。
- b: 脈絡膜毛細血管板層の深さでは、黒い陰影領域の消失がみられた。

膜毛細血管板層 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) の深さでは、黒い陰影領域の消失がみられ脈絡膜の循環障害の改善が判定できた(図10)。

3) APMPE

眼底後極部に約 1/4 乳頭径大の大きさで、ほぼ均一な黄白色小板状病巣が多数散在していた急性後部多発性斑状網膜色素上皮症¹⁰⁻¹²⁾を示す(図11)。

FA では、黄白色小板状病巣は早期に低蛍光、後期に過蛍光を示す蛍光の逆転現象がみられた(図12a, b)。IA では、造影初期に脈絡膜の充盈遅延がみられ、黄白色小板状病巣は早期から後期にかけて低蛍光の持続がみられた(図12c, d)。約2年間の経過観察中に再発と消褪化がみられた(図13)。

再発時に OCT-Angiography にて脈絡膜層を30 μ mの組織厚で、マニュアルで分割化(segmentation)して広範囲(8×8mm)を観察すると脈絡膜層の浅層 RPE-Ref Offset (60-90 μ m)から深層 RPE-Ref Offset (150-180 μ m)にかけて、大きさは異なるものの脈絡膜層の循環障害を示唆



図11 APMPEの眼底写真

約 1/4 乳頭径大の黄白色小板状病巣が散在していた。

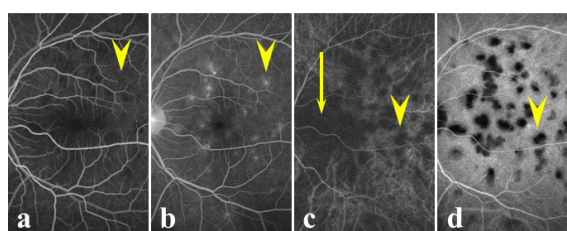


図12 APMPEのFAとIA

- a: FA で造影早期に低蛍光(矢頭)がみられた。
- b: FA 後期に過蛍光を示す蛍光の逆転現象がみられた。
- c: IA では初期に脈絡膜の充盈遅延(矢印)がみられ、造影早期に黄白色小板状病巣は低蛍光(矢頭)を示した。
- d: IA の造影後期にかけて低蛍光の持続がみられた。

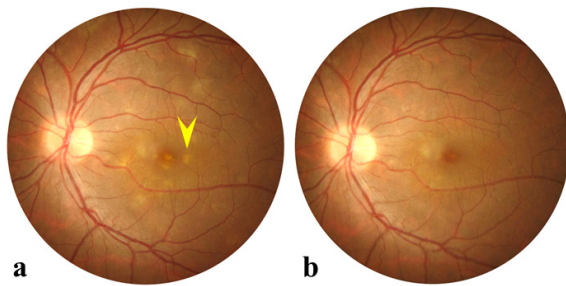


図 13 APMPPE の眼底写真 (経過観察)

- a : 1 年 4 か月後に淡い黄白色小板状病巣が発生 (矢頭) し再発がみられた。
b : 再発後約 3 か月で消褪化がみられた。

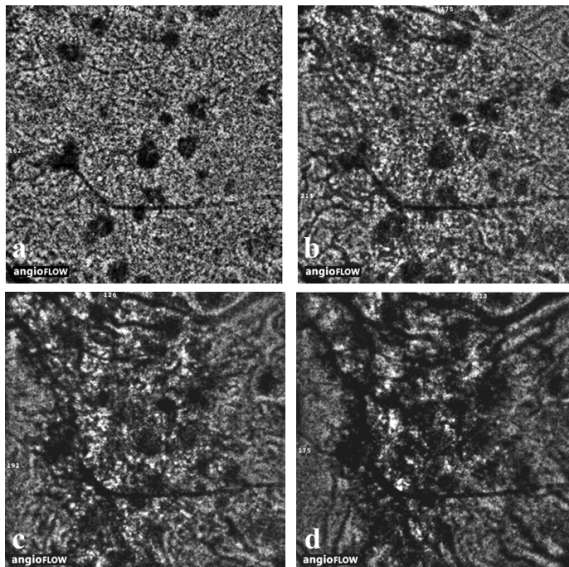


図 14 APMPPE の OCT-Angiography (再発時の脈絡膜層深層画像)

- a : RPE-Ref Offset (60-90 μ m)
b : RPE-Ref Offset (90-120 μ m)
c : RPE-Ref Offset (120-150 μ m)
d : RPE-Ref Offset (150-180 μ m)

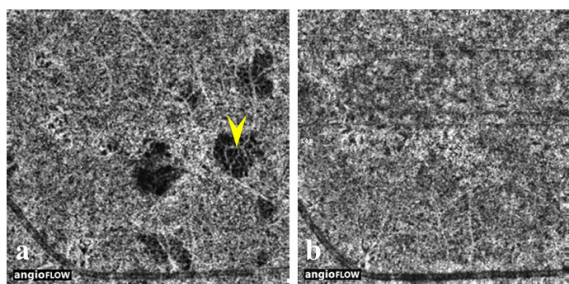


図 15 脈絡膜毛細血管板 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) の OCT-Angiography による経過観察

- a : 再発時に循環障害を示唆する黒い陰影領域 (矢頭) がみとめられた。
b : 再発後約 3 か月後では、黒い陰影領域は消失した。

する黒い陰影領域が確認できた (図 14)。また脈絡膜毛細血管板層 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) を拡大 (3 × 3mm) して経過観察すると循環障害が改善されると黒い陰影領域が消失するのが判定できた (図 15)。

4. 考察

妊娠中毒症による漿液性網膜剥離は、分娩直後に発症する。要因は、血管内皮に存在する血管収縮因子や妊娠に伴う高血圧、電解質や脂質代謝の異常や胎児や胎盤の存在などが関連している⁵⁾。本症の黄斑部中心窩から下方血管アーケードにかけてみとめられた漿液性網膜剥離は、脈絡膜の小動脈と脈絡膜毛細血管板が多発性に閉塞し、網膜色素上皮と視細胞外節に虚血性変化が生じて脈絡膜-網膜色素上皮関門が破綻して生じたと考えられる⁷⁾。

血圧上昇が急激な場合、自動調節機能がない脈絡膜血管に持続的な攣縮が起こると中枢側では血液のうっ滞を示す血管拡張、末梢側では血液の途絶がみられ、脈絡膜に循環障害 (脈絡膜循環遅延) を起こすと考えられている⁵⁾。これらは可逆的な変化で分娩後に高血圧が改善されると速やかに消褪する。FA の極初期にみられる choroidal flush および IA の早期にて脈絡膜血管の充盈遅延が認められている。脈絡膜充盈遅延は、脈絡膜循環障害を示す基本的な所見である。

OCT-Angiography での経過観察では、脈絡膜毛細血管板 RPE-Ref Offset (30-60 μ m) の深さで循環障害を示唆する血流の悪い、黒い領域がみられたが高血圧が改善されると血流がある白い脈絡膜毛細血管板層に変化していた。OCT-Angiography の網膜外層は視細胞の領域で、本来なら血管の分布はみられないが本症では、一過性の高血圧により拡張し、うっ滞した脈絡膜毛細血管が透見された。この様な詳細な血管所見は、IA では確認できなかった。さらに RPE-Ref Offset (90-120 μ m) ~ RPE-Ref Offset (150-180 μ m) の深層の脈絡膜中大血管が拡張していた。この所見は脈絡膜に循環障害 (脈絡膜循環遅延) を起こす要因として考えられる末梢血管の拡張を捉えていた。その後、高血圧の改善により脈絡膜中大血管が縮小しているのが判定できた。En face OCT angiography では、血流 (flow signal) から構築された血管構造を任意の層 (slab) で表示し、follow up 機能により同一部位の血管径を経過観察中に比較することが可能になった。

内頸動脈閉塞症由来の眼虚血症候群は、内頸動脈起始部後壁のアテローム硬化 (粥状硬化) が原因といわれている。アテローム硬化により内膜の線維性肥厚で内腔が狭小化する。また、その裂隙に脂肪沈着 (コレステロール) や血小板による壁在血栓で狭窄が進み、これらの破片が遊離塞栓子となり閉塞させると考えられている⁸⁾。前毛細血管

細動脈の閉塞による網膜神経線維層の微小塞栓が綿花様白斑の成因であり放射状乳頭周囲毛細血管網（RPCs）に好発する。

内頸動脈の閉塞障害では、腕 - 網膜循環時間や網膜内循環時間の延長のみならず脈絡膜充盈遅延（脈絡膜の循環障害）を引き起こす。眼球を栄養する主要な眼動脈は、内頸動脈から最初に分岐したのち、網膜に分布する網膜中心動脈と脈絡膜や毛様体などのぶどう膜に分布する後毛様動脈（短・長毛様動脈）に分岐する。眼の血管は基本的には内頸動脈系に属し内頸動脈の閉塞は、眼球の主要な血管に影響を及ぼす。

OCT-Angiography では、脳外科での治療前後の RPCs、網膜表層および網膜深層の毛細血管の閉塞や再灌流のみならず治療中の脈絡膜毛細血管板層から脈絡膜深層の循環改善の把握が可能であった。

APMPPE は、前駆症状として感冒様症状¹¹⁾ が約 1/3 の症例にみられ、網膜色素上皮レベルに黄白色小板状病巣が出現する疾患である。脈絡膜の前毛細管板細動脈の閉塞性血管炎による脈絡膜毛細血管板レベルの循環障害であり、黄白色小板状病巣は二次的な網膜色素上皮の虚血性変化が原因であるといわれている¹²⁾。

ICG（Indocyanine green）は約 98% が血漿蛋白（リポ蛋白）と結合し色素の分子量が大きいので、組織内の拡散がフルオレセインに比べ起こり難く、脈絡膜毛細血管板の循環状態を検出するのに優れているがほぼ二次元構造である網膜血管と異なり脈絡膜血管は三次元構造をしている。脈絡膜大血管の内層に中小血管があり、さらにその内層に脈絡膜毛細血管板がある。IA で脈絡膜内の血管構築を観察しようとしても血管が何層にも重なっているため読影が複雑で深さレベルの解釈が困難である。

OCT-Angiography の長所は、振幅の変化量から血流の様子を三次元画像に再構築していることであり、脈絡膜層をマニュアルで組織厚を変えて分割化（segmentation）して観察することが可能になった。今回は、30 μ m の組織厚で網膜色素上皮層の強い反射から脈絡膜深層へと 6 分割した画像から APMPPE の再発例では黄白色小板状病巣を伴う領域の循環障害を明瞭に観察することができた。本症では脈絡膜毛細血管板層が RPE-Ref Offset（30-60 μ m）の深さで、循環障害を伴っている黒い陰影が確認できた。さらに、深層ヘシフトしていくと脈絡膜中小血管や脈絡膜中大血管を層別に判定でき、脈絡膜の深層になるほど循環障害を示唆

する領域は拡大していた。脈絡膜細動脈の閉塞が原因¹⁰⁾ といわれているが脈絡膜の中大血管が存在する脈絡膜深層も循環障害を伴っていることが示唆される。

検眼鏡でみられる網膜色素上皮の虚血変化である黄白色小板状病巣は脈絡膜毛細血管レベルの循環障害によって引き起こる二次的な虚血変化で IA では低蛍光を示す。この所見（低蛍光）は黄白色小板状病巣以外の部位や発病していない対側眼にもみられ、また黄白色小板状病巣が消失しても長期間持続することが判っている。

従って APMPPE の再発や消褪などの循環障害の持続の有無や長期的な経過観察は、IA を施行することなく再来毎に侵襲の少ない OCT-Angiography を行うことでも可能あり、脈絡膜の循環障害を伴う症例の消褪化や治療効果の判定に有用であると考えられた。

5. まとめ

振幅の変化量から画像を構築している OCT-Angiography では、脈絡膜毛細血管板層でも血流があるものは白い領域、循環障害の領域は黒い陰影として観察できる。三次元構築を伴う脈絡膜血管の循環障害も分割化（segmentation）することで深さレベルを変えた検索が可能になった。脈絡膜動脈閉塞の病因には、高血圧、感染、炎症、血管内血液凝固症候群などがあり脈絡膜循環障害の判定や再発および経過観察に有用であると考えられた。

本文の要旨は、第 29 回眼科写真研究会（2017.7.9 東京）で講演した。

<参考文献>

- 1) Hong YJ et al : Noninvasive investigation of deep vascular pathologies of exudative macular disease by high-penetration optical coherence angiography. Invest Ophthalmol Vis Sci 54 : 3621-3631, 2013.
- 2) 石羽澤明弘 : OCT アンギオグラフィ RTVue XR Avanti. 眼科 57 (11) : 1439-1449, 2015.
- 3) 石羽澤明弘 : OCT アンギオグラフィ. あたらしい眼科 33 (2) : 175-187, 2016.
- 4) 福井勝彦 : 3D-OCT による OCT-Angiography (脈絡膜新生血管の構築). 日本眼科写真協会誌 33 : 36-40, 2016.
- 5) 三善恵 : 妊娠中毒症. 湯沢美都子 (編) : 月刊

- 眼科診療プラクティス 54 Vol.3 No.1 ICG 造影所見の読み方. 文光堂, 東京, 30-31, 2000.
- 6) 松永裕史：高血圧網膜症・高血圧脈絡膜症. 宇山昌延・西村哲也・高橋寛二（編）：黄斑疾患テキスト&アトラス. 医学書院, 東京, 231-217, 2000.
 - 7) 中田亙・斉藤喜博：高血圧網膜症・腎性網膜症・妊娠中毒症・ステロイド網膜症・インターフェロン網膜症. 田野保雄（編）：眼科診療プラクティス 21 眼底画像所見を読み解く. 文光堂, 東京, 320-325, 2008.
 - 8) 新美勝彦：循環障害による眼疾患. 湯沢美都子（編）：月刊眼科診療プラクティス 54 Vol.3 No.1 ICG 造影所見の読み方. 文光堂, 東京, 104-113, 2000.
 - 9) 西川憲清：内頸動脈閉塞症性疾患に続発する眼病変と対策に関する研究. 眼紀 42：1099-1105, 1991.
 - 10) 福島伊知郎：急性後部多発性板状色素上皮症. 湯沢美都子（編）：月刊眼科診療プラクティス 54 Vol.3 No.1 ICG 造影所見の読み方. 文光堂, 東京, 46-47, 2000.
 - 11) 南部裕之：急性後部多発性板状色素上皮症. 宇山昌延・西村哲也・高橋寛二（編）：黄斑疾患テキスト&アトラス. 医学書院, 東京, 206-210, 2000.
 - 12) 湯沢美都子：急性後部多発性板状色素上皮症 (APMPPE). 湯沢美都子（編）：インドシアニングリーン蛍光眼底アトラス. 南山堂, 東京, 158-159, 1999.