

DOI: 10.59715/pntjmp.2.2.15

Khảo sát sự cải thiện tưới máu hoàng điểm sau laser quang đông ở bệnh nhân võng mạc đái tháo đường tăng sinh bằng máy OCTA

Nguyễn Trịnh Bảo An¹, Lê Đỗ Thùy Lan¹, Dương Quốc Cường², Vũ Thế Tài³

¹Bộ môn mắt - Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch

²Khoa Dịch kính võng mạc - Bệnh viện mắt TP.HCM

³Khoa Chẩn đoán hình ảnh - Bệnh viện mắt TP.HCM

Tóm tắt

Đặt vấn đề: Laser quang đông toàn bộ võng mạc (PRP) là một điều trị tiêu chuẩn trong bệnh võng mạc đái tháo đường tăng sinh (BVMĐTĐTS). Các nghiên cứu gần đây đặt ra giả thuyết PRP giúp cải thiện sự tưới máu vùng hoàng điểm. OCTA giúp khảo sát sự thay đổi này một cách không xâm lấn.

Mục tiêu nghiên cứu: Khảo sát tác động của PRP trên sự tưới máu hoàng điểm lớp nông và lớp sâu bằng OCTA.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu cắt dọc, 29 bệnh nhân với 44 mắt BVMĐTĐTS được đưa vào nghiên cứu. Bệnh nhân được đánh giá lâm sàng và khảo sát biến số trên OCTA bao gồm diện tích vùng vô mạch (FAZ), chỉ số độ tròn vùng vô mạch, mật độ mạch máu lớp nông và lớp sâu trước điều trị PRP, sau điều trị 1 tháng và 3 tháng.

Kết quả: Thị lực logMAR trước điều trị là $0,50 \pm 0,48$, sau 3 tháng là $0,42 \pm 0,34$ ($p = 0,004$). FAZ trước điều trị là $0,38 \pm 0,12$, sau 3 tháng giảm còn $0,35 \pm 0,12$ ($p < 0,001$). Độ tròn vùng vô mạch trước điều trị là $0,61 \pm 0,07$, sau 3 tháng tăng lên $0,64 \pm 0,06$ ($p < 0,001$). Mật độ mạch máu lớp nông trước và sau điều trị 3 tháng lần lượt là $32,40 \pm 5,81$ và $34,27 \pm 5,78$ ($p < 0,001$). Mật độ mạch máu lớp sâu trước và sau điều trị 3 tháng lần lượt là $23,42 \pm 5,31$ và $24,40 \pm 4,94$ ($p = 0,021$). Thị lực sau điều trị có tương quan nghịch với độ tròn vùng vô mạch ($r = -0,476$)

Kết luận: Có sự cải thiện tưới máu hoàng điểm sau điều trị PRP. OCTA có thể sử dụng như một công cụ theo dõi hiệu quả điều trị mang tính khách quan.

Từ khóa: Bệnh võng mạc đái tháo đường, laser quang đông toàn bộ võng mạc, OCTA.

Abstract

Macular perfusion changes assessed with OCTA after panretinal photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy

Background: Panretinal photocoagulation (PRP) is an efficacious treatment for proliferative diabetic retinopathy (PDR). Previous studies found improvement in macular perfusion after PRP. OCTA allows noninvasive quantification of microvascular retinal changes.

Objectives: To study the effect of PRP on macular perfusion at different retinal levels using OCTA.

Materials and method: Prospective interventional study. 44 eyes of 29 diabetic patients with PDR were included. All patients were evaluated clinically and with

Ngày nhận bài:

20/02/2023

Ngày phân biện:

20/3/2023

Ngày đăng bài:

20/4/2023

Tác giả liên hệ:

Nguyễn Trịnh Bảo An

Email: anntb@pnt.edu.vn

ĐT: 0983639405

OCTA to evaluate superficial and deep vessels density (VD), FAZ area and FAZ circularity before PRP (baseline) and 1 month and 3 months after PRP.

Results: Best corrected visual acuity was improved from 0.50 ± 0.48 at baseline to 0.42 ± 0.34 at 3 months ($p = 0.004$). FAZ area was significantly improved from 0.38 ± 0.12 at baseline to 0.35 ± 0.12 at 3 months ($p < 0.001$). FAZ circularity was 0.61 ± 0.07 at baseline and was increased to 0.64 ± 0.06 after 3 months ($p < 0.001$). Superficial vessel density at baseline and 3 months was 32.40 ± 5.81 and 34.27 ± 5.78 , respectively ($p < 0.001$). Deep vessel density at baseline and 3 months was 23.42 ± 5.31 and 24.40 ± 4.94 , respectively ($p = 0.021$). There was a negative correlation between the logMAR visual acuity and FAZ circularity ($r = -0.476$).

Conclusion: Macular perfusion was significantly improved by PRP in PDR patients. OCTA might be of great value for following up PDR patients after PRP.

Keywords: Diabetic retinopathy, panretinal photocoagulation, OCTA.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

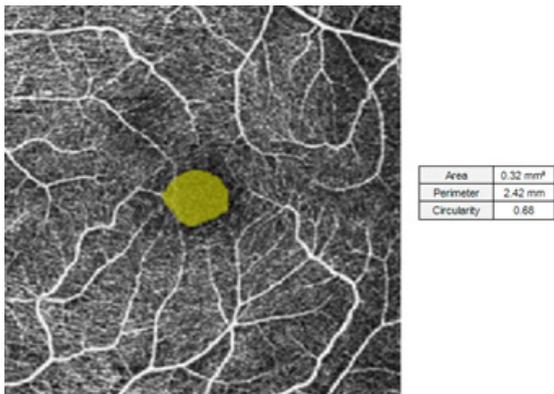
Bệnh võng mạc đái tháo đường là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây mất thị lực có thể được phòng tránh ở nhóm người lớn trong độ tuổi lao động. Hiện nay, laser quang đông toàn bộ võng mạc (PRP) được coi là điều trị thích hợp nhất đối với bệnh võng mạc đái tháo đường tăng sinh. Hiệu quả quan trọng của laser quang đông toàn bộ võng mạc là làm giảm hơn 50% nguy cơ mất thị lực nghiêm trọng hoặc cần phải cắt dịch kính do bệnh võng mạc đái tháo đường tăng sinh ở bệnh nhân tiểu đường type 2 [1]. Các nghiên cứu trước đây cho rằng, laser quang đông toàn bộ võng mạc làm giảm tiêu thụ oxy võng mạc do đó giảm VEGF và thoái triển tân mạch. Ngoài ra có giả thuyết về hiệu quả của PRP trong việc làm thay đổi huyết động và mạch máu võng mạc, dẫn đến tái phân bố dòng chảy võng mạc và màng mạch. Gần đây, một số tác giả nước ngoài đã sử dụng OCTA khảo sát sự thay đổi ngắn hạn của mật độ mạch máu vùng hoàng điểm và kích thước vùng vô mạch ở bệnh nhân bệnh võng mạc đái tháo đường tăng sinh sau điều trị laser quang đông toàn bộ võng mạc [1 - 3]. Tại Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu về bệnh võng mạc đái tháo đường nhưng chưa có nghiên cứu nào khảo sát sự thay đổi tưới máu vùng hoàng điểm trên OCTA sau laser quang đông toàn bộ võng mạc, vì vậy nghiên cứu này được thực hiện với mục đích hiểu rõ hơn về cơ chế tác động của laser quang đông toàn bộ võng mạc, góp phần giải thích kết quả sau điều trị.

2. ĐỐI TƯỢNG - PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu cắt dọc, so sánh trước và sau điều trị laser 3 tháng, thực hiện tại khoa Dịch kính - Võng mạc, Bệnh viện Mắt Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam, từ tháng 11/2021 đến tháng 09/2022. Nghiên cứu được thông qua hội đồng Y đức Đại học y khoa Phạm Ngọc Thạch. Nghiên cứu sử dụng phương pháp chọn mẫu thuận tiện với tiêu chuẩn chọn mẫu là những bệnh nhân bệnh võng mạc đái tháo đường tăng sinh có chỉ định laser quang đông toàn bộ võng mạc và chưa từng điều trị trước đó (tiêm anti-VEGF, laser quang đông võng mạc, cắt dịch kính). Tiêu chuẩn loại trừ là những bệnh nhân có phù hoàng điểm đáng kể ($\geq 350 \mu\text{m}$) hoặc có phù hoàng điểm dạng nang, các bệnh mắt kèm theo gây giảm thị lực như glôcôm, viêm màng bồ đào, các bệnh lý hoàng điểm khác hoặc bệnh thần kinh thị... Từ các bệnh nhân thỏa tiêu chuẩn đề ra, nghiên cứu đã tiến hành theo dõi trong vòng 3 tháng sau điều trị PRP với biến số kết quả là thay đổi diện tích vùng vô mạch (FAZ) trung bình.

Bệnh nhân tham gia nghiên cứu sẽ được ghi nhận các đặc điểm về tuổi, giới tính, số năm mắc đái tháo đường, kiểm soát đường huyết (HbA1c). Bệnh nhân được khám lâm sàng ghi nhận thị lực, nhãn áp và đo các thông số trên OCTA vùng hoàng điểm kích thước $6 \times 6 \text{ mm}^2$ bao gồm diện tích vùng vô mạch (hình 1), độ tròn vùng vô mạch, mật độ mạch máu hoàng điểm lớp nông và sâu. OCTA trên máy Zeiss Cirrus 5000 HD - OCT. Mật độ mạch máu lớp nông và sâu được phân vùng theo lưới ETDRS như

sau: vùng hoàng điểm là vòng tròn trung tâm với đường kính 1mm, vùng cạnh hoàng điểm là hình donut có tâm ở trung tâm hoàng điểm, giới hạn trong là 1mm đường kính và giới hạn ngoài là 3mm đường kính, vùng quanh hoàng điểm là hình donut có tâm ở trung tâm hoàng điểm, giới hạn trong là 3mm đường kính và giới hạn ngoài là 6mm đường kính. Hình ảnh mật độ mạch máu lớp sâu thu được từ máy OCTA được xử lý bằng phần mềm ImageJ và tính ra mật độ mạch máu lớp sâu ở từng phân vùng [4].



Hình 1. Vùng vô mạch (tô màu vàng)

PRP được thực hiện theo quy trình tiêu chuẩn chia làm 4 lần cách nhau mỗi tuần, mỗi lần thực hiện 1 góc tư võng mạc bởi cùng một bác sĩ. Kích thước chấm laser 200 - 300 μ m, thời gian xung là 0,1 giây. Năng lượng laser được điều chỉnh tùy từng bệnh nhân, vừa đủ tạo thành chấm laser quang đông màu vàng nhạt.

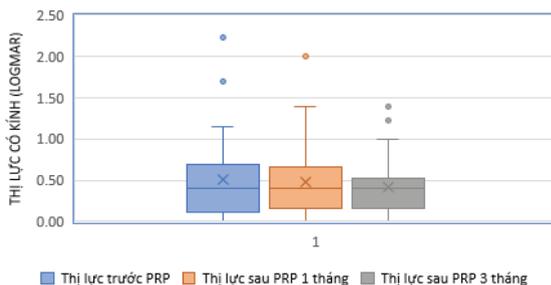
Sau điều trị, bệnh nhân được chụp OCTA kết hợp ghi nhận thị lực, nhãn áp, khám mắt bằng sinh hiển vi tại mỗi thời điểm tái khám sau 1 tháng và 3 tháng theo lịch hẹn của bác sĩ điều trị.

Dữ liệu thu thập được nhập liệu vào phần mềm Excel và phân tích bằng phần mềm thống kê SPSS 22. Các biến số định lượng được trình bày theo trung vị kèm khoảng bách phân vị 25% và 75%, biến số định tính được trình bày theo tỉ lệ phần trăm. Phép kiểm Shapiro - Wilk kiểm định phân phối chuẩn. Phép kiểm t theo cặp khi so sánh số trung bình trước và sau điều trị với các biến phân phối chuẩn, với phân phối không chuẩn dùng phép kiểm Wilcoxon. Phép kiểm tương quan Spearman sử dụng khi biến kết cuộc không có phân phối chuẩn. Phép kiểm Pearson sử dụng khi biến kết cuộc có phân phối chuẩn. Kết quả phép kiểm khác biệt có ý nghĩa thống kê khi giá trị p nhỏ hơn 0,05.

3. KẾT QUẢ

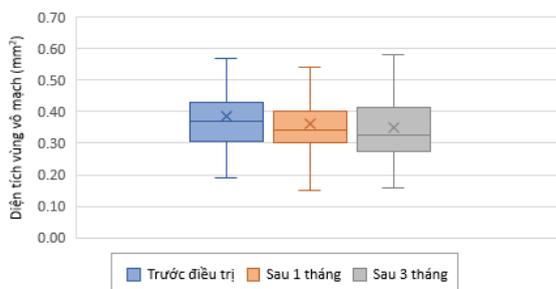
29 bệnh nhân với 44 mắt thỏa tiêu chuẩn chọn mẫu được đưa vào nghiên cứu. Tuổi trung bình là $53,90 \pm 8,58$, thấp nhất là 28 tuổi và cao nhất là 70 tuổi. Nữ chiếm 55,2% số bệnh nhân và không quá ưu thế. Số năm mắc đái tháo đường trung bình là $8,03 \pm 3,71$ thấp hơn đáng kể so với nghiên cứu của Sabaner [3], Huang [5] và Abdelhalim [2] cho thấy việc điều trị bệnh ĐTĐ cũng như BVMĐTĐ nhằm ngăn ngừa tiến triển đến giai đoạn tăng sinh ở nước ta chưa thực sự tốt như các nước khác. Kiểm soát đường huyết (HbA1c) trung bình là $7,93 \pm 0,82$, được xem là một yếu tố nguy cơ tiến triển đến BVMĐTĐ.

Thị lực logMAR trung bình (biểu đồ 1) trong nghiên cứu là $0,50 \pm 0,48$ (tương đương 3/10 ở hệ thập phân), có cải thiện dần trong quá trình theo dõi, sự cải thiện chỉ có ý nghĩa thống kê ở thời điểm sau 3 tháng, với giá trị trung bình là $0,42 \pm 0,34$ (tương đương 4/10 ở hệ thập phân) ($p = 0,004$). Có 38/44 mắt (86,37%) duy trì hoặc cải thiện thị lực so với trước điều trị, cho thấy hiệu quả của laser quang đông toàn bộ võng mạc trong điều trị và ngăn ngừa tiến triển của BVMĐTĐTS.



Biểu đồ 1. Biểu đồ hộp thể hiện thị lực logMAR có kính trước và sau điều trị PRP 1 tháng và 3 tháng

Về diện tích vùng vô mạch (biểu đồ 2), trước điều trị là $0,38 \pm 0,12$, sau điều trị 1 tháng và 3 tháng giảm dần kích thước, giá trị lần lượt là $0,36 \pm 0,12$ và $0,35 \pm 0,12$ ($p < 0,001$).



Biểu đồ 2. Biểu đồ hộp thể hiện diện tích vùng vô mạch trước và sau điều trị 1 tháng và 3 tháng

Về độ tròn vùng vô mạch trước điều trị là $0,61 \pm 0,07$, sau điều trị 1 tháng và 3 tháng tăng lên có ý nghĩa thống kê, với giá trị lần lượt là $0,62 \pm 0,07$ và $0,64 \pm 0,06$ ($p < 0,001$).

Về mật độ mạch máu toàn bộ ở lớp nông (Bảng 1), giá trị trung bình tăng dần trong thời gian theo dõi, tuy nhiên ở thời điểm sau 1 tháng không có sự khác biệt có ý nghĩa so với mức nền, ở thời điểm sau 3 tháng mật độ mạch máu tăng trung bình 1,87 % ($p < 0,05$). Tất cả phân vùng đều có sự cải thiện mật độ mạch máu ở thời điểm sau 3 tháng so với mức nền trước điều trị. Ở thời

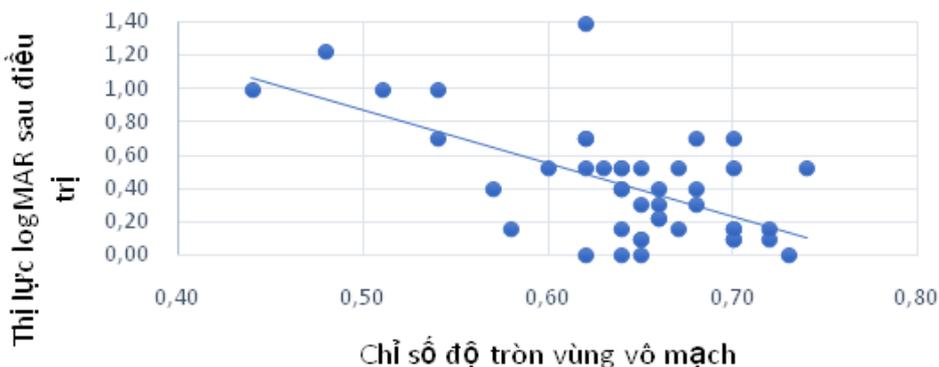
điểm 1 tháng chỉ quan sát được sự cải thiện mật độ mạch máu có ý nghĩa thống kê ở vùng cạnh hoàng điểm và quanh hoàng điểm ($p < 0,05$).

Về mật độ mạch máu toàn bộ ở lớp sâu (Bảng 1), giá trị trung bình tăng dần trong thời gian theo dõi, ở thời điểm sau 1 tháng không có sự khác biệt có ý nghĩa so với mức nền, sau 3 tháng mật độ mạch máu tăng trung bình 0,97% ($p < 0,05$). Sau 3 tháng chỉ có vùng trung tâm và vùng cạnh hoàng điểm có sự cải thiện tưới máu đáng kể ($p < 0,05$), vùng quanh hoàng điểm không tìm thấy sự khác biệt trong suốt nghiên cứu ($p > 0,05$).

Bảng 1. Mật độ mạch máu hoàng điểm lớp nông và lớp sâu trước và sau điều trị PRP

Lớp nông (SCP)			
Hoàng điểm	$11,34 \pm 5,34$	$11,72 \pm 5,23$	$13,06 \pm 5,06$
Cạnh hoàng điểm	$34,19 \pm 6,00$	$34,82 \pm 5,89$	$35,85 \pm 6,00$
Quanh hoàng điểm	$29,52 \pm 7,02$	$30,67 \pm 6,91$	$31,51 \pm 7,52$
Toàn bộ	$32,40 \pm 5,81$	$33,15 \pm 5,70$	$34,27 \pm 5,78$
Lớp sâu (DCP)			
Hoàng điểm	$14,89 \pm 9,04$	$15,25 \pm 8,99$	$16,25 \pm 8,91$
Cạnh hoàng điểm	$26,31 \pm 6,43$	$26,08 \pm 6,05$	$27,27 \pm 6,19$
Quanh hoàng điểm	$22,16 \pm 7,06$	$22,43 \pm 6,58$	$23,12 \pm 6,68$
Toàn bộ	$23,42 \pm 5,31$	$23,68 \pm 5,01$	$24,40 \pm 4,94$

Về tương quan giữa thị lực logMAR sau điều trị và các biến số trên OCTA, nghiên cứu tìm thấy tương quan nghịch giữa thị lực và độ tròn vùng vô mạch ($r = -0,476$) (biểu đồ 3), mật độ mạch máu lớp nông ($r = -0,374$) và mật độ mạch máu lớp sâu cạnh hoàng điểm ($r = -0,352$).



Biểu đồ 3. Tương quan giữa chỉ số độ tròn vùng vô mạch và thị lực logMAR sau điều trị

4. BÀN LUẬN

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy thị lực logMAR trung bình có cải thiện dần trong quá trình theo dõi, sự cải thiện chỉ có ý nghĩa thống kê ở thời điểm sau 3 tháng, với mức tương đương từ thị lực 3/10 trước điều trị lên thị lực 4/10 (hệ thập phân). Trong đó 38/44 mắt (86,37%) duy trì hoặc cải thiện thị lực so với trước điều trị. Kết quả này tương tự với tác giả Abdelhalim [2] kết quả thị lực cải thiện có ý nghĩa thống kê ở cả thời điểm 1 tháng và 6 tháng sau laser, với mức tương đương từ thị lực 1/10 lên thị lực 3/10 sau 6 tháng (hệ thập phân). Sabaner [3] và Faghihi [6] kết luận thị lực không khác biệt sau điều trị, cũng chứng minh hiệu quả của điều trị PRP trong ngăn ngừa mất thị lực nghiêm trọng.

Về diện tích vùng vô mạch sau điều trị, nghiên cứu này cho kết quả tương đồng với tác giả Sabaner [3] và Abdelhalim [2], cho thấy hiệu quả của PRP dẫn đến sự tái phân bố mạch máu và thu nhỏ diện tích vùng vô mạch có tương quan với sự đáp ứng điều trị.

Về độ tròn vùng vô mạch sau điều trị, chỉ số độ tròn là một chỉ báo giúp đánh giá độ nặng của bệnh và hiệu quả của điều trị. Kết quả của chúng tôi tương đồng với tác giả Faghihi [6] với chỉ số độ tròn cải thiện có ý nghĩa thống kê ở thời điểm sau 3 - 6 tháng, cho thấy hiệu quả của điều trị PRP trong việc tái phân bố mạch máu vùng hoàng điểm cũng như giúp tái tưới máu các mao mạch đã tắc nghẽn trước đó.

Về mật độ mạch máu hoàng điểm, nghiên cứu cho kết quả tương đồng với tác giả Abdelhalim [2] với sự tăng mật độ mạch máu hoàng điểm ở cả lớp nông và lớp sâu có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên tác giả quan sát sự tăng mật độ mạch máu ở tất cả các phân vùng của hoàng điểm, trong khi chúng tôi nhận thấy ở vùng quanh hoàng điểm lớp sâu không có sự thay đổi có ý nghĩa thống kê. Do đây là vùng nằm ở phía ngoài cùng của hoàng điểm, sự không thay đổi này có thể giải thích do phản ứng viêm có hồi phục hoặc tổn thương do nhiệt tạm thời xảy ra ở các vùng lân cận nơi được chiếu tia laser.

Về tương quan giữa đặc điểm vùng vô mạch và mật độ mạch máu trên OCTA, Trong nghiên cứu, diện tích vùng vô mạch có tương quan nghịch với mật độ mạch máu hoàng điểm ở lớp nông và không có tương quan với mật độ mạch

máu hoàng điểm ở lớp sâu, khi mật độ mạch máu hoàng điểm lớp nông tăng lên thì diện tích vùng vô mạch giảm đi. Nghiên cứu cũng tìm thấy mối tương quan thuận giữa chỉ số độ tròn vùng vô mạch với mật độ mạch máu hoàng điểm lớp nông, có nghĩa khi mật độ mạch máu hoàng điểm tăng lên thì vùng vô mạch cũng tròn đều hơn. Các tác giả Ciloglu [7] và Faghihi [6] cũng cho kết quả tương tự. Như vậy laser quang đông toàn bộ võng mạc trên BVMĐTĐTS giúp tái phân bố và tái tưới máu mao mạch hoàng điểm, dẫn đến sự cải thiện mật độ mạch máu, thu nhỏ vùng vô mạch và hình dạng vùng vô mạch tròn đều hơn.

Về tương quan giữa thị lực và các biến số trên OCTA, mật độ mạch máu toàn bộ hoàng điểm lớp nông, mật độ mạch máu cạnh hoàng điểm lớp sâu và chỉ số độ tròn vùng vô mạch có tương quan với thị lực sau điều trị, trong đó chỉ số độ tròn vùng vô mạch có độ mạnh tương quan lớn nhất. Một số nghiên cứu trước đây cũng cho kết luận tương tự. Tác giả Samara [7] thực hiện nghiên cứu trên nhóm BVMĐTĐ kết luận thị lực logMAR có mối tương quan nghịch với mật độ mạch máu hoàng điểm và tương quan thuận với diện tích vùng vô mạch. Tác giả Abdelshafy [8] nghiên cứu trên nhóm BVMĐTĐ có so sánh với nhóm chứng đã nhận xét mật độ mạch máu toàn bộ ở lớp nông và mật độ mạch máu cạnh hoàng điểm lớp sâu có tương quan với thị lực và có giá trị tiên lượng thị lực ở BVMĐTĐ. Endo [9] tìm thấy tương quan giữa chỉ số độ tròn vùng vô mạch với thị lực trong đó ở những bệnh nhân thị lực thấp thì chỉ số độ tròn cũng thấp, chứng tỏ vùng vô mạch có sự biến dạng.

Như vậy cơ chế tác động của laser quang đông toàn bộ võng mạc trong việc ngăn ngừa giảm thị lực nghiêm trọng ở BVMĐTĐTS ngoài việc giúp thoái lui tân mạch còn có thể giúp cải thiện tưới máu của hoàng điểm, biểu hiện qua các biến số trên OCTA. Các biến số này có thể giúp giải thích và dự đoán kết quả điều trị laser quang đông toàn bộ võng mạc. Do kỹ thuật và độ chính xác của OCTA chưa thực sự hoàn thiện và đáng tin cậy nhất là ở mắt có thị lực kém như trong bệnh đái tháo đường giai đoạn tăng sinh trong nghiên cứu. Hướng thực hiện tiếp theo của nghiên cứu có thể sử dụng

chụp mạch huỳnh quang kèm theo với OCTA để tăng tính thuyết phục cho hiệu quả của PRP trên bệnh nhân đái tháo đường.

5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu chúng tôi tìm thấy sự cải thiện tưới máu hoàng điểm sau điều trị laser quang đông võng mạc trên bệnh nhân võng mạc đái tháo đường tăng sinh. OCTA có thể sử dụng như một công cụ theo dõi hiệu quả điều trị mang tính khách quan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mirshahi A, Ghassemi F, Fadakar K, Mirshahi R, Bazvand F, Riazi-Esfahani H. Effects of panretinal photocoagulation on retinal vasculature and foveal avascular zone in diabetic retinopathy using optical coherence tomography angiography: A pilot study. *J Curr Ophthalmol*. Sep 2019;31(3):287-291. doi:10.1016/j.joco.2019.06.001
2. Abdelhalim AS, Abdelkader M, Mahmoud MSE, Mohamed Mohamed AA. Macular vessel density before and after panretinal photocoagulation in patients with proliferative diabetic retinopathy. *Int J Retina Vitreous*. Mar 14 2022;8(1):21. doi:10.1186/s40942-022-00369-1
3. Sabaner MC, Dogan M, Akdogan M, Şimşek M. Panretinal laser photocoagulation decreases large foveal avascular zone area in non-proliferative diabetic retinopathy: A prospective OCTA study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. Jun 2021;34:102298. doi:10.1016/j.pdpdt.2021.102298
4. Rabiolo A, Gelormini F, Sacconi R, et al. Comparison of methods to quantify macular and peripapillary vessel density in optical coherence tomography angiography. *PLoS One*. 2018;13(10):e0205773. doi:10.1371/journal.pone.0205773
5. Huang T, Li X, Xie J, et al. Long-Term Retinal Neurovascular and Choroidal Changes After Panretinal Photocoagulation in Diabetic Retinopathy. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:752538. doi:10.3389/fmed.2021.752538
6. Faghihi H, Riazi-Esfahani H, Khodabande A, et al. Effect of panretinal photocoagulation on macular vasculature using optical coherence tomography angiography. *Eur J Ophthalmol*. Jul 2021;31(4):1877-1884. doi:10.1177/1120672120952642
7. Ciloglu E, Unal F, Sukgen EA, Koçluk Y. Evaluation of Foveal Avascular Zone and Capillary Plexuses in Diabetic Patients by Optical Coherence Tomography Angiography. *Korean J Ophthalmol*. Aug 2019;33(4):359-365. doi:10.3341/kjo.2018.0025
8. Samara WA, Shahlaee A, Adam MK, et al. Quantification of Diabetic Macular Ischemia Using Optical Coherence Tomography Angiography and Its Relationship with Visual Acuity. *Ophthalmology*. Feb 2017; 124(2):235-244. doi:10.1016/j.ophtha. 2016. 10.008
9. Abdelshafy M, Abdelshafy A. Correlations Between Optical Coherence Tomography Angiography Parameters and the Visual Acuity in Patients with Diabetic Retinopathy. *Clin Ophthalmol*. 2020;14:1107-1115. doi: 10.2147/opth.S248881
10. Endo H, Kase S, Tanaka H, et al. Factors based on optical coherence tomography correlated with vision impairment in diabetic patients. *Sci Rep*. Feb 4 2021;11(1):3004. doi:10.1038/s41598-021-82334-w