

## Оцінка стану мікроциркуляторного русла сітківки від фовеа до периферії за допомогою оптичної когерентної томографії - ангиографії

Н. С. Луценко<sup>1</sup>, д-р мед. наук, професор; Т. С. Кирилова<sup>1</sup>, асистент; О. А. Рудичева<sup>1</sup>, канд. мед. наук; О. А. Ісакова<sup>1</sup>, канд. мед. наук; Т. В. Неділька<sup>2</sup>, лікар

<sup>1</sup> Державний заклад  
«Запорізька медична академія  
післядипломної освіти МОЗ  
України»;  
Запоріжжя (Україна)

<sup>2</sup> Комунальне некомерційне  
підприємство «Запорізька  
обласна клінічна лікарня»  
Запорізької обласної ради;  
Запоріжжя (Україна)

E-mail: tetianakrylova@gmail.com

### Ключові слова:

оптична когерентна томографія  
ангіографія, щільність судин сітківки,  
поверхнєве сплетіння, глибоке капілярне  
сплетіння, периферія

**Вступ.** Ураження при багатьох захворюваннях сітківки периферичного мікроциркуляторного русла робить доцільним вивчення його стану у нормі, зокрема за допомогою оптичної когерентної томографії ангиографії (ОКТ-А). **Мета дослідження** – підвищення ефективності діагностики змін мікроциркуляторного русла сітківки шляхом оцінки його стану у нормі від області фовеа до периферії за допомогою ОКТ-А.

**Матеріал та методи.** У дослідженні взяли участь 14 здорових осіб, у яких виконувалось ОКТ-А дослідження з реєстрацією трьох послідовних сканів розміром 3 x 3 мм зі зміщенням від центру фовеа до периферії у трьох напрямках: верхньому, нижньому та скроневому.

**Результати.** Розраховано щільність судин поверхневого та глибокого сплетіння для відстані 1-9 мм від центру фовеа. Визначено, що щільність поверхневого сплетіння зменшувалась на 38-46% – від 2 до 9 мм від центру фовеа, тоді як щільність глибокого лише на 18-25% – від 3 до 8 мм від фовеа. Отримані дані щодо статистично значимого завищення показників щільності поверхневого сплетіння у верхньому та нижньому напрямках у зонах з наявністю судинних аркад, відсутність яких у скроневому напрямку робить більш доцільним використання ОКТ-А для обстеження саме цієї області.

**Висновок.** ОКТ-А є ефективним методом якісної та кількісної оцінки стану мікроциркуляторного русла сітківки від фовеа до дальньої периферії.

**Актуальність.** Оптична когерентна томографія-ангіографія (ОКТ-А) стрімко увійшла у рутину офтальмологічних досліджень при різних патологіях сітківки, що характеризуються змінами її мікроциркуляторного русла. Зважаючи на її явні переваги, такі як неінвазивність, можливість частого повторювання та особливо трьохвимірність, ОКТ-А на сьогодні є невід'ємним методом візуалізації судин сітківки [1]. Хоча ОКТ-А і не дозволяє оцінити проникність судинної стінки, на відміну від інших методів мультимодальної візуалізації судин, в яких використовуються барвники, цей метод надає більш точну оцінку локалізації та площі зон неперфузії чи неоваскуляризації через відсутність просочування барвника [2, 3, 4]. Нещодавні дослідження, присвячені порівнянню ОКТ-А з флюоресцентною ангиографією продемонстрували не гірші, а деколи навіть кращі результати оцінки патологічних змін при судинних захворюваннях сітківки [5, 6]. Найголовнішою та найвагомішою з усіх цінностей ОКТ-А дослідження є можливість розрізнити детальну складну пошарову організацію мікроциркуляторного русла сітківки, що раніше була встановлена результатами численних гістологічних досліджень [7, 8, 9].

Сучасні можливості ОКТ-А-приладів до забезпечення високої роздільної здатності зображення та

ефективної детекції і видалення артефактів, безперервний розвиток технології дозволили значно розширити зони сканування сітківки та зробили можливою оцінку стану мікроциркуляторного русла поза макулярною зоною, що робить ОКТ-А дослідження одним з провідних методів діагностики при судинних захворюваннях сітківки, таких як діабетична ретинопатія чи оклюзія вен сітківки [6, 10, 11]. На сьогодні деякі прилади володіють функцією широкоформатного ОКТ-А сканування зоною до 12 x 12 мм. Але дослідження показали, що роздільна здатність таких сканів та якість сегментації недостатні для достовірної оцінки стану сплетіння сітківки [12, 13]. В таких умовах надзвичайно важливою є розробка оптимальної методики ОКТ-А сканування периферичних відділів сітківки та оцінка стану мікроциркуляторного русла у цих зонах в нормі.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності діагностики змін мікроциркуляторного русла сітківки шляхом оцінки його стану у нормі від області фовеа до периферії за допомогою оптичної когерентної томографії-ангіографії.

## Матеріал та методи

У дослідженні взяли участь 14 здорових осіб (9 жіночої, 5 чоловічої статі), у яких було обстежено 28 очей. Середній вік обстежених ( $M \pm SD$ ) становив  $41,8 \pm 12,1$  (діапазон 25 – 61). Критеріями включення у дослідження були вік від 20 до 80 років, а також відсутність на даний момент і раніше будь-яких офтальмологічних захворювань, окрім аномалій рефракції у діапазоні від  $-3,0D$  до  $+2,0D$ , що піддаються повній корекції, відсутність супутніх загальних захворювань, що можуть впливати на стан мікроциркуляторного русла сітківки (гіпертонічна хвороба, цукровий діабет і т. і.). Критеріями виключення були наявність низької якості зображення ОКТ-А (оцінка якості скану (SQ) нижче 7 балів) через непрозорість середовищ або мимовільні рухи очей. Індекс якості скану автоматично розраховується програмним забезпеченням у діапазоні 1-10 балів та враховує силу сигналу, різкість зображення та наявність артефактів руху. Всі дослідження проведено з дотриманням умов Гельсінкської конвенції. Так само отримано позитивне рішення локального етичного комітету. Усі учасники дослідження добровільно підписали інформовану згоду.

ОКТ-А зображення мікроциркуляторного русла сітківки були отримані за допомогою системи AngioVue OCT-A (RTVue XR OCT Avanti, Optovue, Inc., Fremont, CA), що використовує алгоритм ангиографії з розділенням спектра і декореляції амплітуди (split-spectrum amplitude decorrelation angiography - SSADA). Дослідження проводилось в умовах штучного затемнення кімнати без використання засобів для мідріазу зіниці.

Реєстрація ОКТ-А зображення проводилась з використанням режиму сканування Angio Retina  $3 \times 3$  мм з метою підвищення роздільної здатності отриманого зображення та зменшення можливості наявності артефактів руху та сегментації. Кожне сканування також підлягало автоматичній обробці програмою корекції руху DualTrac, що поєднує стеження за рухом очей під час сканування та запатентовані алгоритми після обробки отриманих сканів, та перевірки на правильність автоматичної сегментації шарів сітківки шляхом прокрутки курсора по всім В-сканам сканованої ділянки. У разі наявності помилок сегментації виконувалась їх мануальна корекція.

Кожний ОКТ-А скан виконувався зі зміщенням від центру фовеа до периферії у трьох напрямках: верхньому, нижньому та скроневому. Носовий напрямок сканування було виключено з обстеження через локалізацію у цьому секторі диску зорового нерва. Для кожного обстежуваного виконувалось 9 сканів. Кількість сканів у кожному напрямку було обрано, виходячи з даних анатомічних визначень зон сітківки від фовеа до периферії по Поляку [14], де визначено, що радіус фовеоли складає 175 мкм, фовеа до 200 мкм, парафовеа до 1250 мкм від центру, перифовеа до 2750 мкм, ближня периферія до 4250 мкм, середня периферія до 7250 мкм, та поза цим радіусом визначається дальня периферія. Таким

чином було вирішено охопити зону до 9 мм від центру з метою включення у дослідження усіх анатомічних зон сітківки. Відбувалась реєстрація трьох послідовних сканів обсягом  $3 \times 3$  мм шляхом мануального зміщення зони сканування у трьох необхідних напрямках, де орієнтиром для зміщення були межі попередньо проведеного сканування, прив'язані до зображення очного дна у режимі реального часу. Зважаючи на анатомічну конкаву форму профілю очного дна та на обмеження поля сканування приладу до 12 мм у діаметрі для реєстрації периферичних відділів, використовувалось штучне зміщення точки фіксації, що дозволяло провести вирівнювання нахилу периферичних ділянок сітківки по відношенню до сканера та захопити область до 12 мм від центру фовеа. Для цього досліджуваному пропонували дивитись замість фіксаційної мішені на крайню точку червоного поля сканування приладу у відповідному напрямку. Зони сітківки поза 9 мм від центру фовеа не були включені у дослідження через неможливість визначення чіткої точки фіксації для достатнього вирівнювання профілю сітківки, що призводило до значного зниження якості зображення та появи артефактів руху. Для кожної окремої ділянки сканування по мірі віддалення від області фовеа виконувалась корекція фокусної відстані, осьової довжини та поляризації.

Кількісний аналіз виконувався за допомогою протоколу AngioAnalytics. За даними ОКТ-А проводилась оцінка щільності судин окремо поверхневого та глибокого сплетіння сітківки за допомогою автоматичної опції «Density» з використанням рапорту параметрів цілого зображення, де площа сканованої ділянки  $3 \times 3$  мм автоматично розподілена на 9 квадрантів вимірювання, кожен з яких складає зону  $1 \times 1$  мм. Для обчислення враховувались дані трьох центральних квадрантів кожного ОКТ-А скана у напрямку від фовеа до периферії (горизонтальні квадранти для сканів, виконаних у скроневому напрямку, та вертикальні для сканів, виконаних у верхньому та нижньому напрямку від центру фовеа). На рис. 1 та рис. 2 (див. 2 стор. обкладинки) наведено приклад монтажу ОКТ-А зображення та кількісного аналізу щільності судин поверхневого та глибокого сплетіння для темпорального напрямку від центру фовеа.

Для статистичного аналізу результатів використовувався пакет програм Statistica 10.0 («Statsoft», США). Дані описової статистики представлено у вигляді середньої арифметичної і стандартного відхилення ( $M \pm SD$ ), статистична значимість оцінювалась за допомогою t-тесту (статистично значущими вважались відмінності при  $p < 0,05$ ).

## Результати

Результати дослідження щільності окремо поверхневого та глибокого сплетіння сітківки від центру фовеа до периферії у трьох напрямках (верхньому, нижньому та скроневому) наведені у таблиці 1 та графічно зображені на рис. 3 та рис. 4 для покращення сприйняття даних.

**Таблиця 1.** Показники щільності судин поверхневого та глибокого сплетіння від області фовеа до периферії у здорових осіб

Відстань від центру фовеа	Щільність судин у трьох напрямках від центру фовеа (M±SD), (%)			p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>
	верхній	нижній	скроневий			
Поверхнєве сплетіння						
1 мм	41,17±4,05	40,15±3,99	37,86±4,43	0,348	0,006	<b>0,049</b>
2 мм	52,99±2,03	52,66±2,07	45,46±3,39	0,55	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
3 мм	51,43±2,54	51,14±2,21	41,2±3,22	0,643	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
4 мм	51,18±4,03	50,38±3,11	32,36±4,89	0,411	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
5 мм	50,13±4,19	49,94±5,7	29,1±4,18	0,887	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
6 мм	42,86±6,62	38,6±5,99	29,47±5,35	<b>0,015</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
7 мм	32,73±5,28	32,66±7,44	28,51±4,58	0,969	<b>0,004</b>	<b>0,025</b>
8 мм	29,88±4,53	28,83±6,69	27,34±5,13	0,517	0,07	0,392
9 мм	29,48±3,72	28,52±5,1	27,81±5,37	0,448	0,202	0,643
Глибоке сплетіння						
1 мм	50,93±3,35	49,72±4,87	50,56±4,81	0,286	0,742	0,526
2 мм	58,29±2,36	58,06±3,26	57,56±2,44	0,765	0,26	0,517
3 мм	59,05±4,54	60,04±3,18	58,95±3,05	0,348	0,923	0,198
4 мм	56,45±6,13	53,8±5,37	55,41±3,58	0,093	0,445	0,190
5 мм	53,05±7,58	52,84±4,83	54,76±3,64	0,9	0,289	0,098
6 мм	50,44±6,05	48,79±6,14	50,75±7,25	0,32	0,864	0,28
7 мм	51,08±4,64	48,16±6,19	48,37±4,31	0,064	<b>0,038</b>	0,893
8 мм	49,4±4,8	46,08±6,44	47,35±4,11	<b>0,043</b>	0,112	0,423
9 мм	47,4±5,33	43,66±4,07	44,9±4,22	<b>0,008</b>	0,073	0,308

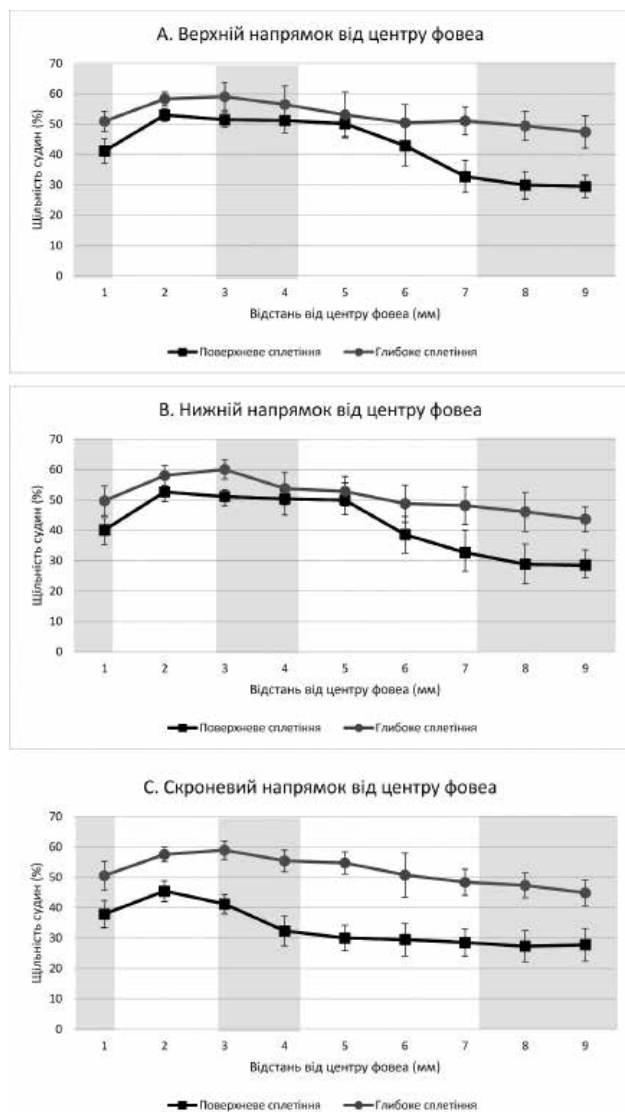
Примітки: p<sub>1</sub> – достовірність відмінностей між верхнім та нижнім напрямком; p<sub>2</sub> – достовірність відмінностей між верхнім та скронеvim напрямком; p<sub>3</sub> – достовірність відмінностей між нижнім та скронеvim напрямком.

Криві динаміки показників щільності сплетіння сітківки демонструють характерні регіональні коливання. В цілому для сплетіння сітківки в усіх трьох напрямках від центру фовеа визначалась тенденція до зросту щільності судин до зони перифовеа з подальшим поступовим зниженням показників у напрямку периферії сітківки. При оцінці показників щільності поверхневого сплетіння було визначено, що значення в усіх трьох напрямках були найвищими у зоні 2 мм від центру фовеа, яка анатомічно належить до зони перифовеа (щільність складала 52,99±2,03, 52,66±2,07 та 45,46±3,39% відповідно у верхньому, нижньому та скронеvому напрямках). Відмічено, що щільність судин у верхньому та нижньому напрямках повільно знижувалась від перифовеа до середньої периферії (у проміжку між 2 та 5 мм), після чого стрімко знижувалась до відстані 8 мм від центру фовеа, що відповідає вже зоні дальньої периферії. Навпроти, у скронеvому напрямку відмічалось стрімке зниження щільності поверхневого сплетіння до границі між ближньою та середньою периферією (зона 4 мм), а подалі крива його динаміки мала пологий характер до зони 9 мм.

Відмінності показників щільності поверхневого сплетіння виявились статистично значимими в проміжку 1–7 мм для скронеvого напрямку у порівнянні з верхнім та нижнім (p<0,05).

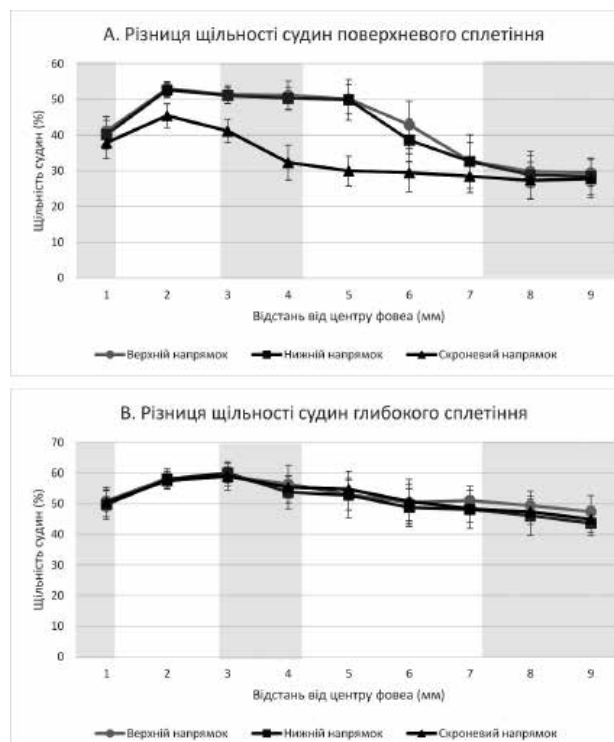
Аналіз щільності глибокого сплетіння виявив найвищі показники у зоні 3 мм на границі перифовеа та ближньої периферії, де показники склали 59,05±4,54, 60,04±3,18 та 58,95±3,05 відповідно у верхньому, нижньому та скронеvому напрямках. Крива динаміки змін щільності в усіх трьох напрямках мала пологий характер з тенденцією до зниження аж до зони дальньої периферії. Статистично значимі відмінності між даними були визначені лише для верхнього та нижнього напрямків у зоні 8–9 мм (p<0,05), де показники виявились вищими для верхнього напрямку.

Показники щільності поверхневого сплетіння виявились достовірно нижчими за показники глибокого сплетіння в усіх напрямках (p=0,02 для 5 мм зони у верхньому напрямку, p=0,03 для 5 мм зони у нижньому напрямку та p<0,001 для всіх інших зон у трьох напрямках).



**Рис. 3.** Графічне зображення змін щільності сплетінь сітківки у верхньому (А), нижньому (В) та скроневому (С) напрямках від фовеа до периферії. Сірим та білими полями по черзі розмежовані анатомічні зони сітківки: парафовеа, перифовеа, ближня, середня та дальня периферія.

Для кращого розуміння тенденції динамічних змін було розраховано відсотковий приріст у зонах, що відповідають парафовеа (1 мм від центру фовеа), перифовеа (2 мм від центру), ближній периферії (4 мм від центру), середній периферії (6 мм від центру) та дальній периферії (9 мм від центру) окремо для поверхневого та глибокого сплетіння. Так, у поверхневому сплетінні визначався приріст показника щільності на 28,7%, 31,2% та 20,1% ( $p < 0,001$ ) відповідно у верхньому, нижньому та скроневому напрямках у зоні 2 мм у порівнянні з зоною 1 мм. Подалі у верхньому секторі відмічалась тенденція до зниження показника щільності на 3,4% на ближній периферії ( $p = 0,039$ ), 19,1% на середній ( $p < 0,001$ ) та на 44,4% на дальній периферії ( $p < 0,001$ ) у порівнянні з показником у перифовеа. У нижньому секторі визначалась подібна динаміка – по-



**Рис. 4.** Графічне зображення різниці щільності судин поверхневого (А) та глибокого (В) сплетінь сітківки у напрямку від фовеа до периферії. Сірим та білими полями по черзі розмежовані анатомічні зони сітківки: парафовеа, перифовеа, ближня, середня та дальня периферія.

казник знижувався на 4,3% ( $p = 0,002$ ), 26,7% ( $p < 0,001$ ) та 45,8% ( $p < 0,001$ ) відповідно у зоні ближньої, середньої та дальньої периферії. На 9,4%, 35,2% та 38,82% ( $p < 0,001$ ) знижувався показник щільності поверхневого сплетіння у скроневому напрямку відповідно у зонах ближньої, середньої та дальньої периферії у порівнянні з показником у перифовеа. У глибокому сплетінні визначалась менша амплітуда динаміки. Так, у зоні 2 мм у порівнянні з зоною парафовеа визначався приріст на 14,5%, 16,7% та 13,8% ( $p < 0,001$ ) відповідно у верхньому, нижньому та скроневому напрямках. У зоні ближньої периферії відмічалось зниження на 3,2% ( $p = 0,145$ ), 7,3% ( $p < 0,001$ ) та 3,7% ( $p = 0,013$ ) у верхньому, нижньому та скроневому напрямках у порівнянні з перифовеа. У зоні середньої периферії негативна динаміка складала 13,5%, 16% та 11,8% ( $p < 0,001$ ) у верхньому, нижньому та скроневому напрямках, а у зоні дальньої – відповідно 18,6%, 24,8%, 22% ( $p < 0,001$ ) у порівнянні з показником у перифовеа.

#### Обговорення

У цьому дослідженні ми визначили щільність судинних сплетінь сітківки від центру фовеа до дальньої периферії шляхом ОКТ-А сканування у трьох можливих напрямках. Використання наведеної у розділі «Матеріал та методи» методики сканування дозволило найбільш точно реєструвати дані та отримувати скани

високої якості, на відміну від інших можливих методів реєстрації ОКТ-А зображення периферичних ділянок сітківки [6, 13, 15].

Було визначено, що щільність поверхневого сплетіння прогресивно зменшувалася (на 38-46% від 2 до 9 мм від центру фовеа), тоді як щільність глибокого була стабільнішою та зменшувалась помірно (на 18-25% від 3 до 8 мм від фовеа). Такі зміни, на нашу думку, пов'язані з анатомічними особливостями будови сітківки на периферії. Згідно літературних даних, найбільшу різницю у структурі центральної та периферичної сітківки можна помітити у відносній товщині внутрішнього плексиформного шару, шару гангліозних клітин та шару нервових волокон. Як відомо, саме у цих шарах сітківки залягає поверхнєве сплетіння. Шари сітківки, що відповідають локалізації глибокого сплетіння, тобто внутрішній ядерний та зовнішній плексиформний шари, на відміну від вище зазначених, не зазнають значної зміни у товщині [14, 16, 17]. У літературі також зустрічаються дані щодо часткової участі глибокого судинного сплетіння у оксигенації шарів фоторецепторів [18, 19]. З огляду на відносне збереження товщини зон фоторецепторів та зовнішнього ядерного шару на периферії у порівнянні з центральною сітківкою [14, 16, 17] можна припустити, що збереження щільності глибокого сплетіння може бути обумовлено необхідністю забезпечення кровопостачання в тому числі і цих шарів сітківки.

Отримані дані щодо статистичної значимості відмінностей показників щільності поверхневого сплетіння у проміжку 4-7 мм від центру фовеа у верхньому та нижньому напрямках у порівнянні зі скронеvim, на наш погляд, обумовлено тим, що в зони сканування у верхньому та нижньому напрямках потрапляють великі судини верхньої та нижньої судинних аркад сітківки та ділянки їх розгалуження, тим самим значно підвищуючи показники щільності судин. У деяких дослідженнях, де виконувалось ОКТ-А сканування ділянок з наявністю судинних аркад та диску зорового нерва, використовувались алгоритми обробки графічного зображення, що дозволяли виключити небажані судини шляхом маскування, тобто інверсії світлих пікселів у чорний колір [9, 20]. На нашу думку, такі методики не є доцільними, так як їх використання не вирішує проблеми похибки у розрахунках щільності поверхневого сплетіння і, навпроти, призводить до заниження показників. До того ж, такий метод значно ускладнює процес розрахунку щільності сплетіння у рутинній практиці лікаря. Відсутність крупних судинних стовбурів у скронеvому напрямку робить дослідження у цьому секторі найбільш достовірними та перспективними для кількісної оцінки стану мікроциркуляторного русла сітківки у нормі та патології.

Це дослідження має деякі обмеження. Розмір вибірки досліджуваних є невеликим, тому необхідні більш ретельні дослідження у більших когортах, включно і у хворих суб'єктів. Мала кількість обстежених осіб не

дозволяє дослідити залежність отриманих даних про стан мікроциркуляторного русла від віку, статі та рефракції. За даними окремих досліджень, проведених у більших когортах, де вивчалась центральна зона сітківки розміром 3 x 3 мм, залежність щільності судинних сплетіння від віку, статі, рефракції та аксіального розміру ока була відсутня [21]. Цей аспект потребує подальшого вивчення у більших вибірках. Також ми не виключаємо можливість незначної похибки у результатах щільності сплетіння для різних відстаней від центру фовеа, так як зміщення зони сканування 3 x 3 мм у всіх трьох напрямках виконувалось вручну, що могло стати джерелом помилок у точному розташуванні скану. Проте ми найбільш точно намагались зівставити зони сканування, орієнтуючись на границі попереднього сканування, прив'язані до зображення очного дна.

Таким чином, ОКТ-А є ефективним методом оцінки стану мікроциркуляторного русла сітківки не лише у макулярній області, а також і на периферії, та дозволяє забезпечити кількісну оцінку окремо для поверхневого та глибокого сплетіння, на відміну від інших існуючих методів візуалізації. У дослідженні розраховано показники щільності судинних сплетіння сітківки в нормі для відстані 1-9 мм від центру фовеа, що відповідають анатомічним зонам фовеа – дальня периферія у трьох можливих напрямках. Встановлено, що щільність судинних сплетіння прогресивно знижувалась відносно змін анатомічної структури сітківки, а саме щільність поверхневого сплетіння знижувалась на 38-46% у напрямку від фовеа до дальньої периферії ( $p < 0,001$ ), у той час як глибокого – лише на 18-25% ( $p < 0,001$ ). Наявність крупних судинних стовбурів на середній периферії у верхньому та нижньому напрямках від фовеа та неможливість корекції розрахунків щільності судин у цих зонах роблять скронеvий напрямок найбільш доцільним для обстеження стану мікроциркуляторного русла периферичних відділів ока.

## Література

1. Interpretation of OCT and OCTA images from a histological approach: Clinical and experimental implications / N. Cuenca, I. Ortuño-Lizarán, X. Sánchez-Sáez [et al.] // *Progress in Retinal and Eye Research*. – 2020. – P. 100828.
2. *Clinical OCT Angiography Atlas* / B. Lumbroso, D. Huang, C. J. Chen [et al.] – 1st ed. – New Delhi : Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd, 2015. – 185 p.
3. Distribution of Diabetic Neovascularization on Ultra-Wide-field Fluorescein Angiography and on Simulated Widefield OCT Angiography / J. F. Russell, H. W. Flynn, J. Sridhar [et al.] // *American Journal of Ophthalmology*. – 2019. – Vol. 207. – P. 110–120.
4. Quantification of retinal capillary nonperfusion in diabetics using wide-field optical coherence tomography angiography / A. Y. Alibhai, L. R. De Pretto, E. M. Moulton [et al.] // *Retina*. – 2020. – Vol. 40(3). – P. 412–420.
5. Comparison of wide field optical coherence tomography angiography with extended field imaging and fluorescein angiography in retinal vascular disorders / M. Pellegrini, M.

- Cozzi, G. Staurengi, F. Corvi // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14(4). – P. e0214892.
6. Widefield OCT-Angiography and Fluorescein Angiography Assessments of Nonperfusion in Diabetic Retinopathy and Edema Treated with Anti-Vascular Endothelial Growth Factor / A. Couturier, P. A. Rey, A. Erginay [et al.] // Ophthalmology. – 2019. – Vol. 126(12). – P. 1685–1694.
  7. Optical coherence tomography angiography / R. F. Spaide, J. G. Fujimoto, N. K. Waheed [et al.] // Progress in Retinal and Eye Research. – 2018. – Vol. 64. – P. 1–55.
  8. Quantitative confocal imaging of the retinal microvasculature in the human retina / P. E. Z. Tan, P. K. Yu, C. Balaratnasingam [et al.] // Investigative Ophthalmology and Visual Science. – 2012. – Vol. 53(9). – P. 5728–5736.
  9. Detailed Vascular Anatomy of the Human Retina by Projection-Resolved Optical Coherence Tomography Angiography / J. P. Campbell, M. Zhang, T. S. Hwang [et al.] // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – P. 42201.
  10. Area of peripheral retinal nonperfusion and treatment response in branch and central retinal vein occlusion / M. Singer, C. Tan, [et al.] // Retina. – 2014. – Vol. 34(9). – P. 1736–42.
  11. Ferris F. L. The importance of peripheral diabetic retinopathy / F. L. Ferris // Ophthalmology. – 2015. – Vol. 122(5). – P. 869–870.
  12. Controlling for Artifacts in Widefield Optical Coherence Tomography Angiography Measurements of Non-Perfusion Area / L. R. De Pretto, E. M. Moul, A. Y. Alibhai [et al.] // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9(1). – P. 9096.
  13. Ultra-wide optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy / Q. Zhang, K. A. Rezaei, S. S. Saraf [et al.] // Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. – 2018. – Vol. 8(8). – P. 743–753.
  14. The clinical relevance of visualising the peripheral retina / N. Quinn, L. Csincsik, E. Flynn [et al.] // Progress in Retinal and Eye Research. – 2019. – Vol. 68. – P. 83–109.
  15. Widefield optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy / R. Mastropasqua, R. D'Aloisio, L. Di Antonio [et al.] // Acta Diabetologica. – 2019. – Vol. 56(12). – P. 1293–1303.
  16. Kolb H. Simple Anatomy of the Retina / H. Kolb. – Salt Lake City (UT) : University of Utah Health Sciences Center, 1995.
  17. Variability in Human Cone Topography Assessed by Adaptive Optics Scanning Laser Ophthalmoscopy / T. Zhang, P. Godara, E. R. Blanco [et al.] // American Journal of Ophthalmology. – 2015. – Vol. 160(2). – P. 290–300.e1.
  18. Linsenmeier R. A. Retinal oxygen: from animals to humans / R. A. Linsenmeier, H. F. Zhang // Progress in Retinal and Eye Research. – 2017. – Vol. 58. – P. 115–151.
  19. Nesper P. L. Adaptive optics reveals photoreceptor abnormalities in diabetic macular ischemia / P. L. Nesper, F. Scarinci, A. A. Fawzi // PLoS ONE. – 2017. – Vol. 12(1). – e0169926.
  20. Distinct retinal capillary plexuses in normal eyes as observed in optical coherence tomography angiography axial profile analysis / T. Hirano, K. Chanwimol, J. Weichsel [et al.] // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8(1). – P. 1–7.
  21. Factors affecting foveal avascular zone in healthy eyes: An examination using swept-source optical coherence tomography angiography / A. Fujiwara, Y. Morizane, M. Hosokawa [et al.] // PLoS One. – 2017. – Vol. 12(11). – P. e0188572.

*Автори засвідчують про відсутність конфлікту інтересів, які б могли вплинути на їх думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукопису.*

*Поступила 10.07.2020*

## Оценка состояния микроциркуляторного русла сетчатки от фовеа к периферии с помощью оптической когерентной томографии-ангиографии

Луценко Н. С., Кириллова Т. С., Рудычева О. А., Исакова О. А., Неделька Т. В.

ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины»; Запорожье (Украина)  
КНП «Запорожская областная клиническая больница» Запорожского областного совета; Запорожье (Украина)

**Актуальность.** Поражение при многих заболеваниях сетчатки периферического микроциркуляторного русла делает целесообразным изучение его состояния в норме, в частности с помощью оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТ-А).

**Цель** – повышение эффективности диагностики изменений микроциркуляторного русла сетчатки путем оценки его состояния в норме от области фовеа к периферии с помощью ОКТ-А.

**Материал и методы.** Обследованы 14 здоровых лиц, у которых выполнялось ОКТ-А исследование с регистрацией трех последовательных сканов размером 3 x 3 мм со смещением от центра фовеа к периферии в трех направлениях: верхнем, нижнем и височном.

**Результаты.** Рассчитана плотность сосудов поверх-

ностного и глубокого сплетений на расстоянии 1-9 мм от центра фовеа. Плотность поверхностного сплетения уменьшалась на 38-46% от 2 до 9 мм от центра фовеа, тогда как плотность глубокого лишь на 18-25% от 3 до 8 мм от фовеа. Получены данные о статистически значимом завышении показателей плотности поверхностного сплетения в верхнем и нижнем направлениях в зонах с наличием сосудистых аркад, отсутствие которых в височном направлении делает более целесообразным использование для обследования именно этой области.

**Вывод.** ОКТ-А является эффективным методом качественной и количественной оценки состояния микроциркуляторного русла сетчатки от фовеа к дальней периферии.

**Ключевые слова:** оптическая когерентная томография-ангиография, плотность сосудов сетчатки, поверхностное сплетение, глубокое капиллярное сплетение, периферия