

УДК 617-7

DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-4-714-719

КАПИЛЛЯРОСКОПИЯ НОГТЕВОГО ЛОЖА ПРИ МИКРОСОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЯХ САХАРНОГО ДИАБЕТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© М.М. Проничкина

Тамбовский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, Рассказовское шоссе, 1
E-mail: naukatmb@mail.ru

Диабетическая ретинопатия, одно из наиболее частых микрососудистых осложнений диабета, является основной причиной предотвратимой слепоты. Непролиферативная диабетическая ретинопатия зачастую диагностируется с задержкой, поскольку на ранних стадиях она протекает бессимптомно, а затем быстро происходит ухудшение. В результате диабетическая ретинопатия незаметно прогрессирует в течение многих лет. Поэтому ключевая задача офтальмолога состоит в том, чтобы диагностировать клинически значимую ретинопатию до того, как произойдет ухудшение зрения. Однако с помощью традиционных методов выявить сосудистые изменения на ранней стадии невозможно. Для их анализа предложена капилляроскопия ногтевого ложа – простой, неинвазивный, безопасный и информативный метод, позволяющий прижизненно и в реальном режиме времени оценить структуру микрососудов. Капилляроскопия подразумевает качественный (форма капиллярной петли, извитость, перегибы, полнота кровенаполнения и т. д.) и количественный анализы (длина и диаметр капилляров, плотность на единицу площади, объем капиллярной сети и т. д.). Результаты клинических исследований свидетельствуют о том, что при капилляроскопии у пациентов с сахарным диабетом выявляются сходные микрососудистые аномалии в виде увеличения диаметра капилляров, их разветвлений/кустистости и уменьшения плотности. Выраженность этих изменений коррелирует со стадией диабетической ретинопатии и компенсацией сахарного диабета. Капилляроскопия позволяет разрабатывать тактику лечения, оценивать эффективность терапии и прогнозировать исходы заболевания.

Ключевые слова: сахарный диабет; диабетическая ретинопатия; капилляры; капилляроскопия; неинвазивный

ВВЕДЕНИЕ

Диабет – это комплексное заболевание, которое требует постоянного медицинского наблюдения и непрерывного лечения, а также многофакторных стратегий снижения риска. Сосудистые осложнения диабета являются наиболее частой причиной смертности и заболеваемости во всем мире. Диабетическая ретинопатия, одно из наиболее частых микрососудистых осложнений диабета, остается главной причиной предотвратимой слепоты. На ранних стадиях диабетическая ретинопатия протекает бессимптомно вплоть до поздних стадий, а затем быстро происходит ухудшение, поэтому непролиферативная диабетическая ретинопатия может диагностироваться с задержкой. В результате микроангиопатии, в частности, ретинопатия, незаметно прогрессирует в течение многих лет, переходя в более тяжелые формы [1]. С помощью традиционных методов выявить сосудистые изменения на ранней стадии невозможно. Задача офтальмолога – диагностировать клинически значимую ретинопатию до того, как произойдет ухудшение зрения.

Каскады метаболических реакций, индуцируемых длительной гипергликемией (полиоловый и гексозаминовый пути превращения глюкозы, синтез *de novo* диацилглицерол-протеинкиназы С, окислительный стресс, образование конечных продуктов усиленного гликозилирования), играют ключевую роль в развитии и про-

грессировании диабетической ретинопатии [2]. Кроме того, продемонстрировано, что важным звеном патогенеза диабетической ретинопатии является хроническое воспаление [3]. В результате активации всех этих путей повреждаются нервные элементы сетчатки (т. е. происходит ее нейродегенерация) и капиллярное ложе ее внутренних слоев (т. е. развивается микроангиопатия). Хотя нарушение микроциркуляции служит классическим признаком диабетической ретинопатии, установлено, что нейродегенерация сетчатки происходит раньше. Нейродегенерация сопровождается апоптозом нейронов и дисфункцией глии, а ранние аномалии микроциркуляции характеризуются увеличением проницаемости гематоретинального барьера, нарушением микрососудистой гемодинамики и вазорегрессией (уграта перicytов и повреждение эндотелия) [4].

Результаты Исследования по контролю диабета и его осложнений (DCCT) и Проспективного исследования сахарного диабета в Великобритании (UKPDS) свидетельствуют о том, что хроническая гипергликемия является ключевым фактором риска патогенеза микрососудистых осложнений диабета как первого, так и второго типа [5; 6]. Хотя молекулярные механизмы патогенеза микрососудистых осложнений диабета до конца не изучены, существуют три основных метаболических пути, объясняющих взаимосвязь между повышенным уровнем глюкозы в крови и повреждением сосудов при диабете:

1) ускорение синтеза и отложение в тканях конечных продуктов гликолиза, которые повышают сосудистую проницаемость, способствуют свертыванию крови, усиливают экспрессию молекул адгезии и активируют миграцию моноцитов – все это ведет к повреждению сосудов [7];

2) активация различных изоформ (А, В1/В2 и С) протеинкиназы в сетчатке, почках, нервной ткани и сердечно-сосудистой системе, что способствует изменению кровотока, увеличению толщины внутренней и средней оболочек сосудов, изменению сосудистой проницаемости и формированию новообразованных сосудов [8];

3) активация альдозо-редуктазного пути, результатом которого является накопление токсического метаболита сорбитола в нервных окончаниях [9].

Капилляроскопия как способ визуализации микроциркуляторного ложа. Значимость микрососудистых изменений в развитии диабетической ретинопатии не вызывает сомнений. Для их анализа (не только при сахарном диабете, но и других системных заболеваниях) предложена капилляроскопия ногтевого ложа – простой, неинвазивный, безопасный и информативный метод, позволяющий прижизненно и в реальном режиме времени оценить структуру микрососудов ногтевого ложа. С ее помощью можно обнаружить микрососудистые аномалии при любых заболеваниях, затрагивающих сосуды. Ее несомненные преимущества заключаются в возможности ранней диагностики сосудистых заболеваний, широкой области применения (кардиология, флебология, эндокринология, ревматология, хирургия и т. п.) и неинвазивности. По результатам капилляроскопии можно судить об эффективности лечебных и восстановительных мероприятий, оперативного лечения и анестезиологического пособия.

Первые исследования по капилляроскопии относятся к 1950-м гг., и они были посвящены преимущественно визуализации капилляров ногтевого ложа посредством стереомикроскопии. С помощью данного метода удалось напрямую наблюдать движение эритроцитов в поверхностных микрососудах кожи. В 1974 г. A. Bollinger et al. предложили систему для телемикроскопии, которую в 1977 г. доработал и упростил В. Fagrell. Эти исследователи и разработали на рубеже 1980-х и 1990-х гг. первый современный капилляроскоп. Видеозапись в сочетании с телемикроскопией позволяет осуществлять визуализацию капилляров в реальном режиме времени и регистрировать данные для последующего ретроспективного анализа [10].

Поскольку изучение микроциркуляции начиналось с патоморфологических исследований, закономерными являются качественный и количественный анализы полученных изображений. Качественный анализ учитывает форму капиллярной петли, ее отклонения от классической петли, извитость, перегибы, полноту кровенаполнения капилляра и т. д., а количественный анализ – длину и диаметр капилляров, плотность на единицу площади, объем капиллярной сети и т. д.

Морфология капилляров. Одним из основных параметров, оцениваемых при капилляроскопии, является морфология капиллярного ложа и самих капилляров. Предложена следующая упрощенная классификация капилляров по их форме [11]:

I тип – «шипилообразные» (прямые, равномерно расположенные и равномерно выраженные петли (рис. 1);

II тип – «извитые» (короткие, полиморфные) (рис. 2);

III тип – «клубочковидные» (рис. 3);

IV тип – редкие и атипичные (сильно извитые, соединенные в некоторых местах в сеть, с плохо дифференцированными артериальными и венозными коленами).

В процессе капилляроскопии определяется процентное соотношение типов капилляров. Для этого производится подсчет количества капилляров всех типов в 3–5 полях зрения и рассчитывается их процентное соотношение. Для получения более достоверного результата рекомендуется оценить по типам не менее 50 капилляров.

Помимо всего прочего, микрососуды кожи варьируются в зависимости от возраста и исследуемой зоны, т. е. у пожилых лиц удается визуализировать меньше дермальных сосочковых петель, в то время как глубже расположенное подсосочковое венозное сплетение видно лучше вследствие атрофии кожи [12].

При патологических состояниях можно визуализировать различные морфологические варианты патологически измененных капилляров, а именно [13–15]:

- извитые капилляры (приносящее и выносящее колена извиты, но не перекрещиваются);

- перекрещенные капилляры (приносящее и выносящее колена перекрещиваются как минимум в двух точках);

- расширенные капилляры (диаметр венозного колена > 20 мкм или диаметр артериального колена > 15 мкм);

- гигантские капилляры, или мегакапилляры (диаметр артериального или венозного колена > 50 мкм);

- удлинненные капилляры (длина петли > 300 мкм);

- разветвленные капилляры (аномальные соединения между артериальным и венозным коленами, сосудистые неоплазии и т. п.);

- кустистые капилляры (множественные разветвления капилляров);

- извилистые капилляры (наличие более одной капиллярной петли в одном дермальном сосочке).

Следует отметить, что некоторые аномалии капилляров (незначительное число расширенных капилляров, зоны микро-кровотечений) могут иметь место и в норме.

Капилляроскопические параметры микроциркуляции. Диаметры артериального, переходного и венозного отделов капилляров определяются в режиме «просмотр видеоролика». Отделы капилляра идентифицируются по направлению движения крови: в артериальном отделе кровь движется центробежно в направлении к верхушке петли, а в венозном – центростремительно в направлении от верхушки петли. Затем в режиме «стоп-кадр» измеряются диаметры каждого отдела в трех точках. Красная линия соответствует диаметру артериального отдела, фиолетовая – диаметру переходного отдела и синяя – диаметру венозного отдела капилляра [11].

В идеале подсчет количества капилляров (т. е. оценка плотности капиллярной сети) должен производиться непосредственно на видеомониторе, поскольку движение эритроцитов позволяет идентифицировать наполненные (функционирующие) капилляры. Однако это можно сделать и на статичных снимках. В случае венозного застоя посредством нативной капилляроскопии удается визуализировать на 26–28 % больше капил-



Рис. 1. Шпилькообразные капилляры

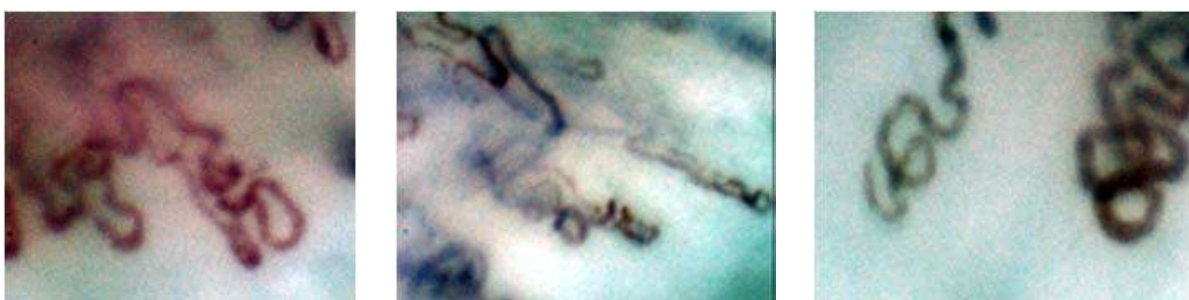


Рис. 2. Извитые капилляры



Рис. 3. Клубочковидные капилляры

ляров, а посредством флуоресцентной ангиографии – на 19–27 % больше капилляров по сравнению с нативной капилляроскопией [10]. При вычислении линейной (краевой) плотности капиллярной сети определяется длина краевой зоны в поле зрения и подсчитывается количество капиллярных петель как минимум в 5 полях зрения с последующим перерасчетом количества капилляров на 1 мм краевой зоны.

При вычислении площадной плотности капиллярной сети на расстоянии 2–3 мм от краевой зоны подсчитывается количество «верхушек» капилляров в единице площади поверхности кожи с последующим перерасчетом на 1 квадратный миллиметр; измерения производятся как минимум в 3 полях зрения.

Кроме того, при капилляроскопии оценивается периваскулярная зона. Для этого по оси длины капилляра измеряется расстояние от крайней наружной точки капиллярной петли до края периваскулярной зоны данного капилляра. Аналогичные измерения производятся не менее чем в 5–7 капиллярах.

Помимо плотности расположения петель, длины, диаметра и формы капилляров артериального и венз-

ного колена обязательно учитывается скорость кровотока в артериальном и венозном отделах. Для этого в режиме «просмотр видеоролика» выявляются капилляры с эритроцитарными агрегатами, «светлыми» включениями или другими морфологическими образованиями с достаточно четкими границами. Граница такого образования внутри капилляра фиксируется и отмечается в режиме «стоп-кадр» специальной меткой. Затем на следующем кадре отмечается «сдвиг» границы образования другой меткой и измеряется длина этого «сдвига» в микрометрах [11].

Агрегаты эритроцитов представляют собой плотные скопления эритроцитов, которые располагаются в капилляре и двигаются в нем в виде единого конгломерата. В режиме «просмотр видеоизображения» определяется процентное содержание капилляров, в которых встречаются эритроцитарные агрегаты.

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования, проведенного С. Pazos-Moura et al. [16], изучались морфология и плотность распре-

деления капилляров посредством капилляроскопии у пациентов с сахарным диабетом 1 и 2 типа. Основными находками стали наличие извитости капилляров, увеличение их диаметра и уменьшение плотности. Также было продемонстрировано, что при диабете 2 типа указанные микрососудистые аномалии выражены в большей степени, чем при диабете 1 типа, а, кроме того, эти изменения напрямую коррелируют с метаболическим контролем.

В 1997 г. С.Н. Chang et al. описали увеличение диаметра капилляров ногтевого ложа и их извитость у лиц с диабетом, которые были наиболее характерными микрососудистыми аномалиями. Они напрямую коррелировали со степенью диабетической ретинопатии, однако, в отсутствие диабетической ретинопатии никаких характерных патологических изменений не было выявлено [17].

М.Ф. Meyer et al. наблюдали извитость и расширение капилляров ногтевого ложа (при нормальной их плотности) у больных сахарным диабетом 1 и 2 типа по сравнению с клинически здоровыми лицами. Показано, что эти микрососудистые аномалии ассоциированы с выраженностью сосудистой реактивности на фоне ишемии [18].

А. Kuryliszyn-Moskal et al. изучали посредством капилляроскопии микрососудистые аномалии у пациентов с сахарным диабетом 1 типа и их взаимосвязь с выраженностью системных аномалий, а также влияние продолжительности заболевания и метаболического контроля на архитектуру капилляров. Авторы установили, что при диабете 1 типа имеют место выраженные микрососудистые аномалии, такие как извитость капилляров, их расширение и уменьшение плотности по сравнению с контрольной группой, в которой эти аномалии отсутствовали. В случае генерализации процесса аномалии капилляров были выражены не столь значительно, как при декомпенсации диабета и отсутствии метаболического контроля (у таких пациентов микрососудистые аномалии были выражены в значительной степени) [19].

И. Barchetta et al. изучали возможную взаимосвязь между микрососудистыми аномалиями сетчатки и изменениями капилляров ногтевого ложа у пациентов с диабетом 1 и 2 типа. Исследователи продемонстрировали, что у пациентов с сахарным диабетом увеличен диаметр и плотность капилляров, капилляры имеют нерегулярную длину, петли капилляров распределены неравномерно, выявляются их морфологические аномалии в виде извитости, разветвлений и кустистости, наличия экссудатов, отека и нарушений кровотока в них. Эти микрососудистые аномалии неспецифичны для сахарного диабета, однако, они обнаруживаются более чем у 50 % пациентов с диабетом без ретинопатии, т. е. могут рассматриваться в качестве предвестника ее развития. Что характерно, при диабете 1 типа выявляется больше микрососудистых аномалий, чем при диабете 2 типа [9].

С. Hosking et al. использовали капилляроскопию для выявления микрососудистых аномалий у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа. Чаще всего в этой популяции обнаруживались микрогеморрагии и аваскулярные зоны, причем наличие микрогеморрагий ассоциировалось с повышением содержания гликированного гемоглобина ($p = 0,03$), а наличие аваскулярных зон – с осложнениями диабета ($p = 0,03$). Авторы делают вывод о том, что капилляроскопия представля-

ет собой доступный способ выявления микрососудистых аномалий [20].

В одной из своих недавних работ С. Romano et al. [21] обращают внимание на важность капилляроскопии при обследовании пациентов с сахарным диабетом, поскольку капилляроскопия позволяет собой неинвазивную методику, которая позволяет оценивать морфологические параметры микроархитектоники капилляров и прогнозировать выраженность, тяжесть и скорость прогрессирования заболевания. Таким образом, капилляроскопия представляет собой не только метод диагностики диабетической ретинопатии, но и инструмент ее прогнозирования. К капилляроскопии можно прибегнуть при любых заболеваниях, которые сопровождаются анатомическими и функциональными микроциркуляторными аномалиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основным достоинством капилляроскопии является возможность прижизненной неинвазивной прямой визуализации капилляров в реальном режиме времени и физиологических условиях. Капилляроскопия лишена ошибок, обусловленных фиксацией ткани и изготовлением препарата для гистологических исследований. Необходимы дальнейшие исследования, которые помогут расширить применение капилляроскопии при различных системных заболеваниях, затрагивающих микроциркуляторное русло. Мониторинг состояния микрососудов, наряду с разработкой функциональных методов оценки кровотока и проницаемости, поможет по-новому взглянуть на патофизиологию многих состояний, предложить принципиально иную градацию тяжести их течения, разрабатывать тактику лечения, оценивать эффективность терапии и прогнозировать исходы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Ю.А., Капкова С.Г., Варкентина И.В., Третьяк Е.Б. Добезилат кальция в лечении диабетической ретинопатии: главное – не упустить время // Клиническая офтальмология. 2016. Т. 16. № 1. С. 50-54.
2. Brownlee M. Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications // Nature. 2001. V. 414. P. 813-820.
3. Tang J., Kern T.S. Inflammation in diabetic retinopathy // Progress in Retinal and Eye Research. 2011. V. 30. P. 343-358.
4. Simo R., Ballarini S., Cunha-Vaz J., Ji L., Haller H., Zimmet P., Wong T.Y. Non-traditional systemic treatments for diabetic retinopathy: an evidence-based review // Current Medicinal Chemistry. 2015. V. 22. P. 2580-2589.
5. The diabetes control and complications trial research group. The effect of intensive treatment of diabetes in the development and progression of long-term complications in insulin dependent diabetes mellitus // New England Journal of Medicine. 1993. V. 329. P. 977-986.
6. UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33) // Lancet. 1998. V. 352. P. 837-853.
7. Friedman E.A. Advanced glycosylated end products and hyperglycaemia in the pathogenesis of diabetic complications // Diabetes Care. 1999. V. 22. P. B65-B71.
8. Evcimen N.D., King L. The role of protein kinase C activation and the vascular complications of diabetes // Pharmacological Research. 2007. V. 55. P. 498-510.
9. Barchetta I., Riccieri V., Vasile M., Stefanantoni K., Comberiat P., Tavemiti L., Cavallo M.G. High prevalence of capillary abnormalities in patients with diabetes and association with retinopathy // Diabetic Medicine. 2011. V. 28. P. 1039-1044.
10. Hern S., Mortimer P.S. Visualization of dermal blood vessels – capillaroscopy // Clinical and Experimental Dermatology. 1999. V. 24. P. 473-478.
11. Плавник Р.Г., Богданец Л.И., Лобанов В.Н., Мурашкин Т.В. Микроциркуляция у больных хронической венозной недостаточностью

- нижних конечностей, осложненной трофическими язвами, по данным компьютерной капилляроскопии // Эндоскопическая хирургия. 2013. № 6. С. 33-38.
12. Kelly R.L., Pearse R., Bull R.H., Leveque J.L., de Rigal J., Mortimer P.S. The effects of aging on the cutaneous microvasculature // Journal of the American Academy of Dermatology. 1995. V. 33. P. 749-756.
 13. Cutolo M., Smith V. Nailfold Capillaroscopy // Raynaud's Phenomenon: A Guide to Pathogenesis and Treatment / M.F. Wigley, L.A. Herick, A.N. Flavahan (eds.). N. Y.: Springer New York, 2015. P. 187-197.
 14. Emrani Z., Karbalaie A., Fatemi A., Etehadtavakol M., Erlandsson B.E. Capillary density: An important parameter in nailfold capillaroscopy // Microvascular Research. 2017. V. 109. P. 7-18.
 15. Maldonado G., Guerrero R., Paredes C., Rios C. Nailfold capillaroscopy in diabetes mellitus // Microvascular Research. 2017. V. 112. P. 41-46.
 16. Pazos-Moura C., Moura E., Bouskela E., Torres-Filho I., Breitenbach M. Nailfold capillaroscopy in diabetes mellitus morphological abnormalities and relationship with microangiopathy // Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 1987. V. 20. P. 777-780.
 17. Chang C.H., Tsai R.K., Wu W.C., Kuo S.L., Yu H.S. Use of dynamic capillaroscopy for studying cutaneous microcirculation in patients with diabetes mellitus // Microvascular Research. 1997. V. 53. P. 121-127.
 18. Meyer M.F., Pfohl M., Schatz H. Assessment of diabetic alterations of microcirculation by means of capillaroscopy and laser-Doppler anemometry // Medizinische Klinik (Munich). 2001. V. 96. P. 71-77.
 19. Kuryliszyn-Moskal A., Dubicki A., Zaezycki W., Zonnenberg A., Gorska M. A study on microvascular abnormalities in capillaroscopy in patients with type 1 diabetes mellitus // Diabetologia Doświadczalna i Kliniczna. 2006. V. 6. № 2. P. 98-103.
 20. Hosking S., Bhatia R., Crock P., Wright I., Squance M., Reeves G. Non-invasive detection of microvascular changes in a paediatric and adolescent population with type 1 diabetes: a pilot cross-sectional study // BMC Endocrine Disorders. 2013. V. 13. P. 41.
 21. Romano C., Costa M., Messina M., Bertini M. Videocapillaroscopy in diabetes // Diabetes Research Open Journal. 2015. V. 2. № 3. P. 3-6.

Поступила в редакцию 27 июня 2017 г.

Проничкина Мария Михайловна, Тамбовский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Тамбов, Российская Федерация, врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии, e-mail: naukatmb@mail.ru

UDC 617-7

DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-4-714-719

NAILFOLD CAPILLAROSCOPY IN DIABETIC MICROVASCULAR COMPLICATIONS (LITERATURE REVIEW)

© M.M. Pronichkina

Academician S.N. Fyodorov FSAI IRTC "Eye Microsurgery", Tambov branch, Ministry of Health of Russia
1 Rasskazovskoe Rte., Tambov, Russian Federation, 392000
E-mail: naukatmb@mail.ru

Diabetic retinopathy (DR) is one of the most common diabetic microvascular complications and the most common cause of preventable blindness. The diagnosis of non-proliferative DR is often late since its early stages are asymptomatic but then the disease progresses rapidly. As a consequence, DR progression is unobvious for many years. The goal of an ophthalmologist is to reveal clinically significant DR before visual loss. However, classic techniques fail to identify early vascular abnormalities. Capillaroscopy is simple, non-invasive, safe, and informative technique which allows vital real-time assessment of microvascular structure. Capillaroscopy implies qualitative (the shape of capillary loop, tortuosity, kinking, ramification etc.) and quantitative (the length and diameter of capillaries, density, capillary network area etc.) analysis. Clinical trials demonstrate that capillaroscopy reveals similar microvascular abnormalities in diabetic patients, i. e., enlargement (increased diameter), ramifications/bushiness, and decreased area. These abnormalities are directly associated with DR severity and metabolic control. Capillaroscopy allows developing treatment approach, to assess treatment efficacy, and to predict disease outcomes.

Key words: diabetes; diabetic retinopathy; capillaries; capillaroscopy; non-invasive

REFERENCES

1. Gusev Yu.A., Kapkova S.G., Varkentina I.V., Tretyak E.B. Dobezilat kal'tsiya v lechenii diabeticheskoy retinopatii: glavnoe – ne upustit' vremya [Calcium dobesilate in the treatment of diabetic retinopathy: do not waste the time]. *Klinicheskaya oftalmologiya – RMJ "Clinical Ophthalmology"*, 2016, vol. 16, no. 1, pp. 50-54. (In Russian).
2. Brownlee M. Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications. *Nature*, 2001, vol. 414, pp. 813-820.
3. Tang J., Kern T.S. Inflammation in diabetic retinopathy. *Progress in Retinal and Eye Research*, 2011, vol. 30, pp. 343-358.
4. Simo R., Ballarini S., Cunha-Vaz J., Ji L., Haller H., Zimmet P., Wong T.Y. Non-traditional systemic treatments for diabetic retinopathy: an evidence-based review. *Current Medicinal Chemistry*, 2015, vol. 22, pp. 2580-2589.

5. The diabetes control and complications trial research group. The effect of intensive treatment of diabetes in the development and progression of long-term complications in insulin dependent diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*, 1993, vol. 329, pp. 977-986.
6. UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. Intensive blood-glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33). *Lancet*, 1998, vol. 352, pp. 837-853.
7. Friedman E.A. Advanced glycosylated end products and hyperglycaemia in the pathogenesis of diabetic complications. *Diabetes Care*, 1999, vol. 22, pp. B65-B71.
8. Evcimen N.D., King L. The role of protein kinase C activation and the vascular complications of diabetes. *Pharmacological Research*, 2007, vol. 55, pp. 498-510.
9. Barchetta I., Riccieri V., Vasile M., Stefanantoni K., Comberati P., Taverniti L., Cavallo M.G. High prevalence of capillary abnormalities in patients with diabetes and association with retinopathy. *Diabetic Medicine*, 2011, vol. 28, pp. 1039-1044.
10. Hern S., Mortimer P.S. Visualization of dermal blood vessels – capillaroscopy. *Clinical and Experimental Dermatology*, 1999, vol. 24, pp. 473-478.
11. Plavnik R.G., Bogdanets L.I., Lobanov V.N., Murashkin T.V. Mikrotsirkulyatsiya u bol'nykh khronicheskoy venoznoy nedostatochnost'yu nizhnikh konechnostey, oslozhnennoy troficheskimi yazvami, po dannym komp'yuternoy kapillyaroskopii [Microcirculation in chronic venous insufficiency of lower extremities complicated with trophic ulcers assessed by computer capillaroscopy]. *Endoskopicheskaya khirurgiya – Endoscopic Surgery*, 2013, no. 6, pp. 33-38. (In Russian).
12. Kelly R.I., Pearse R., Bull R.H., Leveque J.L., de Rigal J., Mortimer P.S. The effects of aging on the cutaneous microvasculature. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 1995, vol. 33, pp. 749-756.
13. Cutolo M., Smith V. Nailfold Capillaroscopy. *Raynaud's Phenomenon: A Guide to Pathogenesis and Treatment*. M.F. Wigley, L.A. Herrick, A.N. Flavahan (eds.). New York, Springer New York, 2015, pp. 187-197.
14. Emrani Z., Karbalaie A., Fatemi A., Etehadtavakol M., Erlandsson B.-E. Capillary density: An important parameter in nailfold capillaroscopy. *Microvascular Research*, 2017, vol. 109, pp. 7-18.
15. Maldonado G., Guerrero R., Paredes C., Rios C. Nailfold capillaroscopy in diabetes mellitus. *Microvascular Research*, 2017, vol. 112, pp. 41-46.
16. Pazos-Moura C., Moura E., Bouskela E., Torres-Filho I., Breitenbach M. Nailfold capillaroscopy in diabetes mellitus morphological abnormalities and relationship with microangiopathy. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 1987, vol. 20, pp. 777-780.
17. Chang C.H., Tsai R.K., Wu W.C., Kuo S.L., Yu H.S. Use of dynamic capillaroscopy for studying cutaneous microcirculation in patients with diabetes mellitus. *Microvascular Research*, 1997, vol. 53, pp. 121-127.
18. Meyer M.F., Pfohl M., Schatz H. Assessment of diabetic alterations of microcirculation by means of capillaroscopy and laser-Doppler anemometry. *Medizinische Klinik (Munich)*, 2001, vol. 96, pp. 71-77.
19. Kuryliszyn-Moskal A., Dubicki A., Zaezycki W., Zonnenberg A., Gorska M. A study on microvascular abnormalities in capillaroscopy in patients with type 1 diabetes mellitus. *Diabetologia Doświadczalna i Kliniczna*, 2006, vol. 6, no. 2, pp. 98-103.
20. Hosking S., Bhatia R., Crock P., Wright I., Squance M., Reeves G. Non-invasive detection of microvascular changes in a paediatric and adolescent population with type 1 diabetes: a pilot cross-sectional study. *BMC Endocrine Disorders*, 2013, vol. 13, p. 41.
21. Romano C., Costa M., Messina M., Bertini M. Videocapillaroscopy in diabetes. *Diabetes Research Open Journal*, 2015, vol. 2, no. 3, pp. 3-6.

Received 27 June 2017

Pronichkina Mariya Mikhaylovna, Academician S.N. Fyodorov IRTC “Eye Microsurgery”, Tambov branch, Tambov, Russian Federation, Ophthalmologist of Laser Surgery Department, e-mail: naukatmb@mail.ru

Для цитирования: *Проничкина М.М.* Капилляроскопия ногтевого ложа при микрососудистых осложнениях сахарного диабета (обзор литературы) // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2017. Т. 22. Вып. 4. С. 714-719. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-4-714-719

For citation: Pronichkina M.M. Kapillyaroskopiya nogtevogo lozha pri mikrososudistykh oslozhneniyakh sakharnogo diabeta (obzor literatury) [Nailfold capillaroscopy in diabetic microvascular complications (literature review)]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Tambov University Reports*. Series: Natural and Technical Sciences, 2017, vol. 22, no. 4, pp. 714-719. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-4-714-719 (In Russian).