

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ПРОБЫ ПРИ АНАЛИЗЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И МЕХАНИЗМОВ ЕЕ РЕГУЛЯЦИИ МЕТОДОМ ЛДФ В НОРМЕ И ПРИ ГИПОКСИИ

О.А. Овчинникова

ФГОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», г. Ярославль

Аннотация. Оценка состояния микроциркуляции производилась методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью компьютеризованного анализатора ЛАКК-02. Тестировали кожу в зоне Захарьина – Геда в положении испытуемого сидя с 8-минутной записью до и после курения в покое и после применения дыхательной пробы. При выкуривании даже одной сигареты наблюдаются значительные неблагоприятные изменения нутритивного кровотока, которые свидетельствуют о стойких сосудистых изменениях, ухудшение оттока из микроциркуляторного русла, что может свидетельствовать об увеличении объема крови в веноулярном звене и, в частности, это может быть признаком внутрисосудистых изменений реологических свойств крови.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, дыхательная проба, курение.

THE USE OF A RESPIRATORY SAMPLE IN ANALYSIS OF MICROCIRCULATION AND MECHANISMS OF ITS REGULATION BY LDF METHOD IN NORMAL AND IN HYPOXIA

O.A. Ovchinnikova

FGOU VO "Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky", Yaroslavl

Abstract. The state of microcirculation was assessed by laser Doppler flowmetry (LDF) using a LAKK-02 computerized analyzer. The skin was tested in the Zaharna-Ged zone in the sitting position of the subject with an 8-minute recording before and after smoking at rest and after applying the breath test. When smoking even one cigarette, significant unfavorable changes in nutritional blood flow are observed, which indicate persistent vascular changes, deterioration of outflow from the microvasculature, which may indicate an increase in blood volume in the venular link and, in particular, this may be a sign of intravascular changes in the rheological properties of blood.

Keywords: laser Doppler flowmetry, microcirculation, breath test, smoking.

Отрицательное влияние курение на организм человека, состояние микрососудистого русла описано многими отечественными и зарубежными учеными. В настоящее время, несмотря на попытки государства снизить потребление табака, число курящих людей снижается медленно. Согласно приведенным данным, 51,4 % от взрослого населения нашей страны подвергается воздействию пассивного курения в общественных местах. У курящих в большей степени встречаются заболевания сердечно-сосудистой и дыхательных систем, хроническая обструктивная болезнь легких, нарушение вазодилатации мозговых артерий и пула микрососудов и другие серьезные нарушения, ведущие к серьезным заболеваниям, ухудшению качества и продолжительности жизни [2, 6, 7].

Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) основан на оптическом неинвазивном зондировании тканей лазерным лучом и анализе рассеянного и отраженного от эритроцитов крови излучения и позволяет оценивать не только уровень периферической

перфузии, но и выявлять особенности регуляции кровотока на уровне МЦР. Обладая высокой чувствительностью к изменениям микрогемодинамической ситуации в сосудистом русле, метод ЛДФ имеет неоспоримое преимущество перед другими методами исследования, поскольку позволяет оценивать состояние функциональных механизмов управления микрокровоотоком [3].

В оценке состояния микроциркуляции крови значение имеют различные функциональные пробы, провоцирующие направленные изменения тканевого кровотока и степень выраженности его регуляторных механизмов [2]. Проведенная проба с задержкой дыхания, по существу, отражает рефлекс Бейнбриджа, осуществляемого с хеморецепторов, раздражителем которых является повышение содержания CO_2 и снижение кислорода в крови, отражает повышение тонуса сосудодвигательного центра, центрального звена симпатической иннервации [1, 4]. Актуальность изучения микроциркуляторного русла объясняется тем,

что оно является местом реализации транспортной функции системы крови и обеспечивает транскapиллярный обмен, создающий нормальные условия для реализации тканевого гомеостаза.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оценить состояние микроциркуляции и регуляторных механизмов ее регуляции при использовании дыхательной пробы до и после выкуривания одной сигареты.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 22 условно здоровых курящих добровольцев – лица обоего пола в возрасте от 21 до 40 лет, после получения информированного согласия. Оценку состояния микроциркуляции производили методом лазерной доплеровской флоуметрии с помощью компьютеризированного анализатора ЛАКК-02 исполнение 1 (НПП «Лазма», Москва). Показатели микроциркуляции фиксировали в исходном состоянии до курения (базальный кровоток), после выкуривания одной сигареты и при проведении функциональной пробы. Расчетные параметры M (постоянная составляющая перфузии), σ (среднеквадратическое отклонение колебаний перфузии) и K_v (коэффициент вариации) дают общую оценку состояния микроциркуляции крови. На втором этапе анализировали амплитудно-частотный спектр (АЧС) колебаний перфузии. По величинам амплитуд колебаний микрокровотока в конкретных частотных диапазонах возможно оценивать состояние функционирования определенных механизмов контроля перфузии. АЧС ЛДФ-грамм рассчитывается в полосе частот от 0,005 до 3 Гц. В рассматриваемом частотном диапазоне выделяют 5 неперекрывающихся областей: 0,007–0,017 Гц – диапазон эндотелиальной активности (Е); 0,023–0,046 Гц – диапазон нейрогенной активности (Н); 0,07–0,12 Гц – диапазон миогенной активности (М); 0,21–0,35 Гц – диапазон респираторного ритма (Д); 0,86–1,36 Гц – диапазон кардиоритма (С). Осцилляции кровотока с характерными частотами обусловлены определенными физиологическими процессами: влиянием сердечно-сосудистой и дыхательной систем, активностью гладкомышечных клеток стенок сосудов, нейрогенным контролем и функционированием эндотелия сосудов [4, 5], а также рассчитывали нейрогенный и миогенный тонус микрососудов и показатель шунтирования.

Тестировали кожу в зоне Захарьина – Геда для сердца на предплечье (она бедна артериоло-венулярными анастомозами, поэтому в большей степени

отражает кровоток в нутритивном русле). Записи ЛДФ-грамм производили в течение 8 мин, полученные данные сравнили между собой до и после курения.

Дыхательную вазоконстрикторную пробу, отражающую рефлекторное увеличение нейрогенного компонента стационарного тонуса сосудов, осуществляли путем 15-секундной задержки дыхания на высоте глубокого вдоха, что приводило к рефлекторной активации преганглионарных симпатических вазомоторных нейронов, к спазму приносящих микрососудов и кратковременному снижению ПМ (показатель микроциркуляции) с дальнейшим восстановлением кривой до исходного уровня [4]. По результатам пробы с задержкой дыхания рассчитывали резерв кровотока.

Статистическую обработку данных проводили с использованием параметрических критериев (в случае нормального распределения), при оценке влияния курения на исследуемые показатели применяли парный критерий Стьюдента, различия считали достоверными при $p < 0,05$, тесноту связей между переменными оценивали по коэффициентам ранговой корреляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке базального кровотока были выявлены достоверно более низкие значения показателя микроциркуляции в стандартной точке на предплечье после курения на 30 % ($p < 0,05$) и повышение вариабельности микрокровотока (K_v) на 47 % ($p < 0,05$), что говорит о снижении тканевой перфузии на фоне повышения вариабельности кровотока. Повышение вазомоторной активности может рассматриваться как компенсаторный механизм при однократном выкуривании сигареты.

Изменения регуляторных механизмов отражаются и в модификации характеристик активных и пассивных факторов регуляции микроциркуляции. После курения наблюдалось достоверное повышение амплитуд активных регуляторных ритмов: были отмечены более высокие значения амплитуд нейрогенных и миогенных ритмов – на 42 и 37 % соответственно ($p < 0,05$). Повышение мышечного тонуса прекапилляров, регулирующих приток крови в нутритивное русло, свидетельствует о снижении объема крови, поступающего в обменное звено. Очевидно, что регистрируемые амплитуды осцилляций кровотока эндотелиального, нейрогенного и миогенного эндотелиально-независимого происхождения прямо связаны с величинами просвета микрососудов, а следовательно, и с мышечным тонусом. Снижение амплитуды осцилляций сочетается с повышением тонуса и жесткости самой сосудистой стенки и, наоборот, повышение амплитуд является

следствием снижения сосудистого тонуса. Однако при патологии эти регуляторные механизмы могут нарушаться. В исследуемой группе после выкуривания одной сигареты была зафиксирована активация эндотелиального компонента регуляции сосудистого тонуса и рост амплитуды осцилляций эндотелиального происхождения (на 31 %, $p < 0,05$), что может свидетельствовать о компенсаторной реакции системы микроциркуляции на сосудистый спазм.

Та же особенность зафиксирована и для пассивных респираторных колебаний – был отмечен рост амплитуды дыхательной волны в ЛДФ-грамме испытуемых после курения на 26 % ($p < 0,05$). Это обстоятельство является следствием ухудшения оттока крови из микроциркуляторного русла, что может сопровож-

даться увеличением объема крови в венулярном звене. Амплитуда пульсовой волны, приносящейся в микроциркуляторное русло со стороны артерий, является параметром, который изменяется в зависимости от состояния тонуса резистивных сосудов.

В отличие от амплитуды, частота колебаний является стабильной характеристикой [5], и ее изменения в сторону повышения могут свидетельствовать о росте напряженности функционирования данного регуляторного механизма.

Отмеченные достоверные изменения частот миогенных осцилляций на 12 % ($p < 0,05$) и пульсовых колебаний на 23 % ($p < 0,001$) после курения указывают на рост напряженности работы сердечно-сосудистой системы в целом (рис. 1).

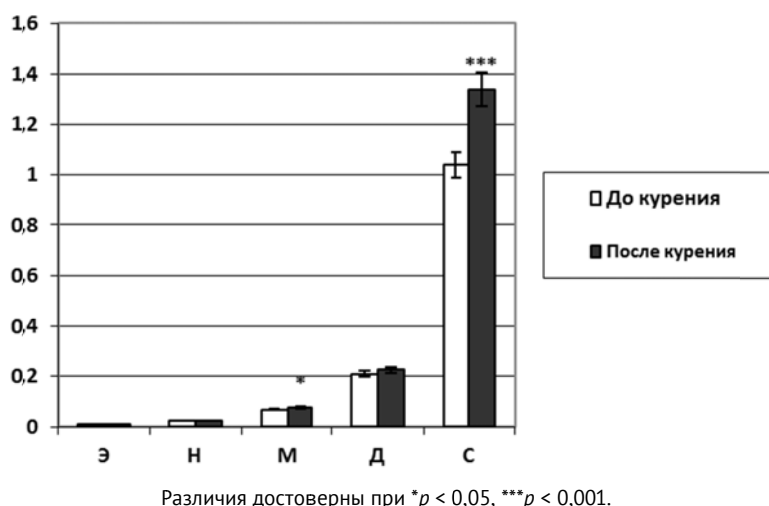


Рис. 1. Частоты колебаний микрокровотока в диапазонах активных и пассивных регуляторных ритмов до и после курения: Э – эндотелиальный, Н – нейрогенный, М – миогенный, Д – дыхательный, С – сердечный диапазоны частот колебаний кровотока

При проведении дыхательной пробы до и после выкуривания одной сигареты было зафиксировано большее снижение перфузии в микроциркуляторном русле испытуемых во втором случае (рис. 2) – перфузия реакции достоверно уменьшилась на 27 %

($p < 0,05$), что говорит о более выраженной реакции на задержку дыхания после курения. Кроме того, после выкуривания одной сигареты резервный кровоток в микрососудах испытуемых уменьшился на 17 % ($p < 0,05$).

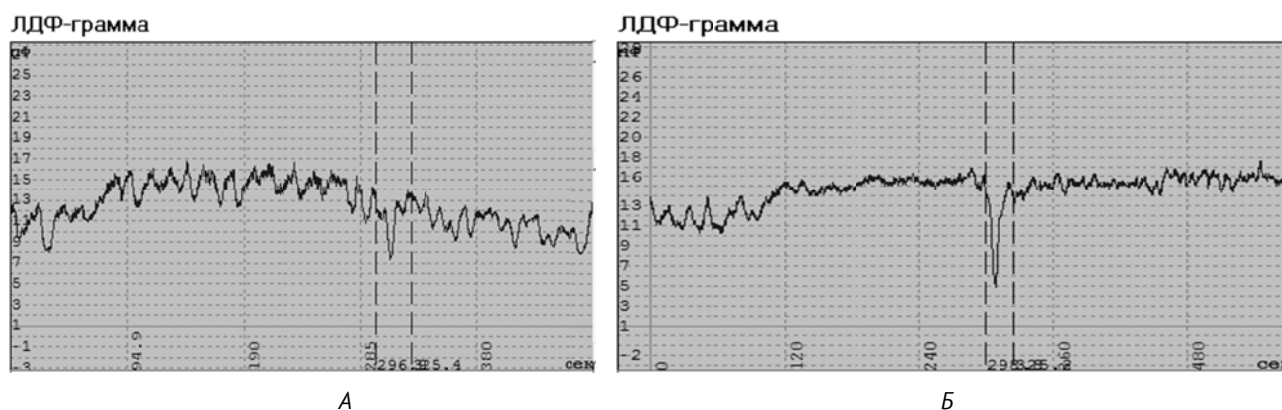


Рис. 2. Фрагменты ЛДФ-грамм с дыхательной пробой до (А) и после курения (Б)

Фундаментальной особенностью микроциркуляции является постоянная изменчивость (как во времени, так и в пространстве) перфузии тканей кровью, которая является важнейшим признаком их жизнедеятельности (Р.Г. Аютин и др., 2008). Обладая высокой чувствительностью к изменениям микрогемодинамической ситуации в сосудистом русле, метод ЛДФ имеет неоспоримое преимущество перед другими методиками исследования микроциркуляции в оценке состояния функционирования механизмов управления кровотоком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ микроциркуляции курящих лиц и механизмов ее регуляции продемонстрировал негативное влияние табакокурения на функционирование сердечно-сосудистой системы уже после выкуривания одной сигареты и снижение резервных возможностей микроциркуляции после курения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананченко М.Н., Чуян Е.Н. Кожная микроциркуляция в условиях функциональной нагрузки у испытуемых различными типологическими особенностями под влиянием низкоинтенсивного миллиметрового излучения // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63). – С. 30–49.
2. Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Гаджиева Х.Ф. Влияние табака на здоровье человека // Молодой ученый. – 2017. – № 44 (178). – С. 99–102.
3. Козлов В.И. Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. – М, 2012.
4. Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. – М.: Медицина, 2005. – 256 с.
5. Саркисов К.Г. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод оценки состояния кровотока в микрососудах // Методология флоуметрии. – Киев, 1999. – С. 9–14
6. Сиротин Б.З., Корнеева Н.В., Явная И.К. Сосудистые эффекты «острого» курения: роль видеобиомикроскопии конъюнктивы в изучении реакции микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2019. – № 18 (2). – С. 41–48.

7. Суховская О.А., Куликов В.Д. Курение: современное состояние проблемы в РФ // Астма и аллергия. – 2016. – № 4.

REFERENCES

1. Ananchenko M.N., Chuyan Ye.N. Kozhnaya mikrotsirkulyatsiya v usloviyakh funktsional'noy nagruzki u ispytuyemykh razlichnymi tipologicheskimi osobennostyami pod vliyaniyem nizkointensivnogo millimitrovogo izlucheniya [Skin microcirculation under functional load in subjects with different typological characteristics under the influence of low-intensity millimeter radiation]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo, Seriya "Biologiya, khimiya"* [IN AND. Vernadsky, Series "Biology, Chemistry"], 2011, vol. 24 (63), pp. 30–49. (In Russ.; abstr. in Engl.).
2. Gadzhieva, S.R., Aliyeva T.I., Gadzhieva Kh.F. Vliyaniye tabaka na zdorov'ye cheloveka [Influence of tobacco on human health]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2017, no. 44 (178), pp. 99–102. (In Russ.; abstr. in Engl.).
3. Kozlov V.I. Azizov G.A., Gurova O.A., Litvin F.B. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v otsenke sostoyaniya i rasstroystv mikrotsirkulyatsii krovi [Laser Doppler flowmetry in the assessment of the state and disorders of blood microcirculation]. Moscow, 2012. (In Russ.; abstr. in Engl.).
4. Krupatkin A.I. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya mikrotsirkulyatsii krovi [Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation]. Moscow, Meditsina Publ., 2005. 256 p. (In Russ.; abstr. in Engl.).
5. Sarkisov K.G. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya kak metod otsenki sostoyaniya krovotoka v mikrososudakh [Laser Doppler flowmetry as a method for assessing the state of blood flow in microvessels]. *Metodologiya floumetrii* [Methodology of flowmetry]. Kiyev, 1999. Pp. 9–14. (In Russ.; abstr. in Engl.).
6. Sirotin B.Z., Korneyeva N.V., Yavnaya I.K. Sosudistyye efekty "ostrogo" kureniya: rol' videobiomikroskarii kon'yunktivy v izuchenii reaktsii mikrotsirkulyatsii [Vascular effects of "acute" smoking: the role of the video biomicroscoria of the conjunctiva in the study of the reaction of microcirculation]. *Regionarnoye krovoobrashcheniye i mikrotsirkulyatsiya* [Regional blood circulation and microcirculation], 2019, no. 18 (2), pp. 41–48. (In Russ.; abstr. in Engl.).
7. Sukhovskaya O.A., Kulikov V.D. Kureniye: sovremennoye sostoyaniye problemy v RF [Smoking: the current state of the problem in the Russian Federation]. *Astma i allergiya* [Asthma and Allergy], 2016, no. 4. (In Russ.; abstr. in Engl.).

Контактная информация

Овчинникова Ольга Александровна – к. б. н., доцент кафедры биологии и методики обучения биологии ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, e-mail: olechki-net@yandex.ru