

УДК 612.135-057.87

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.51509

## ОСОБЛИВОСТІ РЕАКТИВНОСТІ КАПІЛЯРНОГО КРОВОТОКУ У СТУДЕНТІВ

© Т. І. Станішевська, Д. Д. Горбань

*Експериментальне дослідження включало вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові за допомогою методу лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ). Це дозволяло оцінити стан тканинного кровотоку та виявити ознаки зміни мікроциркуляції при пробі із затримкою дихання. Отриманні дані показали, що у більшості студентів переважно реєструвалася високоамплітудна ЛДФ-грама з вираженими вазомоторними хвилями другого порядку*

**Ключові слова:** мікроциркуляція крові, лазерна доплерівська флоуметрія (ЛДФ), реактивність капілярного кровотоку

*The experimental research included the study of the functional state of blood microcirculation by means of laser Doppler flowmetry (LDF). It is allowed to assess the condition of tissue blood flow and to detect the early signs of changes in the microcirculation under the influence on breath-holding test. The obtained results showed that at most of students high-amplitude LDF with the expressed vasomotor waves of the second order mainly was registered*

**Keywords:** blood microcirculation, laser Doppler flowmetry (LDF), reactivity of capillary blood flow

### 1. Вступ

На сьогодні, досить актуальним є проблема збереження здоров'я населення. Особливе значення має комплексне дослідження здоров'я студентів. Оскільки ця соціальна група визначається підвищеним ризиком функціональних порушень організму.

Важливе місце при діагностиці функціонального стану організму людини посідає дослідження мікроциркуляції крові. Стан обміну речовин і функціонування будь-якого органу безпосередньо визначається адекватним станом мікроциркуляції крові. З іншого боку, будь-який патологічний процес протікає з різними змінами у мікроциркуляційному руслі. Тому, цілком очевидно, що зміни у системі мікроциркуляції крові тісно корелюють зі зрушенням в центральній гемодинаміці [1, 2]. Це дозволяє використовувати дані критерії в оцінюванні загального фізичного розвитку і стану здоров'я людини.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогодні, світова практика вивчення мікроциркуляції крові частіше оснований на дослідженнях процесів мікроциркуляції крові при патологічних процесах. Такі вчені як, Friese R. S., Edwards K. M. [3, 4] проводять дослідження мікроциркуляції крові при гіпертензії. Mills P. J., Heller M. J., Lefkowitz R. B., Schmid-Schönbein G. W. [4, 5] вивчають ферментні фракції крові. Shoucri B. M., Edwards K. M. [4] розглядають спадково-детерміновані параметри мікроциркуляторного русла.

Оцінка рівня мікроциркуляції крові у здорових людей в процесі онтогенезу широко вивчається Козловим В. І., Литвином Ф. Б., Морозовим М. В. та іншими [2, 6, 7]. В Україні дослідження з вивчення тканинного кровотоку здорової людини за допомогою методу лазерної доплерівської флоуметрії проводилися Трибрат Н. С., Чуян О. М. [8].

На даний час, одним з основних методів вивчення мікроциркуляції крові є лазерна доплерівська

флоуметрія (ЛДФ), що являє собою метод інтегральної неінвазивної оцінки стану мікроциркуляторної гемодинаміки у капілярах і є актуальним методом діагностики мікроциркуляторних розладів [1, 9, 10].

Незважаючи на великий інтерес і актуальність вивчення процесів мікроциркуляції крові, на сьогодні, відсутні нормативні показники параметрів капілярного кровотоку у здорових людей при використанні методу лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ).

Таким чином, актуальним для вивчення залишається питання індивідуально-типологічних особливостей мікроциркуляції крові, її реактивності під дією різних факторів у осіб студентського віку.

### 3. Ціль та задачі дослідження

Мета дослідження – виявити індивідуально-типологічні особливості реактивності капілярного кровотоку у студентів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

1. Виявити за допомогою методу ЛДФ основні типи ЛДФ-грам у студентів 17–20 років.

2. Простежити зміну показників мікроциркуляції крові при пробі із затримкою дихання у групі обстежуваних осіб.

### 4. Матеріали та методи дослідження

#### 4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувалися в експерименті

З метою вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові був використаний метод лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ), що дозволяло оцінити стан капілярного кровотоку і виявити ознаки зміни мікроциркуляції крові під впливом різних чинників [7]. ЛДФ здійснювали лазерним аналізатором кровотоку «ЛАКК-01» (виробництво НПП «Лазма», Росія) з лазерним джерелом випромінювання на довжині хвилі 0,63 мкм.

Лазерний аналізатор був з'єднаний із комп'ютером. На екран монітора виводилася крива запи-

си ЛДФ у реальному масштабі часу. Дослідження стану мікроциркуляції проводили у студентів у сидячому стані. Голівка оптичного зонду (датчика приладу) фіксувалась на вентральній поверхні 4-го пальця руки.

**4.2. Методика визначення реактивності мікросудин на пробу із затримкою дихання**

Для визначення реактивності мікросудин на пробу із затримкою дихання, після запису вихідного кровотоку, досліджуванному пропонувалося зробити глибокий вдих та затримати дихання на 15 секунд. Під час глибокого вдиху відбувалося збільшення венозного повернення до серця. Це призводить до спазму приносячих судин, у результаті чого рівень мікроциркуляції крові знижувався. Після проведення дихальної проби, у період відновлення, реєструється більша амплітуда вазомоцій, ніж у стані спокою.

Зміна кровотоку по відношенню до вихідної величини дають підстави судити про реактивність мікросудин [7, 10]:

$$РКК=(ПМ_{поч.}/ПМ_{мин.}) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

де РКК – резерв капілярного кровотоку; ПМ<sub>поч.</sub> – початкове значення тканинного кровотоку; ПМ<sub>мин.</sub> – мінімальне зниження кровотоку.

**5. Результати досліджень та їх обговорення**

Вивчаючи індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові при проведенні запису ЛДФ-грам у студентів, у більшості з них переважно реєструвалася високоамплітудна ЛДФ-грама з вираженими вазомоторними хвилями. Параметр мікроциркуляції (ПМ) тканинного кровотоку у середньому складав 9,79 перф. од. Рівень коливань тканинного кровотоку (СКВ) складав 2,36 перф. од. Коефіцієнт варіації (Kv) у середньому складав 30,73.

В обстежених студентів було виявлено три типи ЛДФ-грам, які відповідають різним типам мікроциркуляції крові.

Перший тип («аперіодична» ЛДФ-грама) характеризувався нерегулярними коливаннями кровотоку з високою амплітудою та вазомоторними хвилями. Цьому типу ЛДФ-грами відповідав нормоемічний тип мікроциркуляції.

Другий тип («монотонна» ЛДФ-грама з відносно високим показником параметру мікроциркуляції (ПМ)) характеризувався нерегулярними коливаннями кровотоку з достатньо високою амплітудою. Даний тип ЛДФ-грами відповідав гіперемічному типу мікроциркуляції крові.

Третій тип («монотонна» ЛДФ-грама з низьким параметром мікроциркуляції) відповідав гіпоемічному типу мікроциркуляції, який характеризується зниженням притоку крові в мікроциркуляторне русло і підвищеним тонусом мікросудин.

У ході проведення проби із затримкою дихання в обстежених, після запису вихідного рівня кровотоку, під час глибокого вдиху відбувалося збільшення венозного повернення до серця. Тобто спостерігалася зменшення кровонаповнення судин веноулярного звена. При затримці дихання на 15 секунд спостерігалася зниження параметру мікроциркуляції. Це пояснюється реакцією судин на активацію адренергічних волокон, що залежить як від впливів з боку симпатичної іннервації, так і від реактивності судинної стінки. Після проведення дихальної проби, у період відновлення, реєструвалася більша амплітуда вазомоцій, ніж у стані спокою.

В обстежених з різними типами мікроциркуляції у ході проведення проби із затримкою дихання було виявлено, що у студентів з I типом ЛДФ-грам при затримці дихання рівень кровотоку знижувався на 52,4 %, що значно вище в порівнянні із показниками у студентів з III типом (44,5 %) та II типом (43,1 %).

Проведені дослідження виявили рівень реактивності мікросудин на пробу із затримкою дихання, який залежав від мікроциркуляторних типів. Дані про особливості реактивності мікросудин на пробу із затримкою дихання у студентів з різними типами мікроциркуляції крові представлені у табл. 1.

Таблиця 1  
Особливості реактивності мікросудин при затримці дихання у студентів із різними типами мікроциркуляції (M±m)

Типи мікроциркуляції	ПМ <sub>поч.</sub> , перф. од.	ПМ <sub>мин.</sub> , перф. од.	Δ ПМ <sub>поч.</sub> - ПМ <sub>мин.</sub> , перф. од.	РКК, %
Нормоемічний (I тип ЛДФ-грами)	10,82	5,67*	5,15	64,94*
Гіперемічний (II тип ЛДФ-грами)	17,55*	7,56***	9,99**	36,47***
Гіпоемічний (III тип ЛДФ-грами)	2,56	1,14	1,42	44,05*

Примітка: ПМ<sub>поч.</sub> – початкове значення тканинного кровотоку; ПМ<sub>мин.</sub> – мінімальне значення кровотоку; ПМ<sub>поч.</sub>-ПМ<sub>мин.</sub> – різниця між початковим і мінімальним значеннями; РКК – реактивність капілярного кровотоку; \* – p<0,05, \*\* – p<0,01, \*\*\* – p<0,001 – статистична достовірність між трьома типами мікроциркуляції

Таким чином, різний рівень реактивності на пробу із затримкою дихання обумовлений індивідуально-типологічними особливостями мікроциркуляції крові. Найбільша реактивність мікросудин була виявлена у студентів з нормоемічним типом мікроциркуляції крові (64,94 %). При гіперемічному типі мікроциркуляції рівень реактивності був значно нижче (36,47 %), в порівнянні з іншими типами мікроцирку-

ляції. Рівень реактивності при гіпоемічному типі мікроциркуляції крові мав середнє значення (44,05 %).

**6. Висновки**

Отримані дані свідчать про високий рівень адаптації системи мікроциркуляції крові у досліджуваних студентів. Таким чином, реактивність капілярного кровотоку у досліджуваних осіб за реакцією на

пробу із затримкою дихання характеризувалася достатнім рівнем симпатичних впливів у регуляції тканинного кровотоку.

Одержані дані про особливості стану мікроциркуляції крові мають важливе теоретичне і практичне значення для розуміння механізмів регуляції тканинного кровотоку. Обґрунтовані в результаті дослідження нормативні показники стану мікроциркуляції крові полегшують виявлення функціональних змін організму з використанням неінвазивної методики ЛДФ-діагностики.

#### Література

1. Решетнев, В. Г. Индивидуальные показатели системы кровообращения [Текст] / В. Г. Решетнев, Л. И. Глико; под ред. В. Б. Симоненко. – М.: Эко-Пресс, 2011. – 208 с.

2. Станишевская, Т. И. Особенности микроциркуляции в разных анатомо-топографических областях кожного покрова у человека [Текст] / Т. И. Станишевская, В. И. Козлов, М. В. Морозов // Морфология: научно-теоретический медицинский журнал. – 2009. – Т. 136, № 4. – С. 77.

3. Friese, R. S. Systematic Polymorphism Discovery After Genome Wide Identification Of Potential Susceptibility Loci In A Hereditary Rodent Model Of Human Hypertension [Text] / R. S. Friese, G. W. Schmid-Schönbein, D. T. O'Connor // Blood Pressure. – 2011. – Vol. 20, Issue 4. – P. 222-231. doi: 10.3109/08037051.2011.566012

4. Shoucri, B. M. Plasma-Stimulated Pseudopod Formation Is Increased In Patients With Elevated Blood Pressure [Text] / B. M. Shoucri, K. M. Edwards, G. W. Schmid-Schönbein, P. J. Mills // Hypertension Research. – 2011. – Vol. 34, Issue 6. – P. 787-789. doi: 10.1038/hr.2011.30

5. Lefkowitz, R. B. Whole Blood Assay For Trypsin Activity Using Polyanionic Focusing Gel Electrophoresis [Text] / R. B. Lefkowitz, G. W. Schmid-Schönbein, M. J. Heller // Electrophoresis. – 2010. – Vol. 31, Issue 14. – P. 2442-2451. doi: 10.1002/elps.201000011

6. Козлов, В. И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у человека [Текст] / В. И. Козлов, Ф. Б. Литвин, М. В. Морозов // Biomed. Biosoc. Anthropology. – 2007. – № 9. – С. 249-250.

7. Козлов, В. И. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови [Текст] / В. И. Козлов, Г. А. Азизов. – М.: РУДН ГНЦ лазер.мед., 2012. – 32 с.

8. Чуян, Е. Н. Миогенные реакции микроциркуляторного русла кожи при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты [Текст] / Е. Н. Чуян, Н. С. Трибрат // Учен. записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. – 2014. – Т. 27, № 1. – С. 197-206.

9. Абрамович, С. Г. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке микроциркуляции у здоровых и больных людей [Текст] / С. Г. Абрамович, А. В. Машанская // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – Т. 92, № 01. – С. 158-163.

10. Ермолев, С. Н. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке механизмов регуляции микроциркуляции [Текст] / С. Н. Ермолев, А. П. Шериев, Ю. С. Тюльпин // Бюллетень НИЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. Приложение. – 2008. – Т. 9, № 6. – С. 155.

#### References

1. Reshetnev, V. G., Gliko, L. I.; Simonenko V. B. (Ed.) (2011). Individualnyie pokazateli sistemyi krovoobrascheniya. Moscow: Eko-Press, 208.

2. Stanishevskaya, T. I., Kozlov, V. I., Morozov, M. V. (2009). Osobennosti mikrotsirkulyatsii v raznyih anatomo-topograficheskikh oblastyakh kozhnogo pokrova u cheloveka. Morfologiya: nauchno-teoreticheskiy meditsinskiy zhurnal, 136 (4), 77.

3. Friese, R. S., Schmid-Schönbein, G. W., O'Connor, D. T. (2011). Systematic polymorphism discovery after genome-wide identification of potential susceptibility loci in a hereditary rodent model of human hypertension. Blood Pressure, 20 (4), 222-231. doi: 10.3109/08037051.2011.566012

4. Shoucri, B. M., Edwards, K. M., Schmid-Schönbein, G. W., Mills, P. J. (2011). Plasma-stimulated pseudopod formation is increased in patients with elevated blood pressure. Hypertension Research, 34 (6), 787-789. doi: 10.1038/hr.2011.30

5. Lefkowitz, R. B., Schmid-Schönbein, G. W., Heller, M. J. (2010). Whole blood assay for trypsin activity using polyanionic focusing gel electrophoresis. Electrophoresis, 31 (14), 2442-2451. doi: 10.1002/elps.201000011

6. Kozlov, V. I., Litvin, F. B., Morozov, M. V. (2007). Individualno-tipologicheskie osobennosti mikrotsirkulyatsii u cheloveka. Biomed. Biosoc. Anthropology, 9, 249-250.

7. Kozlov, V. I., Azizov, G. A. (2012). Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v otsenke sostoyaniya i rasstroystv mikrotsirkulyatsii krovi. Moscow: RUDN GNTs lazer.med., 32.

8. Chuyan, E. N., Tribрат, N. S., Ananchenko, M. N. (2014). Individualno-tipologicheskie osobennosti pokazateley mikrotsirkulyatsii. Uchen.zapiski Tavricheskogo nats. un-ta im. V. I. Vernadskogo. Ser. Biologiya, himiya, 21 (1), 190-203.

9. Abramovich, S. G., Mashanskaya, A. V. (2010). Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v otsenke mikrotsirkulyatsii u zdorovyih i bolnyih lyudey. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal. Irkutskiy gosudarstvenniy meditsinskiy universitet, 92 (01), 158-163.

10. Ermolev, S. N., Sheriev, A. P., Tyulpin, Yu. S. (2008). Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v otsenke mehanizmov regulyatsii mikrotsirkulyatsii. Byulleten NTSShH im. A. N. Bakuleva RAMN. Prilozhenie, 9, 155.

*Дата надходження рукопису 16.09.2015*

**Станішевська Тетяна Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, кафедра анатомії та фізіології людини та тварин, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького, вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Україна, 72312  
E-mail: stanisch@ukr.net

**Горбань Дар'я Дмитрівна**, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Богдана Хмельницького, вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Україна, 72312  
E-mail: dashadaf@yandex.ua