

УДК 612.135-055.25"456\*16/\*18"

## ОСОБЛИВОСТІ РЕАКТИВНОСТІ ТКАНИННОГО КРОВОТОКА У ДІВЧАТ 16–18 РОКІВ ПРИ ТЕПЛОВІЙ ГІПЕРЕМІЇ

Т.І. Станішевська, О.І. Горна

*Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького*

*stanisch@ukr.net*

Изучалась реактивность тканевого кровотока у здоровых девушек-студенток 16-18 лет при проведении тепловой пробы. За данными ЛДФ-метрии, а также оценки реактивности микрососудов в популяции девушек выявлены три типа микроциркуляции: нормоемический, гиперемический и гипоемический. Максимальный прирост тканевой перфузии, а также сравнительно быстрое восстановление кровотока после тепловой гиперемии было отмечено у девушек с гипоемическим типом микроциркуляции. Девушки с гиперемическим типом имели относительно нормоемического типа несколько сниженный симпатический тонус, в результате чего у них снижался резерв капиллярного кровотока и удлинялось время восстановления кровотока после теплового воздействия.

*Микроциркуляция крови, ЛДФ-метрия, тепловая проба, реактивность.*

### ВСТУП

Однією з найбільш актуальних проблем сучасних природничих наук є збереження здоров'я різних груп населення з урахуванням регіональних природних факторів, етнокультурних особливостей і соціально-економічних умов їх проживання [3]. Відомо, що і довілля, і спадковість впливають на всі структури організму людини, в той же час допомагають зберегти і реалізувати унікальні особливості його морфологічної й функціональної організації [1].

Особливе значення має комплексне дослідження здоров'я дівчат-студенток оскільки ця соціальна група визначається підвищеним ризиком функціональних порушень організму і має вік, який є найбільш оптимальним для реалізації репродуктивної функції [2, 8].

Одне з провідних місць при діагностиці функціонального стану організму посідає дослідження мікроциркуляції [10, 12].

Мікроциркуляторна ланка є підсистемою судинного русла, в якій, як наслідок, реалізується забезпечення транскapілярного обміну і реакції його на вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовища [4, 5]. Очевидно, що зміни в системі мікроциркуляції крові тісно корелюють зі зрушенням в центральній гемодинаміці [9]. Це дозволяє використовувати ці критерії в оцінюванні загального фізичного розвитку і стану здоров'я обстежуваних осіб [11].

Метою нашого дослідження було вивчення особливостей реакції тканинного кровотоку у дівчат-студенток на теплову пробу методом лазерної доплерівської флоуметрії.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.**

У ході роботи було обстежено 340 дівчат віком 16–18 років різних соматотипів, студенток Мелітопольського державного педагогічного університету, в етнічному аспекті більшість обстежуваних – українки, які постійно проживають на південному сході України.

З метою вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові у жіночому організмі був використаний метод лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ), що дозволяло оцінити стан тканинного кровотоку і виявити ознаки зміни мікроциркуляції під впливом різних чинників. 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 базі процесора Pentium II. Дослідження стану мікроциркуляції проводили у дівчат у сидячому стані. Голівка оптичного зонду (датчика приладу) фіксувалася на вентральній поверхні 4-го пальця лівої руки; рука містилася на рівні серця. Тривалість стандартного запису складала 2 хвилини.

Комп'ютерна програма обробки ЛДФ-грами дозволяла визначити такі характеристики мікроциркуляції: ПМ – параметр мікроциркуляції, СКВ – середнє квадратичне відхилення реєстрованих доплерівських сигналів, КВ - коефіцієнт варіації.

При амплітудно-частотному аналізі ЛДФ-грами вираховувались амплітуда (А) міогенних метаболічних коливань у діапазоні частот від 0,01 до 0,03 Гц (1-2 коливання за хвилину)

– (AVLF); вазомоторних коливань у діапазоні частот від 0,05 до 0,15 Гц (4-8 коливань за хвилину) (ALF); дихальних коливань у діапазоні частот від 0,2 до 0,3 Гц (АНФ) і пульсових хвиль (ACF). Внесок різноманітних ритмічних складових (Р) оцінюється за їх потужністю у відсотковому відношенні до загальної потужності спектру флаксмоцій:  $P = \frac{ALF^2}{(AVLF^2+ALF^2+АНФ^2+ACF^2)} \times 100 \%$ .

Для виявлення реактивності шкіряного кровотоку проводили теплову пробу [7]. Нагрівання досліджуваної вентральної поверхні 4-го пальця здійснювали спеціальним термостатом до температури 40–42°C.

ПМпоч. - початкове значення тканинного кровотоку;

ПМmax. – максимальний приріст кровотоку; – час напіввідновлення кровотоку після припинення теплового навантаження; резерв капілярного кровотоку (РКК):  $РКК = \frac{ПМmax}{ПМпоч.} \times 100 \%$ .

Оцінка достовірності відмінностей між даними, отриманими в досліджуваних групах, проводилася з використанням t-критерію Ст'юдента для вибірок з нерівним числом спостережень. Статистична обробка результатів дослідження проводилася на IBM-PC засобами стандартного програмного продукту Microsoft Excel. Обробка одержаних даних проводилася з використанням базового пакету програм для статистичної обробки даних.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

В обстежених нами дівчат виявлено три типи ЛДФ-грам, які відповідають різним типам мікроциркуляції (рис. 1).

Перший тип («аперіодична» ЛДФ-грама) характеризувався нерегулярними коливаннями кровотоку з високою амплітудою. Цьому типу ЛДФ-грами відповідав нормоемічний тип мікроциркуляції. До даного гемодинамічного типу було віднесено 28,8 % всіх досліджуваних. Даний тип ЛДФ-грами характерний для збалансованого стану механізмів «активної», яка має зв'язок з симпатичними впливами, і «пасивної», що має зв'язок з парасимпатичними впливами регуляцією коливань тканинного кровотоку. Другий тип – («монотонна» ЛДФ-грама з

високим показником ПМ) характеризувалася нерегулярними коливаннями кровотоку з достатньо високою амплітудою.

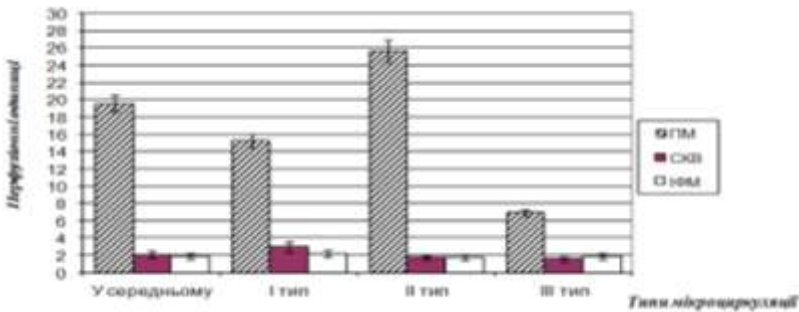


Рисунок 1 – Межі коливання основних показників мікроциркуляції крові трьох типів ЛДФ-грам (перфузійні одиниці).

Figure 1 – Range of fluctuations of basic indicators of three types LDF-gram blood microcirculation (perfusion units).

Даний тип ЛДФ-грами відповідав гіперемічному стану, який спостерігався у випадку збільшення притоку крові в систему мікроциркуляції, пов'язану з деякою дилатацією мікросудин, зумовленого відносним послабленням у регуляції тканинного кровотоку симпатичних впливів. Із усіх обстежуваних до другого типу було віднесено 56,7 %.

Дівчата, які мали третій тип («монотонної» ЛДФ-грами з низьким параметром мікроциркуляції ПМ) склали 14,5 %. Цей вид ЛДФ-грами відповідав «гіпоемічному» типу мікроциркуляції, який характеризується зниженням притоку крові в мікроциркуляторне русло і підвищеним тонусом мікросудин, що виникає внаслідок підвищення симпатичних нейрогенних впливів. У зв'язку із цим даний мікроциркуляторний тип позначено нами як гіпоемічний.

Як показали наші дані, реакція тканинного кровотоку у дівчат на локальне підвищення температури шкіри розвивалася в дві фази. У першу фазу реакції на нагрівання до 39<sup>0</sup> С спостерігається різке посилення вазомоторної активності при фактично незмінному рівні ЛДФ-сигналу: параметр мікроциркуляції відповідав фоновому. При подальшому

підвищенні температури до  $41^{\circ}\text{C}$  мікросудини ставали «дилатированими» і кровоток у них зростає; при цьому вазомоторна активність, пов'язана з VLF-коливаннями на вершині теплової гіперемії, пригнічувалася. У другій фазі реакції фіксується стрибкоподібне збільшення ПМ до  $28,9 \pm 1,07$  перф. од., при збільшенні даного параметра на  $10,9 \pm 0,09$  перф. од. від початкового параметра мікроциркуляції -  $17,9 \pm 0,98$  перф. од. На верхівці теплової гіперемії спостерігається достовірне посилення LF-коливань (вазомоцій), а також високочастотних коливань, пов'язаних з дихальними (HF-ритмом) і пульсовими (CF-ритмом) коливаннями. Амплітуда високочастотних ритмів збільшується на 20–30% від рівня спокою, в результаті їх внесок в загальну потужність спектра різко зростає. Показники внеску в модуляцію кровотоку пульсових коливань збільшується в 2,5–3 рази, внесок респіраторних ритмів зростає на 40–50 %. Все це веде до напруження вазомоторних механізмів, про що також свідчить зниження показника ІФМ на верхівці теплової гіперемії в порівнянні з початковим рівнем в два рази. Ймовірно, при зміні місцевої температури відбувається зрушення тканинного метаболізму і видозміни реактивних властивостей мікросудин [11].

Рівень реактивності капілярного кровотоку, що вимірювався за відсотковим приростом кровотоку на вершині теплової гіперемії, у дівчат складає  $171,4 \pm 7,59$  %. Припинення локального нагрівання шкіри веде до поступового зниження величини ПМ до початкового рівня і залежить від індивідуальних особливостей. Протягом цього часу відновлюється вазомоторна активність, знижується інтенсивність високочастотних коливань. Дана фаза відновлює кровоток на колишній рівень, який відповідає початковому стану мікроциркуляції до дії зовнішнього теплового чинника. Важливою величиною, що дає інформацію про перехід кровотоку з максимального рівня реакції на початковий, є час напіввідновлення кровотоку. Для обстежених дівчат він складає  $129,8 \pm 5,04$  с. Проведені нами експерименти виявили рівень реактивності мікросудин при тепловій гіперемії, який істотно залежав від мікроциркуляторних типів (табл. 1).

Таблиця 1 – Особливості реактивності мікросудин при тепловій гіперемії у дівчат із різними типами мікроциркуляції ( $M \pm m$ )

Table 1 – Peculiarities of vessels reactivity at thermal hyperemia of girls with different types of microcirculation ( $M \pm m$ )

Типи мікроциркуляції	ПМ <sub>поч.</sub> , перф. од.	ПМ <sub>макс.</sub> , перф.од	$\Delta$ ПМ <sub>макс.</sub> - ПМ <sub>поч.</sub> , перф. од.	<b>РКК</b> , %	T <sub>1/2</sub> , сек.
Нормоемічний (I тип ЛДФ-грами)	17,6 ± 0,58***	30,3± 1,08**	12,7±0,5**	173,9 ± 5,8***	128,0 ± 6,2
Гіперемічний (II тип ЛДФ-грами)	24,9 ± 0,99***	35,8 ± 1,08***	10,9±0,09*	133,8 ± 3,8***	149,4 ± 10,8*
Гіпоемічний (III тип ЛДФ- грами)	7,4 ± 0,41***	20,5 ± 1,81***	13,1±1,04	206,5 ± 19,3	111,9 ± 7,0

Примітки: ПМ<sub>поч.</sub> – початкове значення тканинного кровотоку; ПМ<sub>макс.</sub> – максимальний приріст кровотоку;  $\Delta$  ПМ<sub>макс.</sub>-ПМ<sub>поч.</sub> – різниця між початковим і максимальним значеннями; РКК – реактивність капілярного кровотоку; T<sub>1/2</sub> – час напіввідновлення капілярного кровотоку; \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  – статистична достовірність між трьома типами мікроциркуляції.

Для дівчат із нормоемічним типом мікроциркуляції приріст тканинного кровотоку при нагріванні складав  $12,7 \pm 0,5$  перф. од., тобто реактивність мікросудин для даної групи випробовуваних мала значення  $173,9 \pm 5,8$  %. Час відновлення кровотоку до початкового стану становив  $128,0 \pm 6,2$  с.

Дівчата з гіперемічним типом мікроциркуляції мали малий резерв збільшення кровотоку при тепловій гіперемії: приріст тканинного кровотоку у них дорівнював всього  $35,8 \pm 1,08$  % від початкового рівня. Це пояснюється тим, що при гіперемічному типі мікроциркуляції початкові фонові значення знаходяться на значно більш високому рівні, ніж у нормоемічному типі.

Більш висока напруга регуляторних механізмів у представниць гіперемічного типу виявляється і в подовженні часу відновлення кровотоку (до  $149,4 \pm 10,8$  с).

Дівчата, що мали гіпоемічний тип мікроциркуляції, навпаки, відрізнялися відносно підвищеною реактивністю мікросудин у порівнянні з нормоемічним мікроциркуляторним типом. Не дивлячись на те, що на верхівці теплової гіперемії

вони мали найменший показник мікроциркуляції ( $20,5 \pm 1,81$  перф. од.), різниця між початковим показником мікроциркуляції і максимальним показником склала  $13,1 \pm 1,04$  перф. од. Тому, для дівчат з III-м типом ЛДФ-грами резерв капілярного кровотоку склав  $206,5 \pm 19,32\%$ . Оскільки у дівчат з гіпоемічним типом мікроциркуляції домінуючими в регуляції кровотоку є неврогенні дії, то відновлення кровотоку до початкового рівня після теплової гіперемії у них відбувається швидше, ніж у представниць нормоемічного і гіперемічного типів. Для них час напіввідновлення кровотоку складав  $111,9 \pm 7,07$  с. У подальшому планується продовжити дослідження напіввідновлення кровотоку.

### ВИСНОВКИ

1. Реактивність системи мікроциркуляції у дівчат при теплової гіперемії характеризувалася достатнім резервом капілярного кровотоку (РКК –  $171,4 \pm 7,59\%$ ) і порівняно швидким відновленням початкового рівня кровотоку ( $T_{1/2} = 129,8 \pm 5,04$ ).

2. За даними ЛДФ-метрії, а також оцінки реактивності мікросудин у популяції дівчат виявлені три типи мікроциркуляції: нормоемічний, гіперемічний і гіпоемічний тип.

3. Максимальний приріст тканинної перфузії та відносно швидке відновлення кровотоку було відмічено у дівчат з гіпоемічним типом мікроциркуляції.

4. Дівчата з гіперемічним типом мікроциркуляції, навпаки, мали знижений симпатичний тонус відносно нормоемічного типу, тому у них спостерігалось зниження резерву капілярного кровотоку та збільшення часу відновлення кровотоку після теплового впливу.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Барбараш Н.А. Здоровье студентов в разные периоды года от одного дня рождения до следующего / Н.А. Барбараш, М. В. Чичиленко // Вестник РАМН. – 2001. – № 3. – С. 22–24.

*Barbarash N.A., Chichilenko M.V. Zdorove studentov v raznyie periodyi goda ot odnogo dnya rozhdeniya do sleduyushchego // Vestnik RAMN. – 2001. - № 3. – S. 22 – 24.*

2. *Влияние экзаменационного стресса на психофизиологические показатели и ритм сердца студентов / Э.С. Геворкян, А.В. Даян, Ц.И. Адамян и др. // Журнал высшей нервной деятельности. – Армения: Ереванский гос. ун-т, 2003. – № 53, № 1. – С. 46–50.*  
*Vliyanie ekzamenatsionnogo stressa na psihofiziologicheskie pokazateli i ritm serdtsa studentov / E.S. Gevorgyan, A.V. Dayan, Ts.I. Adamyanidr // Zhurnal vyisshey nervnoy deyatel'nosti. – Armeniya: Erevanskiy gos. un-t, 2003. – № 53, № 1. – S. 46–50.*
3. *Герасимов И.Г. Механізми та моделі регулювання функціональних станів організму жінок при дії ендогенних та екзогенних факторів // Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.13 / Київський нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2002. – 32 с.*  
*Herasymov I.H. Mekhanizmy ta modeli rehulyuvannya funktsional'nykh staniv orhanizmu zhinok pry diyi endohennykh ta ekzohennykh faktoriv // Avtoref. dys. ... d-rabiol. nauk: 03.00.13 / Kyiv's'kyunats. un-tim. Tarasa Shevchenka. – K., 2002. – 32 s.*
4. *Калюжна Л.Д. Вплив мікроциркуляції на морфофункціональний стан шкіри / Л.Д. Калюжна, В.В. Верещака // Фізіологічний журнал. – 2002. – Т. 48, № 3. – С. 102–107.*  
*Kalyuzhna L.D., Vereshchaka V.V. Vplyv mikrotsyrkulyatsiyi na morfofunktsional'nyy stan shkiry // Fiziologichnyy zhurnal. – 2002. – T. 48, № 3. – S. 102–107.*
5. *Караганов Я.Л. Реактивность сосудистого эндотелия / Я.Л. Караганов, А.А. Миронов, И.Д. Сенатова // Сосудистый эндотелий. – 1986. – С. 183–199.*  
*Karaganov Ya.L., Mironov A.A., Senatova I.D. Reaktivnos tsoosudistogo endoteliya // Sosudistyiy endoteliy. – 1986. – S. 183 – 199.*
6. *Козлов В.И. Динамика микроциркуляторных реакций при тепловой пробе / В.И. Козлов, О.А. Гурова // Материалы III*



- Всероссийского симпозиума «Применение лазерной доплеровской флоуметрии в мед. практике», М., 2000. – С. 77–78.*
- Kozlov V.I., Gurova O.A. Dinamika mikrotsirkulyatornyih reaktsiy pri teplovooy probe // Materialyi III Vserossiyskogo simpoziuma «Primenenie lazernoydopplerovskoy floumetrii v med. praktike» – М., 2000. – С. 77–78.*
7. *Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – Пособие для врачей. – М.: Медицина, 2005. – 256 с.*  
*Krupatkin A.I., Sidorov V.V. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya mikrotsirkulyatsii krovi: Posobie dlya vrachey. – М.: Meditsina, 2005. – 256 s.*
8. *Маркова А.И. Образ жизни и здоровье студентов / А.И. Маркова, А.В. Мехович // Общественное здоровье и профилактика заболеваний. – 2004. – № 1. – С. 31–36.*  
*Markova A.I., Mehovich A.V. Obrazzhizni i zdorove studentov // Obschestvennoe zdorove i profilaktika zabolevaniy. – 2004. – № 1. – С. 31–36.*
9. *Статистический анализ вариабельности осцилляций периферического кровотока / Г.В. Красников, С.Г. Мартусов, А.Н. Чемерис и др. // Материалы III Всероссийского симпозиума. – М., 2000. – С. 32–34.*  
*Statisticheskiy analiz variabelnosti ostsillyatsiy perifericheskogo krovotoka / G.V. Krasnikov, S.G. Marrusov, A.N. Chemeris i dr. // Materialyi III Vserossiyskogo simpoziuma. – М., 2000. – С. 32–34.*
10. *Impaired 0.1 Hz vasomotion assessed by laser Doppler anemometry as an early index of peripheral sympathetic neuroparthy in diabetes / Mayer M.F., Rose C.J., Hulsmann J.-O. et.al. // Microvascular Research, 2003. – V. 65. – P. 88–95.*
11. *Folkow B. Circulation / Folkow B., Neil E. // New York, Oxford Univ. Press. – 1971. – P. 26.*
12. *Age-related alteration of tear dynamics in normal volunteers / Hirase K., Shimizu A., Yokoi N., Nishida K., Kinoshita S. // Nippon Ganka Gakkai Zasshy. – 1994. – V. 98. – №. 6. – P. 575–578.*

**PECILIARITIES OF REACTIVITY OF 16-18- YEAR-  
OLD GIRLS' TISSUE BLOOD FLOW AT THERMAL  
HYPEREMIA**

*T. I. Stanishevska, O. I. Gorna*

*stanisch@ukr.net*

The reaction of tissue blood flow of 16-18-year-old girls on local temperature raise of the skin developed in two phases. In the first phase of the reaction on heating up to 39<sup>0</sup>C there was observed a sharp increase in vasomotor activity at virtually the same level of the LDF signal: the parameter of microcirculation corresponded to the background one. With further increase in temperature to 41<sup>0</sup>C the microvessels became "dilatate" and the blood flow in them grew; at the same time the vasomotor activity, associated with VLF-oscillations on top of the thermal hyperemia, was suppressed. In the second phase of the reaction a sharp increase in PM to 28,9±1,07 of perf. units was recorded, at increasing this parameter 10,9±0,09 perf. units from the initial setting of the microcirculation is 17,9±0,98 perf. units. At the top of the thermal hyperemia significantly increased LF oscillations (vasomotions) and high-frequency oscillations associated with respiratory (HF-rhythm and pulse (CF rhythm) fluctuations are observed. The amplitude of the high frequency rhythms increased by 20–30 % of the rest level, as a result their contribution to the total spectral power increased greatly. Indicators of contribution to the modulation of blood flow pulse fluctuations increased in 2,5–3 times, the contribution of respiratory rhythms increased by 40–50 %. All this leads to the strain of vasomotor mechanisms, as also evidenced by the two times decrease of IPM at the top of the thermal hyperemia compared with the initial level.

The level of reactivity of capillary blood flow was measured by the percentage increase of blood flow on top of the thermal hyperemia, the girls' one was 171,4±7,59 %. During this time vasomotor activity recovered, the intensity of the high frequency oscillations reduced. This phase restores the blood flow to the previous level, which responds to the initial state of the microcirculation to the external heat factor. For the girls surveyed the time of blood flow half-restoration amounted 129,8± to 5.04 sec. We conducted the experiments which revealed the level of microvascular

reactivity at thermal hyperemia, which was significantly dependent on the microcirculatory types.

For the girls with the normoemic type of microcirculation the increase of tissue blood flow when heated amounted to  $12.7 \pm 0.5$  perf. units, i.e. microvascular reactivity for this group of subjects was  $173,9 \pm 5.8$  per cent. The restoration of blood flow to its original level amounted  $128.0 \pm 6.2$  seconds.

The girls with hyperemic type of microcirculation had a small reserve of increase of blood flow in thermal hyperemia: the increase of tissue blood flow in them was just  $35,8 \pm 1,08\%$  of the initial level. This is because in the conditions of hyperemia type of microcirculation the initial background amounts are on a much higher level than in normoemic type.

The higher strain of regulatory mechanisms of the hyperemic type girls can be seen in the lengthening of the time of restoration of blood flow (up to  $149,4 \pm 10,8$  sec.). The girls that had hypoemic type of microcirculation, on the contrary, were characterized by relatively high reactivity of microvessels compared with normoemic microcirculation type. Despite the fact that on the top of the thermal hyperemia they had the lowest level of the microcirculation ( $20,5 \pm 1,81$  of perf. units), the difference between the initial rate of microcirculation and the highest rate was  $13,1 \pm 1,04$  of perf. units. So for the girls with type III of LDF-gram the capillary blood flow reserve amounted  $206,5 \pm 19,32\%$ . As the girls with hypoemic type of microcirculation have neurogenic actions dominant in the regulation of blood flow, so the restoration of blood flow to the initial level after thermal hyperemia occurs faster than that one of normoemic and hyperemic types. Time for their blood flow half-restoration was  $111,9 \pm 7,07$  sec.