DOI: 10.26693/jmbs06.06.282
УДК 612.135-053.5

Станішевська Т. І., Горна О. І., Копилова Т. В.

РЕАКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ КРОВІ У ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ НА ТЕМПЕРАТУРНИЙ ФАКТОР

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

Мета дослідження: дослідити адаптаційні можливості системи мікроциркуляції крові у дітей молодшого шкільного віку на пробу з підвищенням температури.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися на базі лабораторії фізіологічних досліджень кафедри анатомії та фізіології людини і тварин Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького. Обстежуваний контингент склали 80 практично здорових дітей віком від 6 до 9 років, учнів середніх загальноосвітніх шкіл міста Мелітополя. На основі комплексного морфо-функціонального дослідження нами одержані дані про індивідуально-типологічні особливості мікроциркуляції крові у дітей молодшого шкільного віку та резервні можливості тканинного кровотоку за допомогою функціональних проб.

Результати дослідження. Встановлено, що адаптаційні особливості системи мікроциркуляції крові у хлопчиків і дівчаток раннього шкільного віку зумовлені різним рівнем місцевих і центральних механізмів регуляції мікросудин. Отримані показники під час проведення теплової проби свідчать про різний рівень реактивності організму дітей на підвищення температурного фактора і посилення нейрогенних вазоконстрикторних впливів симпатичного відділу вегетативної нервової системи на судини артеріолярної ланки мікроциркуляторного русла.

Висновки. Реакція на теплову пробу безпосередньо залежить від індивідуально-типологічних особливостей мікроциркуляції крові. При співвідношенні реакції на тепловий вплив у дітей з різними типами мікроциркуляції, максимальний приріст тканевої перфузії спостерігався у дітей з III типом ЛДФ-грам. Такий рівень реактивності мікросудин, а також відносно швидке відновлення кровотоку після теплової гіперемії пояснюється тим, що діти з гіперемічним типом мікроциркуляції мають підвищений тонус мікросудин за рахунок нейрогенного впливу симпатичного ланцюга регуляції тканинного кровотоку. Діти з гіпоемічним типом мікроциркуляції, навпаки, мають відносно нормоемічного типу дещо знижений симпатичний тонус, як наслідок в них знижено резерв капілярного кровотоку та подовжено час його відновлення після теплового впливу.

Ключові слова: теплова проба, реактивність системи мікроциркуляції, лазерна допплерівська флоуметрія, молодший шкільний вік.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота є фрагментом НДР кафедри анатомії і фізіології людини і тварин «Психосоматичні особливості здоров'я студентської молоді» № держ. реєстрації 0120U101436.

Вступ. При вивченні вікових особливостей розвитку організму дітей молодшого шкільного віку актуальними є дослідження функціонування системи мікроциркуляції крові, що є підсистемою судинного русла, в якій реалізується забезпечення транскапілярного обміну та здійснюється реакція на вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовища. Одним з важливих напрямків в оцінці функціональних можливостей системи мікроциркуляції організму дітей молодшого шкільного віку є вивчення реактивності мікросудин при проведенні функціональних проб.

Однією із таких проб є теплова проба, результати якої дозволяють охарактеризувати фізіологічні механізми пристосування організму людини до різних температурних умов існування.

Вивчення мікроциркуляторного русла, його будови, розвитку в онтогенезі широко висвітлено у роботах В. І. Козлова, В. В. Купріянова, Ф. Б. Літвіна, О. А Гурової та інших вчених [1-7]. Дослідження системи мікроциркуляції крові проводиться методом лазерної допплерівської флоуметрії (ЛДФ), що широко використовується у віковій фізіології та клінічних дослідженнях таких вчених: Е. С. Мач, І. П. Аносов, Л. В. Антоновська, І. А. Тихомирова та інші [8-10]. Реактивність тканинного кровотоку організму людини на вплив температур різного діапазону було досліджено В. І. Козловим, Ф. Б. Літвіним, О. А. Гуровою, Т. І. Станішевською [1-7].

Вплив температурного фактору навколишнього середовища на організм дітей в онтогенезі вивчено недостатньо. Насьогодні є лише фрагментарні дані дослідження системи мікроциркуляції крові, її резервних можливостей, механізмів

регуляції у практично здорових дітей на різних етапах онтогенезу як на території України, так і на території інших країн [5, 9, 10].

Мета дослідження: дослідити адаптаційні можливості системи мікроциркуляції крові у дітей молодшого шкільного віку на підвищення температури методом ЛДФ за допомогою функціональної теплової проби.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проводилися на базі лабораторії фізіологічних досліджень кафедри анатомії та фізіології людини і тварин МДПУ імені Богдана Хмельницького. Обстежуваний контингент склали 80 практично здорових дітей віком від 6 до 9 років, учнів середніх загальноосвітніх шкіл міста Мелітополя.

Дослідження проводилися відповідно до сучасних вимог біоетики (Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини», Європейської конвенції про захист прав людини та основних свобод, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицини (2005), Загальної декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО, 2005) і відповідними Законам України «Про наукову і науково-технічну діяльність» (2015)). Батьки всіх учасників були інформовані щодо цілей, організації, методів дослідження та підписали інформовану згоду щодо участі дітей у ньому, і вжиті всі заходи для забезпечення анонімності учасників.

З метою вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові був використаний метод лазерної допплерівської 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.

Дослідження стану мікроциркуляції проводили у дітей у сидячому стані. Голівка оптичного зонду (датчика приладу) фіксувалась на вентральній поверхні 4-го пальця лівої руки; рука містилася на рівні серця. Тривалість стандартного запису складала 2 хвилини.

Записи ЛДФ-грам робилися відповідно до методичних рекомендацій: «Методика лазерної допплерівської флоуметрії») [4, 8, 12].

Інтегральна характеристика кровотоку, реєстрована при ЛДФ, являє собою параметр мікроциркуляції (ПМ), який є функцією від середньої швидкості руху еритроцитів (Vсер.), показника капілярного гематокриту (Htk) і числа функціонуючих капілярів у вимірюваному об'ємі тканин (Nk). Комп'ютерна програма обробки ЛДФ-грами дозволяла визначити такі характеристики мікроциркуляції: ПМ – параметр мікроциркуляції, СКВ – середнє квадратичне відхилення реєстрованих допплерівських сигналів, Kv коефіцієнт варіації:

Важливим етапом ЛДФ-метрії є амплітудно-частотний аналіз (АЧС) гемодинамічних ритмів коливань тканинного кровотоку. АЧС-аналіз проводився за допомогою спеціального розщеплення ЛДФ-грами на гармонійні складові при якому з'являється можливість визначити ступінь вираження або домінування тих чи інших коливань тканинного кровотоку в тканинній гемодинаміці. Програмне забезпечення ґрунтувалося на спектральному розщепленні ЛДФ-грами з використанням математичного апарата Фур'є. При цьому амплітуда кожної гармоніки автоматично визначалася в діапазоні частот від 0,01 до 1,2 Гц.

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 (AHF) і пульсових хвиль (ACF). Внесок різноманітних ритмічних складових (Р) оцінюється за їх потужністю у відсотковому відношенні до загальної потужності спектру флаксмоцій.

Співвідношення активних модуляцій шкіряного кровотоку, зумовлених міогенним та нейрогенним механізмами і додатковими парасимпатичними впливами на нього вираховували, як індекс ефективності флаксмоцій (ІЕФ).

Для виявлення реактивності шкіряного кровотоку проводили теплову пробу. Нагрівання досліджуваної вентральної поверхні 4-го пальця здійснювали спеціальним термостатом до температури 40-42^{0}С.

ПМпоч. - початкове значення тканинного кровотоку; ПМmax. – максимальний приріст кровотоку; $T_{1/2}$ - час напіввідновлення кровотоку після припинення теплового навантаження; резерв капілярного кровотоку (РКК): РКК = (ПМmax/ПМпоч.) × 100%.

Статистична обробка результатів дослідження проводилася за допомогою методів математичного аналізу засобами стандартного програмного продукту Microsoft Excel. Результати дослідження були представлені у вигляді: «середнє арифметичне значення (М)±стандартна похибка середнього (m)». При параметричному розподілі застосовували непарний критерій Стьюдента (t-критерій). Для оцінки достовірності результатів дослідження використовували t-критерій Стьюдента [13].

Результати дослідження та їх обговорення. Під час проведення теплової проби спостерігали закономірний підйом рівня мікроциркуляції, який

виникає як наслідок теплової гіперемії. Проте, по мірі збільшення температури, підйом параметру мікроциркуляції (ПМ) здійснюється у двохфазовому режимі [7].

В першу початкову фазу нагріву має місто різкого підсилення вазомоторної активності та зростання амплітуди флаксу при фактично незмінному середньому рівні ЛДФ-сигналу, оскільки в цій період він мало відрізняється від фонових показників **(рис. 1)**. Далі настає друга фаза теплової гіперемії – фаза повільного зростання ПМ, яка супроводжується зниженням рівня потоку. При досягненні максимального приросту ПМ, рівень тканинної перфузії переходить у новий стаціонарний стан, свідоцтвом чого є вихід ЛДФ-грами на плато.

Паралельно с записом ЛДФ-грами проводився її амплітудно-частотний аналіз, що дозволило виявити зміни в амплітудно-частотному спектрі. Так, у другій фазі, яка відповідає періоду поступового наростання рівня мікроциркуляції, спостерігалося достовірне зниження аперіодичних високоамплітудних коливань кровотоку та посилення високочастотних і пульсових коливань (**рис. 1)**.

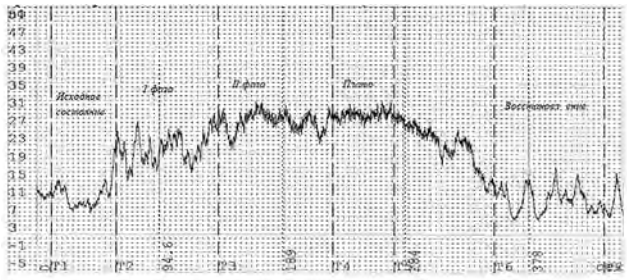

Рис. 1 – ЛДФ-грама під час проведення теплової проби

Примітки: T_1-T_2 – вихідний рівень мікроциркуляції; T_2-T_3 – перша фаза реакції мікроциркуляції на нагрів; T_3-T_4 – друга фаза реакції; T_3-T_5 – плато (вихід мікроциркуляції на постійний рівень; T_6-T_7 – період відновлення кровотоку шкіри)

Завершення локального нагріву поверхні шкіри у зоні тестування веде до повільного зниження ПМ до вихідного рівня. Період відновлення займає звичайно 2 хвилини ($T_{1/2}$ є рівним 133,4±11,03 с).

У період відновлення вазомоторна активність збільшується і досягає початкового рівня, знижуються інтенсивність високочастотних і пульсових коливань, в ЛДФ-грамі знову з'являються високоамплітудні аперіодичні коливання кровотоку.

Початковий стан тканинного кровотоку до теплового впливу, відносно якого визначали наступну реактивність мікросудин, відповідав віковій нормі. В середньому у обстежених дітей вихідний параметр мікроциркуляції ($ПМ_{вих.}$) склав 16,36±3,76 перф. од., СКВ 1,14±0,36 перф. од. Максимальний показник мікроциркуляції ($ПМ_{max}$) дорівнював 25,14±7,86 перф. од., різниця між максимальним та вихідним показниками мікроциркуляції ($\Delta ПМ_{max.}$-$ПМ_{вих.}$) 8,78±4,1 перф. од. Реактивність капілярного кровотоку (РКК) склала в середньому для всієї вибірки дітей 153,67±9,7%, час напіввідновлення кровотоку ($T_{½}$) – 143,8±17,6 секунд.

Амлітудно-частотний спектр коливань кровотоку до нагрівання у дітей віком від 6 до 9 років мав наступні показники **(табл. 1).** Максимальна амплітуда була відмічена зі сторони VLF-коливань 4,3±0,25 перф. од., амплітуда LF-коливань 2,1±0,16 перф. од., мінімальні амплітуди відмічено з HF-коливань 0,7±0,06 перф. од. та CF-коливань 0,3±0,02 перф. од.

Перша фаза реакції тканинного кровотоку на нагрівання відзначалася загальним зниженням амплітуди розмаху коливань кровотоку, яке досягало свого максимуму до другої фази реакції.

На цьому фоні звертає на себе увагу збільшення внеску вазомоторних коливань кровотоку в загальну потужність спектру. Так, вклад VLF-коливань у порівнянні з початковим станом знизився до 48,8±0,9 %, а внесок LF-коливань, навпаки, збільшився до 37,2±1,80 %; зріс також внесок

Таблиця 1 – Зміна амплітудно-частотного спектру флаксмоцій кровотоку у системі мікроциркуляції в різні фази теплової гіперемії

Фази реакції	VLF-коливання (частотний діапазон від 2-3 колив./хв.)		LF-коливання (частотний діапазон від 4-12 колив./хв.)		HF-коливання (частотний діапазон від 13-30 колив./хв.)		CF-коливання (частотний діапазон від 50-90 колив./хв.)	
	А, перф. од.	Вн., %	А, перф. од.	Вн., %	А, перф. од.	Вн., %	А, перф. од.	Вн., %
до нагріву	4,3±0,25	58,1±0,7	2,1±0,16	28,4±0,3	0,7±0,06	9,5±0,2	0,3±0,02	4,1±0,02
І фаза нагріву	2,1±0,08**	48,8±0,9	1,6±0,06**	37,2±1,8	0,4±0,03**	9,3±0,5	0,2±0,01**	4,7±0,24
ІІ фаза нагріву	1,4±0,05**	40,0±1,7	1,2±0,04**	34,3±1,5	0,2±0,05**	5,7±0,5	0,7±0,02**	20,0±0,13
фаза відновлення	2,6±0,07**	36,4±2,1	2,4±0,05	36,4±1,7	1,3±0,07*	19,7±0,7	0,3±0,06	4,5±0,16

Примітки: А – амплітуда, Вн. – внесок: VLF – метаболічних, LF – вазомоторних, HF – дихальних, CF – пульсових коливань. Статистичні достовірні різниці у порівнянні з вихідним значенням відмічено: * – достовірність $p < 0,01$, ** – $p < 0,001$).

HF-коливань і CF-коливань (9,3±0,48 % та 4,7± ±0,24 %, відповідно).

В другу фазу реакції на тепловий вплив ПМ досягає максимального значення ($ПМ_{макс.}$ 25,14±7,86 перф. од.). При цьому вазомоторний ритм зберігається на відносно високому рівні, разом з цим посилюються HF-коливання і CF-коливання (5,7± ±0,50 % та 20,0±0,13 %, відповідно).

Вихід ЛДФ-грами на плато свідчить про максимальний резерв капілярного кровотоку (РКК) і рівень реактивності системи мікроциркуляції.

Для дітей молодшого шкільного віку РКК становила 153,67±9,7 %. Амплітуди VLF- та LF-коливань на даній фазі реакції практично зрівнювалися і мали значення 1,4±0,05 та 1,2±0,04 перф. од., відповідно. HF-коливання мали амплітуду, яка дорівнювала 0,2±0,05 перф. од. та CF-коливань - 0,7±0,02 перф. од.

Після завершення теплового впливу здійснюється поступове повернення параметрів мікроциркуляції до початкового рівня. Важливою величиною, яка характеризує даний перехід, є час напіввідновлення - $T_{1/2}$, для дітей даний показник мав значення 143,8±17,6 секунд. При аналізі амплітудно-частотного спектру у фазі відновлення відмічено наступні показники: VLF-коливання – 2,6±0,07 перф. од., LF-коливання - 2,4±0,05 перф. од., HF-коливання - 1,3±0,07 перф. од., CF-коливання - 0,3±0,06 перф. од.

Необхідно відмітити, що реакція тканинного кровотоку на нагрівання не була однаковою у всіх дітей з різними типами мікроциркуляції. Це означає, що різні типи мікроциркуляції характеризуються і різним рівнем реактивності мікросудин в умовах теплової гіперемії.

Діти з о мали наступні показники тканинного кровотоку при ЛДФ-метрії: ПМвих. дорівнював 14,8±0,58 перф. од.; максимальний приріст параметру мікроциркуляції ПМмах 27,3±1,08 перф. од.; резерв капілярного кровотоку (РКК) мав значення 184,5±5,8 %. Час відновлення капілярного кровотоку ($T_{1/2}$) для дітей з I типом аперіодичної ЛДФ-грами склав 116,8±4,2 секунд **(табл. 2)**.

У дітей з гіпоемічним типом мікроциркуляції при початковому значенні параметру мікроциркуляції ПМ - 9,9±0,41 перф. од., максимальний приріст тканевої перфузії на вершині теплової реакції досягав 17,2±1,81 перф. од.; у результаті резерв капілярного кровотоку (РКК) складав у середньому 173,3±19,3 %.

Час напіввідновлення тканинного кровотоку ($T_{1/2}$) у дітей з гіпоемічним типом мікроциркуляції мав значення 134,5±12,1 секунди. При цьому типі мікроциркуляції знижено резерв капілярного кровотоку до 146,7±3,8 %, а час напіввідновлення кровотоку ($T_{1/2}$) подовжено до 154,1±10,8 секунд.

Як показано у **таблиці 2**, для дітей з III типом ЛДФ-грами у вихідному стані параметр мікроциркуляції крові ПМ складав 19,9±0,99 перф. од., після нагріву максимальне значення тканинної перфузії досягло значення 29,2±1,08 перф. од. Резерв капілярного кровотоку (РКК) для дітей даного типу мікроциркуляції склав 146,7±3,8 %. Час напіввідновлення кровотоку ($T_{1/2}$) подовжено до 154,1±10,8 секунд.

Таким чином, у дітей незалежно від індивідуально-типологічних особливостей мікроциркуляції при локальному нагріванні шкіри відмічалася 2-х фазна реакція системи мікроциркуляції. Такий тип реакції, скоріше за все, пов'язаний зі зміною механізмів регуляції тканинного кровотоку при досягненні максимальної дилатації мікросудин під час теплової гіперемії [5, 6, 7, 10].

В I фазу реакції (при незначному підвищенні температури) активізується вазомоторний механізм модуляції флаксмоцій.

При наступному підвищенні температури (II фаза реакції) досягається максимальна дилатація мікросудин, яка супроводжується максимальним підвищенням ПМ. При цьому, на фоні зниження метаболічних впливів на тканинний кровотік, підвищується значення пасивних механізмів мо-

Таблиця 2 – Особливості реактивності мікросудин при тепловій гіперемії у дітей з різними типами мікроциркуляції

Типи мікроциркуляції	$ПМ_{вих.}$, перф. од.	$ПМ_{макс.}$, перф. од.	Δ $ПМ_{max.}$-$ПМ_{вих.}$, перф. од.	РКК, %	$T_{1/2}$, сек.
Нормоемічний (I тип ЛДФ-грами)	14,8±0,58***	27,3±1,08**	12,5±0,5**	184,5±5,8***	116,8±4,2
Гіпоемічний (II тип ЛДФ грами)	9,9±0,41***	17,2±1,81***	7,3±1,04	173,3±19,3	134,5±12,1
Гіперемічний (III типЛДФ-грами)	19,9±0,99***	29,2±1,08***	9,3±0,09*	146,7±3,8***	154,1±10,8*

Примітки: $ПМ_{вих.}$ – вихідний параметр мікроциркуляції, $ПМ_{макс.}$ – максимальний параметр мікроциркуляції, РКК – реактивність капілярного кровотоку, $T_{½}$ – час напіввідновлення кровотоку; * – $p<0,05$, ** – $p<0,01$, *** – $p<0,001$ – статистичні достовірні різниці між трьома типами мікроциркуляції).

дуляції кровотоку, які обумовлені респіраторними і пульсовими коливаннями кровотоку.

Таким чином, у здорових обстежених теплову дилатацію мікросудин попереджує фаза посилення вазомоторної активності.

Висновки. Реакція на теплову пробу безпосередньо залежить від індивідуально-типологічних особливостей мікроциркуляції крові організму досліджуваних.

При співвідношенні реакції на тепловий вплив у дітей з різними типами мікроциркуляції, максимальний приріст тканевої перфузії спостерігався у дітей з III типом ЛДФ-грам. Такий рівень реактивності мікросудин, а також відносно швидке відновлення кровотоку після теплової гіперемії пояснюється тим, що діти з гіперемічним типом мікроциркуляції мають підвищений тонус мікросудин за рахунок нейрогенного впливу симпатичного ланцюга регуляції тканинного кровотоку. Діти з гипоемічним типом мікроциркуляції, навпаки, мають відносно нормоемічного типу дещо знижений симпатичний тонус, як наслідок в них знижено резерв капілярного кровотоку та подовжено час його відновлення після теплового впливу.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження системи мікроциркуляції крові полягатимуть у вивченні резервних можливостей тканинного кровотоку на інші функціональні проби з затримкою дихання та оклюзійну, для вивчення адаптаційних механізмів регуляції системи кровообігу при переході дітей з одного до іншого періоду онтогенезу.

References

1. Kozlov VI. *Razvitie sistemy mikrotsirkulyatsii* [Development of the microcirculation system]. M: RUDN; 2012. 314 s. [Russian]
2. Kozlov IO, Zherebtsov EA, Zherebtsova AI, Dunaev AV. The analysis of processing algorithms of laser Doppler signalin Lab VIEW software. *Symposium Proceedings of 2 nd International Scientific Symposium «Sense. Enable. SPITSE»* 2015: 225-227.
3. Kozlov VI, Sakharov VN, Gurova OA, Sidorov VV. Otsenka sostoyaniya mikrotsirkulyatsii u detei 6–7 let po dannym lazernoi dopplerovskoi floumetrii [Laser doppler flowmetry assessment of microcirculation in children of 6–7 years old]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya.* 2021; 20(3):46-53. doi: 10.24884/1682-6655-2021-20-3-46-53
4. Kozlov IO, Zherebtsov EA, Podmasteryev KV. Digital Laser Doppler Flowmetry: Device, Signal Processing Technique, and Clinical Testing. *Biomed Eng*. 2021; 55: 12-16. doi: 10.1007/s10527-021-10061-7
5. Litvin FB. Vozrastnye i individualno-tipologicheskie osobennosti mikrotsirkulyatsii u malchikov-podrostkov i yunoshey [Age and individual-typological features of microcirculation in teenage boys and boys]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*. 2006; 5: 44-50. [Russian]
6. Gurova OA. Individualno-tipologicheskie osobennosti mikrotsirkulyatsii krovi u detey [Individually-typological features of blood microcirculation in children]. *Novye issledovaniya*. 2014; 2(39): 15-23. [Russian]
7. Gurova OA, Stanishevskaya TI. Reaktivnost sistemy mikrotsirkulyatsii u devushek pri teplovoy probe [Reactivity of the microcirculation system in girls with a thermal sample]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya*. 2006; 5: 58-63. [Russian]
8. Mach ES. Lazer-Dopplerfloumetriya v otsenke mikrotsirkulyatsii v usloviyakh kliniki [Laser-Dopplerfloumetria in the assessment of microcirculation in the clinic]. *Materialy Pervogo Vserossiyskogo simpoziuma «Primenenie lazernoy dopplerovskoy floumetrii v meditsinskoy praktike».* M; 1996. s. 56-64. [Russian]
9. Tikhomirova IA, Baboshina NV, Terekhin SS. Vozmozhnosti metoda lazernoi dopplerovskoi fluometrii v otsenke vozrastnykh osobennostei funktsionirovaniya sistemy mikrotsirkulyatsii [The possibility of the method of laser doppler fluometry in the assessment of the age features of the microcirculation system]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya.* 2019; 17(3): 80-86. doi: 10.24884/1682-6655-2019-17-3-80-86
10. Anosov IP, Antonovska LV, Stanishevska TI. Metodika lazernoyi doplerovskoyi floumetriyi v otsintsi stanu mikrotsirkulyatsiyi krovi u ditey [Methods of laser doppler floosetria in assessing the condition of blood microcirculation in children]. *Biologichniy visnik Melitopolskogo derzhavnogo pedagogichnogo universitetu imeni Bogdana Khmelnitskogo*. 2011; 1: 6-11. [Ukrainian]
11. Dremin VV, Kozlov IO, Zherebtsov EA, Makovik IN, Dunaev AV, Sidorov VV, et al. Vozmozhnosti lazernoi dopplerovskoi floumetrii v otsenke sostoyaniya mikrogemolimfotsirkulyatsii [The possibilities of laser doppler flumetria in assessing the state of microhemolymphocyerculation]. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya.* 2019; 16(4): 42-49. doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-4-42-49
12. Krupatkin AI Oscillatory processes in lymph microcirculation in the human skin. *Human Physiology*. 2014; 1(40):52-57. [Russian]. doi: 10.1134/S0362119713040087
13. Lapach SN, Chubenko AV, Babich PN. *Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispolzovaniem Excel: 2-e izd.* [Statistical Methods in Life Sciences Research Using Excel: 2th ed.]. K: MORION; 2001. 408 s. [Russian]

УДК 612.135-053.5

РЕАКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ФАКТОР

Станишевская Т. И., Горная О. И., Копылова Т. И.

Резюме. *Цель:* проанализировать адаптационные возможности системы микроциркуляции крови у детей младшего школьного возраста на пробу с нагреванием.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на базе лаборатории физиологических исследований кафедры анатомии и физиологии человека и животных Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. Исследуемый контингент составили 80 практически здоровых детей в возрасте от 6 до 9 лет, учащиеся средних общеобразовательных школ города Мелитополя. На основе комплексного морфо-функционального исследования нами получены данные об индивидуально-типологических особенностях микроциркуляции крови у детей младшего школьного возраста и резервных возможностях тканевого кровотока с помощью функциональных проб.

Результаты исследования. Установлено, что адаптационные особенности системы микроциркуляции крови у мальчиков и девочек раннего школьного возраста обусловлены разным уровнем местных и центральных механизмов регуляции микрососудов. Полученные показатели при проведении тепловой пробы свидетельствуют о разном уровне реактивности организма детей на повышение температурного фактора и усиления нейрогенных вазоконстрикторных воздействий симпатического отдела вегетативной нервной системы на сосуды артериолярного звена микроциркуляторного русла.

Выводы. Реакция на тепловую пробу напрямую зависит от индивидуально-типологических особенностей микроциркуляции крови. При соотношении реакции на тепловое воздействие у детей с различными типами микроциркуляции, максимальный прирост тканевой перфузии наблюдался у детей с III типом ЛДФ-грамм. Такой уровень реактивности микрососудов, а также относительно быстрое восстановление кровотока после тепловой гиперемии объясняется тем, что дети с гиперемическим типом микроциркуляции имеют повышенный тонус микрососудов за счет нейрогенного влияния симпатического звена регуляции тканевого кровотока. Дети с гипоемическим типом микроциркуляции, имели несколько сниженный симпатичный тонус сосудов чем у нормоемического типа, как следствие у них снижен резерв капиллярного кровотока и продлено время его восстановления после теплового воздействия.

Ключевые слова: тепловая проба, реактивность системы микроциркуляции, лазерная допплеровская флоуметрия, младший школьный возраст.

UDC 612.135-053.5

Reactivity of the Blood Microcirculation System in Primary School Children to the Temperature Factor

Stanishevska T. I., Gorna O. I., Kopylova T. V.

Abstract. *The purpose of the study* was to investigate the adaptive capacity of the blood microcirculation system in children of primary school age for a functional test with heating.

The article deals with the study of the blood microcirculation system in primary school children by laser Doppler flowmetry and the study of the reserve capacity of tissue blood flow in children on a test with increasing temperature factor.

Materials and methods. The research was conducted on the basis of the laboratory of physiological research of the Department of Anatomy and Physiology of People and Animals of Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. The surveyed contingent consisted of 80 practically healthy children aged 6 to 9 years old, secondary school students in Melitopol. Based on a comprehensive morphofunctional study, we obtained data on individual-typological features of blood microcirculation in primary school children and the reserve capacity of tissue blood flow using functional tests. It is established that the adaptive features of the blood microcirculation system in boys and girls of early school age are due to different levels of local and central mechanisms of microvessel regulation.

Results and discussion. The results obtained during the thermal test indicate different levels of reactivity of the body to increasing the temperature factor and the neurogenic vasoconstrictor effects of the sympathetic nervous system on the vessels of the arteriolar part of the microcirculatory tract. The reaction to the thermal test directly depends on the individual-typological features of blood microcirculation.

Conclusion. At a ratio of reaction to thermal influence in children with various types of microcirculation, the maximum increase in tissue perfusion was observed in children with type III of laser Doppler flowgram. This level of microvascular reactivity, as well as the relatively rapid recovery of blood flow after thermal hyperemia is

explained by the fact that children with hyperemic type of microcirculation have increased microvascular tone due to neurogenic effects of the sympathetic chain of tissue blood flow regulation. Children with the hypoemic type of microcirculation, on the other hand, have a somewhat reduced sympathetic tone relative to the normoemic type, as a result of which the reserve of capillary blood flow is reduced and the time of blood flow recovery after thermal exposure is prolonged.

Keywords: thermal test, reactivity of the microcirculation system, laser Doppler flowmetry, primary school age.

ORCID and contributionship:
Tatiana I. Stanishevska : 0000-0002-4012-7335 [A, B, C, D, F]
Oksana. I. Gorna : 0000-0002-7387-7298 [A, B, C, D]
Tatiana. V. Kopylova : 0000-0003-3211-2798 [B, C, E]

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR
Tatiana I. Stanishevska
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University,
Department of Anatomy and Physiology of Man and Animals
20, Hetmanska St., Melitopol 72312, Ukraine
tel: +380967907181, e-mail: stanisch@ukr.net

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 29.09.2021 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування