

РОЗДІЛ IV

Фізіологія людини і тварин

УДК 612.35 «465.06/09»

Тетяна Станішевська,
Оксана Горна,
Юлія Хрустальова,
Яна Сукова,
Вікторія Кардашевська

Вікові особливості тканинного кровотоку в дітей у період пубертатного розвитку

Аналіз стану тканинного кровотоку в дітей засвідчив, що показник мікроциркуляції крові підвищувався впродовж пубертатного віку від 12 до 16 років. Стан регуляторних механізмів, що забезпечують адекватний рівень мікроциркуляції, підвищується за рахунок внеску активних механізмів у модуляцію тканинного кровотоку.

Ключові слова: тканинний кровоток, лазерна доплерівська флоуметрія, типи мікроциркуляції.

Постановка наукової проблеми та її значення. Збереження й зміцнення здоров'я дітей і підлітків сьогодні залишається актуальною проблемою, оскільки на здоров'я впливають екологічні, соціально-економічні умови життя. Організм дитини в критичний пубертатний період розвитку має певні нейроендокринні перебудови. Наукові дослідження свідчать про те, що в цьому віці завершується розвиток організму, відбувається його перебудова, спостерігаємо підвищену емоційність, чутливість до впливу різних чинників середовища [1; 6; 7; 10].

Відомо, що головне місце у формуванні оптимальної адаптивної реакції організму належить серцево-судинній системі. Мікроциркуляторна ланка є підсистемою судинного русла, у якій, крім забезпечення транскапілярного обміну, реалізовується також його реакція на вплив факторів зовнішнього й внутрішнього середовища [3; 4; 5; 9; 12].

Серед методів дослідження тканинного кровотоку останнім часом набуває особливої популярності метод лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ). Як показано в наших та інших дослідженнях, цей метод дає змогу не лише визначити основні параметри тканинного кровотоку, але й оцінити стан функціонування основних механізмів регуляції мікрокровотоку в різні періоди онтогенезу [3; 4; 5; 9; 12].

Мета дослідження – визначення основних функціональних показників мікроциркуляції крові, її регуляторних механізмів у дітей у період онтогенезу від 12 до 16 років.

Дослідження виконано в науково-дослідній лабораторії фізіологічних досліджень кафедри анатомії та фізіології людини та тварин МДПУ імені Богдана Хмельницького в рамках комплексної науково-дослідної теми кафедри «Психосоматичні особливості здоров'я студентської молоді», № 0117U006704.

Матеріали та методи дослідження. У ході дослідження обстежено 75 практично здорових дітей пубертатного періоду онтогенезу, дівчат і хлопців віком 12–16 років, учнів середньо-загальних шкіл міста Мелітополя Запорізької області. Дослідження проводили відповідно до сучасних вимог біоетики.

Задля вивчення функціонального стану мікроциркуляції крові використано метод лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ). ЛДФ здійснювали лазерним аналізатором кровотоку «ЛАКК-01» із лазерним джерелом випромінювання на довжині хвилі 0,63 мкм. Лазерний аналізатор з'єднаний із комп'ютером, на монітор якого виводили криву записів ЛДФ-грам у реальному масштабі часу. Голівка оптичного зонду (датчика приладу) фіксувалася на вентральній поверхні четвертого пальця

руки. Тривалість стандартного запису складала 4 хв. Записи ЛДФ-грам здійснювали відповідно до методичних рекомендацій: «Методика лазерної доплерівської флоуметрії» [3; 4; 5; 9; 12]. Комп'ютерна програма обробки ЛДФ-грами дала змогу визначити такі характеристики мікроциркуляції крові, як параметр мікроциркуляції (ПМ), середнє квадратичне відхилення (СКВ) реєстрованих доплерівських сигналів, коефіцієнт варіації (Kv).

Важливий етап ЛДФ-метрії – аналіз амплітудно-частотного спектра (АЧС) гемодинамічних ритмів коливань тканинного кровотоку. Амплітуда кожної гармоніки автоматично визначається в діапазоні частот від 0,01 до 1,2 Гц. При амплітудно-частотному аналізі ЛДФ-грами обчислювались амплітуда (А) міогенних метаболічних коливань у діапазоні частот від 0,01 до 0,03 Гц (1–2 коливання за хвилину) (A_{VLF}), вазомоторних коливань у діапазоні частот від 0,05 до 0,15 Гц (4–8 коливань за хвилину) (A_{LF}), дихальних коливань у діапазоні частот від 0,2 до 0,3 Гц (A_{HF}) і пульсових хвиль (A_{CF}). Внесок різних ритмічних складників (Р) оцінювали за їхньою потужністю у відсотковому відношенні до загальної потужності флаксмоцій:

$$P = A_{LF}^2 / (A_{VLF}^2 + A_{LF}^2 + A_{HF}^2 + A_{CF}^2) \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Співвідношення активних модуляцій тканинного кровотоку, зумовлених міогенним і нейрогенним механізмами, та додаткових парасимпатичних впливів на нього обчислювали як індекс ефективності флаксмоцій:

$$ІФМ = A_{LF} / (A_{HF} + A_{CF}) . \quad (2)$$

Оцінку достовірності отриманих даних проводили, використовуючи t-критерій Стьюдента. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою стандартного програмного продукту Microsoft Excel та Biostat 5.0.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. За нашими даними, у ході індивідуального розвитку хлопчиків і дівчаток віком від 12 до 16 років триває формування системи мікроциркуляції крові й перебудова механізмів регуляції. Параметр мікроциркуляції (ПМ) в досліджуваних жіночої статі впродовж періоду з 12 до 15 років не змінювався та дорівнював $7,2 \pm 0,4$ перф. од. Із 15- до 16-річного віку ПМ збільшувався до $7,8 \pm 0,5$ перф. од. СКВ збільшувалося впродовж періоду, що вивчався, із мінімального у 12 років ($0,75 \pm 0,12$ перф. од.) до максимального ($0,92 \pm 0,15$ перф. од.) у 16 років.

Аналогічну динаміку змін параметру мікроциркуляції крові й середнього квадратичного відхилення кровотоку спостерігали в хлопців упродовж досліджуваного періоду. Отже, в осіб чоловічої та жіночої статей 12–16 років зберігається гетерохронність величин показників ПМ і СКВ. Цей факт відображає загальну біологічну закономірність різного розвитку чоловічого й жіночого організму на етапах постнатального онтогенезу, у тому числі системи мікроциркуляції.

Інтенсивність кровотоку та рівень флакса, так звана складова ЛДФ-сигналу, залежать від величини внеску активних і пасивних факторів модуляції кровотоку. Сумарний вплив цих факторів на потік крові змінює модуляцію перфузії й реєструється у вигляді складного коливального процесу.

Виходячи з якісного аналізу доплерограм, виокремлено три типи, які істотно відрізнялися за своїми параметрами: аперіодична ЛДФ-грама (I тип), монотонна низькоамплітудна ЛДФ-грама (II тип), синусоїдальна ЛДФ-грама (III тип).

З усієї вибірки досліджуваних, за нашими даними, у 45 % випадків, траплявся I тип. Складний коливальний процес, графічно представлений у вигляді аперіодичного типу ЛДФ-грами, відображав зміни концентрації й швидкості потоку еритроцитів. Для аперіодичних ЛДФ-грам характерні відносно високі значення ПМ $7,0 \pm 0,6$ перф. од. і добре виражені аперіодичні коливання кровотоку (СКВ $0,94 \pm 0,17$ перф. од.) (табл. 1).

Доплерограми I типу відрізнялися низькими значеннями амплітуди й спектральної потужності гармонік високочастотного спектра.

Переважаання амплітуди низькочастотних коливань над високочастотними ритмами в частотно-амплітудному спектрі ЛДФ-грам I типу відображає максимально висока величина ІФМ – $4,36 \pm 0,45$ ум. од. Отже, за характеристиками тканинного кровотоку та збалансованості механізмів активної й пасивної регуляції аперіодичний тип ЛДФ-грами відповідає нормоемічному типу мікроциркуляції.

Другий тип ЛДФ-грам траплявся приблизно в кожного третього випробуваного (у 53 % випадків). Монотонні низькоамплітудні ЛДФ-грами, порівняно з I типом, характеризувалися достовірно низькими значеннями ПМ– $6,0 \pm 0,4$ перф. од. і СКВ – $0,69 \pm 0,17$ перф. од. (табл. 2). Спектральний аналіз активності симпатичних адренергічних нервових волокон засвідчив, що амплітуда VLF-коливань при II типі доплерограм знижується. Це, зі свого боку, викликає посилення жорсткості судинної стінки й зниження тканинного кровотоку, що підтверджує низька величина ПМ.

Таблиця 1

Основні показники мікроциркуляції при аперіодичному типі ЛДФ-грам

Параметр мікроциркуляції, $M \pm m$		
ПМ, перф. од.		$7,0 \pm 0,6$
СКВ, перф. од.		$0,94 \pm 0,17$
ІФМ		$4,36 \pm 0,45$
Частотно-амплітудний спектр		
VLF	A*, перф. од.	$2,14 \pm 0,50$
	Внесок**, %	$53,0 \pm 2,0$
LF	A, перф. од.	$1,53 \pm 0,28$
	Внесок, %	$36,0 \pm 2,0$
HF	A, перф. од.	$0,31 \pm 0,07$
	Внесок, %	$8,0 \pm 1,0$
CF	A, перф. од.	$0,04 \pm 0,01$
	Внесок, %	$2,0 \pm 0,4$

Примітка. * – Амплітуда коливань ** – внесок у спектральну потужність.

Для ЛДФ-грам II типу на тлі зниження спектральної потужності VLF-коливань до 55 ± 7 % і LF-коливань до 34 ± 3 % характерне підвищення потужності спектра HF-коливань до $9 \pm 1,3$ % ($p < 0,05$) та CF-коливань до $2 \pm 0,9$ % ($p < 0,05$). Стрімке падіння амплітуди ритмів у низькочастотній області на тлі незмінної величини високочастотних гармонік призводить до зниження величини ІФМ до $1,33 \pm 0,09$ ум. од.

Загалом, монотонний низькоамплітудний тип ЛДФ-грам відповідає «гіпоемічному» типу мікроциркуляції зі зниженим рівнем перфузії тканин крові й підвищеним тонусом мікросудин, що виникає в результаті підвищення симпатичних неврогенних впливів на тканинний кровообіг.

Таблиця 2

Основні параметри монотонного низькоамплітудного типу ЛДФ-грам

Параметр мікроциркуляції		
ПМ, перф. од.		$6,0 \pm 0,4$
СКВ, перф. од.		$0,69 \pm 0,17$
ІФМ		$2,98 \pm 0,39$
Частотно-амплітудний спектр		
VLF	A*, перф. од.	$0,55 \pm 0,14$
	Внесок**, %	$55,0 \pm 7,0$
LF	A, перф. од.	$0,33 \pm 0,08$
	Внесок, %	$34,0 \pm 3,0$
HF	A, перф. од.	$0,09 \pm 0,003$
	Внесок, %	$9,0 \pm 1,3$
CF	A, перф. од.	$0,02 \pm 0,001$
	Внесок, %	$2,0 \pm 0,9$

Примітка. * – Амплітуда коливань ** – внесок у спектральну потужність.

Помітно рідше траплявся III тип ЛДФ-грам (у 2 % випадків) (табл. 3).

Середні параметр ЛДФ-грами синусоїдального типу

Параметри мікроциркуляції		
ПМ, перф. од.		8,7 ± 0,8
СКВ, перф. од.		2,01 ± 0,26
ІФМ		1,34 ± 0,06
Частотно-амплітудний спектр		
VLF	A*, перф. од.	1,26 ± 0,24
	Внесок**, %	48,0 ± 3,0
LF	A, перф. од.	0,83 ± 0,15
	Внесок, %	31,0 ± 1,0
HF	A, перф. од.	0,31 ± 0,07
	Внесок, %	11,0 ± 1,0
CF	A, перф. од.	0,24 ± 0,05
	Внесок, %	9,0 ± 0,03

Примітка. * – Амплітуда коливань; ** – внесок у спектральну потужність.

Досліджувані із синусоїдальними ЛДФ-грамами відрізнялися від представників I і II типів доплерограм максимально високими значеннями ПМ ($8,7 \pm 0,8$ перф. од.) і СКВ ($2,01 \pm 0,26$ перф. од.) (табл. 3). Зберігаються типологічні особливості й серед показників частотно-амплітудного спектра.

Ураховуючи дані частотно-амплітудного спектра, ми простежуємо, що при синусоїдальному типі ЛДФ-грами відбувається не тільки посилення припливу, але й ослаблення відтоку крові з мікроциркуляторного русла, що може ініціювати розвиток застійних процесів. Зважаючи на гіперемічний характер мікроциркуляції, а також зниження внеску вазомоторного ритму в модуляцію тканинного кровотоку, синусоїдальні ЛДФ-грами відповідають «гіперемічному» типу мікроциркуляції.

Отримані нами дані засвідчують, що частота простеженості різних мікроциркуляторних типів приблизно однакова в осіб жіночої та чоловічої статей.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За даними ЛДФ-метрії, у дітей пубертатного віку найбільші коливання параметрів мікроциркуляції припадали на початок статевого дозрівання. Мінімальне значення ПМ збігалось на початок періоду статевого дозрівання, а з 15-річного віку спостерігали поступове його збільшення. Оцінка стану регуляторних механізмів, які забезпечують адекватний рівень мікроциркуляції на вивченому етапі онтогенезу, показала, що від 12 до 16 років підвищується внесок активних механізмів у модуляцію тканинного кровотоку. Показники спектральної потужності змінюються за рахунок зниження частки дуже низькочастотних VLF і низькочастотних LF-коливань до 89 % та підвищення (до 11 %) спектральної потужності високочастотних HF і коливань в області кардіоритму CF. За індивідуально-типологічними особливостями мікроциркуляції крові в дітей на пубертатному етапі постнатального онтогенезу встановлено, що найчастіше (у 53 % випадках) траплявся гіпоемічний тип мікроциркуляції, у 45 % – нормоемічний та у 2 % – гіперемічний.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні резервних можливостей організму підлітків під час використання різних функціональних проб.

Джерела та література

1. Безобразова В. Н. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и конечностей у детей 5–17 лет на разных этапах онтогенеза / В. Н. Безобразова, Т. Б. Догадкина // Альманах «Новые исследования». – Москва : Вердана, 2014. – Вып. 1. – С. 200–207.
2. Гурова О. А. Применение метода ЛДФ для наблюдений за состоянием микроциркуляции крови у детей 5–7 лет / О. А. Гурова // Применение лазерной доплерофлюометрии в медицинской практике. – Москва, 2011. – С. 69–71.
3. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у человека / В. И. Козлов, Г. А. Азизов, Р. Х. Ибрагим [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция : материалы V науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2010. – № 1. – С. 77–78.
4. Козлов В. И. Метод лазерной доплерофлюометрии : пособие для врачей / В. И. Козлов, Ф. Б. Мач, О. А. Литвин. – Москва : Изд-во Гос. науч. центра лазерной медицины Минздрава России, Российский ун-т дружбы народов, 2012. – 22 с.

5. Крупаткин А. И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – Москва : Медицина, 2013. – 254 с.
6. Литвин Ф. Б. Особенности состояния микроциркуляции крови у студентов, проживающих в разных радиоэкологических условиях / Ф. Б. Литвин // *Ангиология и сосудистая хирургия*. – Москва, 2012. – № 3. – С. 17–18.
7. Манкаева О. В. Формирование функциональных резервов кардиореспираторной системы у детей разных возрастных групп в период адаптации к измененным условиям средыобитания : автореф. дис. ... канд. мед. наук / О. В. Манкаева. – Москва : Наука, 2005. – 22 с.
8. Покалев Г. М. Резерв микроциркуляции, его роль в механизмах адаптации системного и периферического кровообращения / Г. М. Покалев, В. А. Костров, Л. А. Лапшина // *Ангиология и сосудистая хирургия*. – 2004. – Т. 10, № 3. – С. 19.
9. Сидоров В. В. Физические основы метода лазерной доплеровской флоуметрии и его применение в неврологической практике / В. В. Сидоров, М. А. Ронкин, И. М. Максименко // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. – 2011. – № 12. – С. 26–35.
10. Станишевская Т. И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у девушек-студенток с разным соматотипом : дис. ... канд. биол. наук / Т. И. Станишевская. – Москва, 2005. – 187 с.
11. Maver J. Thebiomedicaleffectsoflaserapplication / J. Maver, M. Struel // *LasersSurg. Med.* – 2000. – V. 5. – P. 31–67.
12. Pittman R. Oxygentran sport and exchange in the microcirculation / R. Pittman // *Microcirculation*. – 2005. – № 2. – P. 59–70.

Станишевская Татьяна, Горная Оксана, Хрусталева Юлия, Сукова Яна, Кардашевская Виктория. Возрастная динамика показателей микроциркуляции крови в детей в период онтогенеза от 12 до 16 лет. Экспериментальное исследование включало изучение функционального состояния микроциркуляции крови с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Это позволяло оценить состояние тканевого кровотока и выявить индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови. Среди обследованных детей обнаружили три типа ЛДФ-грамм, которые соответствуют разным типам микроциркуляции крови (нормоэмический, гиперэмический и гипоэмические). Чаще всего (53 % случаев) встречался гипоэмический тип микроциркуляции, в 45 % – нормоэмический и наименее встречающийся (2 %) – гиперэмический.

Ключевые слова: капиллярный кровоток, лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), параметр микроциркуляции.

Stanishevskia Tetayna, Gorna Oksana, Khrustaleva Julia, Sukova Iana, Ardashevskia Viktoriia. Age Peculiarities of Tissue Blood Flow in Children During Pubertal Development. Analysis of the condition of tissue blood flow in children showed that the rate mccross blood increased from 12 years to 15–16 years. State regulatory mechanisms which ensure an adequate level of microcirculation, in children from 12 to 16 years, increases due to the contribution of active mechanisms in the modulation of tissue blood flow. For individually-typological features of blood microcirculation in children adolescence was oftenfound (in 53 % of cases)goemon type mccross and Normanni (45 %), the least found (2 %) wasprime.

Key words: tissue blood flow, laser dopplersflowmetry, types mccross.

Стаття надійшла до редколегії
04.10.2017 р.

УДК 159.937.5:159.943.7

**Тетяна Качинська,
Ольга Абрамчук,
Карина Гочачко**

Вплив сприйняття індивідуальної хвилини на нейродинамічні показники

Виявлено вплив сприйняття індивідуальної хвилини та нейродинамічні показників в осіб жіночої статі. Сила та рухливість нервових процесів мають вищі показники в дівчат, що прискорюють «індивідуальну хвилину». Значення оцінки «індивідуальної хвилини» більше впливає на нейродинамічні показники осіб, котрі переоцінюють час.

Ключові слова: індивідуальна хвилина, брадихроніки, тахихроніки.

© Качинська Т., Абрамчук О., Гочачко К., 2018