

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ В КОЖЕ У ДЕТЕЙ

О.А. Гурова, В.И. Козлов

Кафедра анатомии человека  
Медицинский факультет  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198

Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) изучено состояние кожного кровотока у 70 детей в возрасте от 4 до 7 лет. В этот период наблюдается постепенное снижение интенсивности кровотока в коже. Для обследованных детей характерны три типа микроциркуляции: мезоэмический, гипоемический и гиперемический. Преобладает мезоэмический тип микроциркуляции (51,4% детей), при котором регуляторные влияния сбалансированы.

**Ключевые слова:** лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, кожа, дети 4—7 лет.

Исследование закономерностей формирования системы микроциркуляции в онтогенезе является актуальной проблемой современной науки, поскольку именно система микроциркуляции играет важнейшую роль в транспорте биологических жидкостей и поддержании постоянства внутренней среды организма [2, 7]. У детей в возрасте от 4 до 6 лет происходит существенная перестройка морфофункциональной организации сердечно-сосудистой системы, активно совершенствуются механизмы ее регуляции [1, 6]. Сосудистое русло кожи и кожный кровоток служат доступным объектом изучения микроциркуляции крови [2—4].

**Цель настоящего исследования** — изучить возрастные особенности кожной микроциркуляции у детей в возрасте от 4 до 7 лет.

**Материал и методы исследования.** Обследованы 70 практически здоровых дошкольников в возрасте от 4 до 7 лет: 11 детей — 4 лет (5 мальчиков, 6 девочек), 22 — 5 лет (13 мальчиков, 9 девочек), 19 — 6 лет (7 и 12, соответственно), 18 детей — 7 лет (по 9 каждого пола).

Состояние микроциркуляции крови исследовалось методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в коже 4-го пальца кисти с помощью аппарата «Лакк-01» (НПО «Лазма», Москва). Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) основывается на неинвазивном оптическом зондировании тканей и анализе частотного спектра сигнала, отраженного от движущихся эритроцитов [4, 5]. На ЛДФ-граммах автоматически рассчитываются: параметр микроциркуляции (ПМ) — средняя величина перфузии единицы объема ткани за единицу времени; среднее квадратичное отклонение (СКО) — средняя амплитуда колебаний кровотока. При анализе амплитудно-частотного спектра (АЧС) вычисляется вклад (в %) физиологически наиболее значимых колебаний кровотока в мощность всего спектра ЛДФ-граммы: очень низкочастотных колебаний (VLF), связанных с состоянием гуморально-метаболических факторов; низкочастотных колебаний (LF), обусловленных вазомоциями; высокочастотных колебаний (HF), обусловленных периодическими изменениями давления в венозном отделе русла при дыхании; пульсовых колебаний (CF), синхронизированных с сердечным ритмом. VLF и LF-

колебания характеризуют активные механизмы модуляции кровотока, HF и CF — пассивные. Соотношение активных и пассивных модуляций кожного кровотока рассчитывается как индекс флаксмоций (ИФМ).

**Результаты исследования.** Возрастные изменения показателей ЛДФ-грамм у детей 4—7 лет представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры ЛДФ-граммы на тыльной поверхности пальца кисти у детей 4—7 лет**

Показатели микроциркуляции		Возраст, лет				
		4	5	6	7	
Параметр микроциркуляции — ПМ, перф. ед.		34,3 ± 2,1	35,0 ± 1,3	26,3 ± 2,1	21,7 ± 2,4	
Среднее квадратичное отклонение — СКО, перф. ед.		2,3 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	
<i>Соотношение ритмических составляющих кожного кровотока</i>						
Частотный диапазон	VLF	А, перф. ед.	3,5 ± 0,4	3,3 ± 0,4	2,7 ± 0,2	3,0 ± 0,2
		Вклад, %	47,1	48,4	41,9	49,3
	LF	А, перф. ед.	3,2 ± 0,4	3,0 ± 0,3	2,8 ± 0,2	2,7 ± 0,3
		Вклад, %	39,2	40,0	44,8	40,0
	HF	А, перф. ед.	1,8 ± 0,3	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1
		Вклад, %	12,4	10,0	11,3	9,3
	CF	А, перф. ед.	0,58 ± 0,1	0,61 ± 0,1	0,60 ± 0,1	0,5 ± 0,05
		Вклад, %	1,3	1,6	2,0	1,4
Индекс флаксмоций — ИФМ, усл. ед.		1,39 ± 0,1	1,39 ± 0,1	1,44 ± 0,1	1,39 ± 0,1	

В возрасте 4—5 лет значения ПМ стабильно высокие: 35,0 ± 1,3 перф. ед., а затем наблюдается достоверное снижение этого показателя: к 6 годам — до 26,3 ± 2,1, а к 7 годам — до 21,7 ± 2,4 перф. ед. Также происходит снижение значений СКО, который характеризует подвижность эритроцитов. Величина СКО снижается постепенно на протяжении от 4 до 7 лет: от 2,3 ± 0,2 до 1,8 ± 0,1 перф. ед. Снижение ПМ и СКО у детей в период от 4 до 7 лет свидетельствует об уменьшении интенсивности кожной микроциркуляции, что наиболее заметно после 5 лет.

Амплитудно-частотный анализ (АЧС) ЛДФ-грамм свидетельствует, что у детей 4—7 лет в состоянии покоя механизмы регуляции микроциркуляции носят активный характер. Амплитуда (А) колебаний всех типов находится на высоком уровне, но имеет тенденцию к постепенному снижению от 4 до 7 лет. Соотношение различных колебаний в АЧС дает представление о вкладе отдельных механизмов в регуляцию микроциркуляции крови. Преобладают активные механизмы регуляции, связанные с низкочастотными колебаниями: VLF- и LF-колебаниями. Их совокупный вклад в АЧС у детей 4—7 лет доходит до 86—89% (41,9—49,3 у VLF- и 39,2—44,8% у LF-колебаний). Вклад высокочастотных (HF) колебаний составляет 9,3—12,4% у детей разного возраста, а пульсовых (CF) колебаний — 1,3—2%.

Индекс флаксмоций (ИФМ), характеризующий соотношение активных и пассивных модуляций кожного кровотока, относительно стабилен у обследованных детей 4—7-летнего возраста и составляет 1,39—1,44 усл. ед.

Для изучения индивидуально-типологических особенностей микроциркуляции в каждой возрастной группе выявили детей с разным исходным ее уровнем в коже тыльной поверхности пальца кисти. К I типу (мезоемическому) микроциркуляции отнесены ЛДФ-граммы детей со средним уровнем ПМ: от 20 до 40 перф. ед., и высокими значениям СКО: от 2 до 3,6 перф. ед. Ко II типу (гипоемическому) отнесены ЛДФ-граммы с относительно низкими показателями ПМ: от 10 до 28 перф. ед. и низкими показателями СКО: от 0,95 до 2 перф. ед. К III типу (гиперемическому) отнесены ЛДФ-граммы с высокими значениями ПМ: от 34 до 50 перф. ед. и низкими СКО: от 0,8 до 2 перф. ед.

Среди всего контингента обследованных детей 4—7 лет к I типу относится 51,4% (36 человек), II типу — 32,9% (23 человека), III типу — 15,7% (11 человек).

Для получения среднестатистических значений показателей микроциркуляции у испытуемых с различным ее типом расчеты производились в объединенной группе 4—7-летних детей. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови в коже у детей 4—7 лет**

Показатели микроциркуляции		I тип (мезоемический)	II тип (гипоемический)	III тип (гиперемический)	
<i>Показатели микроциркуляции</i>					
ПМ, перф. ед.		31,9 ± 1,3	19,9 ± 1,2	39,6 ± 1,9	
СКО, перф. ед.		2,5 ± 0,08	1,5 ± 0,08	1,4 ± 0,07	
<i>Соотношение ритмических составляющих кожного кровотока</i>					
Частотный диапазон	VLF	А, перф. ед.	3,9 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,1 ± 0,1
		Вклад, %	43,4	50,6	45,2
	LF	А, перф. ед.	3,7 ± 0,2	2,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1
		Вклад, %	39,3	39,1	38,3
	HF	А, перф. ед.	1,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,2 ± 0,1
		Вклад, %	16,1	7,9	14,6
	CF	А, перф. ед.	0,66 ± 0,06	0,50 ± 0,04	0,44 ± 0,08
		Вклад, %	1,3	2,3	2,0
ИФМ, усл. ед.		1,50 ± 0,07	1,44 ± 0,08	1,24 ± 0,11	

Для детей 4—7 лет с I типом (мезоемическим) микроциркуляции характерны нерегулярные колебания тканевого кровотока с высокой амплитудой. Параметр микроциркуляции для данного типа составляет  $31,9 \pm 1,3$  перф. ед., среднее квадратичное отклонение (СКО) —  $2,5 \pm 0,08$  перф. ед., индекс флаксмоций (ИФМ) —  $1,50 \pm 0,07$  усл. ед. В структуре ритмических составляющих колебаний кровотока преобладают волны низкочастотных диапазонов (VLF — 43,4%, LF — 39,3%), высокочастотные колебания играют меньшую роль в формировании ЛДФ-сигнала (HF — 16,1%, CF — 1,3%). Данный тип ЛДФ-граммы отражает сбалансированное состояние механизмов «активной», связанной с симпатическими влияниями, и «пассивной», связанной с парасимпатическими влияниями, регуляции колебаний тканевого кровотока. К I типу (гемодинамическому) относятся 72,7% обследованных детей 4 лет, 63,7% 5-летних, 36,8% 6-летних и 38,9% 7-летних детей.

Для детей со II типом (гипоемическим) микроциркуляции характерно снижение притока крови в микроциркуляторное русло и повышение тонуса микрососудов. Амплитуды колебаний всех частот снижаются. К этому типу относится 32,9% испытуемых (среди 4-летних таковых нет, среди 5-летних — 13,6%, 6-летних — 57,9%, 7-летних — 50%). У детей, имеющих II тип микроциркуляции, регистрируются относительно низкие показатели микроциркуляции: ПМ равен  $19,9 \pm 1,2$  перф. ед., СКО —  $1,5 \pm 0,08$  перф. ед., ИФМ —  $1,44 \pm 0,08$ . В частотном спектре низкочастотные колебания играют самую большую роль, и вместе с тем снижается роль респираторных и возрастает вклад пульсовых колебаний: VLF — 50,6%; LF — 39,1%; HF — 7,9%; CF — 2,3%. Данный тип ЛДФ-грамм соответствует спастическому состоянию микрососудов. Для этого типа микроциркуляции характерно преобладание симпатического звена в регуляции тканевого кровотока.

У детей с III типом (гиперемическим) микроциркуляции на ЛДФ-граммах наблюдаются относительно монотонные колебания кровотока с довольно высокой амплитудой. Из всех обследованных детей к этому типу отнесено 15,7% (27,3% детей 4 лет, 22,7% 5 лет, 5,3% 6 лет и 11,1% детей 7 лет). У испытуемых с III типом микроциркуляции регистрируется высокий показатель ПМ —  $39,6 \pm 1,9$  перф. ед., низкий СКО —  $1,4 \pm 0,07$  перф. ед. и самый низкий среди всех групп ИФМ —  $1,24 \pm 0,11$  усл. ед. В частотном спектре, несмотря на решающее значение низкочастотных колебаний, большую роль играют высокочастотные колебания: вклад VLF составляет 45,2%; LF — 38,3%; HF — 14,6%; CF — 2,0%. Данный тип ЛДФ-граммы соответствует гиперемическому состоянию, наблюдаемому в случае увеличения притока крови в систему микроциркуляции, связанному с дилатацией микрососудов. Для данного типа ЛДФ-грамм характерно возрастание вклада «пассивных» модуляций в формирование структуры частотно-амплитудного спектра флуксуций, при котором отмечается относительное усиление парасимпатических влияний в регуляции тканевого кровотока.

**Заключение.** Результаты исследования свидетельствуют о том, что в период от 4 до 7 лет наблюдается постепенное снижение интенсивности тканевого кровотока в коже, что особенно заметно у детей 6 и 7 лет. Для обследованных детей характерны три типа микроциркуляции: мезоемический, гипоемический и гиперемический. Мезоемический тип микроциркуляции встречается у 51,4% всех обследованных детей. В период от 4 до 7 лет увеличивается количество детей с гипоемическим типом и уменьшается количество детей с гиперемическим типом микроциркуляции.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гурова О.А. Состояние сердечно-сосудистой системы у детей дошкольного возраста // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2005. — Т. 4. — № 1. — С. 57—58.
- [2] Козлов В.И. Система микроциркуляции крови: клинко-морфологические аспекты изучения // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2006. — Т. 5. — № 2. — С. 84—101.

- [3] *Козлов В.И., Мельман Е.П., Нейко Е.М., Шутка Б.В.* Гистофизиология капилляров. — СПб.: Наука, 1994. — 234 с.
- [4] *Козлов В.И., Мач Э.С., Литвин Ф.Б., Сидоров В.В.* Метод лазерной доплеровской флоуметрии. — М., 2001. — 22 с.
- [5] *Крупаткин А.И., Сидоров В.В.* Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. — М.: Медицина, 2005. — 254 с.
- [6] Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. — М.: Образование от А до Я, 2000. — С. 148—166.
- [7] *Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В.* Микроциркуляция. — М.: Медицина, 1984. — 430 с.

## **CHARACTERISTICS OF BLOOD MICROCIRCULATION IN THE SKIN OF CHILDREN**

**O.A. Gurova, V.I. Kozlov**

Department of human anatomy

Medical faculty

Peoples' Friendship University of Russia

*Miklukho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198*

The characteristics of a skin blood microcirculation by method of laser Doppler flowmetry (LDF) in 70 children at the age from 4 till 7 years are studied. During this period of life, gradual decrease in intensity of blood microcirculation in the skin is observed. For surveyed children three types of microcirculation are characteristic: mesohaemic, hypohaemic and hiperhaemic. Mesohaemic type of microcirculation (51,4% of children) prevails with balanced sympathetic and parasympathetic regulatory influences.

**Key words:** laser Doppler flowmetry (LDF), blood microcirculation, skin, children of 4—7 years.