



Микроциркуляторно-тканевая система как маркер донозологических нарушений кардиоваскулярного здоровья у школьников

Бекезин В. В., Козлова Е. Ю., Пересецкая О. В.

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Истоки кардиоваскулярной патологии лежат в детском возрасте. Внедрение технологий превентивной (профилактической) медицины в педиатрии должно привести к значимым результатам по сохранению здоровья у взрослых.

Цель исследования: изучить состояние микроциркуляторно-тканевой системы у школьников с целью определения донозологических скрининговых маркеров кардиоваскулярного риска.

Материалы и методы. Проведено комплексное обследование 190 детей школьного возраста (14–17 лет) в Центре здоровья детей ОГБУЗ ДКБ г. Смоленска в рамках профилактических осмотров школьников. Методом случайной выборки в исследование были включены 82 школьника. Обследованные школьники были разделены на 3 группы: 1-я группа — 24 школьника с индексом массы тела (ИМТ) в пределах ± 1 SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и нормальным уровнем амбулаторного АД; 2-я группа — 36 школьников с ИМТ в пределах $\geq +1$ SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и нормальным уровнем амбулаторного АД; 3-я группа — 22 школьника с ИМТ в пределах $\geq +1$ SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и повышенным систолическим артериальным давлением. Комплексное обследование школьников включало антропометрию (вес, рост, ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$)); лазерную доплеровскую флоуметрию и флуоресцентную спектроскопию кожи в области предплечья на анализаторе «Лазма ПФ» (Россия).

Результаты. Анализ структуры функционального состояния микроциркуляторно-тканевой системы (ФС МТС) у обследованных детей выявил, что у детей 2-й группы повышенная активность ФС МТС регистрировалась в 1,8 раза чаще ($p < 0,05$), чем у детей 1-й группы; а у 11,1% детей 2-й группы отмечалась уже декомпенсация ФС МТС. У школьников 3-й группы по сравнению с детьми 2-й группы в 7,8 раза реже регистрировалась активное ФС МТС, свидетельствующее о сохранности компенсаторно-адаптационных механизмов на микроциркуляторном уровне. При этом у 72,7% детей 3-й группы отмечалась повышенная активность ФС МТС и достоверно чаще, чем у детей 1-й и 2-й групп выявлялась компенсация ФС МТС.

Выводы. Скрининговыми донозологическими маркерами кардиоваскулярного риска у школьников с избыточной массой тела / ожирением по результатам лазерной доплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии («Лазма ПФ») являются «повышенная активность» ФС МТС на фоне высоких значений индекса флаксмоций (усиление симпатических влияний на микроциркуляторный кровоток).

Ключевые слова: дети с избыточной массой и ожирением; микроциркуляторно-тканевая система; кардиоваскулярный риск

Для цитирования: Бекезин В. В., Козлова Е. Ю., Пересецкая О. В. Микроциркуляторно-тканевая система как маркер донозологических нарушений кардиоваскулярного здоровья у школьников. *Пациентоориентированная медицина и фармация*. 2025;3(3):55-62. <https://doi.org/10.37489/2949-1924-0103>. EDN: XUNYXQ.

Поступила: 07.06.2025. В доработанном виде: 12.07.2025. Принята к печати: 14.07.2025. Опубликовано: 30.08.2025.

Microcirculatory and tissue system as a marker of prenosological disorders of cardiovascular health in schoolchildren

Vladimir V. Bekezin, Elena Yu. Kozlova, Olga V. Peresetskaya

Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

Abstract

Relevance. The origins of cardiovascular pathology lie in childhood. The introduction of preventive medicine technologies in pediatrics should lead to significant results in the maintenance of adult health.

Objective. To study the state of the microcirculatory and tissue systems in schoolchildren to determine pre-nosological cardiovascular risk screening markers.

Materials and methods. A comprehensive examination of 190 school-age children (14–17 years old) was conducted at the Children's Health Center of Smolensk as part of preventive examinations of schoolchildren. Random sampling was used to enroll 82 schoolchildren. The examined schoolchildren were divided into 3 groups: Group 1—24 schoolchildren with a body mass index (BMI) within ± 1 SDS BMI (kg/m^2) and a normal outpatient blood pressure level; Group 2—36 schoolchildren with a BMI within $\geq +1$ SDS BMI (kg/m^2) and a normal outpatient blood pressure level; and Group 3 comprised 22 schoolchildren with a BMI in the range $\geq +1$ SDS BMI (kg/m^2) and elevated systolic blood pressure. Comprehensive examination of the schoolchildren included anthropometry [weight, height, BMI (kg/m^2)], laser Doppler flowmetry, and fluorescence spectroscopy of the skin in the forearm area using a «Lasma PF» analyzer (Russia).

Results. Analysis of the structure of the functional state of the microcirculatory and tissue system (FS MTS) in the examined schoolchildren revealed that in children of the 2nd Group, increased activity of FS MTS was recorded 1.8 times more often ($p < 0.05$) than in children of the 1st Group, and FS decompensation was already noted MTS in 11.1 % of children of the 2nd Group. In the 3rd Group, compared with the 2nd Group, active FS MTS was 7.8 times less likely to be registered, indicating the preservation of compensatory and adaptive mechanisms at the microcirculatory level. Simultaneously, 72.7 % of the children in Group 3 showed increased FS MTS activity, and FS MTS compensation was detected significantly more often than in Groups 1 and 2.

Conclusions. Screening prenosological markers of cardiovascular risk in overweight/obese schoolchildren according to the results of laser Doppler flowmetry and laser fluorescence spectroscopy (Lasma PF) are the "increased activity" of FS MTS against the background of high values of the flaxmotion index (increased sympathetic effects on microcirculatory blood flow).

Keywords: overweight and obese children; microcirculatory and tissue system; cardiovascular risk

For citation: Bekezin VV, Kozlova EYu, Peresetskaya OV. Microcirculatory and tissue system as a marker of prenosological disorders of cardiovascular health in schoolchildren. *Patient-oriented medicine and pharmacy*. 2025;3(3):55-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.37489/2949-1924-0103>. EDN: XUHXYQ.

Received: 07.06.2025. **Revision received:** 12.07.2025. **Accepted:** 14.07.2025. **Published:** 30.08.2025.

Введение / Introduction

На сегодняшний день исследования функционирования системы микроциркуляции крови остаются в центре внимания учёных в связи с её вовлечённостью во многие жизненно важные процессы в организме человека [1, 3, 5, 8]. Методы оптической неинвазивной диагностики уже успешно зарекомендовали себя в вопросах выявления расстройств периферического кровотока, связанных с развитием сердечно-сосудистых заболеваний (артериальная гипертензия, ИБС, инсульт), сахарного диабета 2 типа и других маркеров метаболического синдрома [2, 4, 6, 9].

В РФ в рамках национального проекта «Новые технологии сохранения здоровья» (2025–2030 гг.) акцент делается на развитие технологий превентивной медицины для обеспечения активного и здорового долголетия граждан. На сегодняшний день в РФ сохраняется значительный вклад сердечно-сосудистых заболеваний (занимают 1-е место в структуре общей заболеваемости у взрослых) в структуре смертности населения. При этом истоки кардиоваскулярной патологии, несомненно, лежат в детском возрасте. Внедрение технологий превентивной (профилактической) медицины в педиатрии должно привести к значимым результатам по сохранению здоровья у взрослых в последующие годы [3, 5].

Цель исследования / Objective

Изучить состояние микроциркуляторно-тканевой системы у школьников с целью определения

донозологических скрининговых маркеров кардиоваскулярного риска.

Материалы и методы / Materials and methods

Проведено комплексное обследование 190 детей школьного возраста (14–17 лет) в Центре здоровья детей ОГБУЗ ДКБ г. Смоленска в рамках профилактических осмотров школьников средних образовательных организаций г. Смоленска. Методом случайной выборки в исследование были включены 82 школьника.

В зависимости от индекса массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$) и уровня амбулаторного артериального давления (среднее значение трех измерений АД аускультативным методом [1]) все обследованные школьники были разделены на 3 группы: 1-я группа — 24 школьника с ИМТ в пределах ± 1 SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и нормальным уровнем амбулаторного АД (систолическое и диастолическое АД не превышали 90-й перцентиль с учётом возраста, роста и пола); 2-я группа — 36 школьников с ИМТ в пределах $\geq +1$ SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и нормальным уровнем амбулаторного АД; 3-я группа — 22 школьника с ИМТ в пределах $\geq +1$ SDS ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$) и повышенным систолическим артериальным давлением (амбулаторное АД превышало 90-й перцентиль с учётом возраста, роста и пола (14–15 лет) или равнялось 135 и более мм рт. ст. (16–17 лет)).



Таблица 1. Характеристика обследованных групп
Table 1. Characteristics of the surveyed groups

Критерии	1-я группа (n=24)	2-я группа (n=36)	3-я группа (n=22)
Возраст (годы)	15,3±1,05	14,9±1,02	15,1±1,06
Пол: мальчики (абс.,%) девочки (абс.,%)	13 (54,2%) 11 (45,8%)	19 (52,8%) 17 (47,2%)	11 (50,0%) 11 (50,0%)
ИМТ (кг/м ²) (M±SD)	19,4±1,99	26,3±2,34"	26,1±2,47*
Заключение по ИМТ (абс.,%): — норма — избыточная масса тела — ожирение 1 степени — ожирение 2 степени	24 (100%) 0 (0%) 0 (0%) 0 (0%)	0 (0%)" 27 (75%)" 7 (19,4%)" 2 (5,6%)	0 (0%)* 16 (72,7%)* 4 (18,2%)* 1 (6,8%)
САД (мм рт. ст.) (M±SD)	119,6±4,63	123,9±5,77"	134,8±5,92**
ДАД (мм рт. ст.) (M±SD)	72,8±3,76	73,6±3,12	75,8±3,54
Заключение по АД (абс.,%): Нормальное АД ВНАД ИСАГ I ст.	24 (100%) 0 (0%) 0 (0%)	36 (100%) 0 (0%) 0 (0%)	0 (0%)** 9 (40,9%)** 13 (59,1%)**

Примечания: * — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 3-й групп; " — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 2-й групп; # — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 2-й и 3-й групп.

Notes: * — reliability of differences ($p < 0.05$) between children of groups 1 and 3; " — reliability of differences ($p < 0.05$) between children of groups 1 and 2; # — reliability of differences ($p < 0.05$) between children of groups 2 and 3.

Характеристика обследованных групп представлена в таблице 1. Возрастные и гендерные различия между группами отсутствовали (табл. 1).

Комплексное обследование школьников включало антропометрию (вес, рост, ИМТ (кг/м²)); лазерную доплеровскую флоуметрию и флуоресцентную спектроскопию кожи в области предплечья на анализаторе «Лазма ПФ» (Россия) [7]. Оценивали следующие показатели микроциркуляции: М — среднее арифметическое значение показателя микроциркуляции (усл. ед.); М_н — среднее значение нутритивного кровотока (усл. ед.); σ — среднее квадратическое отклонение колебаний кровотока от среднего значения М (усл. ед.); K_v — коэффициент вариации колебаний кровотока (%); А_n и А_m — соответственно амплитуды колебаний кровотока (усл. ед.), обусловленные нейрогенным и миогенным механизмами регуляции сосудистого тонуса; А_d и А_c — амплитуды дыхательных и сердечных колебаний кровотока (усл. ед.); индекс флаксмоций (ИФМ = (А_m+А_n)/ (А_d+А_c), усл. ед.), характеризующий соотношение баланса между активными и пассивными механизмами регуляции микроциркуляции. Методом лазерной флуоресцентной спектроскопии («Лазма ПФ», Россия) оценивали относительную амплитуду флуоресценции никотинамидадениндинуклеотида (Анадн (А460/А365), усл. ед.); а также показатель окислительного метаболизма (ПОМ, усл. ед.), связывающий нутритивную

составляющую перфузии (микроциркуляции) крови (М_н и М_н) и амплитуду флуоресценции кофермента НАДН (Анадн). Исследование микроциркуляции и окислительного метаболизма проводили в одинаковых условиях в течение 4 минут в области правого предплечья.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета анализа данных программы Microsoft Excel 2003 с применением методов параметрической (М, SD) и непараметрической (Me, 25–75-й перц.) статистики. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Параметры, характеризующие состояние микроциркуляции (перфузии) и её вариабельность у обследованных детей (1-я, 2-я и 3-я группы), представлены в таблице 2. Выявлено, что у школьников с избыточной массой тела / ожирением и нормальным АД (2-я группа) регистрируется тенденция к увеличению медианы перфузии (М, усл. ед.) по сравнению с детьми 1-й группы (усиление микроциркуляции происходило в основном за счёт увеличения М_н (прирост на 9,1%; $p > 0,05$). На фоне усиления перфузии отмечалось достоверное снижение на 51,9% коэффициента вариации колебаний кровотока (K_v (%)) у детей 2-й группы по сравнению

с детьми 1-й группы (снижение с 40,41% до 26,6%; $p < 0,05$). У школьников 3-й группы на фоне повышенного систолического АД регистрировалось более значимое увеличение медианы перфузии (М, усл. ед.) по сравнению с детьми 1-й и 2-й групп — на 29,6 и на 23,0% соответственно ($p < 0,05$). Усиление микроциркуляции при этом также в большей

степени было обусловлено увеличением М нутр. (прирост на 53,3% по сравнению с детьми 1-й группы). Отмечалось аналогичное (как у детей 2-й группы) снижение коэффициента вариации колебаний кровотока (K_v (%)) и вариабельности кровотока (σ , усл. ед.) у школьников 3-й группы по сравнению с детьми 1-й группы ($p < 0,05$).

Таблица 2. Сравнительная характеристика состояния микроциркуляции (перфузии) и её вариабельности у обследованных детей (1-я, 2-я и 3-я группы)
Table 2. Comparative characteristics of the state of microcirculation (perfusion) and its variability in the examined children (1st, 2nd and 3rd groups)

Группы (Ме, 25–75-й перц.)	М (усл. ед.)	М нутр. (усл. ед.)	σ (усл. ед.)	K_v (%)
1-я группа (n=24)	4,99 [4,03; 5,58]	2,76 [1,96; 3,53]	2,23 [1,54; 3,03]	40,41 [28,13; 61,78]
2-я группа (n=36)	5,26 [4,34; 5,96]	3,01 [2,75; 3,12]	1,29 [0,74; 1,68] "	26,6 [20,73; 37,63] "
3-я группа (n=22)	6,47 [5,62; 7,11] * #	4,23 [3,51; 5,03] * #	1,27 [0,78; 1,49] *	23,9 [19,65; 27,94] *

Примечания: * — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 3-й групп; " — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 2-й групп; # — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 2-й и 3-й групп.

Notes: * — significance of differences ($p < 0,05$) between children in groups 1 and 3; " — significance of differences ($p < 0,05$) between children in groups 1 and 2; # — significance of differences ($p < 0,05$) between children in groups 2 and 3.

Таблица 3. Показатели регуляции микроциркуляции у обследованных детей (1-я, 2-я и 3-я группы)
Table 3. Indicators of microcirculation regulation in the examined children (1st, 2nd and 3rd groups)

Группы (Ме, 25–75-й перц.)	Ан (усл. ед.)	Ам (усл. ед.)	Ад (усл. ед.)	Ас (усл. ед.)	ИФМ
1-я группа (n=24)	0,71 [0,48; 1,16]	0,79 [0,46; 1,12]	0,97 [0,69; 1,19]	0,82 [0,58; 1,07]	1,058 [0,828; 1,324]
2-я группа (n=36)	0,84 [0,25; 1,08]	0,68 [0,33; 1,04]	0,42 [0,27; 0,71] "	0,41 [0,21; 0,62] "	1,314 [1,137; 1,607] "
3-я группа (n=22)	1,32 [1,11; 1,64] * #	1,29 [1,07; 1,59] * #	0,59 [0,36; 0,98]	0,61 [0,39; 0,94]	1,936 [1,589; 2,423] * #

Примечания: * — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 3-й групп; " — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 2-й групп; # — достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 2-й и 3-й групп.

Notes: * — reliability of differences ($p < 0,05$) between children of groups 1 and 3; " — reliability of differences ($p < 0,05$) between children of groups 1 and 2; # — reliability of differences ($p < 0,05$) between children of groups 2 and 3.

Параметры, характеризующие регуляцию микроциркуляции (перфузии) у детей 1-й, 2-й и 3-й групп представлены в таблице 3. У школьников с избыточной массой тела / ожирением и нормальным АД (2-я группа) особенностью регуляции микроциркуляции по сравнению с детьми 1-й группы является уменьшение амплитуды дыхательных и сердечных колебаний кровотока (Ад — в 2,31 раза ($p < 0,05$); Ас — в 1,95 раза ($p < 0,05$)). Аналогичная тенденция регуляции микроциркуляции (уменьшение амплитуды дыхательных и сердечных колебаний кровотока) регистрировалась и у детей 3-й группы по сравнению с детьми 1-й группы (табл. 3). При этом у школьников 3-й группы на фоне повышенного систолического АД регистрировалось также значимое

увеличение медианы амплитуды нейрогенных (Ан в 1,86 раза) и миогенных (Ам в 1,63 раза) механизмов регуляции кровотока ($p < 0,05$) по сравнению с детьми 1-й группы; аналогичные особенности регуляции микроциркуляторного кровотока отмечались у школьников 3-й группы по сравнению с детьми 2-й группы (табл. 3). Отдельно следует отметить, что у школьников 3-й группы регистрировалась более выраженная зависимость регуляции тонуса сосудов от нервного и мышечного компонентов по сравнению с детьми 1-й и 2-й групп; об этом свидетельствует увеличение медианы ИФМ у школьников 3-й группы в 1,83 раза по сравнению с ИФМ детей 1-й группы ($p < 0,05$) и в 1,47 раза ($p < 0,05$) — по сравнению с ИФМ детей 2-й группы.



Анализ показателей окислительного метаболизма показал, что у детей 2-й группы регистрировалась тенденция ($p > 0,05$) к увеличению ПОМ по сравнению с детьми 1-й группы. При этом у школьников 3-й группы отмечалось достоверное повышение ПОМ в 2,1 раза ($p < 0,05$) по сравнению с детьми 1-й группы на фоне увеличения амплитуды флуоресценции никотинамидадениндинуклеотида (Анадн) и Мнутр. (табл. 2, табл. 4). Интегральный комплексный показатель ПОМ

свидетельствует о состоянии метаболических процессов в коже, в том числе, с учётом микроциркуляторного кровотока. В этой связи на втором этапе по результатам анализа данных окислительного метаболизма (ПОМ, усл. ед.) школьников 1-й группы были предложены нормативные параметры, характеризующие функциональное состояние микроциркуляторно-тканевой системы (ФС МТС) с целью дальнейшей оценки её структуры у детей 2-й и 3-й групп.

Таблица 4. Показатели окислительного метаболизма у обследованных детей (1-я, 2-я и 3-я группы)
Table 4. Oxidative metabolism indicators in the examined children (1st, 2nd and 3rd groups)

Группы (Ме, 25-й – 75-й перц.)	А 365 (усл. ед.)	А 460 (усл. ед.)	А надн (усл. ед.)	ПОМ (усл. ед.)
1-я группа (n=24)	45 [34; 62]	64 [52; 73]	1,51 [1,27; 1,72]	0,79 [0,68; 1,12]
2-я группа (n=36)	52 [43; 77]	68 [62; 70]	1,30 [1,12; 1,64]	1,16 [0,89; 1,83]
3-я группа (n=22)	42 [31; 64]	75 [70; 89] * #	1,79 [1,68; 1,99] * #	1,64 [1,42; 2,11] *

Примечания: * – достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 3-й групп; # – достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 2-й и 3-й групп.

Notes: * – reliability of differences ($p < 0.05$) between children of the 1st and 3rd groups; # – reliability of differences ($p < 0.05$) between children of the 2nd and 3rd groups.

Таблица 5. Структура функционального состояния микроциркуляторно-тканевой системы (ФС МТС) у обследованных детей (1-я, 2-я и 3-я группы)
Table 5. Structure of the functional state of the microcirculatory tissue system (FS MTS) in the examined children (1st, 2nd and 3rd groups)

Группы	ФС МТС по данным ПОМ			
	активная	повышенная активность	компенсация	декомпенсация
1-я группа (n=24)	16 (66,6%)	7 (29,2%)	1 (4,2%)	0 (0%)
2-я группа (n=36)	13 (36,1%) "	19 (52,8%) "	0 (0%)	4 (11,1%) "
3-я группа (n=22)	1 (4,6%) * #	16 (72,7%) *	5 (22,7%) * #	0 (0%)

Примечания: * – достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 3-й групп; " – достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 1-й и 2-й групп; # – достоверность различий ($p < 0,05$) между детьми 2-й и 3-й групп.

Notes: * – significance of differences ($p < 0.05$) between children of groups 1 and 3; " – significance of differences ($p < 0.05$) between children of groups 1 and 2; # – significance of differences ($p < 0.05$) between children of groups 2 and 3.

С учётом рекомендаций руководства для анализатора «Лазма ПФ» [7] и полученных в исследовании у детей 1-й группы значений ПОМ (25-й – 75-й перц., усл. ед.) предложено выделять 4 типа ФС МТС у школьников 14–17 лет:

- ФС МТС «активное», если значение ПОМ (усл. ед.) находится в диапазоне от 0,68 до 1,12 (25-й и 75-й перцентили ПОМ у школьников 1-й группы);
- ФС МТС «повышенной активности», если значения ПОМ (усл. ед.) равняется или превышает верхнюю границу указанного значения (1,12 и более);
- ФС МТС в стадии «компенсации», если значение ПОМ (усл. ед.) снижено до 20% относительно

нижней границы контрольных значений (от 0,68 (включительно) до 0,54);

- ФС МТС в стадии «декомпенсации», если значение ПОМ снижено на 20% и более относительно нижней границы контрольных значений (0,54 и ниже).

Анализ структуры функционального состояния микроциркуляторно-тканевой системы (ФС МТС) у обследованных детей выявил, что у детей 2-й группы повышенная активность ФС МТС регистрировалась в 1,8 раза чаще ($p < 0,05$), чем у детей 1-й группы; а у 11,1% детей 2-й группы отмечалась уже декомпенсация ФС МТС (табл. 5). У школьников 3-й группы по сравнению с детьми

2-й группы в 7,8 раза реже регистрировалась активное ФС МТС, свидетельствующее о сохранности компенсаторно-адаптационных механизмов на микроциркуляторном уровне. При этом у 72,7% детей 3-й группы отмечалась повышенная активность ФС МТС и достоверно чаще, чем у детей 1-й и 2-й групп выявлялась компенсация ФС МТС (табл. 5).

Комплексный сводный анализ особенностей функционального состояния микроциркуляторно-

тканевой системы у школьников 2-й и 3-й групп по сравнению с детьми 1-й группы представлен в таблице 6.

Результаты исследования показали, что функциональное состояние микроциркуляторно-тканевой системы тесно коррелирует с состоянием сердечно-сосудистой системы и, соответственно, может использоваться в качестве одного из диагностических маркеров доклинических нарушений кардиоваскулярного здоровья у школьников.

Таблица 6. Этапный сводный анализ особенностей функционального состояния микроциркуляторно-тканевой системы у школьников 2-й и 3-й групп по сравнению с детьми 1-й группы
Table 6. Stage-by-stage summary analysis of the features of the functional state of the microcirculatory-tissue system in schoolchildren of the 2nd and 3rd groups compared with children of the 1st group

ЭТАПЫ	Параметры микроциркуляции	Характер изменений ФС МТС у школьников 2-й группы	Характер изменений ФС МТС у школьников 3-й группы
I ЭТАП	Базовые показатели микроциркуляции		
	Перфузия (М, Мнутр.)	↑	↑↑*
	Вариабельность (σ, Kv)	↓*	↓*
	Регуляция (Ан, Ам, Ад, Ас)	↓ (Ад)*; ↓ (Ас)*	↑ (Ам)*; ↑ (Ан)* ↓ (Ад); ↓ (Ас)
	Регуляция (ИФМ)	↑*	↑↑*
II ЭТАП	Базовые показатели окислительного метаболизма		
	A460; Анадн	-	↑*
	ПОМ (усл. ед.)	↑	↑↑*
III ЭТАП	Функциональное состояние микроциркуляторно-тканевой системы (ФС МТС)		
	Активное ФС МТС	↓*	↓↓*
	Повышенная активность ФС МТС	↑*	↑↑*
	Компенсация ФС МТС	-	↑*
	Декомпенсация ФС МТС	↑*	-

Примечания: * — достоверность различий ($p < 0,05$) между параметрами у школьников 2-й и 3-й групп по сравнению с детьми 1-й группы.

Notes: * — reliability of differences ($p < 0.05$) between parameters in schoolchildren of the 2nd and 3rd groups compared to children of the 1st group.

Закключение / Conclusion

Таким образом, результаты исследования состояния микроциркуляции, её вариабельности и регуляции у школьников свидетельствуют о зависимости данных параметров как от индекса массы тела, так и от уровня амбулаторного (систолического) артериального давления. У школьников с повышенным амбулаторным АД на фоне избытка жировой массы тела особенностями ФС МТС являлись: значимое увеличение перфузии (микроциркуляции) на фоне снижения её вариабельности и усиления активных механизмов регуляции кровотока, характеризующихся превалированием

симпатических влияний; а также повышение интенсивности окислительного метаболизма на микроциркуляторном уровне.

Скрининговыми донозологическими диагностическими маркерами кардиоваскулярного риска у школьников с избыточной массой тела / ожирением по результатам лазерной доплеровской флоуметрии и лазерной флуоресцентной спектроскопии («Лазма ПФ») следует считать «повышенную активность» ФС МТС на фоне высоких значений индекса флаксмоций (усиление симпатических влияний на микроциркуляторный кровоток).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Участие авторов

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

Финансирование

Данное исследование выполнено при грантовой поддержке ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бекезин Владимир Владимирович — д. м. н., профессор, зав. кафедрой детских болезней ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку

e-mail: smolenskbvv@yandex.ru

Orcid: 0000-0001-9141-5348

РИНЦ SPIN-код: 2518-3769

Козлова Елена Юрьевна — к. м. н., доцент кафедры детских болезней ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, Российская Федерация

e-mail: keu83smol@rambler.ru

Orcid: 0000-0001-6570-3848

РИНЦ SPIN-код: 3141-1481

Пересецкая Ольга Владимировна — к. м. н., доцент, доцент кафедры детских болезней ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет», Смоленск, Российская Федерация

e-mail: olga_perec@inbox.ru

Orcid: 0000-0003-4820-9658

РИНЦ SPIN-код: 4001-6488

Список литературы / References

1. Александров А.А., Кисляк О.А., Леонтьева И.В. от имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. *Системные гипертензии*. 2020;17(2):7–35. DOI: 10.26442/2075082X.2020.2.200126 [Alexandrov A.A., Kislyak O.A., Leontieva I.V. on behalf of the experts. Clinical recommendations. Diagnosis, treatment, and prevention of hypertension in children and adolescents. *Systemic hypertension*. 2020;17(2):7–35. (In Russ.)].
2. Бекезин В.В., Пересецкая О.В., Козлова Л.В., Волкова Е.А. Возрастные особенности микроциркуляции по данным лазерной доплеровской

ADDITIONAL INFORMATION

Conflict of interests

Authors declare no conflict of interest requiring disclosure in this article.

Authors' participation

All the authors made a significant contribution to the preparation of the paper, read and approved the final version of the article before publication.

Financing

This study was carried out with the grant support of the Smolensk State Medical University.

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Bekezin — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Children's Diseases, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

Corresponding author

e-mail: smolenskbvv@yandex.ru

Orcid: 0000-0001-9141-5348

RSCI SPIN-code: 2518-3769

Elena Y. Kozlova — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Children's Diseases, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

e-mail: keu83smol@rambler.ru

Orcid: 0000-0001-6570-3848

RSCI SPIN-code: 3141-1481

Olga V. Peresetskaya — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Children's Diseases, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russian Federation

e-mail: olga_perec@inbox.ru

Orcid: 0000-0003-4820-9658

RSCI SPIN-code: 4001-6488

флоуметрии у детей с избыточной массой тела и ожирением. *Смоленский медицинский альманах*. 2024;(4);14-17. DOI: 10.37903/sma.2024.4 [Bekezin V.V., Peresetskaya O.V., Kozlova L.V., Volkova E.A. Age-related features of microcirculation according to laser Doppler flowmetry in overweight and obese children. *Smolensk medical Almanac*. 2024;(4);14-17. (In Russ.)].

3. Бекезин В.В., Козлова Л.В., Борсуков А.В., и соавт. Донозологическая диагностика первичной артериальной гипертензии у детей и подростков: факторы риска, первичная профилактика. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2020;19(1):71-84. EDN: LZVGTO

- [Bekezin V.V., Kozlova L.V., Borsukov A.V., et al. Prenosological diagnosis of primary arterial hypertension in children and adolescents: risk factors, primary prevention. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2020;19(1):71-84. (In Russ.)].
4. Глазкова П.А. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в оценке кожной микрогемодинамики у больных с сердечной-сосудистой патологией: *автореферат дис. ... канд. мед. наук*. М.: Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, 2021. 24 с. [Glazkova P.A. The method of laser Doppler flowmetry in the assessment of skin microhemodynamics in patients with cardiovascular pathology: *abstract of the dissertation of the Candidate of Medical Sciences*. Moscow: Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov, 2021. 24 p. (In Russ.)].
 5. Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинина А.М. и соавт. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(4):228. [Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M. et al. Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National Guideline 2022. *Cardiovascular therapy and prevention*. 2022;21(4):228. (In Russ.)].
 6. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. *Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови*. М.; 2012. - 32 с. [Kozlov V.I., Azizov G.A., Gurova O.A., Litvin F.B. *Laser Doppler flowmetry in assessing the state and disorders of blood microcirculation*. Moscow; 2012. - 32 p. (In Russ.)].
 7. ООО НПП «ЛАЗМА». Руководство по эксплуатации. Анализатор лазерный микроциркуляции крови портативный «ЛАЗМА ПФ» ПО ТУ 9442-012-13232373-2018. Москва: ООО НПП "ЛАЗМА", 2018. URL: https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/28904_instruction.pdf [ООО НПП "LAZMA". User manual. Portable laser blood microcirculation analyzer "LAZMA PF" ACCORDING to TU 9442-012-13232373-2018. Moscow: NPP LAZMA LLC, 2018. URL: https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/28904_instruction.pdf (In Russ.)].
 8. Пересецкая О.В., Козлова Л.В., Бекезин В.В. Ожирение и окислительный стресс у детей и подростков. *Педиатрия CONSILUM MEDICUM*. 2021; 3: 292-297. DOI: 10.26442/26586630.2021.3.200997 [Peresetskaya O.V., Kozlova L.V., Bekezin V.V. Obesity and oxidative stress in children and adolescents. *Pediatrics CONSILUM MEDICUM*. 2021; 3: 292-297. (In Russ.)].
 9. Roustit M, Cracowski JL. Non-invasive assessment of skin microvascular function in humans: an insight into methods. *Microcirculation*. 2012 Jan;19(1):47-64. doi: 10.1111/j.1549-8719.2011.00129.x.