

РОЛЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ В РАЗВИТИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА У ЮНОШЕЙ С АБДОМИНАЛЬНЫМ ОЖИРЕНИЕМ

© Лана Кахаберовна Церцвадзе¹, Марина Владимировна Авдеева^{1, 2},
Лариса Васильевна Щеглова¹, Владимир Станиславович Василенко¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова. 195067, г. Санкт-Петербург, Пискаревский пр., 47

Контактная информация: Марина Владимировна Авдеева — д.м.н., профессор кафедры семейной медицины факультета послевузовского и дополнительного профессионального образования СПбГПМУ; профессор кафедры общественного здоровья, экономики и управления здравоохранением СЗГМУ им. И.И. Мечникова.
E-mail: Lensk69@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-4334-5434

Для цитирования: Церцвадзе Л.К., Авдеева М.В., Щеглова Л.В., Василенко В.С. Роль структурно-функциональных нарушений сосудистой стенки в развитии метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением // Медицина: теория и практика. 2023. Т. 8. № 3. С. 36–43. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.50.11.004>

Поступила: 12.03.2023

Одобрена: 05.06.2023

Принята к печати: 10.07.2023

РЕЗЮМЕ. Введение. Исследование структурно-функционального состояния сосудистой стенки важно для понимания механизмов ранней трансформации абдоминального ожирения в метаболический синдром у юношей призывного возраста. **Цель.** Определить значимость структурно-функциональных нарушений сосудистой стенки в развитии метаболического синдрома у юношей 18 лет — 21 года с абдоминальным ожирением. **Материалы и методы.** Обследовано 221 лицо мужского пола в возрасте 18 лет — 21 года с абдоминальным ожирением (средний возраст $19,4 \pm 1,2$ года). **Результаты.** Снижение эндотелийзависимой вазодилатации в 2,47 раза повышает риск метаболического синдрома (ОР=2,47; 95% ДИ 1,72–3,54) в сравнении с юношами без данной эндотелиопатии. Повышение жесткости сосудистой стенки в 4 раза увеличивает риск метаболического синдрома в сравнении с юношами, имеющими нормальные показатели жесткости сосудистой стенки (ОР=4,03; 95% ДИ 2,3–7,06). У юношей с повышенным биологическим возрастом сосудистой стенки относительный риск метаболического синдрома в 10 раз выше, чем у юношей с нормальным возрастным показателем (ОР=10,31; 95% ДИ 3,41–31,16). Повышение уровня циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови в 30 раз повышает риск метаболического синдрома в сравнении с юношами без подобных отклонений (ОР=30,0; 95% ДИ 4,29–42,61). На фоне гипергомоцистеинемии относительный риск метаболического синдрома в 14,8 раза выше, чем у юношей с нормальным уровнем показателя (ОР=14,84; 95% ДИ 4,87–45,13). Результаты ROC-анализа свидетельствуют о том, что показатель эндотелийзависимой вазодилатации обладает наиболее высокой прогностической значимостью в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,96). **Заключение.** Структурно-функциональные нарушения сосудистой стенки значительно повышают риск развития метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: абдоминальное ожирение; метаболический синдром; здоровье юношей; риск метаболического синдрома; дисфункция эндотелия.

THE ROLE OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL DISORDERS OF THE VASCULAR WALL IN THE DEVELOPMENT OF METABOLIC SYNDROME IN YOUNG MEN WITH ABDOMINAL OBESITY

© Lana K. Tsertsvadze¹, Marina V. Avdeeva^{1, 2}, Larisa V. Scheglova¹, Vladimir S. Vasilenko¹

¹ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint-Petersburg, Russian Federation, 194100

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. Piskarevsky pr., 47, Saint-Petersburg, Russian Federation, 195067

Contact information: Marina V. Avdeeva — MD, PhD, Doctor of Medical Science, Professor of the Family Medicine Department of the Saint-Petersburg State Pediatric Medical University; Professor of the Department of Public Health, Economics and Health Management, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. E-mail: Lensk69@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-4334-5434

For citation: Tsertsvadze LK, Avdeeva MV, Scheglova LV, Vasilenko VS. The role of structural and functional disorders of the vascular wall in the development of metabolic syndrome in young men with abdominal obesity. *Medicine: theory and practice* (St. Petersburg). 2023; 8(3): 36–43. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.50.11.004>

Received: 12.03.2023

Revised: 05.06.2023

Accepted: 10.07.2023

ABSTRACT. Background. The study of the structural and functional state of the vascular wall is important for understanding the mechanisms of early transformation of abdominal obesity into metabolic syndrome in young men of military age. **Aim.** To determine the significance of structural and functional disorders of the vascular wall in the development of the metabolic syndrome in young men aged 18–21 years with abdominal obesity. **Materials and methods.** we examined 221 males aged 18–21 years with abdominal obesity (mean age 19.4 ± 1.2 years). **Results.** A decrease in endothelium-dependent vasodilation (EDV) by 2.47 times increases the risk of metabolic syndrome (RR=2.47; 95% CI 1.72–3.54) compared with young men without EDV impairment. An increase in vascular wall stiffness 4 times increases the risk of metabolic syndrome compared with young men with normal vascular wall stiffness (RR=4.03; 95% CI 2.3–7.06). In young men with an increased biological age of the vascular wall, the relative risk of metabolic syndrome is 10 times higher than in young men with a normal index (RR=10.31; 95% CI 3.41–31.16). An increase in the level of circulating endothelial cells in the peripheral blood 30 times increases the risk of metabolic syndrome compared with young men without such abnormalities (RR=30.0; 95% CI 4.29–42.61; $p < 0.001$). Against the background of hyperhomocysteinemia, the relative risk of metabolic syndrome is 14.8 times higher than in young men with a normal level of the indicator (RR=14.84; 95% CI 4.87–45.13; $p < 0.001$). ROC-analysis showed that of all the studied indicators, EDV has the highest prognostic value in predicting the metabolic syndrome in young men with abdominal obesity (area under the curve 0.96). **Conclusions.** Structural and functional disorders of the vascular wall significantly increase the risk of metabolic syndrome in young men with abdominal obesity.

KEY WORDS: abdominal obesity; metabolic syndrome; youth health; risk of metabolic syndrome; endothelial dysfunction.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование структурно-функционального состояния сосудистой стенки у юношей с абдоминальным ожирением является альтернативным методом диагностики и стратификации риска сердечно-сосудистых заболеваний на самой ранней стадии их развития [10, 15]. До настоящего времени не получено ответа на вопрос о роли эндотелиопатии в патогенезе метаболического синдрома, что делает актуальным поиск новых моделей для исследования этой проблемы [9, 11, 12]. Исследований по изучению роли эндотелиопатии в прогрессировании кардиометаболического риска у юношей с абдоминальным ожирением практически не проводилось [1, 2]. При этом имеющиеся данные о связи эндотелиопатии с кардиометаболическим риском у подростков с абдоминальным

ожирением имеют противоречивый характер [6, 14, 17]. Понимание мультифакториальных механизмов, участвующих в прогрессировании кардиометаболического риска, важно для совершенствования стратегий первичной профилактики в юношеском возрасте, когда патологические изменения еще обратимы [3, 4, 16].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить частоту выявления метаболического синдрома и изучить предикторы его развития у юношей 18 лет — 21 года с абдоминальным ожирением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие лица мужского пола, направленные райвоенкоматами

для обследования в эндокринологическое отделение СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница».

Критерии включения в исследование: мужской пол; европеоидная раса; возраст 18 лет — 21 год; первичное экзогенно-конституциональное ожирение с индексом массы тела ≥ 30 кг/м² и окружностью талии ≥ 94 см; добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии не включения в исследование: вторичное или симптоматическое ожирение; сахарный диабет (глюкоза плазмы венозной крови натощак ≥ 7 ммоль/л и/или через 2 часа после проведения орального глюкозотолерантного теста $\geq 11,1$ ммоль/л); индекс массы тела < 30 кг/м²; окружность талии < 94 см; анемия; острое воспалительное или обострение хронического заболевания.

Обследованы 221 юноша 18 лет — 21 года (средний возраст $19,4 \pm 1,2$ года) с абдоминальным ожирением. Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали по формуле Кетле: вес (кг) / рост (м)². Степени ожирения определяли согласно клиническим рекомендациям [5]. Метаболический синдром диагностировался в соответствии с рекомендациями Российского медицинского общества по артериальной гипертензии (2013) [8].

Структурно-функциональное состояние сосудистой стенки оценивали с помощью трех разных методик: 1) по уровню биологических маркеров эндотелиальной дисфункции (количество циркулирующих эндотелиальных клеток; количество клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин; гомоцистеин); 2) по контурному анализу пульсовой волны (индекс аугментации; возраст сосудистой стенки) 3) по функциональной пробе (эндотелийзависимая вазодилатация).

Количество циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови определяли методом проточной цитофлуориметрии с использованием моноклональных антител CD146 PE, CD45 PC 500 на проточном цитометре Beckman Coulter Cytomics FC 500 (референсные значения 0–5 на 300 000 лейкоцитов). Определение количества клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин, проводили методом проточной цитофлуориметрии с использованием моноклональных антител CD62 PE и индуктора активации АДФ 20 мкмоль/л на проточном цитометре Beckman Coulter Cytomics FC 500 (референсные значения 0,1–4% до активации АДФ).

Контурный анализ пульсовой волны проводился на приборе «АнгиоСкан-01» (Россия)

[7]. Для оценки функционального состояния эндотелия применялась методика, предложенная D.S. Celermajer и соавт. (1992). При функциональной пробе определяли эндотелийзависимую вазодилатацию (ЭВД) [13].

Статистический анализ проводили в программе STATISTICA 14.0 (StatSoft Inc., США). Для выявления влияния независимой переменной на развитие метаболического синдрома проводили регрессионный анализ.

Для прогнозирования развития метаболического синдрома строилось уравнение логистической регрессии по формуле:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X ; x — текущее значение фактора X .

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

ROC-анализ (Receiver-operating characteristic) кривых выполнен в модуле Neural Networks программы STATISTICA 14.0. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлена частота повышения биологических маркеров эндотелиальной дисфункции у юношей с абдоминальным ожирением.

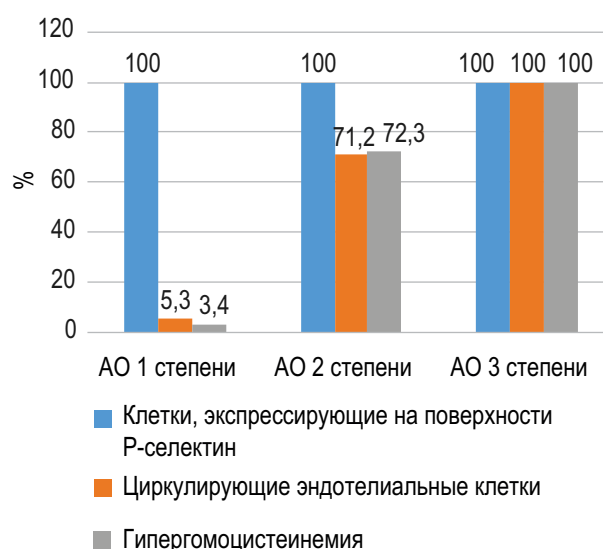


Рис. 1. Частота выявления повышенных уровней биомаркеров эндотелиальной дисфункции у юношей с разной степенью абдоминального ожирения (%)

У всех обследованных пациентов определялся повышенный уровень клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин. Это указывает на повышение адгезивных свойств сосудистой стенки независимо от степени тяжести абдоминального ожирения у юношей. Следовательно, по уровню клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин, можно оценивать наиболее ранние изменения сосудистой стенки и учитывать данный фактор при назначении терапии.

С помощью однофакторного регрессионного анализа установлен вклад ЭЗВД в развитие метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением ($F=37,61$; $p<0,00001$). Рассчитан относительный риск (ОР) метаболического синдрома у юношей со сниженной ЭЗВД. Установлено, что снижение ЭЗВД в 2,47 раза повышает риск метаболического синдрома (ОР=2,47; 95% ДИ 1,72–3,54) в сравнении с юношами без нарушения ЭЗВД. Результаты ROC-анализа свидетельствуют о том, что показатель ЭЗВД обладает высокой прогностической значимостью в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,96) (рис. 2).

По показателю ЭЗВД в 100% случаев можно правильно предсказать развитие метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением, и в 88,9% случаев — правильно предсказать вероятность отсутствия его развития в будущем.

Однофакторный регрессионный анализ продемонстрировал связь жесткости сосудистой стенки с развитием метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением ($F=29,13$; $p<0,00001$). У юношей с абдоминальным ожирением и повышенной жесткостью сосудистой стенки риск метаболического синдрома в 4 раза выше, чем при нормальном уровне жесткости сосудов (ОР = 4,03; 95% ДИ 2,3–7,06). ROC-анализ показал, что индекс аугментации обладает высокой прогностической значимостью в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,94) (рис. 3).

По индексу аугментации в 90% случаев можно верно предсказать вероятность развития метаболического синдрома и в 100,0% случаев правильно оценить вероятность отсутствия его развития у юношей с абдоминальным ожирением в будущем. Построено уравнение логистической регрессии для прогнозирования развития метаболического синдрома в зависимости от жесткости сосудистой стенки:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve
ЭЗВД

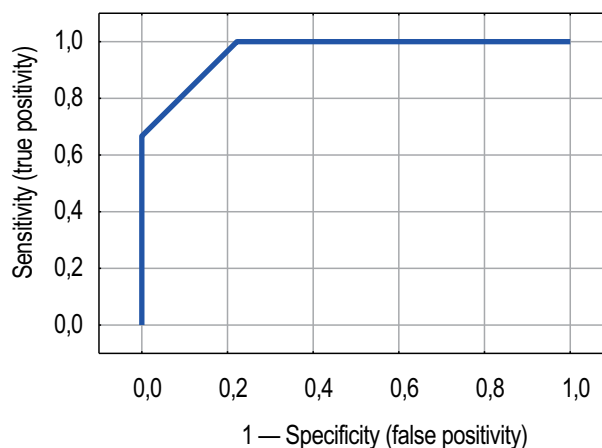


Рис. 2. ROC-анализ ЭЗВД в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением

Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve
Индекс аугментации

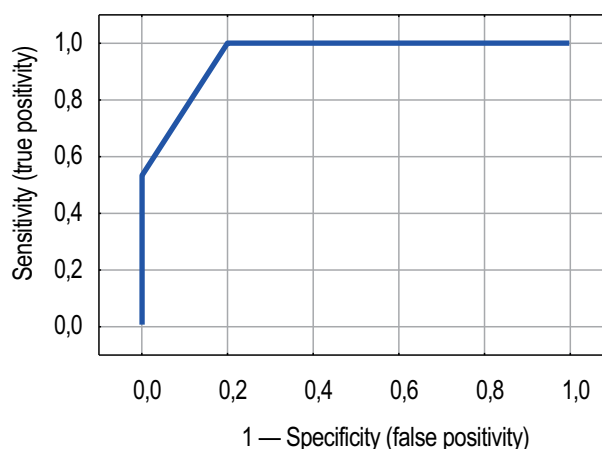


Рис. 3. ROC-анализ AIp75 в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением

$$\hat{y} = \frac{\exp(-1,029 + 0,12 \times x)}{1 + \exp(-1,029 + 0,12 \times x)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома высокая ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X (AIp75); x — текущее значение фактора X (AIp75).

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

С помощью однофакторного регрессионного анализа установлен вклад возраста сосудистой стенки в развитие метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением ($F=30,46$; $p<0,00001$). Рассчитан относительный риск метаболического синдрома

с учетом расчетного биологического возраста сосудистой стенки. У юношей с повышенным биологическим возрастом сосудистой стенки относительный риск метаболического синдрома в 10 раз выше, чем у юношей с нормальным показателем (ОР=10,31; 95% ДИ 3,41–31,16). ROC-анализ продемонстрировал высокую прогностическую ценность показателя биологического возраста сосудистой стенки в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,95) (рис. 4). По значению показателя биологического возраста сосудистой стенки в 100% случаев можно правильно предсказать вероятность развития метаболического синдрома и в 75% случаев правильно оценить вероятность отсутствия его развития у юношей с абдоминальным ожирением в будущем.

Построено уравнение логистической регрессии, позволяющее прогнозировать вероятность развития метаболического синдрома в зависимости от возраста сосудистой стенки у юношей с абдоминальным ожирением:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

$$\hat{y} = \frac{\exp(-1,478 + 0,055 \times x)}{1 + \exp(-1,478 + 0,055 \times x)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X (возраст сосуда); x — текущее значение фактора X (возраст сосуда).

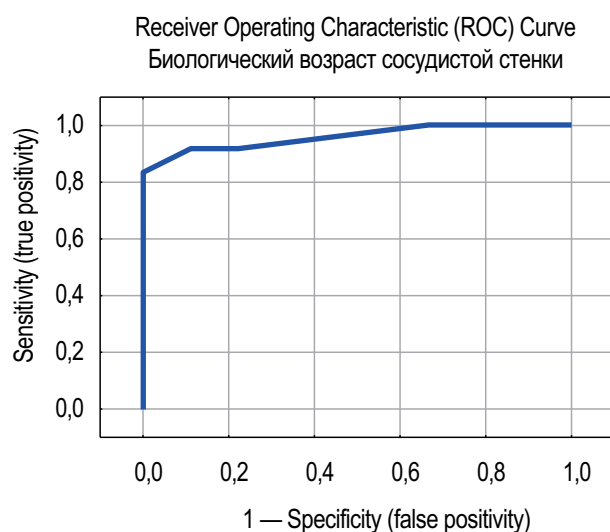


Рис. 4. ROC-анализ показателя биологического возраста сосудистой стенки в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

У всех обследованных юношей с абдоминальным ожирением определялось повышенное содержание клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин. С помощью однофакторного регрессионного анализа доказано, что количество клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин, связано с развитием метаболического синдрома ($F=15,05$; $p<0,00001$). Построено уравнение логистической регрессии, позволяющее спрогнозировать вероятность развития метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением в зависимости от числа клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

$$\hat{y} = \frac{\exp(-0,724 + 0,0069 \times x)}{1 + \exp(-0,724 + 0,0069 \times x)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X (n клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин); x — текущее значение фактора X (n клеток, экспрессирующих на поверхности Р-селектин).

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

ROC-анализ продемонстрировал среднюю прогностическую значимость количества клеток, экспрессирующих Р-селектин, в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,86) при чувствительности 77,7% и специфичности 75,0% (рис. 5).

При однофакторном регрессионном анализе доказана связь между количеством циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови и развитием метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением ($F=21,31$; $p<0,00009$). Рассчитан относительный риск метаболического синдрома в зависимости от уровня циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови. Установлено, что у юношей с повышенным уровнем циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови риск метаболического синдрома в 30 раз выше, чем у юношей с нормальным показателем (ОР=30,0; 95% ДИ 4,29–42,61; $p<0,001$).

Построено уравнение логистической регрессии, позволяющее спрогнозировать веро-

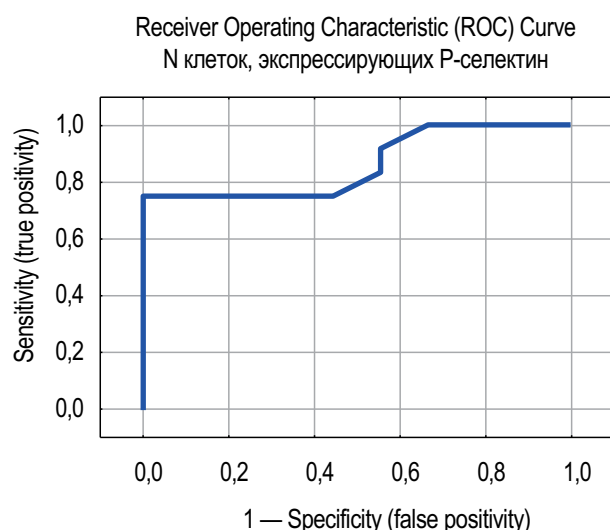


Рис. 5. ROC-анализ количества клеток, экспрессирующих Р-селектин, в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением

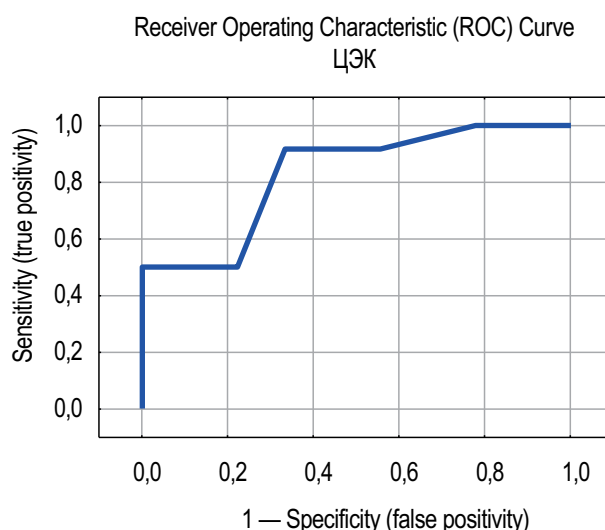


Рис. 6. ROC-анализ количества циркулирующих эндотелиальных клеток (ЦЭК) в периферической крови в предикции метаболического синдрома

ятность развития метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением в зависимости от количества циркулирующих эндотелиальных клеток в периферической крови:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

$$\hat{y} = \frac{\exp(-0,191406 + 0,100260 \times x)}{1 + \exp(-0,191406 + 0,100260 \times x)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X (n циркулирующих эндотелиальных клеток); x — текущее значение фактора X (n циркулирующих эндотелиальных клеток).

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

ROC-анализ продемонстрировал среднюю прогностическую ценность уровня циркулирующих эндотелиальных клеток в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,81) при 77,8% чувствительности и 91,7% специфичности (рис. 6).

С помощью однофакторного регрессионного анализа доказана связь между уровнем гомоцистеина и развитием метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением ($F=20,63$; $p<0,00010$). Установлено, что у юношей с повышенным содержанием гомоцистеина относительный риск метаболического синдрома в 14,8 раза выше, чем у юношей с нормальным уровнем показателя (OR=14,84; 95% ДИ

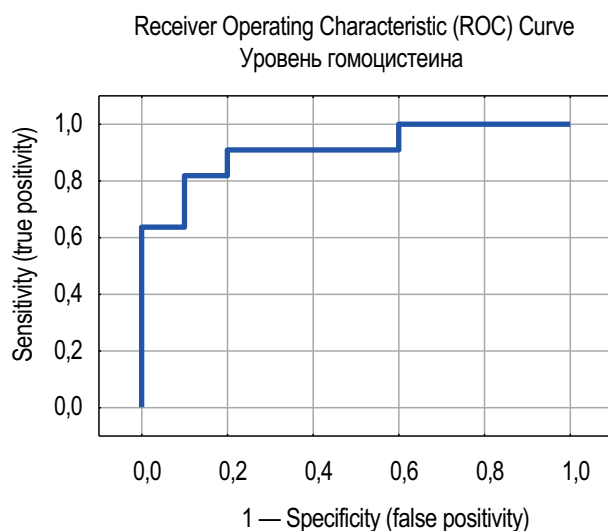


Рис. 7. ROC-анализ гомоцистеина в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением

4,87–45,13; $p<0,001$). ROC-анализ продемонстрировал среднюю прогностическую ценность гомоцистеина в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,84) при 77,7% чувствительности и 91,7% специфичности (рис. 7).

Построено уравнение логистической регрессии, позволяющее спрогнозировать вероятность развития метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением в зависимости от уровня гомоцистеина:

$$\hat{y} = \frac{\exp(b_0 + bx)}{1 + \exp(b_0 + bx)},$$

$$\hat{y} = \frac{\exp(-0,766802 + 0,083189 \times x)}{1 + \exp(-0,766802 + 0,083189 \times x)},$$

где $\hat{y}$ — вероятность метаболического синдрома ($0 \leq \hat{y} \leq 1$); b_0 — константа; b — коэффициент фактора X (уровень гомоцистеина); x — текущее значение фактора X (уровень гомоцистеина).

При $\hat{y} > 0,5$ имеется вероятность развития метаболического синдрома; при $\hat{y} < 0,5$ вероятность метаболического синдрома низкая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование отличается от ранее проводившихся комплексным подходом к оценке структурно-функционального состояния сосудистой стенки с использованием разных диагностических методик. Это позволило определить чувствительность и специфичность каждой из использованных диагностических методик в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением. ROC-анализ показал, что из всех изученных показателей ЭЗВД обладает наиболее высокой прогностической значимостью в предикции метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением (площадь под кривой 0,96). Структурно-функциональные нарушения сосудистой стенки в значительной степени повышают риск развития метаболического синдрома у юношей с абдоминальным ожирением.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования — М.В. Авдеева, Л.В. Щеглова; сбор и обработка материала — Л.К. Церцвадзе; статистическая обработка — Л.К. Церцвадзе; написание текста — Л.К. Церцвадзе; редактирование — В.С. Василенко, М.В. Авдеева. Все авторы прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Study concept and design — Marina V. Avdeeva, Larisa V. Scheglova,

collection and processing of material — Lana K. Tsertsvadze, statistical processing — Lana K. Tsertsvadze, writing text — Lana K. Tsertsvadze, editing — Vladimir S. Vasilenko, Marina V. Avdeeva. All authors read and approved the final version before publication.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева М.В. Комплексная оценка факторов кардиоваскулярного риска с использованием ресурсов Центра здоровья. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2012; 11 (3): 47–52.
2. Авдеева М.В., Орёл В.И., Щеглова Л.В. Медико-социальная характеристика популяционных групп с факторами кардиоваскулярного риска, обследованных в Центре здоровья. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2011; 12 (5): 77–84.
3. Бочарова О.В., Теплякова Е.Д. Ожирение у детей и подростков — проблема здравоохранения XXI века. Казанский медицинский журнал. 2020; 101(3): 381–8.
4. Галенко А.С., Захаров Д.В., Лосева К.А. Роль и функции эндотелия — краткая характеристика вопроса и вклад отечественных ученых в его изучение. Университетский терапевтический вестник. 2020; 2(2): 46–54.
5. Дедов И.И., Шестакова М.В., Мельниченко Г.А. Междисциплинарные клинические рекомендации. Лечение ожирения и коморбидных заболеваний. Ожирение и метаболизм. 2021; 18 (1): 5–99.
6. Иванов Д.О., Успенский Ю.П., Барышникова Н.В. и др. Распространенность избыточной массы тела и ожирения у детей и подростков в Санкт-Петербурге: оценка рисков развития метаболического синдрома. Педиатр. 2021; 12(4): 5–13. DOI: 10.17816/PED1245-13.
7. Парфёнов А.С. Экспресс диагностика сердечно-сосудистых заболеваний. Мир измерений. 2008; 6: 74–82.
8. Рекомендации по ведению больных с метаболическим синдромом. Клинические рекомендации. М.: Российское медицинское общество по артериальной гипертензии; 2013: 1–43.
9. Самошкина Е.С., Балыкова Л.А., Широкова А.А. и др. Метаболический синдром у детей и подростков: современное состояние проблемы. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2022; 101 (6): 138–45.
10. Строев Ю.И., Чурилов Л.П., Бельгов А.Ю., Чернова Л.А. Ожирение у подростков. СПб.: Медкнига ЭЛБИ; 2003.
11. Трашков А.П., Брус Т.В., Васильев А.Г. и др. Эндотелиальная дисфункция в патогенезе неалкогольной

- жировой болезни печени у крыс и методы ее коррекции. *Russian Biomedical Research*. 2017; 2(4): 11–7.
12. Церцвадзе Л.К., Авдеева М.В., Щеглов Д.С., Василенко В.С. Уровни биомаркёров эндотелиальной дисфункции у юношей 18 лет — 21 года с абдоминальным ожирением. *Медицина: теория и практика*. 2022; 7 (4): 45–51.
 13. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Spiegelhalter D.J. et al. Aging is associated with endothelial dysfunction in healthy men years before the age-related decline in women. *J. Am. Coll. Cardiol*. 1994; 24: 471–6.
 14. Corrigan F.E., Kelli H.M., Dhindsa D.S. et al. Changes in truncal obesity and fat distribution predict arterial health. *J. Clin. Lipidol*. 2017; 11: 1354–60. DOI: 10.1016/j.jacl.2017.08.013.
 15. Dimitriu A. Cardiovascular risk factors in childhood obesity. *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements*. 2022; 14 (1): 133–4.
 16. Drozd D., Alvarez-Pitti J., Wójcik M. et al. Obesity and cardiometabolic risk factors: from childhood to adulthood. *Nutrients*. 2021; 13 (11): 4176. DOI: 10.3390/nu13114176.
 17. Nogueira M.D., Braga R.A., Manios Y. et al. New indices in predicting cardiometabolic risk and its relation to endothelial dysfunction in adolescents: the HELENA study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2023.
 6. Ivanov D.O., Uspenskiy Yu.P., Baryshnikova N.V. i dr. Rasprostranennost' izbytochnoj massy tela i ozhireniya u detej i podrostkov v Sankt-Peterburge: ocenka riskov razvitiya metabolicheskogo sindroma. [Prevalence of overweight and obesity in children and adolescents in St. Petersburg: risk assessment of metabolic syndrome]. *Pediatr*. 2021; 12(4): 5–13. DOI: 10.17816/PED1245-13. (in Russian).
 7. Parfyonov A.S. Ekspress diagnostika serdechno-sosudistyh zabolevanij. [Express diagnostics of cardiovascular diseases]. *Mir izmerenij*. 2008; 6: 74–82. (in Russian).
 8. Rekomendacii po vedeniyu bol'nyh s metabolicheskim sindromom. *Klinicheskie rekomendacii*. M.: Rossijskoe medicinskoe obshchestvo po arterial'noj gipertonii; 2013: 1–43. (in Russian).
 9. Samoshkina E.S., Balykova L.A., Shirokova A.A. i dr. Metabolicheskij sindrom u detej i podrostkov: sovremennoe sostoyanie problem. [Modern view on metabolic syndrome in children and adolescents]. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 2022; 101 (6): 138–45. (in Russian).
 10. Stroeve Yu.I., Churilov L.P., Bel'gov A.Yu., Chernova L.A. Ozhirenie u podrostkov. [Obesity in adolescents]. Sankt-Peterburg: Medkniga ELBI Publ.; 2003. (in Russian).
 11. Trashkov A.P., Brus T.V., Vasil'ev A.G. i dr. Endotelial'naya disfunkciya v patogeneze nealkogol'noj zhirovoy bolezni pecheni u krys i metody ee korrekcii. [Endothelial dysfunction in the pathogenesis of non-alcoholic fatty liver disease in rats and methods of its correction]. *Russian Biomedical Research*. 2017; 2(4): 11–7. (in Russian).
 12. Cercvazde L.K., Avdeeva M.V., Shcheglov D.S., Vasilenko V.S. Urovni biomarkyrov endotelial'noj disfunkcii u yunoshej 18 let — 21 goda s abdominal'nym ozhireniem. [Biomarker level of endothelial dysfunction in youth 18–21 years with abdominal obesity]. *Medicina: teoriya i praktika*. 2022; 7 (4): 45–51. (in Russian).
 13. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Spiegelhalter D.J. et al. Aging is associated with endothelial dysfunction in healthy men years before the age-related decline in women. *J. Am. Coll. Cardiol*. 1994; 24: 471–6.
 14. Corrigan F.E., Kelli H.M., Dhindsa D.S. et al. Changes in truncal obesity and fat distribution predict arterial health. *J. Clin. Lipidol*. 2017; 11: 1354–60. DOI: 10.1016/j.jacl.2017.08.013.
 15. Dimitriu A. Cardiovascular risk factors in childhood obesity. *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements*. 2022; 14 (1): 133–4.
 16. Drozd D., Alvarez-Pitti J., Wójcik M. et al. Obesity and cardiometabolic risk factors: from childhood to adulthood. *Nutrients*. 2021; 13 (11): 4176. DOI: 10.3390/nu13114176.
 17. Nogueira M.D., Braga R.A., Manios Y. et al. New indices in predicting cardiometabolic risk and its relation to endothelial dysfunction in adolescents: the HELENA study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2023.

REFERENCES

1. Avdeeva M.V. Kompleksnaya ocenka faktorov kardiovaskulyarnogo riska s ispol'zovaniem resursov Centra zdorov'ya. [Complex assessment of cardiovascular risk factors at Health Centres]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2012; 11 (3): 47–52. (in Russian).
2. Avdeeva M.V., Oryol V.I., Shcheglova L.V. Mediko-social'naya harakteristika populyacionnyh grupp s faktormi kardiovaskulyarnogo riska, obsledovannyh v Centre zdorov'ya. [Medical and social characteristics of population groups with cardiovascular risk factors examined at the Health Center]. *Byulleten' NCSSKH im. A.N. Bakuleva RAMN*. 2011; 12 (5): 77–84. (in Russian).
3. Bocharova O.V., Teplyakova E.D. Ozhirenie u detej i podrostkov — problema zdavoohraneniya XXI veka. [Children and adolescents' obesity is the 21st century health problem]. *Kazanskiy medicinskij zhurnal*. 2020; 101 (3): 381–8. (in Russian).
4. Galenko A.S., Zaharov D.V., Loseva K.A. Rol' i funkcii endoteliya — kratkaya harakteristika voprosa i vklad otechestvennyh uchenyh v ego izuchenie. [The role and functions of the endothelium — a brief description of the issue and the contribution of Russian scientists to its study]. *Universitetskij terapevticheskij vestnik*. 2020; 2(2): 46–54. (in Russian).
5. Dedov I.I., Shestakova M.V., Melnichenko G.A. et al. Mezhdisciplinarnye klinicheskie rekomendacii "Lechenie ozhireniya i komorbidnyh zabolevanij". [Interdisciplinary clinical guidelines "Treatment of obesity and comorbid diseases"]. *Ozhirenie i metabolism*. 2021; 18 (1): 5–99. (in Russian).