

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКАRADIAL DIAGNOSIS

**ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ И ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ОЦЕНКА  
ОБЪЁМНОЙ СКОРОСТИ КРОВОТОКА  
ПО ВНУТРЕННЕЙ ГРУДНОЙ АРТЕРИИ У БОЛЬНЫХ ИБС**

**БАЗЫЛЕВ В.В., БАРТОШ Ф.Л., СИВУЩИНА С.В., МИКУЛЯК А.И.**

*Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Минздрава РФ, Пенза, Россия*

*Левая внутренняя грудная артерия (ВГА) является в настоящее время артерией выбора для реваскуляризации коронарных артерий. Ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) и ультразвуковая доплеровская флоуметрия (УДФ) являются последовательными методиками контроля проходимости ВГА на этапах оказания помощи пациентам по восстановлению коронарного кровотока. Мы сравнили два способа измерения объёмных скоростей кровотока: методом УЗДС и УДФ. Проведена статистическая обработка результатов. Установлено, что трансторакальное УЗДС и интраоперационная УДФ в оценке объёмной скорости кровотока по ВГА у пациентов с ишемической болезнью сердца являются сопоставимыми методиками, при условии одинаковых параметров центральной гемодинамики у пациентов.*

**Ключевые слова:** внутренняя грудная артерия, дуплексное сканирование, ультразвуковая доплеровская флоуметрия, объёмная скорость кровотока.

**ВСТУПЛЕНИЕ**

Левая внутренняя грудная артерия (ВГА) является в настоящее время артерией выбора для реваскуляризации коронарных артерий. Это обусловлено анатомо-функциональными особенностями артерии, а также тем, что данная артерия преимущественно используется для шунтирования передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии, которая сама в значительной мере определяет прогноз, что было подтверждено рядом рандомизированных исследований, проводившихся ещё в 80-х годах [1, 2], также и современными исследованиями [3, 4].

Повторное вмешательство на коронарных артериях сопряжено, как правило, с повышенным риском по сравнению с первичной процедурой реваскуляризации, поэтому на сегодняшний день проблема оптимального выбора трансплантатов по-прежнему остаётся актуальной [5, 6]. Ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) и ультразвуковая доплеровская флоуметрия (УДФ) являются последовательными методиками контроля проходимости ВГА на этапах оказания помощи пациентам по восстановлению коронарного кровотока.

Существуют многочисленные данные, характеризующие кровоток по ВГА трансторакально [7–9] и интраоперационно [10], но сравнение предоперационных и интраоперационных данных у одних и тех же больных мы встретили только в одной работе [11].

Цель исследования: сравнение ультразвуковых методик – УЗДС и УДФ – в оценке

объёмной скорости кровотока по ВГА у больных ишемической болезнью сердца.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследование включены 106 пациентов, которым было выполнено 129 изолированных маммаро-коронарных шунтирований (МКШ) в период с марта 2015 по май 2015 гг. в ФГБУ «ФЦССХ Минздрава России» (г. Пенза). Первую группу составили 74 пациента, вторую – 32. Различий по клинико-демографическим показателям между группами не было (табл. 1). МКШ проводилось с использованием как правой, так и левой ВГА. Деление на группы осуществлялось статистически с помощью метода линейной регрессии.

Статистика. База данных составлялась в виде электронных таблиц в программе Microsoft Office Excel 2007. На первом этапе обработки полученных результатов мы применяли линейную регрессию. В качестве зависимой переменной выступала  $Q_{mean}$ , полученная интраоперационно, независи-

Клинико-демографические показатели					Таблица
	1 группа (n=74)	(95% ДИ)	2 группа (n=32)	(95% ДИ)	P
Возраст (лет)	59,6±9,8	(57,3;61,9)	58,5±8,1	(55,6;61,4)	0,6
Мужчины (n)	36		20		0,3
EuroScore (%)	4,1±1,8	(3,7;4,5)	3,9±1,5	(3,3;4,4)	0,7
ФВ (%)	52,4±8,7	(50,4;54,9)	55,2±6,9	(52,7;57,7)	0,08

*Примечание: ФВ – фракция выброса левого желудочка. ДИ – доверительный интервал.*

мой –  $Q_{mean}$  трансторакально. Уравнение регрессии считалось статистически значимым при уровне значимости F-критерия  $\pm 0,05$ . Определялся коэффициент детерминации модели ( $R^2$ ), показывающий процент варибельности зависимой переменной, которая объясняется полученной моделью. Отдельно определялись наиболее влиятельные наблюдения с помощью показателя standardized DfBeta (DfBetaS), отражающего разность между коэффициентами регрессии при включении всех случаев в модель и при исключении данного случая из модели. То есть, если удаление наблюдения приводит к значительному "скачку" в оценках тех или иных параметров модели, значит это наблюдение является влиятельным. Принято считать, что наиболее значимыми являются случаи, в которых значения DfBetaS  $\geq 2$  [12, 13].

Далее, деление пациентов на группы осуществлялось по значениям DfBetaS. При величине DfBetaS  $\geq 2$  пациенты были отнесены во вторую группу, остальные в первую. Для каждой из полученных групп повторно составлялось уравнение линейной регрессии.

Для сравнения двух способов измерения объёмных скоростей кровотока, внутри группы, мы применяли метод согласованности измерений Блэнда–Алтмана [14, 15]. Для каждой пары измерений вычислялась разность, средняя величина разности ( $M_{разн}$ ) с указанием 95% доверительного интервала (95% ДИ), с последующей проверкой гипотезы отличия  $M_{разн}$  от 0.

Для определения достоверности изменений и межгрупповых различий использовали t-test. Статистически значимыми считали различия при уровне  $p \leq 0,05$ . Результаты представлены в виде  $M \pm SD$  с указанием 95% ДИ, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение. Для расчётов использовалась программа Stat graphics plus 3 (1997 г.) и SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

В предоперационном периоде УЗДС ВГА проводилось на аппарате "SONOLINE" G60 S фирмы SIEMENS с использованием микроконвексного датчика 5–8 МГц. ВГА визуализировалась из надключичного доступа и во 2–3 межреберье по парастернальной линии в положении пациента лёжа на спине. В режиме цветного доплеровского картирования (ЦДК) с использованием импульсного доплера и с корректировкой доплеровского угла (менее 60 градусов) измерялась объёмная скорость кровотока с учётом диаметра артерии. Далее, этим же пациентам, интраоперационно проводили исследование ВГА с помощью УДФ. Измерение кровотока проводили с помощью флоуметра VeryQ MediStim® (Осло, Норвегия) на участке скелетированной ВГА, протя-

женностью 2–2,5 см. Оценивали значение средней объёмной скорости кровотока ( $Q_{mean}$ ). В исследовании наиболее часто использовали датчики 1,5 и 2 мм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов первой группы не было получено никакой зависимости между  $Q_{mean}$ , полученными интраоперационно и трансторакально  $R^2=0,04$  (рис. 1).

Для сравнения двух способов измерения объёмных скоростей кровотока мы применяли метод согласованности измерений Блэнда–Алтмана с графической визуализацией данных. На рис. 2 представлены соотношения разницы между измерениями объёмной скорости кровотока и среднеарифметическим этих измерений. У пациентов первой группы средняя разность между измерениями равна -11,95 мл (95% ДИ: -15,7; -7,0). При сравнении выборочной средней с гипотетической генеральной средней  $p=0,001$ , что говорит о наличии систематического расхождения.

У пациентов второй группы выявлена взаимосвязь между  $Q_{mean}$ , полученными интраоперационно и трансторакально  $R^2=0,97$ ,  $p=0,0001$ . Уравнение аппроксимации:  $Q_{mean}$  интраоперационно =  $0,98 \times Q_{mean}$  (трансторакально) + 0,57 (рис. 3). При сравнении двух способов измерения объёмных скоростей кровотока методом согласованности измерений Блэнда–Алтмана (рис. 4) было получено, что у пациентов второй группы средняя разность между измерениями равна -0,28 мл/мин (95% ДИ: -1,4; 0,8). При сравнении выборочной средней с гипотетической генеральной средней  $p=0,47$ , что говорит об отсутствии систематического расхождения.

При сравнении  $Q_{mean}$  трансторакально у пациентов первой группы этот показатель составил  $57,2 \pm 7,8$  мл/мин (95% ДИ: 54,8; 57,9); у пациентов второй группы –  $50,5 \pm 3,2$  мл/мин (95% ДИ: 49,0; 51,9),  $p=0,002$ . При анализе  $Q_{mean}$  интраоперационно были получены следующие данные: показатель объёмной скорости кровотока у пациентов первой группы составил –  $42,4 \pm 9,0$  мл/мин (95% ДИ: 40,5; 42,4);

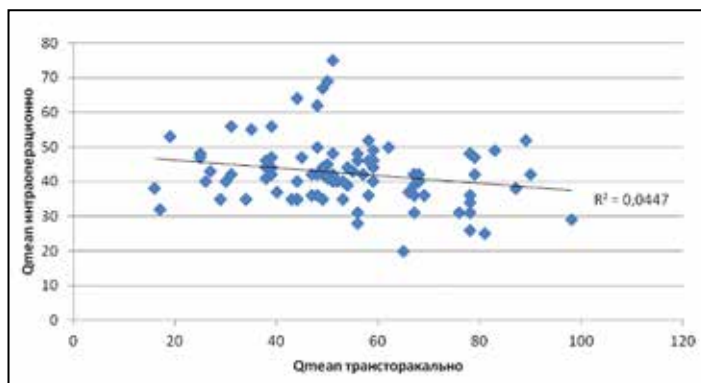


Рис. 1. График зависимости объёмных скоростей кровотока, полученных разными способами, у пациентов первой группы

у пациентов второй группы –  $44,3 \pm 11,2$  мл/мин (95% ДИ: 40,1;47,8),  $p=0,2$ .

Уровень систолического артериального давления у пациентов первой группы до операции составил –  $148,0 \pm 15,9$  мм рт. ст. (95% ДИ: 144,7;151,3); интраоперационно –  $92,1 \pm 9,3$  мм рт. ст. (95% ДИ: 90,19;94,0),  $p=0,001$ ; соответственно у пациентов второй группы: до операции составил –  $105,8 \pm 17,8$  мм рт. ст. (95% ДИ: 99,1;111,3); интраоперационно –  $101,5 \pm 14,2$  мм рт. ст. (95% ДИ: 96,6;106,6),  $p=0,09$ . Уровень диастолического артериального давления у пациентов первой группы до операции составил –  $82,6 \pm 9,4$  мм рт. ст. (95% ДИ: 80,6;84,5); интраоперационно –  $62,3 \pm 6,7$  мм рт. ст. (95% ДИ: 60,9;63,6),  $p=0,001$ ; соответственно у пациентов второй группы: до операции составил –  $69,1 \pm 8,3$  мм рт. ст. (95% ДИ: 66,8;71,4); интраоперационно –  $65,7 \pm 10,1$  мм рт. ст. (95% ДИ: 62,2;69,2),  $p=0,07$ .

Величина ударного индекса (УИ) у пациентов первой группы до операции была –  $32,8 \pm 4,9$  мл/м<sup>2</sup> (95% ДИ: 31,8;34,1); интраоперационно –  $28,5 \pm 5,0$  мл/м<sup>2</sup> (95% ДИ: 27,3;29,6),  $p=0,001$ ; соответственно у пациентов второй группы: до операции составила –  $20,7 \pm 7,5$  мл/м<sup>2</sup> (95% ДИ: 20,8;31,1); интраоперационно –  $29,3 \pm 5,2$  мл/м<sup>2</sup> (95% ДИ: 27,5;31,8),  $p=0,8$ .

Частота сердечных сокращений у пациентов первой группы до операции составила  $70,5 \pm 7,7$  уд/мин (95% ДИ: 68,6;72,3); интраоперационно –  $76,5 \pm 8,3$  уд/мин (95% ДИ: 74,7;79,0),  $p=0,001$ ; соответственно у пациентов второй группы: до операции составила –  $77,4 \pm 8,8$  уд/мин (95% ДИ: 66,3;77,6); интраоперационно –  $80,4 \pm 7,2$  уд/мин (95% ДИ: 69,9;79,8),  $p=0,3$ .

### ОБСУЖДЕНИЕ

На настоящий момент существуют различные методики для оценки состояния сосудов, которые могут быть использованы в качестве шунтов коронарных артерий. Трансторакальное УЗДС и интраоперационная УДФ позволяют оценить пригодность ВГА в качестве шунта. Оценку ВГА методом УЗДС и пригодность ее использования для шунтирования начали изучать в начале 90-х годов [16, 17]. Метод УДФ позволяет дать количественную характеристику кровотока в кондуите и определить функцию шунта [18–20].

Физиологическая норма величины  $Q_{mean}$  ВГА, полученная посредством УЗДС, широко варьируется от 17,2 до 104,4 мл/мин [21, 22].

Объёмная скорость кровотока во ВГА, по данным N. Ohtani, была  $54,6 \pm 29,0$  мл/мин и  $56,8 \pm 38,2$  мл/мин у женщин [23], что сопоставимо с данными, полученными в нашем исследовании. Так, при УЗДС ВГА у пациентов первой группы  $Q_{mean}$  величина  $57,2 \pm 7,8$  мл/мин (95% ДИ: 54,8;57,9), несколько меньше у пациентов второй группы –  $50,5 \pm 3,2$  мл/

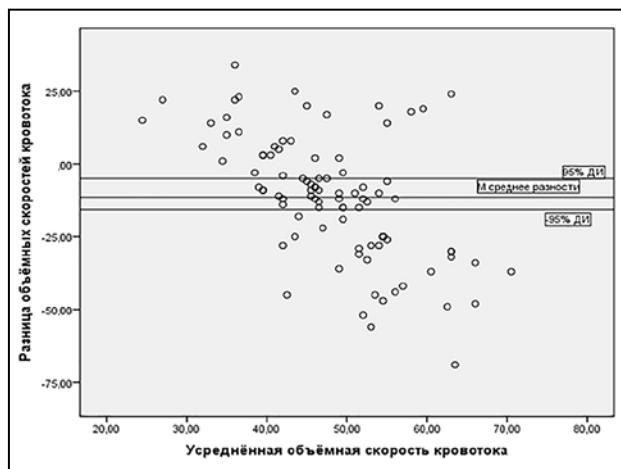


Рис. 2. Разница объёмных скоростей кровотока для каждого усреднённого значения у пациентов первой группы

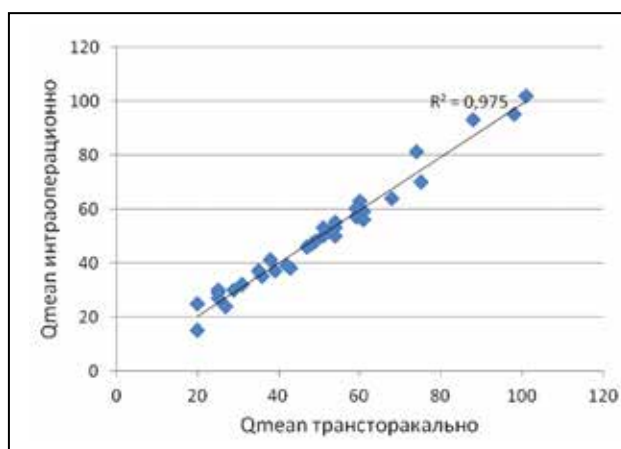


Рис. 3. График зависимости объёмных скоростей кровотока, полученных разными способами, у пациентов второй группы

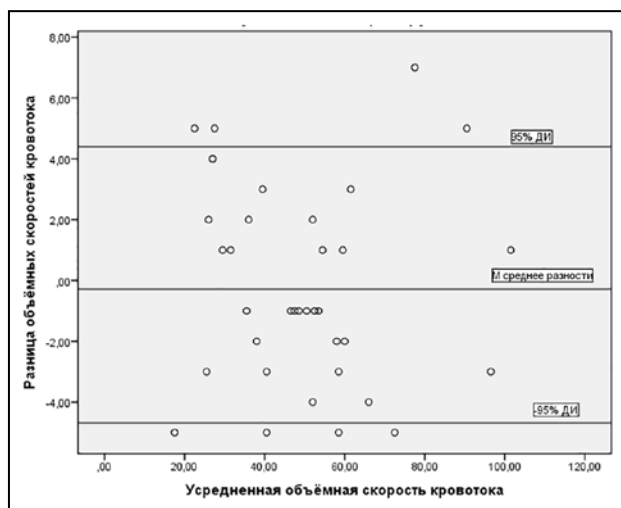


Рис. 4. Разница объёмных скоростей кровотока для каждого усреднённого значения у пациентов второй группы

мин (95% ДИ: 49,0;51,9),  $p=0,002$ . Различия в величинах  $Q_{mean}$ , полученных в нашем исследовании у пациентов разных групп, объясняются разными

гемодинамическими параметрами. Общеизвестно, что объёмная скорость кровотока в сосуде зависит от ряда факторов. В том числе от величины периферического сопротивления [24, 25]. Это было подтверждено интраоперационно, при изучении влияния спазмолитиков на пропускную способность скелетированных шунтов. Было отмечено, что после введения папаверина значительно усиливается объёмный кровоток ( $197 \pm 66,2$  мл против  $147,1 \pm 70,5$  мл) [26, 27].

В нашем исследовании выявлено, что у пациентов, у которых отмечалась разница в цифрах артериального давления, УИ и ЧСС до операции и во время операции, не было выявлено зависимости между цифрами  $Q_{mean}$ , полученными разными способами, и они достоверно отличались друг от друга; если же гемодинамические параметры не различались до и во время операции, то и объёмная скорость кровотока

тоже не различалась. Подобную зависимость получил в своем исследовании Cagli K., так,  $Q_{mean}$  интраоперационной, полученная путем свободного кровотока, равнялась  $32,42 \pm 12,33$  мл/мин, что было значительно меньше, чем пред- и послеоперационные ультразвуковые данные ( $42,22 \pm 10,77$  мл/мин и  $45,36 \pm 19,52$  мл/мин соответственно). Это он объясняет влиянием анестезии на сердечную гемодинамику и тонус сосудов [11].

#### **ВЫВОДЫ**

Таким образом, УЗДС и интраоперационная УДФ в оценке объёмной скорости кровотока по ВГА у больных ишемической болезнью сердца являются сопоставимыми методиками, при условии одинаковых параметров центральной гемодинамики у пациентов.

***Конфликт интересов отсутствует.***

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. **Barner H.B., Standeven J.W., Reese J.** Twelve-year experience with internal mammary artery for coronary artery bypass. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1985; 90: 668–675.
2. **Loop F.D., Lytle B.W., Cosgrove D.M., et al.** Influence of the internal–mammary–artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N. Engl. J. Med.* 1986; 2: 1–6.
3. **Glineur D., D'hoore W., de Kerchove L., et al.** Angiographic predictors of 3-year patency of bypass grafts implanted on the right coronary artery system: a prospective randomized comparison of gastroepiploic artery, saphenous vein, and right internal thoracic artery grafts. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 142: 980–988.
4. **Cho W.C.** Left internal thoracic artery composite grafting with the right internal thoracic versus radial artery in coronary artery bypass grafting. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2011; 26(6): 579–585.
5. **Lytle B.W., Blackstone E.H., Sabik J.F., et al.** The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 78(6): 2005–2012.
6. **Zacharias A., Schwann T.A., Riordan C.J., et al.** Late outcomes after radial artery versus saphenous vein grafting during reoperative coronary artery bypass surgery. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010; 139(6): 1511–1518.
7. **Ohtani N., Kiyokawa K., Asada H., et al.** Evaluation of an internal thoracic artery as a coronary artery bypass graft by intercostal duplex scanning ultrasonography. *Jpn. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 49(6): 343–346.
8. **Madaric J., Mistrík A., Pacak J., et al.** The internal mammary artery bypass– the principles of preoperative and postoperative diagnosis using colour-duplex ultrasound. *Bratisl. Lek. Listy.* 2001; 102(9): 400–405.
9. **Moro H., Ohzeki H., Hayashi J.I., et al.** Evaluation of the thoracodorsal artery as an alternative conduit for coronary bypass. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1997; 45(6): 277–279.
10. **Kadohama T., Ohtani N., Sasajima T.** Evaluation of the flow characteristics of an internal thoracic artery graft after coronary artery bypass grafting by intercostal Duplex scanning ultrasonography. *Thorac. Cardiovasc. Surg. (Torino).* 2007; 48(5): 647–651.
11. **Cagli K., Emir M., Kunt A., et al.** Evaluation of flow characteristics of the left internal thoracic artery graft: perioperative color Doppler ultrasonography versus intraoperative free-bleeding technique. *Tex. Heart. Inst. J.* 2004; 31(4): 376–381.
12. **Rawlings J.O.** *Applied Regression Analysis: A Research Tool*, 2nd ed. New York, USA: Springer. 1988.
13. **Cohen J., Cohen P., West S.G., Aiken L.S.** *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences.* Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates. 2003.
14. **Гланц С.** *Медико-биологическая статистика.* М.: Практика. 1998; 270.
15. **Bland J.M., Altman D.G.** Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1: 307–310.
16. **Marx R., Sons H., Lösse B., Bircks W.** Principles of duplex ultrasound diagnosis of the internal thoracic artery. *Zeitschrift für Kardiologie.* 1994; 83(11): 804–8.
17. **Moro H., Ohzeki H., Hayashi J.I., et al.** Evaluation of the thoracodorsal artery as an alternative conduit for coronary bypass. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1997; 45(6): 277–279.
18. **Bazylev V.V., Rosseikin E.V., Mikulyak A.I.** Intraoperative assessment of composite bypass grafts by means of ultrasonic Doppler flowmetry. *Angiology and Vascular Surgery.* 2013; 19: 2: 41–46 (in Russian).
19. **Bazylev V.V., Nemchenko E.V., Karnakhin V.A., et al.** Flowmetric assessment of coronary bypass grafts in the conditions of artificial circulation and on the beating heart. *Angiology and Vascular Surgery.* 2016; 22; 1: 67–72 (in Russian).
20. **D'Ancona G., Hargrove M., Hinchion J., et al.** Coronary grafts flow and cardiac pacing modalities: how to improve perioperative myocardial perfusion. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 26: 85–88.
21. **Crowley J.J.** Noninvasive assessment of left internal mammary artery graft patency using transthoracic echocardiography. *Circulation.* 1995; 92 (supplement II): 25–30.
22. **Crowley J.J., Shapiro L.M.** Transthoracic echocardiographic measurement of coronary blood flow and reserve. *Journal of American Society of Echocardiography.* 1997; 10(4): 337–343.
23. **Ohtani N., Kiyokawa K., Asada H., et al.** Evaluation of an internal thoracic artery as a coronary artery bypass graft by intercostal duplex scanning ultrasonography. *Jpn. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2001; 49(6): 343–346.

- 
24. *Sandrikov V.A., Lipatova Yu.S., Zhanov I.V.* Registration and interpretation of coronary blood flow after myocardial revascularization. *Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2010; 3: 22–25 (in Russian).
25. *Aleksic M., Heckenkamp J., Gawenda M., et al.* Pulsatility index determination by flowmeter measurement: a new indicator for vascular resistance. *Eur. Surg. Res.* 2004; 36: 345–349.
26. *Wendler O., Tscholl D., Huang Q., Schäfers H.J.* Free flow capacity of skeletonized versus pedicled internal thoracic artery grafts in coronary artery bypassgrafts. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 1999; 15(3): 247–250.
27. *Huang Q., Wendler O., Langer F., et al.* Effects of skeletonized versus pedicled internal thoracic artery grafts on free flow capacity during bypass. *J. Tongji. Med. Univ.* 2000; 20(4): 308–310.
- 

---

**Адрес для корреспонденции:**  
Сивущина С.В.  
Тел./факс: +7 (8412) 41–25–01  
E-mail: cardio-penza@yandex.ru

---

**Correspondence to:**  
Sivushchina S.V.  
Tel.: +7 (8412) 41–25–01  
E-mail: cardio-penza@yandex.ru