

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА**RADIAL DIAGNOSIS**

DOI:10.33529/ANGIO2020210

**РЕЗУЛЬТАТЫ ФЛОУМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
КОМБИНИРОВАННЫХ I-ГРАФТОВ
И АУТОВЕНОЗНЫХ АОРТОКОРОНАРНЫХ ШУНТОВ****БАЗЫЛЕВ В.В., РОССЕЙКИН Е.В., РАДЖАБОВ Д.А., МИКУЛЯК А.И.***Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Минздрава России, Пенза, Россия*

Цель исследования. Провести интраоперационную оценку кровотока в коронарных шунтах «первого» и «третьего» порядка по Calafiore А.М. с помощью метода TTFM и сравнить полученные результаты.

Материалы и методы. В данном ретроспективном, одноцентровом исследовании приняло участие 222 пациента, которым выполнено коронарное шунтирование в период с января по ноябрь 2017 г. В зависимости от вида шунтирования задней межжелудочковой артерии пациенты разделены на 2 группы. В первой группе 108 пациентов, которым шунтирование задней межжелудочковой артерии выполнено с помощью комбинированных I-графтов от правой внутренней грудной артерии. Во второй группе 114 пациентов, которым выполнено аутовенозное аортокоронарное шунтирование задней межжелудочковой артерии. Кровоток оценивали с помощью флоуметра VeryQ MediStim® после остановки искусственного кровообращения, при систолическом давлении 100–110 мм рт. ст. Для оценки параметров кровотока использовали датчики 1,5 и 2 мм. В специально сформированном протоколе отображали тип шунта, шунтируемую артерию, значение параметров флоуметрии. Так же проводили оценку типа флоуметрической кривой по Takemi Handa, et al.

Результаты. В ходе нашего исследования выявлена достоверная разница значений Q_{mean} ($p=0,001$), при этом значение P_i в группах статистически не отличаются ($p=0,14$). Таким образом, у пациентов со сходными параметрами, влияющими на объемную скорость кровотока (степень проксимального стеноза, диаметр шунтируемой артерии, среднее систолическое АД и ЧСС) значение показателя Q_{mean} выше в группе с аортокоронарным шунтированием – в группе кондуитов «первого» порядка. Следовательно, аутовена при прямом анастомозировании с аортой подвержена большей гемодинамической перегрузке, что полностью подтверждает теорию Calafiore А.М.

Выводы. Кондуиты первого порядка с аортокоронарным шунтированием испытывают большее напряжение стенки из-за большей гемодинамической перегрузки в сравнении с кондуитами третьего порядка (I-графт). Комбинированный I-графт может быть альтернативной техникой шунтирования бассейна правой коронарной артерии. Комбинированный I-графт обладает большей устойчивостью к «wall share stress», чем аутовена, анастомозированная с аортой.

Ключевые слова: кондуиты первого и третьего порядка, комбинированный I-графт, напряжение стенки, напряжение сдвига стенки, флоуметрия.

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные рандомизированные исследования показывают преимущество использования обеих внутренних грудных артерий (ВГА) при реваскуляризации бассейна левой коронарной артерии (ЛКА). Однако остается открытым вопрос, касающийся способа шунтирования правой коронарной артерии (ПКА) при трехсосудистом поражении. Некоторые авторы доказывают преимущество аутоартериальной реваскуляризации ПКА [1]. При этом другие авторы отмечают сопоставимые и даже

лучшие результаты при использовании аутовены [2, 3]. Существует мнение, что одной из причин несостоятельности аутовенозного шунта является гемодинамическая травма, которую испытывает стенка кондуита при прямом анастомозировании с аортой. В своей статье Calafiore А.М. разделил графты в зависимости от источника на кондуиты первого и третьего порядка [4]. Как утверждает сам автор, в кондуитах первого порядка, анастомозированных с аортой, «волна давления возрастает», что может привести к растяжению стенок, разрыву интимы

Таблица 1

Клинико-демографические характеристики пациентов					
Показатель	I-графты n=108	ДИ 95%	АКШ n=114	ДИ 95%	p
ИМТ	28,9±4,2	28,1-29,7	29,6±4,7	28,7-30,5	0,24
Возраст, лет	61,4±8,4	59,8-63	61,1±8,2	59,6-62,6	0,78
Женщины, n	24	22 (15,4-30,1)	24	21 (14,6-29,4)	1,0
ССС II, n	39	36 (27,7-45,5)	48	42 (33,4-51,2)	0,18
ССС III-IV, n	69	64 (54,5-72,3)	66	58 (48,7-66,5)	0,63
НУНА II ФК, n	45	42 (32,8-51,1)	51	44 (35,9-53,8)	0,37
НУНА III ФК, n	63	55 (48,9-67,2)	63	55 (46,1-64,1)	1,0
СД, n	27	25 (17,8-33,9)	24	21 (14,6-29,4)	0,61
ХОБЛ, n	12	11 (6,4-18,4)	12	10 (6,1-17,5)	1,0
ФП, n	12	11 (6,4-18,4)	18	15 (10,2-23,6)	0,21
ФВ, %	48,5±10,8	46,4-50,5	50,9±9,7	49,1-52,7	0,82
Syntax score	33,1±11,9	30,8-35,3	30,7±9,6	28,9-32,5	0,98
Дней в ОРИТ	3,2±1,2	2,9-3,4	3,0±0,8	2,8-3,1	0,14

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ССС – канадская классификация стенокардии; ОИМ – острый инфаркт миокарда; СД – сахарный диабет; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ФП – фибрилляция предсердий; ФВ – фракция выброса; ОРИТ – отделение реаниматологии и интенсивной терапии; ДИ – доверительный интервал; p – стандартное отклонение.

Таблица 2

Ангиографические и интраоперационные характеристики шунтируемых артерий					
	I-графты	ДИ 95%	АКШ	ДИ 95%	p
Диаметр, мм	1,66±0,26	1,61-1,71	1,71±0,25	1,66-1,76	0,14
Проксимальный стеноз ПКА 80-89%, n	21	19 (13,1-27,9)	30	26 (19,1-35,1)	0,13
Проксимальный стеноз ПКА 90-100%, n	87	80 (72,1-86,9)	84	74 (64,9-80,9)	0,53

Примечание: ПКА – правая коронарная артерия; АКШ – аортокоронарное шунтирование; ДИ – доверительный интервал.

и, в последующем, развитию ранней гиперплазии и окклюзии. В доступной литературе мы не нашли подтверждения или опровержения данной теории.

В ФГБУ ФЦССХ разработана и внедрена в практику альтернативная методика шунтирования ПКА и ее ветвей. Использование современных способов интраоперационной оценки коронарных шунтов позволит нам определить состоятельность данной теории.

Цель исследования. Провести интраоперационную оценку кровотока в коронарных шунтах «первого» и «третьего» порядка по Calafiore A.M. с помощью метода TTFM и сравнить полученные результаты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном ретроспективном, одноцентровом исследовании приняло участие 222 пациента, которым выполнено коронарное шунтирование (КШ) в период с января по ноябрь 2017 г. В зависимости от вида шунтирования ЗМЖВ (задняя межжелудоч-

ковая артерия) пациенты разделены на 2 группы. В первой группе 108 пациентов, которым шунтирование ЗМЖВ выполнено с помощью комбинированных I-графтов от ПВГА. Во второй группе 114 пациентов, которым выполнено аутовенозное аортокоронарное шунтирование ЗМЖВ. Клинико-демографические характеристики пациентов обеих групп представлены в табл. 1.

У всех больных хирургический доступ был осуществлен через срединную стернотомию. Операции проводили в условиях искусственного кровообращения (ИК). В качестве кардиopleгического раствора использовали Custadiol®. Забор аутовены осуществлен по методике «no touch», которая исключает раздувание кондуита и требует сохранения паравенозной клетчатки [5]. ЗМЖВ шунтирована у всех пациентов. Шунтирование артерий бассейна ЛКА осуществляли в соответствии с поражением ее русла. Формирование комбинированных I-графтов осуществляли полипропиленовой нитью 8/0 между проксимальной 1/3 ПВГА и аутовеной по типу «конец в конец». После формирования анастомоза создавали окно Т-образным разрезом в перикарде на 2–3 см выше диафрагмального нерва. Таким образом, комбинированный

I-графт направляли линейно на заднюю стенку сердца, в дистальном сегменте повторяя ход ЗМЖВ. Формирование дистальных анастомозов осуществляли монофиламентной полипропиленовой нитью 8/0; проксимальных – нитью 6/0 в условиях параллельного ИК.

Кровоток оценивали с помощью флоуметра VeryQ MediStim® после остановки ИК, при систолическом давлении 100–110 мм рт. ст. Оценивали следующие параметры кровотока:

1. Средняя объемная скорость кровотока (Q_{mean}).
2. Индекс пульсации (Pi).
3. Доля диастолического объемного кровотока (DF).

Для оценки параметров кровотока использовали датчики 1,5 и 2 мм. В специально сформированном протоколе отображали тип шунта, шунтируемую артерию, значение параметров флоуметрии. Так же проводили оценку типа флоуметрической кривой по Takemi Handa, et al. [6].

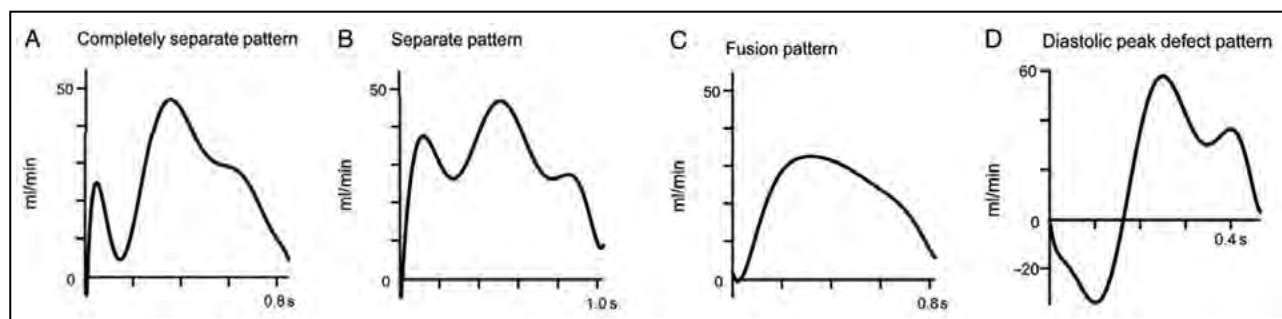


Рис. Типы флоуметрических кривых по Takemi Handa, et al. [6]

Результаты флоуметрической оценки КШ					Таблица 3
Показатели	I-графты n=108	ДИ 95%	АКШ n=114	ДИ 95%	p
Pi	1,9±0,5	1,8-1,9	1,8±0,5	1,7-1,8	0,14
Q _{mean}	40,1±15,8	37,1-43,1	55,1±18,6	51,6-58,5	0,001
DF	69,5	64 [54,9-72,7]	74	65 [55,8-73,1]	0,41

Примечание: Pi – индекс пульсации; Q – средняя объемная скорость кровотока; DF – доля диастолического наполнения кондуита.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным коронарной ангиографии (КАГ) ангиографический тип кровоснабжения у пациентов обеих групп был правый. Степень проксимального стеноза составила от 80 до 100%. Ангиографические и интраоперационные характеристики пациентов представлены в табл. 2.

Достоверной разницы по диаметру шунтируемой артерии и степени проксимального стеноза в исследуемых группах не выявлено.

При анализе типов кривой флоуметрии, кривые потока в группах исследования относились преимущественно к типу А и В по классификации Takemi Handa, et al. [6] (рис.). Измененных форм флоуметрических кривых (тип С и D) выявлено не был.

Степень проксимального стеноза, а также выраженность дистального русла имеют прямое влияние на объемную скорость кровотока. Отсутствие достоверной разницы в группах свидетельствует о равных условиях функционирования коронарных шунтов. Проведена флоуметрическая оценка кровотоков в КШ. Результаты представлены в табл. 3.

В ходе нашего исследования выявлена достоверная разница значений Q_{mean} ($p=0,001$), при этом значение Pi в группах статистически не отличается ($p=0,14$). Таким образом, у пациентов со сходными параметрами, влияющими на объемную скорость кровотока (степень проксимального стеноза, диаметр шунтируемой артерии, среднее систолическое АД и ЧСС) значение показателя Q_{mean} выше в группе с АКШ – в группе кондуитов «первого» порядка. Следовательно, аутовена при прямом анастомози-

ровании с аортой подвержена большей гемодинамической перегрузке, что полностью подтверждает теорию Calafiore А.М.

ОБСУЖДЕНИЕ

Долгосрочные результаты КШ значительно улучшились с использованием двух ВГА, что привело к приоритету мультиартериального шунтирования. Однако, в случае трехсосудистого поражения, актуальным остается поиск оптимального кондуита для бассейна ПКА.

Широко распространено использование аутовены. Известен тот факт, что в ранние сроки наблюдения состоятельность аутовенозных и аутоартериальных кондуитов не отличается. Однако со временем артериальные кондуиты демонстрируют свое преимущество перед венозными шунтами [7], и тому есть ряд объяснений. Одно из них – это несоответствие толщины стенки аутовены и шунтируемой коронарной артерии. Вторая и основная причина – кондуит, анастомозированный с аортой, является кондуитом «первого» порядка по Calafiore А.М., и испытывает постоянную гемодинамическую перегрузку. В то время как ВГА является ветвью третьего порядка и находится в физиологических условиях. Стенка кондуита, анастомозированного с аортой, испытывает напряжение, описанное в литературе как «wall strain» – напряжение стенки, или «wall share stress» – напряжение сдвига стенки [8]. В них увеличивается волна давления, что может привести к растяжению стенок с разрывом интимы и последующим развитием ее ранней гиперплазии. В своей теории Иванова О.В. с соавт. определяют значение напряжения сдвига стенки (НС), используя модифицированную формулу В.М. Хаютина:

$$НС=4 ВК \times Q_{max}/D,$$

где ВК – вязкость крови, Q_{max} – пиковая систолическая скорость, D – диаметр кондуита.

Исходя из данного уравнения, видно, что значение НС зависит от объемной скорости кровотока, вязкости крови и диаметра шунтируемой артерии.

Данная теория подтверждает наши результаты, где кроме значения Q_{\max} все остальные составляющие формулы имеют одинаковое значение [9]. Исходя из этого, целесообразно использовать схему шунтирования, где кондуиты менее подвержены «wall share stress», что может иметь место в комбинированном шунте от ПВГА.

Помимо устойчивости к «wall share stress», наличие клапанного аппарата в аутовене позволяет компенсировать ретроградный поток. Таким образом, кровотоки в коронарной артерии имеют однонаправленный характер. Доказательством тому служат удовлетворительные показатели флоуметрии ($Q_{\text{mean}}=40,1\pm 15,8$ и $P_i=1,9\pm 0,5$), полученные при оценке комбинированных I-графтов [10, 11].

Непосредственные результаты данного варианта КШ обнадеживают. Однако следует провести оцен-

ку состоятельности комбинированных I-графтов в отдаленном периоде.

ВЫВОДЫ

1. Кондуиты первого порядка (АКШ) испытывают большее напряжение стенки из-за большей гемодинамической перегрузки в сравнении с кондуитами третьего порядка (I-графт).

2. Комбинированный I-графт может быть альтернативной техникой шунтирования бассейна ПКА.

3. Комбинированный I-графт обладает большей устойчивостью к «wall share stress», чем аутовена, анастомозированная с аортой.

Конфликт интересов отсутствует.

RESULTS OF FLOWMETRIC ASSESSMENT OF COMPOSITE Y-GRAFTS AND AUTOVENOUS CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTS

BAZYLEV V.V., ROSSEIKIN E.V., RADZHABOV D.A., MIKULYAK A.I.

Federal Centre of Cardiovascular Surgery under the RF Ministry of Public Health, Penza, Russia

Objective. The purpose of the study was to perform intraoperative assessment of blood flow in coronary bypass grafts of the «first» and «third» order according to Calafiore A.M. with the help of the TTFM technique and to compare the obtained results.

Patients and methods. This retrospective, single-centre study enrolled a total of 222 patients subjected to coronary artery bypass grafting (CABG) from January to November 2017. Depending on the type of bypass grafting of the posterior interventricular artery (PIVA), the patients were divided into 2 groups. Group One consisted of 108 patients undergoing bypass grafting of the PIVA with the help of combined Y-grafts from the right internal thoracic artery (RTIA). Group Two was composed of 114 patients subjected to autovenous coronary artery bypass grafting of the PIVA. Blood flow was assessed with the help of the VeriQ MediStim® flowmeter after termination of extracorporeal circulation (ECC), at systolic pressure of 100–110 mm Hg. The parameters of blood flow were assessed using the 1.5- and 2-mm probes. In a specially designed protocol we registered the type of the shunt, the bypassed artery, and values of flowmetry parameters. We also evaluated the pattern of the flowmetric curve according to Takemi Handa et al.

Results. The obtained findings revealed a statistically significant difference in the values of Q_{mean} ($p=0.001$), with the PI values in the groups not statistically differing ($p=0.14$). Thus, in patients with similar parameters influencing the volumetric velocity of blood flow (the degree of proximal stenosis, diameter of the bypassed artery, mean systolic AP and HR) the value of Q_{mean} was higher in the group with coronary artery bypass grafting (CABG), i. e., in the group of the «first-order» conduits. Therefore, an autovein directly anastomosed to the aorta experiences greater haemodynamic overload, which completely confirms the theory of Calafiore A.M.

Conclusions. First-order conduits (CABG) appear to experience greater wall strain because of greater haemodynamic overload as compared with third-order conduits (Y-grafts). A composite Y-graft may be an alternative technique of bypass grafting of the basin of the right coronary artery (RCA). A composite Y-graft has greater resistance to wall shear stress than an autovein anastomosed to the aorta.

Key words: first- and third-order conduits, composite Y-graft, wall strain, wall shear stress, flowmetry.

INTRODUCTION

Numerous randomised studies have demonstrated advantages of using both internal thoracic arteries (ITA) in revascularization of the territory of the left coronary artery (LCA). However, the question concerning the method of bypass grafting of the right coronary artery (RCA) in a triple-vessel lesion remains open [1]. Other authors, however, report comparable and even better results of using an autologous vein [2, 3]. There is an opinion that one of the causes of incompetence of an autovenous graft is a haemodynamic injury sustained by the wall of a conduit directly anastomosed to the aorta. In his article Calafiore A.M. graded the grafts depending on the source into the first- and third-order conduits [4]. The author claims that in first-order conduits

anastomosed to the aorta the shear stress wave increases which may lead to distension of the walls, intimal rupture and consequently to the development of early hyperplasia and occlusion. In the available literature we failed to find either confirmation or denial of this theory.

Specialists of the Federal Centre of Cardiovascular Surgery worked out and implemented into clinical practice an alternative technique of bypass grafting of the right coronary artery (RCA) and its branches. The use of contemporary methods of intraoperative assessment of coronary bypass grafts will allow us to determine the consistency of this theory.

Objective. The purpose of the study was to carry out intraoperative assessment of blood flow in first- and second-order coronary grafts according

Table 1

Clinical and demographic characteristics of patients					
Parameter	Y-grafts n=108	95% CI	CABG n=114	95% CI	p
BMI	28.9±4.2	28.1-29.7	29.6±4.7	28.7-30.5	0.24
Age, years	61.4±8.4	59.8-63	61.1±8.2	59.6-62.6	0.78
Women, n	24	22 [15.4-30.1]	24	21 [14.6-29.4]	1.0
CCS II, n	39	36 [27.7-45.5]	48	42 [33.4-51.2]	0.18
CCS III-IV, n	69	64 [54.5-72.3]	66	58 [48.7-66.5]	0.63
NYHA FC II, n	45	42 [32.8-51.1]	51	44 [35.9-53.8]	0.37
NYHA FC III, n	63	55 [48.9-67.2]	63	55 [46.1-64.1]	1.0
DM, n	27	25 [17.8-33.9]	24	21 [14.6-29.4]	0.61
COPD, n	12	11 [6.4-18.4]	12	10 [6.1-17.5]	1.0
AF, n	12	11 [6.4-18.4]	18	15 [10.2-23.6]	0.21
EF, %	48.5±10.8	46.4-50.5	50.9±9.7	49.1-52.7	0.82
Syntax score	33.1±11.9	30.8-35.3	30.7±9.6	28.9-32.5	0.98
Days in ICU	3.2±1.2	2.9-3.4	3.0±0.8	2.8-3.1	0.14

Abbreviations: BMI - body mass index; CCS - Canadian Cardiovascular Society grading of angina; AMI - acute myocardial infarction; DM - diabetes mellitus; COPD - chronic obstructive pulmonary disease; AF - atrial fibrillation; EF - ejection fraction; ICU - intensive care unit; CI - confidence interval; p - standard deviation.

Table 2

Angiographic and intraoperative characteristics of the bypassed arteries					
	Y-grafts	95% CI	CABG	95% CI	p
Diameter, mm	1.66±0.26	1.61-1.71	1.71±0.25	1.66-1.76	0.14
80-89% proximal stenosis of the RCA, n	21	19 [13.1-27.9]	30	26 [19.1-35.1]	0.13
90-100% proximal stenosis of the RCA, n	87	80 [72.1-86.9]	84	74 [64.9-80.9]	0.53

Abbreviations: RCA - right coronary artery; CABG - coronary artery bypass grafting; CI - confidence interval.

to Calafiore A.M. with the help of the TTFM technique and to compare the obtained results.

PATIENTS AND METHODS

This retrospective, single-centre study enrolled a total of 222 patients subjected to coronary artery bypass grafting (CABG) from January to November 2017. Depending on the type of bypass grafting of the posterior interventricular artery (PIVA), the patients were divided into 2 groups. Group One consisted of 108 patients undergoing bypass grafting of the PIVA with the help of combined Y-grafts from the right internal thoracic artery (RTIA). Group Two was composed of 114 patients subjected to autovenous coronary artery bypass grafting of the PIVA. The clinical and demographic characteristics of the patients of both groups are shown in Table 1.

In all patients the surgical approach was performed through the median sternotomy. The operations were carried out in conditions of extracorporeal circulation (ECC). Custadiol® was used as a cardioplegic solution. The veins were harvested by means of the

no-touch technique, which avoids spasms and the need for distension of the conduit and preserves the vein's cushion of perivascular fat [5]. The PIVA was bypassed in all patients. Bypass grafting of the arteries of the LCA territory of the LCA was carried out in accordance with the lesion of its bed. The formation of composite Y-grafts was performed using polypropylene thread 8/0 between the proximal third of the right internal thoracic artery (RITA) and an autologous vein in an end-to-end manner. The formation of the anastomosis was followed by creating a window with a T-shaped incision in the pericardium 2-3 cm above the diaphragmatic nerve. In this way the composite Y-graft was directed linearly to the posterior wall of the heart, repeating the course of the posterior interventricular artery (PIVA) in the distal segment. The formation of distal anastomoses was performed using monofilament polypropylene thread 8/0, that of proximal ones using thread 6/0 in conditions of parallel ECC.

The blood flow was evaluated with the help of the VeriQ MediStim® flowmeter after termination of extracorporeal circulation (ECC), at systolic pressure of 100-110 mm Hg. The following parameters of the blood flow were assessed:

1. Average volumetric blood flow velocity (Q_{mean});
2. Pulsatility index (PI);
3. Diastolic volumetric blood flow fraction (DF).

The parameters of blood flow were assessed using the 1.5- and 2-mm probes. In a specially designed protocol we registered the type of a bypass graft, the artery bypassed, and the values of flowmetry parameters. We also evaluated the pattern of the flowmetric curve according to Takemi Handa, et al. [6].

RESULTS

According to the findings of coronary angiography (CAG), the patients of both groups were found to have the right type of blood supply. The degree of proximal stenosis varied from 80 to 100%. The angiographic and intraoperative characteristics of the patients are presented in Table 2.

No statistically significant differences in either the diameter of the bypassed artery or the degree of the proximal stenosis in the examined groups were revealed.

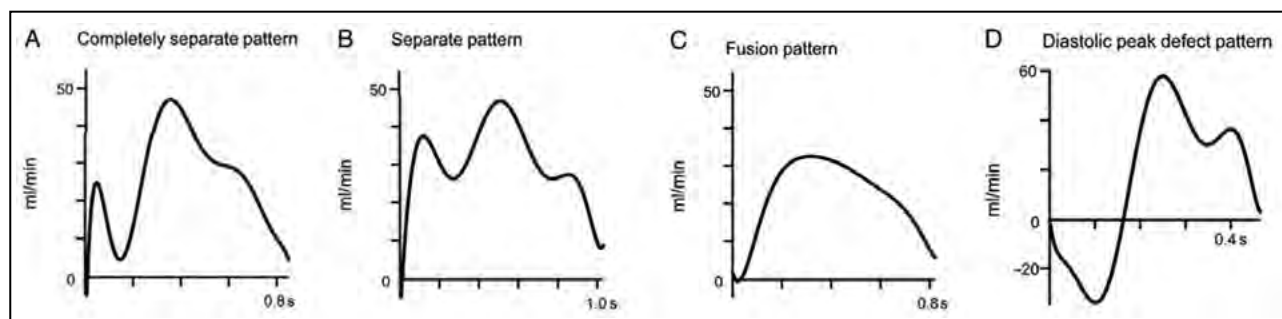


Fig. Patterns of flowmetric curves according to Takemi Handa, et al. [6]

Parameters	Y-grafts n = 108	95% CI	CABG n = 114	95% CI	p
PI	1.9±0.5	1.8-1.9	1.8±0.5	1.7-1.8	0.14
Q _{mean}	40.1±15.8	37.1-43.1	55.1±18.6	51.6-58.5	0.001
DF	69.5	64 [54.9-72.7]	74	65 [55.8-73.1]	0.41

Abbreviations: PI – pulsatility index; Q_{mean} – average volumetric velocity of blood flow; DF – conduit's diastolic filling fraction.

Analysing the flowmetry curve patterns demonstrated that the flow curves in the examined groups predominantly belonged to type A and B according to the classification of Takemi Handa, et al. [6] (Fig.). No changed patterns of flowmetric curves (type C and D) were revealed.

The severity of proximal stenosis, as well as the degree of manifestation of the distal bed appear to have a direct effect on volumetric velocity of blood flow. The absence of statistically significant differences in the groups strongly suggested equal conditions of functioning of the coronary grafts. We carried out flowmetric assessment of blood flow in the CABG. The results are shown in Table 3.

The obtained findings demonstrated statistically significant difference in the values of Q_{mean} (p=0.001), with the PI values in the groups statistically not differing (p=0.014). Thus, in patients with similar parameters influencing the volumetric velocity of blood flow (degree of proximal stenosis, diameter of the shunted artery, average systolic blood pressure and heart rate) the value of the Q_{mean} was higher in the group with CABG – in the group of the “first order” conduits. Consequently, an autologous vein directly anastomosed to the aorta is subject to greater haemodynamic overload, which fully confirms the theory of Calafiore A.M.

DISCUSSION

Long-term results of CABG significantly improved with the use of two internal ITAs, which resulted in superiority of multiarterial bypass grafting. However, in case of a triple-vessel lesion important remains the search for an optimal conduit for the RCA's basin.

The use of an autologous vein is very common. It is known that in early terms of follow up the competence of autovenous and autoarterial conduits does not differ. However, with time arterial conduits demonstrate their superiority over venous bypass grafts [7], and this fact has some explanations. One of them is discrepancy of the width of the wall of an autologous vein and the grafted coronary artery. A second and the main cause consists in that a conduit anastomosed to the aorta is a “first-order”

conduit according to Calafiore A.M. and experiences permanent haemodynamic overload. Whereas the ITA is a third-order branch and is in physiological conditions. The wall of a conduit anastomosed to the aorta experiences tension described in the literature as wall strain, or wall shear stress [8]. In them, the wave of pressure increases, which may lead to dilatation of walls with intimal rupture followed by the development of early intimal hyperplasia. In their theory, Ivanova O.V. et al. determine the value of the wall shear stress (WS), using a modified formula of V.M. Khayutin, which is as follows:

$$HC=4 BK \times Q_{max}/D,$$

where BV stands for blood viscosity, Q_{max} is the peak systolic velocity, and D is the conduit's diameter.

As can be seen from this equation, the value of SW depends on the volumetric velocity of blood flow, blood viscosity, and the diameter of the grafted artery. This theory confirms our results, where except for the Q_{max} value all the remaining components of the formula have similar values [9]. Proceeding from this, it is appropriate to use a scheme of bypass grafting, where conduits are less exposed to wall shear stress, which may have place in a composite graft from the RITA.

Apart from resistance to the wall shear stress, the presence of the valvular apparatus in an autologous vein makes it possible to compensate the retrograde flow. Hence, the blood flow in a coronary artery has a unidirectional pattern. This is evidenced by satisfactory parameters of flowmetry (Q_{mean}=40.1±15.8 and PI=1.9±0.5) obtained in assessment of composite Y-grafts [10, 11].

The immediate results of this variant of CABG are encouraging. However, it is necessary to carry out assessment of the competence of composite Y-grafts in the remote period.

CONCLUSIONS

1. First-order conduits (CABG) appear to experience greater wall stress due to greater haemodynamic overload as compared with third-order conduits (Y-grafts).

2. A composite Y-graft may be an alternative technique of bypassing the RCA's territory.

3. A composite Y-graft turned out to possess greater resistance to wall shear stress than an autovein anastomosed to the aorta.

Conflict of interest: none declared.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Bazylev V.V., Nemchenko E.V., Pavlov A.A., Mikulyak A.I.* Comparative results of revascularization of the territory of the right coronary artery territory using a bilateral internal mammary Y-graft and an autovein. *Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014; 5: 11–18 (in Russian).
2. *Shah P.J., Bui K., Blackmore S., et al.* Has the in situ right internal thoracic artery been overlooked? An angiographic study of the radial artery, internal thoracic artery, and saphenous vein graft patencies in symptomatic patients. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2005; 27: 5: 870–875.
3. *Lytle B.W., Blackstone E.H., Sabic J.H., et al.* The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 78: 2005–2014.
4. *Calafiore A.M., Di Giammarco G., Luciani N., et al.* Composite arterial conduits for a wider arterial myocardial revascularization. *Ann. Thorac. Surg.* 1994; 58: 185–190.
5. *Dreifaldt M., Mannion J.D., Bodin L., et al.* The no-touch saphenous vein as the preferred second conduit for coronary artery bypass grafting. *Ann. Thorac. Surg.* 2013; 96: 105–111.
6. *Handa T., Orihashi K., Nishimori H., et al.* Maximal blood flow acceleration analysis in the early diastolic phase for in situ internal thoracic artery bypass grafts: a new transit-time flow measurement predictor of graft failure following coronary artery bypass grafting. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2015; 20: 449–457.
7. *Benedetto U., Caputo M., Gaudino M., et al.* Is the right internal thoracic artery superior to saphenous vein for grafting the right coronary artery? A propensity score-based analysis. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2017; 154: 4.
8. *Lindsay C.J.* Biomechanics of coronary artery and bypass graft disease: potential new approaches. *Ann. Thorac. Surg.* 2009; 87: 331–338.
9. *Ivanova O.V., Balakhonova T.V., Soboleva G.N., et al.* The state of endothelium dependent vasodilatation of the brachial artery in patients with essential hypertension. Assessment by high resolution ultrasonography. *Cardiology*. 1997; 7: 41–45 (in Russian).
10. *Kieser T.M., Rose S., Kowalewski R., et al.* Transit-time flow predicts outcomes in coronary artery bypass graft patients: a series of 1000 consecutive arterial grafts. *Eur. J. cardiothorac. Surg.* 2010; 38: 155–162.
11. *Bazylev V.V., Rosseikin E.V., Mikulyak A.I.* Intraoperative assessment of composite bypass grafts by means of ultrasound Doppler flowmetry. *Angiology and Vascular Surgery*. 2013; 19: 2: 41–45 (in Russian).

Адрес для корреспонденции:
Микуляк А.И.
Тел.: +7 (902) 206-07-08
E-mail: mikulyak.artur@gmail.com

Correspondence to:
Mikulyak A.I.
Tel.: +7 (902) 206-07-08
E-mail: mikulyak.artur@gmail.com