

НОВЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ БАЛЛОННОЙ АНГИОПЛАСТИКИ КОАРКТАЦИИ АОРТЫ

УДК 616.132–007.271–089.844–037
Поступила 24.12.2012 г.

© **А.В. Гасников**, врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии¹;
А.А. Фокин, д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургии, проректор по лечебной работе²;
В.В. Владимировский, д.м.н., зав. отделением сосудистой хирургии¹

¹Челябинская областная клиническая больница, Челябинск, 454076, ул. Воровского, 70;

²Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, 454092, ул. Воровского, 64

Цель исследования — определить анатомические параметры, которые позволяют прогнозировать отдаленный результат транслюминальной баллонной ангиопластики коарктации аорты.

Материалы и методы. Транслюминальная баллонная ангиопластика коарктации аорты выполнена 51 пациенту, возраст которых составлял от 1,5 мес до 35 лет (в среднем 6,6±6,1 года). Градиент давления в области стеноза перешейка аорты колебался от 31 до 103 мм рт. ст. Контроль проводили по данным клинического осмотра с измерением системного артериального давления, результатам эхокардиографии, мультиспиральной компьютерной томографии.

Отдаленные результаты оценены у 32 пациентов (62,7%), которые были распределены на группы по значению остаточного градиента давления в области перешейка в отдаленном периоде после ангиопластики. 1-я группа — 21 пациент (65,6%) с остаточным градиентом давления по данным эхокардиографии не более 20 мм рт. ст., 2-я группа — 6 пациентов (18,8%) с градиентом 21–35 мм рт. ст., 3-я группа — 5 пациентов (15,6%) с градиентом более 35 мм рт. ст.

Результаты. Статистически значимо доказано, что у пациентов 2-й группы в отдаленном периоде после баллонной ангиопластики просвет аорты достаточен для поддержания адекватной гемодинамики длительное время без значимого напряжения сил адаптации за счет стабилизации показателей (эффект «плато»). Выявлено два анатомических параметра области перешейка, влияющих на отдаленный результат ангиопластики: протяженность участка коарктации и расстояние от устья левой подключичной артерии до коарктации.

Заключение. После ангиопластики пациенты с остаточным градиентом в области перешейка от 21 до 35 мм рт. ст. в отдаленном периоде переходят в категорию больных с более благоприятным клиническим течением заболевания. У пациентов детского возраста в данной группе повторную коррекцию порока можно отложить до окончания физиологического роста аорты.

Для прогнозирования отдаленного результата транслюминальной баллонной ангиопластики коарктации аорты могут быть использованы такие параметры, как протяженность участка сужения и расстояние от устья левой подключичной артерии до коарктации, причем наиболее точным из них является протяженность коарктации. Наилучшие результаты могут быть получены при размере участка коарктации менее 5 мм и расстоянии до устья левой подключичной артерии более 12 мм.

Ключевые слова: коарктация аорты; баллонная ангиопластика.

English

New Predictors of Long-Term Results of Balloon Angioplasty in Aortic Coarctation

A.V. Gasnikov, Physician, Cardiovascular Surgeon, the Department of Vascular Surgery¹;
A.A. Fokin, D.Med.Sc., Professor, Head of the Department of Surgery, Vice-Rector on Clinical Work²;
V.V. Vladimirovsky, D.Med.Sc., Head of the Department of Vascular Surgery¹

¹Chelyabinsk Regional Clinical Hospital, Vorovskogo St., 70, Chelyabinsk, Russian Federation, 454076;

²South Ural State Medical University, Vorovskogo St., 64, Chelyabinsk, Russian Federation, 454092

The aim of the investigation was to determine anatomic parameters that enable to predict a long-term outcome of transluminal balloon angioplasty of aortic coarctation.

Materials and Methods. Transluminal balloon angioplasty of aortic coarctation was performed in 51 patients, aged from 1.5 months to 35 years (mean age 6.6±6.1 years). Pressure gradient in the area of aortic isthmus stenosis varied from 31 to 103 mm Hg. The patients were

Для контактов: Гасников Анатолий Владимирович, тел. моб. +7 912-405-97-33; e-mail: gas-nik@mail.ru

followed up according to the findings of clinical examination with systemic arterial pressure measurement, echocardiography and multispiral computed tomography findings.

Long-term results were assessed in 32 patients (62.7%) divided into groups by the residual pressure gradient value in aortic isthmus in a long-term period after the angioplasty. Group 1 included 21 patients (65.6%) with residual pressure gradient not exceeding 20 mm Hg according to echocardiography findings; group 2 — 6 patients (18.8%) with the gradient of 21–35 mm Hg, group 3 — 5 patients (15.6%) with the gradient over 35 mm Hg.

Results. The group 2 patients in a long-term period after balloon angioplasty were statistically significantly proven to have aortic lumen sufficient for maintaining adequate hemodynamics for a long time without significant strain of adaptive forces due to the stabilization of values (plateau effect). We revealed two anatomic parameters of aortic isthmus that have effect on a long-term result of angioplasty: the coarctation length and the distance from the left subclavian artery orifice to coarctation.

Conclusion. After angioplasty the patients with the isthmus residual gradient being from 21 to 35 mm Hg in a long-term period pass into a group of patients with more favorable clinical progression of the disease. In pediatric subjects in this group the repeated correction can be delayed up to the termination of physiological growth of aorta.

For prognosis of a long-term result of transluminal balloon angioplasty there can be used such parameters as the length of the stenosis area and the distance from the left subclavian artery orifice to coarctation, the coarctation length being the most accurate parameter. The best results can be obtained if the coarctation area is less than 5 mm and the distance from the left subclavian artery orifice to coarctation is over 12 mm.

Key words: aortic coarctation; balloon angioplasty.

Коарктация аорты (КоА) — это врожденное сегментарное сужение аорты, расположенное в области ее перешейка [1]. Частота этой патологии, по данным различных авторов [2–4], составляет от 6 до 14,2% всех врожденных пороков сердца. В настоящее время известно два основных способа лечения коарктации: открытое оперативное и эндоваскулярное вмешательство (изолированная ангиопластика либо в сочетании со стентированием). Транслюминальная баллонная ангиопластика (БАП) является достаточно эффективной и малоинвазивной методикой. Она безопаснее открытой коррекции порока [5, 6]. В то же время отмечена довольно высокая вероятность рестеноза после ее проведения — 30% и более [7–9], а также возможность формирования аневризм в зоне ангиопластики [10, 11]. Но даже при отсутствии полного устранения сужения перешейка ангиопластика может служить методом временной коррекции порока, которая облегчает состояние пациента, а ребенку позволяет нормально развиваться. В ряде исследований проведена анатомическая оценка грудной аорты для улучшения результатов БАП [12–15]. Однако до настоящего времени не разработана методика количественной оценки анатомических параметров, дающая возможность прогнозировать отдаленный результат БАП КоА, и окончательно не определено место рентгенохирургических методов в лечении данного порока [1, 11, 16, 17].

Цель исследования — выявить анатомические параметры, которые позволяют прогнозировать отдаленный результат транслюминальной баллонной ангиопластики (БАП) коарктации аорты (КоА).

Материалы и методы. За период с 2003 по 2010 гг. в Челябинской областной клинической больнице транслюминальная БАП КоА выполнена 51 пациенту. Возраст пациентов составлял от 1,5 мес до 35 лет (в среднем $6,6 \pm 6,1$ года). Градиент давления в области стеноза перешейка аорты колебался от 31 до 103 мм рт. ст. Контроль проводили по данным клинического осмотра с измерением системного артериального давления

(АД), результатам эхокардиографии (эхоКГ), мультиспиральной компьютерной томографии.

Всем пациентам эхоКГ-исследование проводили на аппаратах Vivid 5, Vivid 7 (General Electric, США). Рентгенконтрастные исследования и эндоваскулярные вмешательства выполняли с использованием ангиографического комплекса Advantx LCV (General Electric, США) и Infinix CF-i/SP (Toshiba, Япония). Мультиспиральную КТ с ангиографической поддержкой (МСКТ-АГ) проводили на аппарате Light Speed (General Electric, США).

Результаты и обсуждение. Отдаленные результаты оценены у 32 пациентов (62,7%). Средний срок наблюдения — $2,7 \pm 1,8$ года. Летальных исходов не было. Пациентов распределили на группы по значению остаточного градиента АД в области перешейка в отдаленном периоде после ангиопластики. 1-я группа — 21 пациент (65,6%) с остаточным градиентом давления по данным эхоКГ не более 20 мм рт. ст., 2-я группа — 6 пациентов (18,8%) с градиентом 21–35 мм рт. ст. и 3-я группа — 5 пациентов (15,6%) с градиентом более 35 мм рт. ст.

Группы сравнивались по следующим параметрам: градиент АД в области перешейка, системное систолическое АД (ССАД), диаметр перешейка аорты.

В 1-й группе произошло изменение показателей в сторону их улучшения. Во 2-й группе отмечено отсутствие значимых изменений в отдаленном периоде по всем трем параметрам (рис. 1). Следовательно, можно говорить о стабилизации показателей — эффект «плато». В то же время в 3-й группе произошло изменение показателей в сторону их ухудшения.

Далее был проведен сравнительный анализ групп по значениям положительных и отрицательных приращений исследуемых показателей. При этом использовали непараметрический критерий Манна–Уитни — сравнение выборок малого объема по уровню показателей в условиях отсутствия нормальности распределения. Под приращением понимали разность между показателями в замерах непосредственных и отдаленных

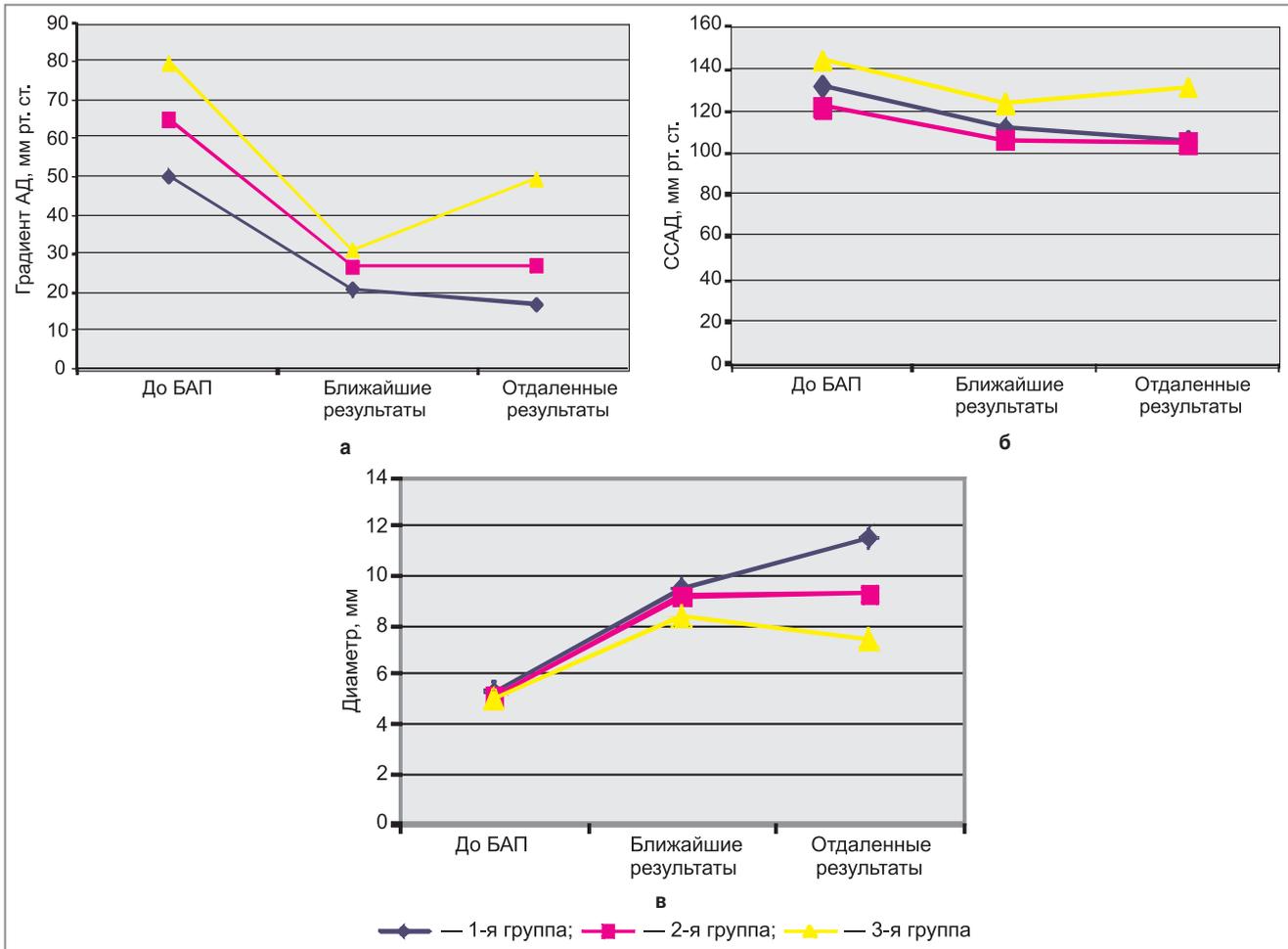


Рис. 1. Динамика средних значений параметров по группам: а — градиента АД; б — ССАД; в — диаметра перешейка

Таблица 1

Средние значения положительных и отрицательных приращений градиента

Знак приращения	Среднее значение приращения			Значение коэффициента Манна-Уитни	p
	1-я группа	2-я группа	3-я группа		
Отрицательный	15,6	4,3	3,0	$U_{1-2}=0,5$	$p<0,05$
				$U_{2-3}=16$	Нет различий
				$U_{1-3}=0$	$p<0,01$
Положительный	5,1	4,5	22,8	$U_{1-2}=28$	Нет различий
				$U_{2-3}=4$	$p<0,01$
				$U_{1-3}=4$	$p<0,01$

Примечание: Здесь и далее U_{1-2} , U_{2-3} , U_{1-3} — эмпирические значения критерия Манна-Уитни для выявления различий между 1-й и 2-й, 2-й и 3-й, 1-й и 3-й группами соответственно.

результатов ангиопластики. Если приращение — отрицательное, наблюдается уменьшение показателя, если положительное — увеличение (табл. 1, 2, 3).

При сравнении средних значений положительных и отрицательных приращений градиента статистически доказано, что в отдаленном периоде:

средние значения отрицательных приращений в 1-й группе значимо выше, чем во 2-й и 3-й группах;

средние значения отрицательных приращений во 2-й и 3-й группах не различаются значимо;

среднее значение положительных приращений в 3-й группе значимо выше, чем в 1-й и 2-й группах;

средние значения положительных приращений в 1-й и 2-й группах не различаются значимо.

Таким образом, на основании статистического анализа можно утверждать, что 2-я группа характеризу-

Т а б л и ц а 2

Средние значения положительных и отрицательных приращений ССАД

Знак приращения	Среднее значение приращения			Значение коэффициента Манна-Уитни	p
	1-я группа	2-я группа	3-я группа		
Отрицательный	6,0	4,5	6,3	$U_{1-2}=42$	Нет различий
				$U_{2-3}=26$	Нет различий
				$U_{1-3}=15$	Нет различий
Положительный	0	5,0	14,4	$U_{1-2}=3$	Нет различий
				$U_{2-3}=1,5$	$p<0,01$
				$U_{1-3}=0$	$p<0,01$

Т а б л и ц а 3

Средние значения положительных и отрицательных приращений диаметра перешейка

Знак приращения	Среднее значение приращения			Значение коэффициента Манна-Уитни	p
	1-я группа	2-я группа	3-я группа		
Отрицательный	0	1,5	2,4	$U_{1-2}=0$	$p<0,01$
				$U_{2-3}=10$	$p<0,05$
				$U_{1-3}=0$	$p<0,01$
Положительный	2	1,4	0,5	$U_{1-2}=28,5$	Нет различий
				$U_{2-3}=24$	Нет различий
				$U_{1-3}=10$	$p<0,05$

ется как малым увеличением градиента, так и малым уменьшением его, т.е. в этой группе наблюдается стабилизация градиента (эффект «плато»).

При сравнении средних значений положительных и отрицательных приращений АД статистически доказано, что в отдаленном периоде:

средние значения отрицательных приращений АД в группах значимо не различаются;

среднее значение положительных приращений в 3-й группе значимо выше, чем в 1-й и 2-й группах;

средние значения положительных приращений в 1-й и 2-й группах значимо не различаются.

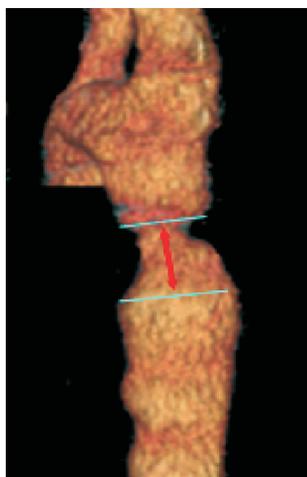


Рис. 2. Протяженность участка коарктации аорты

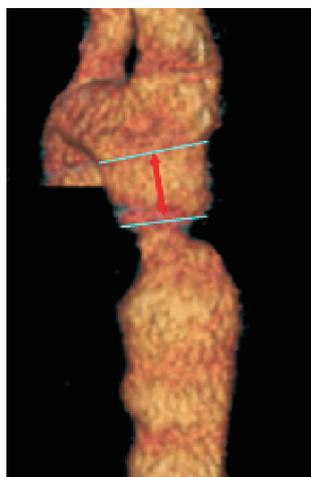


Рис. 3. Расстояние от устья левой подключичной артерии до коарктации

Таким образом, на основании статистического анализа можно утверждать, что 2-я группа характеризуется меньшим увеличением АД, чем 3-я группа, и большим увеличением, чем 1-я группа.

При сравнении средних значений положительных и отрицательных приращений диаметра перешейка аорты статистически доказано, что в отдаленном периоде:

увеличение диаметра в 1-й группе значимо больше, чем в 3-й, а в 1-й и 2-й это увеличение статистически не различимо;

наблюдается значимая тенденция увеличения средних значений отрицательных приращений диаметра по группам, т.е. в 1-й группе диаметр не уменьшается, во 2-й наблюдается умеренное его уменьшение, а в 3-й — уменьшение значительно больше, чем во 2-й, и, тем более, в 1-й.

Следует отметить, что у пациентов 2-й группы (в отличие от 3-й группы) за весь период наблюдения не отмечено развития гипертрофии левого желудочка по данным эхоКГ, а также отсутствовала аневризматическая трансформация аорты и артериальных сосудов.

В нашем исследовании выявлено два анатомических параметра области перешейка, которые влияют на отдаленный результат ангиопластики:

1) протяженность участка КоА — показатель X1 (рис. 2);

2) расстояние от устья левой подключичной артерии (ЛПКА) до коарктации — показатель X2 (рис. 3).

Исследование проводили в группе, средний возраст которой составлял 7,2 года, что соответствует среднему статистическому росту пациента 120 см. Чтобы учесть при прогнозировании динамику роста зоны пе-

перешейка аорты с возрастом ребенка, необходимо пересчитать показатель по соотношению роста пациента в сравнении со средним ростом 7-летнего ребенка по формулам:

$$R1 = \frac{X1 \cdot 120 \text{ см}}{(\text{Рост пациента, см})};$$

$$R2 = \frac{X2 \cdot 120 \text{ см}}{(\text{Рост пациента, см})}.$$

Для сравнительного анализа исследуемых групп по показателям R1 и R2 использовали критерий Джонкира, предназначенный для выявления тенденций изменения признака в процессе перехода от выборки к выборке при сопоставлении трех и более выборок. Выявлена значимая тенденция ($p < 0,01$) увеличения показателя R1 при переходе от 1-й группы ко 2-й, а затем к 3-й. Таким образом, можно утверждать, что существует прямая корреляционная связь между значением градиента в области перешейка и значением R1: большим значениям R1 соответствуют большие значения градиента, малым — малые.

Таким же образом установлена значимая тенденция ($p < 0,01$) уменьшения показателя R2 при переходе от 1-й группы ко 2-й, а затем к 3-й. Следовательно, можно утверждать, что существует обратная корреляционная связь между значением градиента и значением R2: большим значениям R2 соответствуют малые значения градиента, малым — большие (табл. 4).

Заметим, что интервалы изменения величины R1 в группах не пересекаются, т.е. параметр R1 может являться сильным идентификатором группы, а значит, по значению R1 можно с высокой точностью прогнозировать уровень градиента. Параметр R2 также можно использовать как идентификатор группы, однако точность идентификации несколько ниже, чем в первом случае.

Сравнительный анализ групп по средним значениям показателей R1 и R2 представлен на рис. 4.

Обнаруженные сильная прямая корреляционная зависимость между R1 и градиентом давления в области перешейка (Y) (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r=0,9$) и сильная обратная корреляционная зависимость между R2 и Y ($r=-0,8$) позволяют построить два регрессионных уравнения:

$Y=9,3+2,2 \cdot R1$ (коэффициент детерминации $R=0,87$; стандартная ошибка $\sigma=5,5$);

$Y=43,5-1,7 \cdot R2$ (коэффициент детерминации $R=0,68$; стандартная ошибка $\sigma=9,5$).

С использованием данных уравнений можно достаточно точно прогнозировать

уровень градиента (Y) как по параметру R1, так и по параметру R2 (рис. 5).

Параметр R2 является более грубым идентификатором, однако по данной выборке можно достоверно утверждать, что если значение R2 близко к нулю, то больной попадает в 3-ю группу.

Полученные результаты позволяют сформулировать прогностические критерии отнесения больного к одной из групп:

Критерий R1:

если $R1 \in [0; 5]$, то больного относим к 1-й группе;
если $R1 \in [6; 10]$, то больного относим ко 2-й группе;
если $R1 > 10$, то больного относим к 3-й группе.

Критерий R2:

если $R2 < 2$, то больного относим к 3-й группе;
если $R2 \in [2; 12]$, то больного относим ко 2-й группе;
если $R2 > 12$, то больного относим к 1-й группе.

Качество прогноза градиента по вышеуказанным критериям было оценено по параметрам: чувствительность, специфичность, прогностическая ценность и точность.

Далее приведен расчет параметров прогноза для критерия R2 (идентификация 1-й группы).

n11 — число больных, попавших в 1-ю группу, у которых критерий выполнен;

n12 — число больных, попавших в группу, у которых критерий не выполнен;

Таблица 4

Средние значения протяженности перешейка (R1) и расстояния до ЛПКА (R2) в исследуемых группах

Параметр	Среднее значение ± m [интервал изменения]			Значение коэффициента Джонкира, $S_{\text{критич.}}(0,01)=23$	p
	1-я группа	2-я группа	3-я группа		
Протяженность КоА, мм	3,5±1,04 [1,5; 5]	8,7±0,9 [7; 10]	16,7±0,9 [13; 22]	$S_{\text{эмпирич.}}=27$	<0,01
Расстояние до ЛПКА, мм	16,8±3,4 [13; 23,5]	9,2±4,4 [0,5; 15]	2,0±2,0 [0; 18]	$S_{\text{эмпирич.}}=25$	<0,01

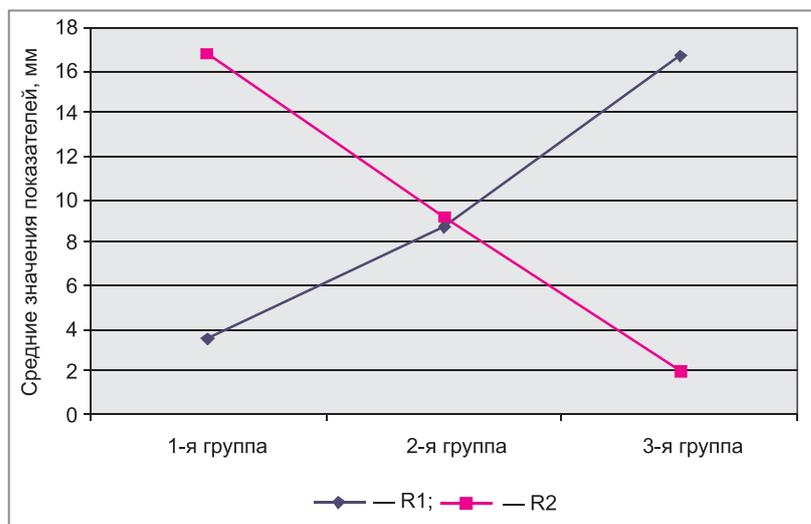


Рис. 4. Сравнительный анализ средних значений показателей R1 и R2

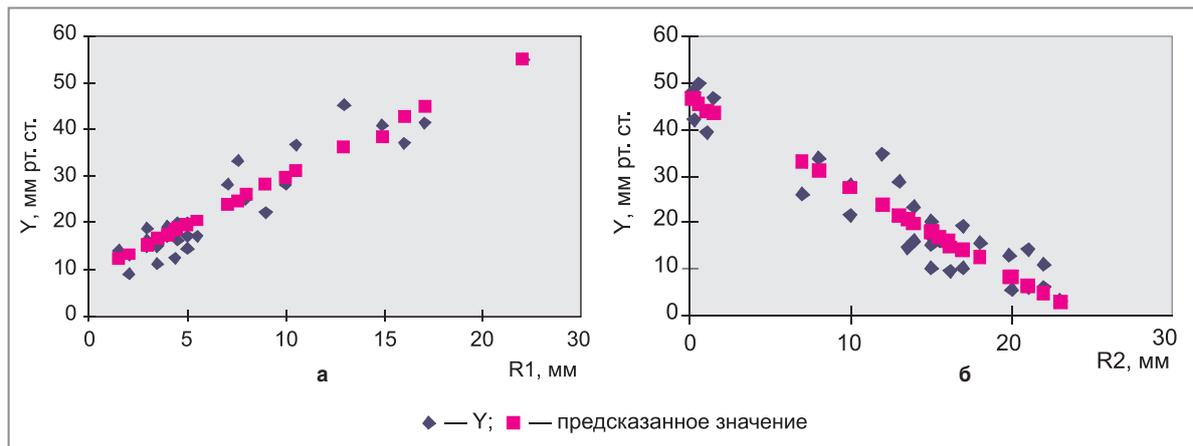


Рис. 5. Графики подбора значений градиента давления в нисходящей аорте (Y) по параметрам R1 (а) и R2 (б)

Таблица 5

Расчет параметров прогноза для критерия R2 (идентификация 1-й группы)

Группы	R2>12	R2≤12	Всего
1-я	n11=21	n12=0	21
2-я и 3-я	n21=2	n22=9	11
Всего	23	9	32

n21 — число больных, не попавших в группу, у которых критерий выполнен;

n22 — число больных, не попавших в группу, у которых критерий не выполнен (табл. 5).

1. Чувствительность (Ч) — вероятность попадания в 1-ю группу, если R2>12 (критерий выполнен):

$$Ч = \frac{n11}{n11+n12} \cdot 100\% = \frac{21}{21+0} \cdot 100\% = 100\%.$$

2. Специфичность (С) — вероятность, что больной не попал в 1-ю группу, если критерий не выполнен (R2≤12):

$$С = \frac{n22}{n21+n22} \cdot 100\% = \frac{9}{2+9} \cdot 100\% = 81,2\%.$$

3. Прогностическая ценность положительного результата (П) — вероятность того, что если критерий выполнен (R2>12), то больной попадает в 1-ю группу:

$$П = \frac{n11}{n11+n21} \cdot 100\% = \frac{21}{21+2} \cdot 100\% = 91,3\%.$$

4. Прогностическая ценность отрицательного результата (О) — вероятность того, что если критерий не выполнен (R2≤12), то больной не попадает в 1-ю группу:

$$О = \frac{n22}{n12+n22} \cdot 100\% = \frac{9}{0+9} \cdot 100\% = 100\%.$$

5. Точность прогноза — вероятность безошибочного прогноза:

$$Т = \frac{n11+n22}{n11+n12+n21+n22} \cdot 100\% = \frac{21+9}{32} \cdot 100\% = 93,8\%.$$

Результаты оценки прогноза по двум критериям даны в табл. 6.

Таким образом, результаты проведенных исследований убедительно показывают, что у пациентов с остаточным градиентом в области перешейка от 21 до 35 мм рт. ст. в отдаленном периоде после перенесенной баллонной ангиопластики КоА просвет аорты достаточен для поддержания адекватной гемодинамики длительное время без значимого напряжения сил адаптации за счет стабилизации показателей (эффект «плато»). После ангиопластики пациенты данной группы переводятся в категорию больных с более благоприятным клиническим течением заболевания. При

Таблица 6

Оценка прогноза результатов баллонной ангиопластики коарктации аорты, %

Группа	Чувствительность	Специфичность	Прогностическая ценность		Точность прогноза
			положительного результата	отрицательного результата	
R1					
Для 1-й группы	100	100	100	100	100
Для 2-й группы	100	100	100	100	100
Для 3-й группы	100	100	100	100	100
R2					
Для 1-й группы	100	81,2	91,3	100	93,8
Для 2-й группы	66,7	100	100	92,9	93,9
Для 3-й группы	100	100	100	100	100

условии динамического наблюдения повторное вмешательство у детей может быть отложено до возраста 12–14 лет, когда близко завершение роста аорты, что улучшает прогноз оперативного лечения.

Заключение. Для прогнозирования отдаленного результата транслюминальной баллонной ангиопластики коарктации аорты могут быть использованы такие параметры, как протяженность участка сужения и расстояние от устья левой подключичной артерии до коарктации, причем протяженность коарктации является более точным прогностическим параметром. Наилучшие результаты прогноза могут быть получены при протяженности участка коарктации менее 5 мм и расстоянии до устья левой подключичной артерии более 12 мм. Неудовлетворительные результаты баллонной ангиопластики КоА при расположении сужения в непосредственной близости от устья можно связать с большей ригидностью стенки аорты на этом уровне.

Литература

1. Клиническая ангиология. Т. 1. Под ред. Покровского А.В. М: ОАО «Издательство «Медицина»; 2004; 808 с.
2. Белоконов Н.А., Подзолков В.П. Врожденные пороки сердца. М: Медицина; 1991; 352 с.
3. Campbell M. Natural history of coarctation of the aorta. *Brit Heart J* 1970; 32(5): 633–640.
4. Lacour-Gayet F., Conte S., Serraf A. Surgical management of neonatal coarctation: a study of 221 patients. In: 73-rd annual meet. Amer. assoc. thorac. surg. Chicago; 1993; 38–39.
5. Бокерия Л.А., Алесян Б.Г. Руководство по рентгенэндоваскулярной хирургии сердца и сосудов. М: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2008.
6. Fawzy M.E., Awad M., Hassan W., et al. Long-term outcome (up to 15 years) of balloon angioplasty of discrete native coarctation of the aorta in adolescents and adults. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1062–1067.
7. Beekman R.H., Rocchini A.P., Dick M., et al. Percutaneous balloon angioplasty for native coarctation of the aorta. *J Am Col Cardiol* 1987; 10: 1078–1084.
8. Lababidi Z.A., Dascalopoulos D.A., Stoeckle H.Jr. Transluminal balloon coarctation angioplasty: experience with 27 patients. *J Am Col Cardiol* 1984; 54: 1288–1291.
9. Rao P.S., Najjar H.N., Mardini M.K., et al. Balloon angioplasty for coarctation of the aorta: immediate and long-term results. *Am Heart J* 1988; 115: 657–665.
10. Brandt B., Marvin W.J.Jr., Rose E.F., et al. Surgical treatment of coarctation of the aorta after balloon angioplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 94: 715–719.
11. Egan M., Holzer R.J. Comparing balloon angioplasty, stenting and surgery in the treatment of aortic coarctation. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2009 Nov; 7(11): 1401–1412.
12. Шахов Б.Е., Шарабрин Е.Г., Рыбинский А.Д. Современные принципы оценки ангиоморфологии коарктации аорты. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия* 2004; 2: 41–44.
13. Roselli E.E., Qureshi A., Idrees J. et al. Open, hybrid, and endovascular treatment for aortic coarctation and postrepair aneurysm in adolescents and adults. *Ann Thorac Surg* 2012 Sep; 94(3): 751–758.
14. Ray D.G., Subramanian R., Titus T., et al. Balloon angioplasty for native coarctation of the aorta in children and adults: factors determining the outcome. *Int J Cardiol* 1992; 36(3): 273–281.
15. Rao P.S. Balloon angioplasty of aortic coarctation: a review. *Clin Cardiol* 1989; 12(11): 618–628.
16. Черняк Б.Б. Транслюминальная баллонная ангиопластика и стентирование у больных с коарктацией и рекоарктацией аорты. *Ангиология и сосудистая хирургия* 2001; 7(2): 34–38.
17. Forbes T.J., Kim D.W., Du W., et al. Comparison of surgical, stent, and balloon angioplasty treatment of native coarctation of the aorta an observational study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium). *J Am Coll Cardiol* 2011 Dec 13; 58(25): 2664–2674.

References

1. *Klinicheskaya angiologiya* [Clinical Angiology]. Vol. 1. Pokrovsky A.V. (editor). Moscow: Medicine Publishers, 2004; 808 p.
2. Belokon' N.A., Podzolkov V.P. *Vrozhdennyye poroki serdtsa* [Congenital heart diseases]. Moscow: Meditsina; 1991; 352 p.
3. Campbell M. Natural history of coarctation of the aorta. *Brit Heart J* 1970; 32(5): 633–640.
4. Lacour-Gayet F., Conte S., Serraf A. Surgical management of neonatal coarctation: a study of 221 patients. In: 73-rd annual meet. Amer. assoc. thorac. surg. Chicago; 1993; 38–39.
5. Bokeriya L.A., Alekyan B.G. *Rukovodstvo po rentgenendovaskulyarnoy khirurgii serdtsa i sosudov* [Guidelines on X-ray endovascular surgery of the heart and vessels]. Moscow: NTSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN; 2008.
6. Fawzy M.E., Awad M., Hassan W., et al. Long-term outcome (up to 15 years) of balloon angioplasty of discrete native coarctation of the aorta in adolescents and adults. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1062–1067.
7. Beekman R.H., Rocchini A.P., Dick M., et al. Percutaneous balloon angioplasty for native coarctation of the aorta. *J Am Col Cardiol* 1987; 10: 1078–1084.
8. Lababidi Z.A., Dascalopoulos D.A., Stoeckle H.Jr. Transluminal balloon coarctation angioplasty: experience with 27 patients. *J Am Col Cardiol* 1984; 54: 1288–1291.
9. Rao P.S., Najjar H.N., Mardini M.K., et al. Balloon angioplasty for coarctation of the aorta: immediate and long-term results. *Am Heart J* 1988; 115: 657–665.
10. Brandt B., Marvin W.J.Jr., Rose E.F., et al. Surgical treatment of coarctation of the aorta after balloon angioplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 94: 715–719.
11. Egan M., Holzer R.J. Comparing balloon angioplasty, stenting and surgery in the treatment of aortic coarctation. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2009 Nov; 7(11): 1401–1412.
12. Shakhov B.E., Sharabrin E.G., Rybinskiy A.D. *Sovremennyye printsiipy otsenki angiomorfologii koarktatsii aorty* [Modern assessment principles of angiomorphology of coarctation of the aorta]. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya — Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2004; 2: 41–44.
13. Roselli E.E., Qureshi A., Idrees J. et al. Open, hybrid, and endovascular treatment for aortic coarctation and postrepair aneurysm in adolescents and adults. *Ann Thorac Surg* 2012 Sep; 94(3): 751–758.
14. Ray D.G., Subramanian R., Titus T., et al. Balloon angioplasty for native coarctation of the aorta in children and adults: factors determining the outcome. *Int J Cardiol* 1992; 36(3): 273–281.
15. Rao P.S. Balloon angioplasty of aortic coarctation: a review. *Clin Cardiol* 1989; 12(11): 618–628.
16. Chernyak B.B. *Translyuminal'naya ballonnaya angioplastika i stentirovanie u bol'nykh s koarktatsiyei i rekoarktatsiyei aorty* [Transluminal balloon angioplasty and stenting in patients with coarctation and re-coarctation of the aorta]. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya — Angiology and Vascular Surgery* 2001; 7(2): 34–38.
17. Forbes T.J., Kim D.W., Du W., et al. Comparison of surgical, stent, and balloon angioplasty treatment of native coarctation of the aorta an observational study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium). *J Am Coll Cardiol* 2011 Dec 13; 58(25): 2664–2674.