

© В.Е.Миллюков, Т.С.Жарикова, 2016
УДК 611.132.2:611.127:612.172

В.Е.Миллюков, Т.С.Жарикова

ИЗМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТониКИ И ДИАМЕТРОВ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

Кафедра анатомии человека (зав. — проф. В.Н.Николенко), ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова» Минздрава России

Изучены изменения строения коронарного артериального русла человека в зависимости от фаз сердечного цикла. Исследованы записи 161 коронароангиограммы пациентов с исключенной в процессе обследования кардиальной патологией и без признаков патологических изменений коронарных артерий. Обследованы мужчины и женщины в возрасте от 36 до 74 лет с использованием рентгенохирургического оборудования с цифровой записью изображения. Установлено, что диаметр основного ствола, а также углы между ветвями первого порядка правой и левой коронарных артерий меняются в зависимости от фаз сердечного цикла. Диаметр просвета основного ствола коронарной артерии (ПКА) и левой коронарной артерии (ЛКА) в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 28,0 и 34,2%, уменьшается — в 36,0 и 33,5% и остается неизменным в 36,0 и 32,3% случаев соответственно. Угол между сосудами первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 56,5 и 69,6% случаев соответственно, уменьшается — в 37,9 и 30,4% соответственно, между ветвями ПКА — не изменяется в 5,6% случаев. Закономерности организации коронарного артериального русла являются базисом для объективной оценки изменений коронарной гемодинамики с использованием гидродинамических законов в зависимости от фаз сердечного цикла.

Ключевые слова: миокард, коронарные артерии, сердечный цикл, ангиоархитектоника

Сердечно-сосудистые заболевания являются важнейшей медико-социальной проблемой как в развитых и большинстве развивающихся стран, так и в России [1, 2, 7, 12]. Данные литературы о диаметрах коронарных артерий и их ветвей, типах деления основных стволов и ангиоархитектонике сердца недостаточны и противоречивы. Для определения типа ветвления коронарных артерий исследователи использовали различные критерии: площадь участка миокарда, который снабжается кровью из определенной артерии, или форму сосуда [5]. В настоящее время оценка артериального русла сердца также не дает информации о характерных его изменениях в зависимости от фаз сердечного цикла [3, 8, 10, 11]. В этой связи целью настоящего исследования явилось изучение строения коронарного артериального русла человека в зависимости от фаз сердечного цикла.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили архивные записи 161 коронароангиограммы пациентов с исключенной в процессе обследования кардиальной патологией и без признаков патологических изменений коронарных артерий — мужчин и женщин в возрасте от 36 до 74 лет, распределенных на группы в соответствии с возрастной периодизацией, принятой на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (1965 г.). Обследование выполнено в Научном центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева в

2012 г. Научно-исследовательская работа одобрена локальным этическим комитетом ПМГМУ им. И.М.Сеченова (приказ № 03–14 от 12.03.2014 г.). Среди обследуемых было 77 женщин (47,9%) и 84 мужчины (52,1%) (табл. 1).

Всем пациентам была проведена прижизненная селективная коронароангиография в нескольких проекциях с использованием рентгенохирургического оборудования фирмы «Philips» (Нидерланды) и «Axion» фирмы «Siemens» (Германия) с цифровой записью изображения в формате DICOM (96 точек на дюйм) через бедренный либо лучевой доступы с болюсным введением рентгеноконтрастного вещества (ультравист, 5–7 мм). Измерения проводили при помощи компьютерных программ «Syngo Fast View», «Philips_viewer», «ImageJ» (для измерения углов) и графического редактора «Adobe Photoshop CS7» (для измерения других параметров) на персональном компьютере. Рентгеноанатомический и морфометрический методы использовали для определения типа кровоснабжения сердца, диаметра внутреннего просвета устьев правой (ПКА) и левой (ЛКА) коронарных артерий, а также величины углов в местах деления их на ветви первого порядка. Выбор параметров исследования определен на основе законов гидродинамики, поскольку диаметр сосуда непосредственно влияет на объемную скорость кровотока (по формуле Пуазейля), а угол между ветвями — на гидростатические характеристики кровотока и вероятность развития турбулентных потоков в коронарных артериях. Распределение признаков не являлось нормальным, поэтому для сравнения результатов использовали как общепринятые показатели (среднее арифметическое, стандартное квадратичное отклонение, коэффициент вариации, стандартная ошибка средней арифметической), так и медиану.

Сведения об авторах:

Миллюков Владимир Ефимович (e-mail: Milyucov@mail.ru), Жарикова Татьяна Сергеевна (e-mail: wise_tanya@mail.ru), кафедра анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Таблица 1

Распределение обследуемых по возрасту (n=161)

Возрастные группы	Пол				Всего	
	мужской		женский			
	п	%	п	%	п	%
II период зрелого возраста	50	31,0	36	22,4	86	53,4
Пожилой возраст	34	21,1	41	25,5	75	46,6

Результаты исследования. Были изучены закономерности изменения диаметра просвета основных стволов и ветвей ПКА и ЛКА в систолу и диастолу (табл. 2). Для удобства анализа результатов в данной таблице опущены данные, характеризующие стандартное квадратичное отклонение и коэффициент вариации.

При анализе данных обследования у людей II периода зрелого возраста выявлено, что у мужчин диаметр основного ствола ПКА в систолу превышает таковой у женщин на 10,4% (0,36 мм). Однако у женщин пожилого возраста средний диаметр основного ствола ПКА в систолу только на 3,0% (0,11 мм) больше такового у мужчин и на 1,3% (0,05 мм) меньше — при сравнении медиан.

У мужчин II периода зрелого возраста средний диаметр основного ствола ЛКА в систолу превышает таковой у женщин на 23,1% (1,03 мм) и на 18,3% (0,85 мм) — при сравнении медиан. У мужчин пожилого возраста средний диаметр основного ствола ЛКА в систолу на 12,2% (0,59 мм) больше, чем у женщин. Среднее значение медианы у мужчин также было больше на 11,1% (0,52 мм).

У мужчин II периода зрелого возраста средняя величина диаметра основного ствола ПКА в диастолу превышает таковую у женщин на 12,5% (0,42 мм), разница между медианами составляла 8,9% (0,31 мм). У женщин пожилого возраста величина диаметра основного ствола ПКА в диастолу на 7,5% (0,28 мм) больше, чем у мужчин этой возрастной группы, и на 6,5% (0,24 мм) больше — при сравнении медиан.

У мужчин II периода зрелого возраста среднее значение диаметра основного ствола ЛКА в диа-

столе превышает таковое у женщин этой возрастной группы на 26,4% (1,14 мм), а медиана — на 28,1% (1,21 мм). У мужчин пожилого возраста величина диаметра основного ствола ЛКА в диастолу на 12,4% (0,6 мм), а медиана на 2,5% (0,45 мм) больше, чем у женщин этой возрастной группы.

Диаметр основного ствола ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается у 28,0 и 34,2% обследованных пациентов, уменьшается — у 36,0 и 33,5% обследованных пациентов и остается неизменным у 36,0 и 32,3% обследованных пациентов соответственно. С увеличением возраста у мужчин наблюдается уменьшение, а у женщин — увеличение диаметра ПКА и ЛКА, что определяется как в период систолы, так и в период диастолы желудочков. Кроме того, и у мужчин, и у женщин с увеличением возраста уменьшается разность между диаметрами ЛКА в систолу и диастолу, что является косвенным показателем снижения эластичности сосудистой стенки.

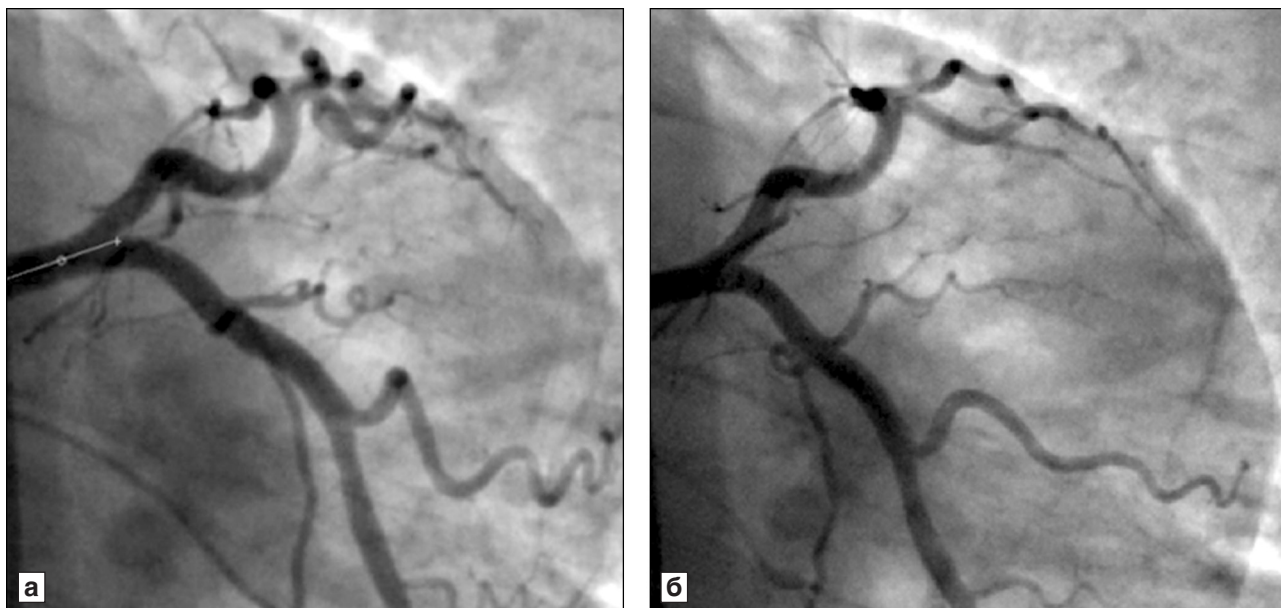
По данным настоящего исследования, угол между сосудами — ветвями первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой может увеличиваться (рисунок), уменьшаться и — в некоторых случаях — оставаться неизменным (табл. 3).

Угол между сосудами первого порядка в ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 56,5 и 69,6%, уменьшается — в 37,9 и 30,4% случаев наблюдений соответственно, между ветвями первого порядка ПКА — не изменяется в 5,6% случаев. Угол между сосудами

Таблица 2

Диаметр просвета основного ствола правой (ПКА) и левой (ЛКА) коронарных артерий (мм)

Возраст	Пол	ПКА				ЛКА			
		Систола		Диастола		Систола		Диастола	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Me	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Me	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Me	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Me
II период зрелого возраста	Мужчины	3,83±0,17	3,89	3,79±0,18	3,81	5,48±0,25	5,50	5,5±0,3	5,52
	Женщины	3,47±0,28	3,51	3,37±0,27	3,50	4,45±0,18	4,65	4,32±0,15	4,31
Пожилой	Мужчины	3,7±0,3	3,80	3,7±0,3	3,71	5,42±0,18	5,21	5,42±0,19	5,20
	Женщины	3,82±0,19	3,75	4,01±0,15	3,95	4,83±0,26	4,69	4,82±0,26	4,75



Ветви первого порядка левой коронарной артерии и угол между ними в систолу (а) и в диастолу (б) желудочков сердца мужчины 56 лет (левая боковая проекция).

Прижизненная коронарография

первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой у мужчин II периода зрелого возраста увеличивается в 48,0 и 86,0%, уменьшается — в 38,0 и 14,0% случаев соответственно, между ветвями ПКА — не изменяется в 14,0% случаев (n=50). У женщин II периода зрелого возраста угол между сосудами первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 55,6 и 38,9%, уменьшается — в 41,7 и 61,1% случаев соответственно, между ветвями ПКА — не изменяется в 2,7% случаев (n=36). У мужчин пожилого возраста угол между сосудами первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 41,2 и 85,3%, уменьшается — в 55,9 и 14,7% случаев соответственно, между ветвями ПКА — не изменяется в 2,9% случаев (n=34). У женщин пожилого возраста угол

между сосудами первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой увеличивается в 41,5 и 29,3%, уменьшается — в 14,6 и 34,1% и не изменяется в 43,9 и 36,6% случаев соответственно (n=41).

Таким образом, определены общие закономерности изменения углов между ветвями первого порядка ПКА и ЛКА, которые свидетельствуют о реализации различных гемодинамических условий для кровоснабжения миокарда.

Обсуждение полученных данных. Полученные нами данные о диаметрах основного ствола ПКА и ЛКА сопоставимы с данными других авторов. Например, N.Funabashi и соавт. выявили, что диаметр просвета у основного ствола ЛКА равен $5,07 \pm 0,75$ мм, ПКА — $3,61 \pm 0,58$ мм [9]. В данной работе представлены закономерности изменения диаметра коронарных артерий в норме в зависимости от фаз сердечного цикла. Феномен увеличения диаметра устья коронарных артерий в систолу можно объяснить сокращением мышечных волокон, располагающихся рядом с эпикардиальными сосудами, и их тягой, вектор которой направлен поперек продольной оси сосуда. Продольное сокращение мышечных пучков, окружающих эпикардиальные коронарные артерии, уменьшает угол между ветвями первого порядка ПКА и ЛКА, приводит к росту гидростатического давления в более мелких ветвях, что способствует улучшению перфузии миокарда. Кроме того, можно предполагать, что изменение диаметра связано с различной глубиной залегания

Таблица 3

Угол между ветвями первого порядка правой (ПКА) и левой (ЛКА) коронарных артерий в диастолу ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, градусы)

Группы	Диастола	
	ПКА	ЛКА
II период зрелого возраста:		
мужчины	68±6	71±7
женщины	69±8	59±8
Пожилой возраст:		
мужчины	59±6	72±4
женщины	64±6	55±7

основных стволов коронарных артерий в мышечной ткани сердца, а также с различными позициями их отхождения относительно створок клапана аорты. Соответственно изменение соотношения увеличения или уменьшения углов между ветвями коронарных артерий (например при дискинезии сердечной мышцы) может быть прогностически неблагоприятным фактором, сказывающимся на перфузии и гемодинамике в сердечной мышце.

Объяснить различия в показателях величины диаметра и углов между ветвями ПКА и ЛКА во II периоде зрелого и пожилом возраста можно тем, что с увеличением возраста мышечные волокна укорачиваются и уменьшаются в диаметре, а с 60 лет происходит утолщение коллагеновых волокон, потеря их структуры и, наконец, гиалинизация с последующим распадом. В коронарных артериях развиваются склероз и гиалинизация внутренней оболочки [4]. Следует отметить, что в нашем исследовании использованы записи коронароангиограмм без определяемых при помощи современных лучевых методов исследования признаков поражений коронарных артерий, т. е. вариант возрастной нормы.

Наблюдаемые противоположные изменения у мужчин и женщин могут быть обусловлены различной степенью выраженности изменений строения сосудистой стенки (неодинаковой степенью изменения соединительнотканых структур, миоцитов, выраженности атеросклеротических изменений и др.) на фоне различий гормонального фона и динамики его возрастных изменений.

Полученные нами данные, характеризующие величину углов между ветвями ПКА и ЛКА, согласуются с результатами других исследователей. Н.В.Казакова указывает, что средний угол отхождения желудочковых артерий равен 32–34° [6]. М.А.Долгашова в ходе своих исследований обнаружила, что при всех типах ветвления коронарных артерий общее количество сосудистых разветвлений с углами от 45° до 90° преобладает над числом ветвлений сосудов с углами менее 45° или более 90° [3]. Данных, описывающих прижизненные топографоанатомические взаимоотношения сосудов различного порядка в системе русел ПКА и ЛКА с учетом фаз сократительной деятельности сердца, в доступной научной литературе мы не обнаружили.

Таким образом, изменения диаметра основного ствола ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению с систолой возможны как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения, что связано с влиянием различных факторов взаиморасположения артерий и окружающих мышечных пучков миокарда. Угол между сосудами первого порядка в системе ПКА и ЛКА в диастолу по сравнению

с систолой в большинстве случаев увеличивается, а между ветвями ПКА — в редких случаях не изменяется.

Изменение соотношения углов между ветвями коронарных артерий может являться критерием оценки перфузии миокарда и нарушения коронарной гемодинамики, особенно в случае образования атеросклеротических бляшек в местах деления коронарных артерий на ветви, что способствует переходу ламинарного движения крови в турбулентное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия-2010. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. М.: НЦССХ им. А.Н.Бакулева, 2011.
2. Димов А.С., Максимов Н.И. К обоснованию системного подхода в превенции внезапной сердечной смерти как возможного пути решения проблемы сверхсмертности в России (обзор литературы). Ч. I. Кардиоваскулярные аспекты сверхсмертности в России: анализ ситуации и возможности профилактики // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2013. № 12 (2). С. 98–104.
3. Долгашова М.А. Анализ основных морфофункциональных показателей сосудистых ветвлений коронарных артерий у людей первого и второго периодов зрелого возраста // Мед. вестн. Северного Кавказа. 2007. № 1. С. 46–48.
4. Жеденов В.Н. Легкие и сердце животных и человека. М.: Советская наука, 1954.
5. Казакова Н.В. Кровоснабжение сердца человека и некоторых млекопитающих животных. Волгоград: Сталинградск. кн. изд-во, 1955.
6. Казакова Н.В. Возрастные особенности венечных артерий сердца // Сб. науч. работ по анатомии кровеносной системы. Волгоград: Нижне-Волжск. кн. изд-во, 1964. Ч. 1. С. 149–153.
7. Карпов Ю.А., Сорокин Е.В. Стабильная ишемическая болезнь сердца: Стратегия и тактика лечения. М.: Медицинское информационное агентство, 2012.
8. Camici P.G., Crea F. Coronary microvascular dysfunction // N. Engl. J. Med. 2007. Vol. 356 (8). P. 830–840.
9. Funabashi N., Kobayashi Y., Perloth M., Rubin G.D. Coronary artery: Quantitative evaluation of normal diameter determined with electron-beam CT compared with cine coronary angiography — initial experience // Radiology. 2003. Vol. 226 (1). P. 263–271.
10. Heaps C.L., Parker J.L. Effects of exercise training on coronary collateralization and control of collateral resistance // J. Appl. Physiol. 2011. Vol. 111. P. 587–598.
11. Kothawade K., Noel Bairey Merz C. Microvascular coronary dysfunction in women — pathophysiology, diagnosis and management // Curr Probl. Cardiol. 2011. Vol. 36 (8). P. 291–318.
12. Omerbasic E., Hasanovic A., Omerbasic A., Pandur S. Prognostic value of anatomical dominance of coronary circulation in patients with surgical myocardial revascularization // Med. Arch. 2015. Vol. 69 (1). P. 6–9.

Поступила в редакцию 15.06.2016
Получена после доработки 05.10.2016

CHANGES OF THE ARCHITECTONICS AND THE DIAMETERS OF CORONARY ARTERIES IN RELATION TO THE PHASES OF CARDIAC CYCLE IN MEN AND WOMEN

V.Ye.Milyukov, T.S.Zharikova

The aim of the study was to define the regularities of the structure of the coronary arterial bed of the human heart depending on the phases of cardiac cycle. 161 coronary angiograms of the patients without any evidence of pathological changes in coronary arteries were analyzed. Patients of both sexes aged 36 to 74 years were examined using X-ray surgical equipment with digital image recording. It was found that the diameter of the main trunk and the angles between first order branches in the system of right coronary artery (RCA) and left coronary artery (LCA) changed depending on the phases of cardiac cycle. The lumen diameter of the main trunk of RCA and LCA in diastole was found to increase in comparison with that in systole in 28.0 and 34.2% of cases respectively, to decrease in 36.0 and 33.5%

of cases and not to change in 36.0 and 32.0% respectively. With increasing age, diameters of RCA and LCA decreased in men and increased in women both during ventricular systole and diastole. In addition, with increasing age both in men and in women the difference between the diameters of the LCA in systole and diastole decreased, which is an indirect indicator of the reduction of elasticity of the vascular wall. The angle between the first order vessels in the systems of RCA and LCA increased in diastole as compared to that in systole in 56.5 and 69.6% of cases respectively and decreased in 37.9 and 30.4% of cases. The angle between the branches of RCA did not change in 5.6% of cases. Patterns of organization of the coronary arterial bed of the heart are considered to be the basis for objective assessment of coronary hemodynamics with the use of hydrodynamic laws in relation to the phases of the cardiac cycle.

Key words: *myocardium, coronary arteries, angioarchitectonics, cardiac cycle*

Department of Human Anatomy, I.M. Sechenov 1st Moscow Medical University, Moscow