

Первая премия Фонда развития медицинской науки и образования им. В.А. Алмазова

Хирургическая анатомия корня аорты

С.П. Марченко

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Клиника Хирургии усовершенствования врачей им. П.А. Куприянова

Резюме

В результате внедрения нового направления в кардиохирургических исследованиях (метода клинической пластикации для изучения взаимоотношений корня аорты с окружающими структурами сердца) создана топографо-анатомическая база для проведения реконструктивных операций на корне аорты. Разработана видеолекция, отражающая функциональные и структурные особенности корня аорты, предназначенная для обучения кардиологов, кардиохирургов и специалистов ультразвуковой диагностики.

Работа выполнена в клинике Хирургии усовершенствования врачей им. П.А. Куприянова под руководством профессора Н.Н. Шихвердиева и Международном морфологическом центре под руководством кандидата медицинских наук Д.А. Старчека.

Surgical anatomy of the aortic root

S.D. Marchenko

Military medical academy, P.A. Kuprianov's Cardiovascular Surgery Clinic

Resume

In this study a new method of clinical plastination was applied to the study of structural relations of aortic root with surrounding structures. As a result the topographo-anatomical base for aortic root reconstructive operations was created. We developed educational videolecture which displays functional and structural features of aortic root. The results of this study are designed for cardiologists, cardiac surgeons and ultrasound specialists.

This study was performed at the Cardiovascular Surgery Clinic named after P.A. Kuprianov, Medical-Military academy and at the International Morphological center.

Статья поступила в редакцию: 13.05.07. и принята к печати: 05.07.07.

Актуальность темы исследования

Применение реконструктивных методов в хирургии корня аорты на сегодняшний день ограничено. Оперативное лечение приобретенной патологии клапанов сердца в разных масштабах в нашей стране проводится в 72 клиниках, в 64 из них применяется только протезирование клапанов. В случае успешно проведенной операции по реконструкции аортального клапана, у пациента полностью устраняются проявления сердечной недостаточности, отсутствует необходимость в приеме антикоагулянтов, отсутствует вероятность развития целого ряда связанных с механическим протезом жизнеугрожающих осложнений [Шихвердиев Н.Н. и соавт., 2006]. Представленные данные свидетельствуют, в частности, о необходимости проведения фундаментальных морфологических исследований, расшире-



Слева направо: Елена Пухова (ВМА им. Кирова), Сергей Марченко (ВМА им. Кирова), Мария Прокудина («Фонд Алмазова»), Михаил Рудаков (Центр Алмазова)

нии топографо-анатомической базы для решения рассматриваемой проблемы.

Научная новизна исследования

Впервые для исследования структурной и пространственной анатомии корня аорты применен метод пластикации. На основании данных топографической анатомии разработаны и научно обоснованы вопросы взаимоотношения корня аорты с окружающими структурами сердца, морфометрическими исследованиями определены топографо-анатомические взаимоотношения структур корня аорты.

Цель исследования:

Внедрение метода клинической пластикации в кардиохирургические исследования и морфологические обо-

снования для изучения взаимоотношений корня аорты с окружающими структурами сердца и методов реконструктивной коррекции аортальных пороков.

Задачи исследования

- 1) Создание топографо-анатомической базы для проведения реконструктивных операций на корне аорты.
- 2) Изучение топографической и функциональной анатомии корня аорты, механизмов нарушения его функции.
- 3) Разработка видеолекции, отражающей функциональные и структурные особенности корня аорты, предназначенной для обучения кардиологов, кардиохирургов и специалистов ультразвуковой диагностики.

Материалы и методы

Работа выполнена в клинике Хирургии усовершенствования врачей им. П.А. Куприянова Военно-медицинской академии под руководством профессора Н.Н. Шихвердиева и Международном морфологическом центре под руководством кандидата медицинских наук Д.А. Старчика.

Основу экспериментального материала составили исследования проведенные на 25 нефиксированных трупах взрослых людей. Для изучения пространственной анатомии выполнена пластинация 16 препаратов сердца с экспозицией корня аорты. Морфологические и морфометрические исследования выполнены автором. Обработка, анализ полученных данных и остальные исследования выполнены совместно с научными руководителями.

Методика полимерного бальзамирования

Сущностью процесса полимерного бальзамирования является замена воды и липидов в биологических тканях на прозрачные полимеры и смолы. В результате этой обработки анатомические препараты приобретают новые уникальные свойства, позволяющие широко использовать их в клинических исследованиях [Д. Старчик, 1999].

Процесс полимерного бальзамирования начинается с фиксации биологического материала и заканчивается отверждением полимера внутри образца. Длительность процесса зависит от размера и сложности изготавливаемого анатомического препарата и составляет от 2 до 7 месяцев.

Методика полимерного бальзамирования хорошо отработана. Изготовление препаратов корня аорты производилось в 5 последовательно выполняемых этапов:

- 1) Ручное изготовление препарата
- 2) Дегидратация и обезжиривание
- 3) Наполнение камер сердца полимером
- 4) Пропитывание смолой
- 5) Полимеризация смол

Ручное изготовление препаратов – препарирование – традиционно сложный и кропотливый процесс. Для изготовления препаратов может быть использован как фиксированный, так и нефиксированный материал. Для улучшения демонстрационных качеств полимерсодержащих препаратов и повышения их учебной ценности, в сосудистое русло органов инъецируются подкрашенные застывающие смеси на основе латекса, желатина, силикона или эпоксидной смолы.

Дегидратацию органов проводили в специальной установке при низкой температуре. Специально раз-

работанный и защищенный патентом раствор замещает воду в органах, снижая ее содержание в тканях до 1% в течение нескольких дней. Благодаря нескольким техническим усовершенствованиям обеспечивается плавная дегидратация органов, позволяющая сохранять объем образцов на последующих этапах химической обработки.

Обезжиривание осуществлялось после обезживания препаратов при комнатной температуре, так как в этих условиях значительно возрастает растворимость тканевых липидов в промежуточном растворителе. Благодаря модернизации процесса, экстракция тканевых жиров достигается в течение семи суток. Тщательный контроль за обезжириванием и обезживанием препаратов обеспечил высокое качество образцов и сокращение сроков их изготовления.

Наполнение камер сердца полимером производилось для придания органу наиболее физиологичной пространственной конфигурации.

Пропитывание смолой. Пропитывание (импрегнация) образцов полимерной композицией (смолой) проводилось в вакуумной камере при комнатной температуре. Обезжиренные и обезвоженные образцы погружали в полимер и помещали в **вакуумную камеру**. При снижении давления происходит кипение промежуточного растворителя и выделение образовавшихся пузырей, место которых в межклеточном пространстве замещается полимером. Применение нового полимера – смолы позволило проводить импрегнацию при комнатной температуре, что существенно сократило длительность этого этапа.

Полимеризация смолы. На этапе полимеризации проникший в органы и ткани полимер вступает в химическую реакцию, при которой происходит связывание отдельных молекул друг с другом и формирование гигантских полимерных цепей. В результате этой реакции полимер затвердевает и теряет текучесть. После застывания полимера на поверхности образцов препараты выдерживались несколько часов в изостатических и изотермических условиях с тем, чтобы произошла окончательная полимеризация силикона в глубоких слоях органа.

Практическая ценность работы

Показана необходимость и актуальность проведения фундаментальных морфологических исследований с применением новейшего направления медицинской науки – клинической пластинации. В результате внедрения нового направления в кардиохирургических исследованиях (метода клинической пластинации для изучения взаимоотношений корня аорты с окружающими структурами сердца) создана топографо-анатомическая база для проведения реконструктивных операций на корне аорты. Создана видеолекция, отражающая функциональные и структурные особенности корня аорты, предназначенная для обучения студентов, кардиологов, кардиохирургов и специалистов ультразвуковой диагностики.

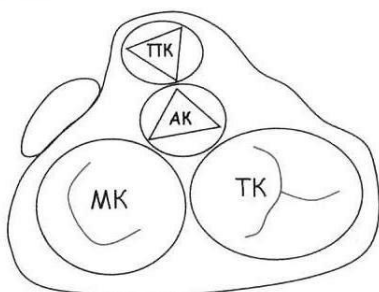
Хирургическая анатомия корня аорты

Аортальный клапан имеет целый ряд анатомических особенностей, имеющих значение для кардиологов, специалистов по ультразвуковой диагностике и кардиохирургов [Anderson R., 1995].

Средний диаметр устья аорты у взрослых составляет примерно 2.3 ± 0.3 см, а рассчитанная площадь клапанного отверстия — 4.6 ± 1.1 кв. см [Brewer R., 1976]. Ширина полулунных заслонок аортального клапана больше ширины соответствующих аортальных синусов, а высота заслонок меньше высоты этих синусов. В связи с этим, при поступлении крови под давлением во время диастолы в луковичу аорты полулуния клапанных заслонок наполняются кровью, смещаются книзу, закрывая клапан. В систолу створки прижимаются к стенкам аорты, но из-за несоответствия высот заслонок и синусов никогда не перекрывают устья венечных артерий, как бы низко ни были последние расположены.

Если поместить сердце в анатомически корректную позицию, то становится очевидно что корень аорты находится в центре сердца, в связи с чем имеет тесные взаимоотношения с другими структурами сердца (схема 1).

Схема 1. Расположение клапанов сердца.

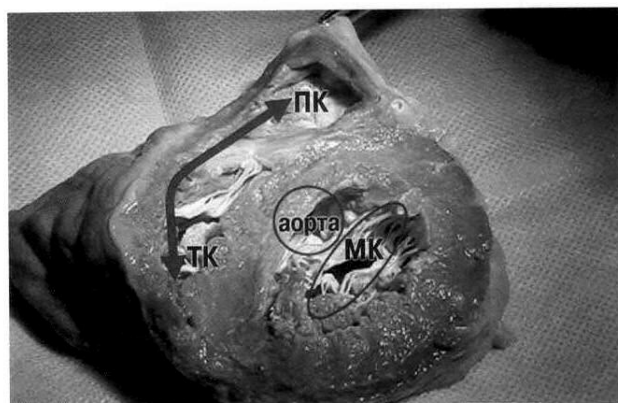


Вопросы взаимоотношения корня аорты с окружающими структурами сердца необходимо рассматривать в следующих аспектах:

- корень аорты связан со всеми клапанами сердца;
- вклинен между приточными отделами;
- имеет фиброзное соединение с митральным клапаном;
- соединяется с ТК через мембранозную перегородку;
- тесно связан с проводящей системой сердца;
- дает начало устьям коронарных артерий, которые окружают АВ-соединения.

Если посмотреть на срез препарата сердца в проекции по короткой оси от верхушки по направлению к основанию, то мы снова увидим, что АК находится между тремя другими клапанами (рис. 1).

Рис. 1. Срез препарата сердца по короткой оси (вид со стороны верхушки ЛЖ).



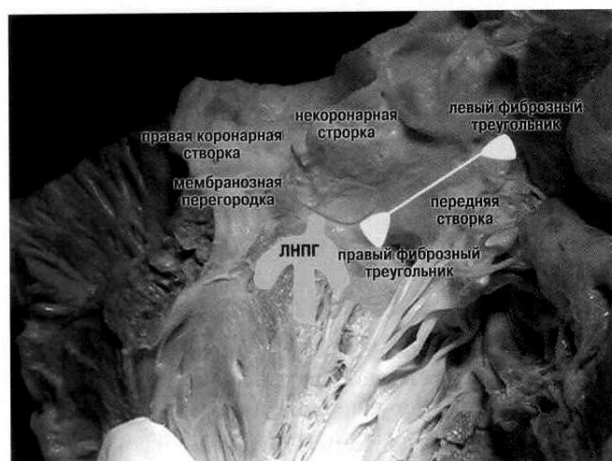
ЛК — легочный клапан, ТК — трикуспидальный клапан, МК — митральный клапан.

Пулмональный клапан находится на расстоянии от ТК, а АК, находящийся в середине мышечной массы ЛЖ, тесно связан с митральным клапаном. При таком расположении аортальный и митральный клапаны **вписываются в циркулярный профиль ЛЖ**. Они прилежат к друг другу в отличие от клапанов правых отделов сердца, которые располагаются на расстоянии друг от друга. По этой причине существует фиброзное соединение между АК и МК.

Если посмотреть на выходной отдел ЛЖ, ведущий к АК, то здесь располагается передняя створка МК, которая идет к некоронарному и правому коронарному синусам. В основании треугольника между правым и некоронарным синусами находится мембранозная перегородка. Эта зона является критически важной в связи с близко расположенными здесь проводящими путями (рис. 2).

Зона фиброзного соединения усилена двумя (правым и левым) фиброзными треугольниками. Проекция проводящих путей расположена близко (даже в нормальном сердце) к основаниям синусов Вальсальвы.

Рис. 2. Проекция проводящих путей на препарате сердца. ЛНПГ — левая ножка пучка Гиса.



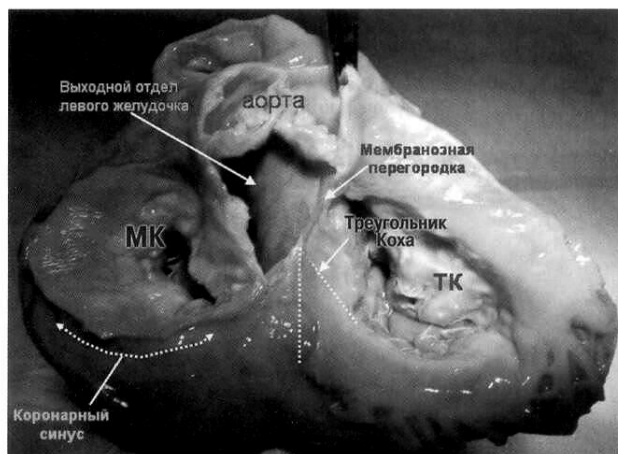
Важное практическое значение имеет тот факт, что передняя створка митрального клапана фактически непрерывно продолжается в некоронарный синус аортального клапана. К этой области т.н. митрально-аортального контакта примыкает участок мембранозной перегородки, фактически отделяющий на небольшом протяжении выходной отдел ЛЖ от полости правого предсердия и ПЖ. При наличии высоких перимембранозных дефектов межжелудочковой перегородки небольшого диаметра они могут быть ушиты из трансаортального доступа одним, двумя или тремя П-швами на прокладках с выколом на фиброзное кольцо аортального клапана выше створок. Усиливают мембранозную перегородку два фиброзных треугольника. В непосредственной близости к ней лежат атриовентрикулярный узел и проводящие пути.

Несмотря на некоторую анатомическую схожесть, аортальный клапан намного сложнее пулмонального не столько за счет отхождения коронарных артерий, сколько из-за наличия митрально-аортальной непрерывности.

В норме существует расстояние между дистальным прикреплением АК и мембранозной перегородкой, но в случае развития сращений между створками как это происходит при аортальном стенозе, это расстояние сокращается и линия прикрепления створок смещается ближе к мембранозной перегородке и соответственно ближе к проводящим путям. АК также находится в тесном взаимоотношении с ТК через мембранозную перегородку в центре сердца.

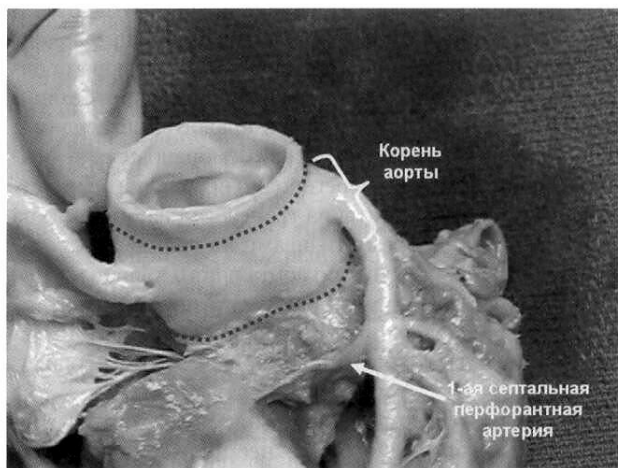
Если посмотреть со стороны предсердий, то корень аорты и выходной тракт ЛЖ вклиниваются между двумя приточными отделами сердца. Треугольник Коха своей вершиной указывает на зону проводящих путей, которые идут через вершину треугольника Коха к АВ-части мембранозной перегородки. Таким образом, корень аорты intimately связан со всеми структурами сердца и также с проводящей системой сердца.

Рис. 3. Взаимоотношение проводящих путей и корня аорты.



Строение корня аорты имеет хирургическое значение. Особенно важно в описательных терминах анатомии коронарных сосудов отразить их распределение вокруг корня аорты. На рисунке 4 представлена 1 септальная перфорантная артерия.

Рис. 4. Взаимоотношение корня аорты с коронарными артериями.



На этом препарате удален субпульмональный инфундибулум, виден выходной отдел ЛЖ и то, насколько

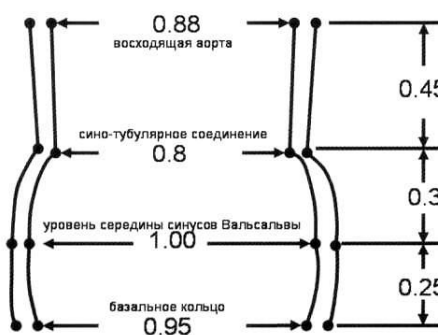
ко тесно 1 септальная перфорантная артерия идет через субпульмональный инфундибулум позади его между корнем аорты и ЛА. Повреждение 1 септальной перфорантной артерии наиболее вероятно при процедуре Росса.

С этой точки зрения важно дать определение некоторым терминологическим понятиям. Во-первых, в аортальном комплексе линия перехода аортального бульбуса (с синусами Вальсальвы и устьями венечных артерий) в собственно восходящую аорту обозначается как сино-тубулярное соединение. Во-вторых, понятие корня аорты не равнозначно понятию фиброзного кольца с прикрепленными к нему створками, а включает весь бульбус аорты от сино-тубулярного соединения до вентрикулярного прикрепления. Он имеет не цилиндрическую, а форму напоминающую луковичу.

Корень аорты распространяется от нижних краев прикрепления створок АК до синотубулярного соединения. Внутри корня аорты существует вентрикуло-артериальное соединение. Створки аортального клапана прикрепляются внутри корня в виде полудлунных линий, при этом линии прикрепления пересекают анатомическое вентрикуло-артериальное соединение. Это соединение между желудочком и аортой является истинным анатомическим кольцом.

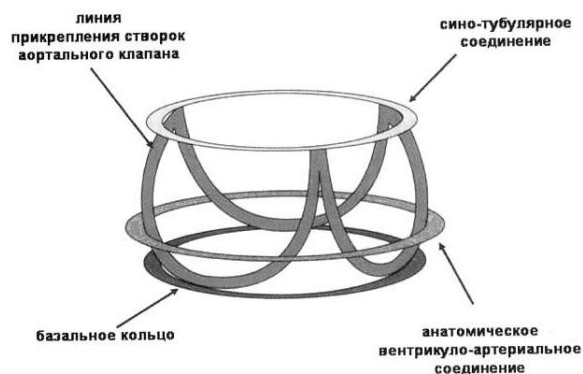
Помимо истинного анатомического кольца существует базальное кольцо, которое не является анатомической структурой, а проходит на уровне нижних точек прикрепления синусов Вальсальвы. Базальное кольцо тем не менее, измеряется при эхокардиографии и наложение швов при биопротезировании осуществляется именно на него. Измерение размеров корня аорты осуществляется на трех уровнях: 1) синотубулярное соединение, 2) базальное кольцо, 3) на уровне самой широкой части (середины) синусов Вальсальвы (схема 2).

Схема 2. Соотношение размеров корня аорты.



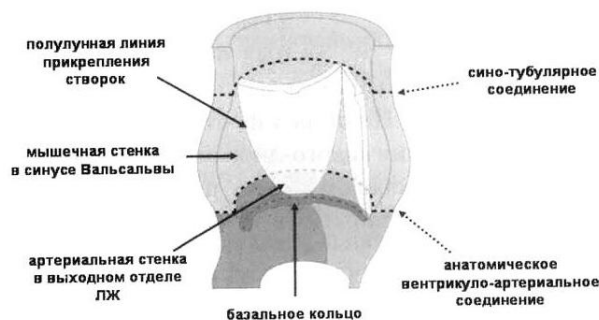
В терминах структурной анатомии есть ключевые моменты для понимания его строения. Створки крепятся внутри корня, а не внутри кольца. Они крепятся в виде 3-х полудлунных линий, вместе образующих коронобразную линию прикрепления. Таким образом, существует 3 кольца – синотубулярное соединение, кольцо в основании синусов и кольцо, которое формируется анатомическим вентрикуло-артериальным соединением. Но гемодинамическое кольцо имеет намного более сложную коронобразную форму (рис. 5).

Рис. 5. Схема строения корня аорты.



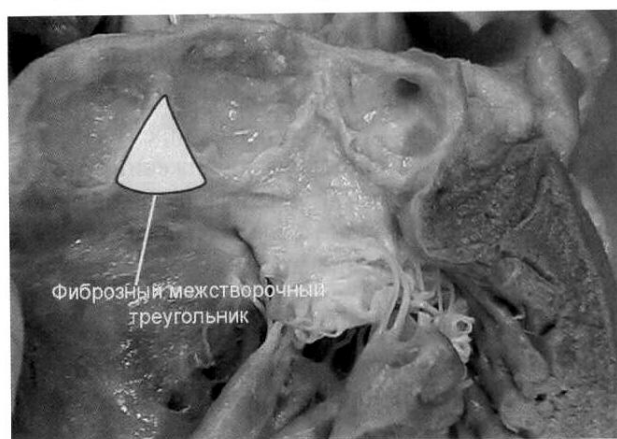
Таким образом, аортальный клапан – намного более сложная структура чем пульмональный клапан из-за наличия фиброзного соединения с МК.

Схема 3. Схема строения корня аорты.



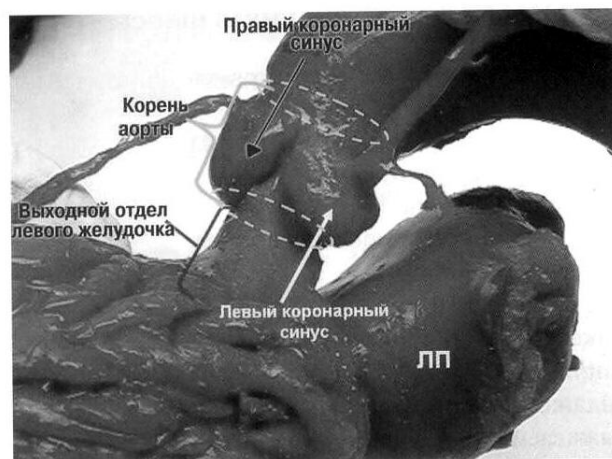
Если посмотреть на диаграмму 3, то видно анатомическое вентрикуло-артериальное соединение, а внутри корня полулунную линию прикрепления створок, распространяющуюся от синотубулярного соединения, идущую вниз до выходного отдела ЛЖ, пересекающую анатомическое вентрикуло-артериальное соединение. Это означает, что существуют треугольники ткани, которые вверху формируются артериальной стенкой и находятся между створками. И между этими треугольниками в основании синуса есть области синуса в основании створок, которые формируются мышечной массой желудочка (рис. 6).

Рис. 6. Фиброзный межстворочный треугольник Коха.



Важно понимать, что гемодинамическое соединение в действительности имеет форму синусов Вальсальвы, т.е. полулунную и соответственно функция АК зависит не только от линии прикрепления створок, но и от их формы. Створки соединяются своей желудочковой поверхностью в трех зонах соприкосновения. (Рис. 7).

Рис. 7 Пространственное взаимоотношение корня аорты с окружающими структурами (силиконовая отливка полостей левых камер сердца, корня аорты и восходящей аорты).



Вывод: Функция корня аорты и функция АК зависят от корректной анатомии всех этих составляющих: вентрикуло-артериального соединения, синотубулярного соединения, базального кольца. Все они все должны работать в гармонии друг с другом.

Список сокращений

- АК – аортальный клапан
- АН – аортальная недостаточность
- АС – аортальный стеноз
- МК – митральный клапан
- МН – митральная недостаточность
- МС – митральный стеноз
- ТК – трехстворчатый клапан
- ТПЭХОКГ – транспищеводная эхокардиография
- ЭХОКГ – эхокардиография

Литература

1. Д.А. Старчек. Полимерное бальзамирование – новая анатомическая технология // <http://www.heartvalves.info/technol.php>
2. Н.Н. Шихвердиев, С.П. Марченко. Состояние проблемы реконструктивной хирургии клапанов сердца // <http://www.heartvalves.info/vso.php>
3. Anderson R. and Benson R. Wilcox. Understanding Cardiac Anatomy: The Prerequisite for Optimal Cardiac Surgery // *Ann. Thorac. Surg.*, Jun 1995; 59: 1366–1375.
4. Anderson RH, Devine WA, Ho SY, Smith A, McKay R. The myth of the aortic annulus: the anatomy of the subaortic outflow tract. *Ann Thorac Surg* 1991;52:640–6.
5. Brewer RJ, Deck JD, Capati B, Nolan S. The dynamic aortic root. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1976;72:413–7.
6. Mercer JL, Benedicty M, Bahnson HT. The geometry and construction of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973;60:511–8.
7. Reid K. The anatomy of the sinus of valsalva. *Thorax* 1970;25:79–85.
8. Zimmerman J. The functional and surgical anatomy of the aortic valve. *Isr J Med Sci* 1969;5:862–6.