

Научная статья

УДК 611.126.52:611.126.56

EDN: <https://elibrary.ru/KTUSGG>

---

---

## Морфометрия клапанов аорты и легочного ствола

Мария Александровна Баркина, Владислав Олегович Демидов,  
Антон Александрович Гапонов ✉

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

✉ [gagaponov@gmail.com](mailto:gagaponov@gmail.com)

**Аннотация.** Работы по выявлению закономерностей и особенностей строения клапанов сердца важны для развития анатомии как фундаментальной медико-биологической науки, а также актуальны в кардиологии и кардиохирургии, где могут найти применение в диагностике и лечении заболеваний сердца. *Цель исследования* — дать характеристику нормальной анатомии клапанов аорты и легочного ствола (КА, КЛС) путем измерения их линейных размеров. *Материалы и методы.* Изучены фиксированные в 10 %-м формалине препараты 16 КА и 11 КЛС сердец людей, умерших от причин, не связанных с болезнями сердца и его сосудов. Препараты распластывали на гибкой подложке из полимерного материала и укрепляли иглами, фотографировали. С помощью программы ImageJ на фотографиях измеряли размеры синусов и межзаслоночных треугольников (МТ). Оценивали наличие и положение узелков на заслонках. *Результаты.* Синусы КА имели одинаковую ширину (в среднем 26,18 мм), но различались по глубине. Наименьшую глубину имел левый синус. Синусы КЛС имели одинаковую ширину (в среднем 15,8 мм) и не различались между собой по глубине. Глубина синусов КА и КЛС одинакова, но для КА характерны более широкие синусы. Высота МТ у КА и КЛС одинакова. В КА передний МТ был самым узким ((21,21±0,20) мм). В КЛС задний МТ был самым широким ((30,26±0,20) мм). Узелки на полулунных заслонках обоих клапанов встречались с разной частотой и находились как по центру свободного края, так и могли быть смещены от него в стороны. *Заключение.* В исследовании определены морфометрические параметры клапанов аорты и легочного ствола, которые дополняют и конкретизируют представления о нормальной анатомии сердца.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, клапан аорты, клапан легочного ствола, анатомия человека, морфометрия

**Для цитирования:** Баркина М. А., Демидов В. О., Гапонов А. А. Морфометрия клапанов аорты и легочного ствола // Вестник УГМУ. 2023. № 3. С. 82–88. EDN: <https://elibrary.ru/KTUSGG>.

Original article

---

---

## Morphometry of Aortic and Pulmonary Valves

Maria A. Barkina, Vladislav O. Demidov, Anton A. Gaponov ✉

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

✉ gagaponov@gmail.com

**Abstract.** Works on the identification of regularities and features of the structure of heart valves are important for the development of anatomy as a fundamental biomedical science, and are of importance for cardiology and cardiac surgery, where they can be used in the diagnosis and treatment of heart diseases. *Objective* was to clarify the normal anatomy of the aortic and pulmonary valves (AV, PV) by measuring their linear dimensions. *Materials and methods.* We studied 16 AVs and 11 PVs preserved in 10% formalin obtained from the hearts of humans died from non-cardiac causes. We spread out specimens on flexible polymeric plates, fixed with needles. We measured the sizes of the sinuses and interleaflet triangles (ILT) in the photographs in the ImageJ program. The presence and position of leaflet nodules were assessed. *Results.* The sinuses of the AV had the same width (average 26.18 mm), but differed in depth. The left sinus had the least depth. The PV sinuses had the same width (average 15.8 mm) and did not differ from each other in depth. AV and PV showed the sinuses of the same depth, but the sinuses of AV were found to be wider. AV and PV demonstrated the same height of the MT. In AV, the anterior MT was the narrowest ( $21.21 \pm 0.20$  mm). In the PV, the posterior MT was the widest ( $30.26 \pm 0.20$  mm). Nodules on the semilunar leaflets of both valves occurred at different frequencies and were located either in the center of the free margin or could be displaced from it to the sides. *Conclusion.* The study determined the morphometric parameters of the valves of the aorta and the pulmonary trunk, which explore and concertize the normal anatomy of the heart.

**Keywords:** cardiovascular system, aortic valve, pulmonary valve, human anatomy, morphometry

**For citation:** Barkina MA, Demidov VO, Gaponov AA. Morphometry of the aortic and pulmonary valves. *Bulletin of USMU.* 2023; (3):82–88. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/KTUSGG>.

**Введение.** Заболевания сердечно-сосудистой системы на протяжении десятилетий занимают одно из первых мест в структуре заболеваемости, смертности и стойкой утраты трудоспособности. По данным Российского статистического ежегодника [1], за 2021 г. смертность от болезней системы кровообращения составила около 1 млн человек, следовательно, актуальность изучения сердца и его сосудов обусловлена высокой медико-социальной значимостью поражения этих анатомических структур. Исследователи много внимания уделяют анатомии венечных артерий и миокарду, особен-

но при их патологии [2; 3] — существенно меньше изучен клапанный аппарат сердца. Последний претерпевает существенные изменения при многих патологических процессах, прежде всего при атеросклерозе, инфекционном эндокардите, ревматических поражениях. Особенности изменений клапанов сердца при патологии изучены подробно и всесторонне, но следует отметить, что в научной литературе крайне мало публикаций, посвященных описанию клапанов сердца без патологии, в условиях нормы. Известны работы, в которых описана нормальная анатомия предсердно-желудочковых клапанов сердца у взрослых людей и плодов человека [2; 4; 5], однако клапаны аорты и легочного ствола (КА, КЛС) описаны в литературе значительно меньше [6–8]. Знание нормальной анатомии этих клапанов важно для точной диагностики их патологии. Данные, которые будут получены в таких исследованиях, могут быть востребованы при планировании способов реконструктивных операций на клапанах, а также для создания клапанных протезов [9–11].

**Цель исследования** — дать характеристику нормальной анатомии КА и КЛС путем измерения их линейных размеров.

**Материалы и методы.** Исследованы 27 анатомических препаратов клапанов сердца человека: 16 препаратов КА и 11 препаратов КЛС, фиксированных в 10 %-м формалине. Клапаны выделяли из сердец для определения морфологических структур. Корень аорты продольно рассекали через левую заднюю комиссуру, легочный ствол — через переднюю правую; распластывали на гибкой подложке из полимерного материала и укрепляли иглами.

Измеряли ширину и глубину синусов, высоту и ширину межзаслоночных треугольников (МТ) (рис. 1). Измерения препаратов выполняли по фотографиям в программе ImageJ, откалиброванной по штангенциркулю ШЦЦ-150–0,01. Обработка результатов осуществлялась в MS Excel с использованием методов описательной статистики. При нормальном распределении значений находили среднее арифметическое значение и его стандартное отклонение. Различия считали значимыми на основании  $U$ -критерия Манна — Уитни при  $p < 0,05$ .

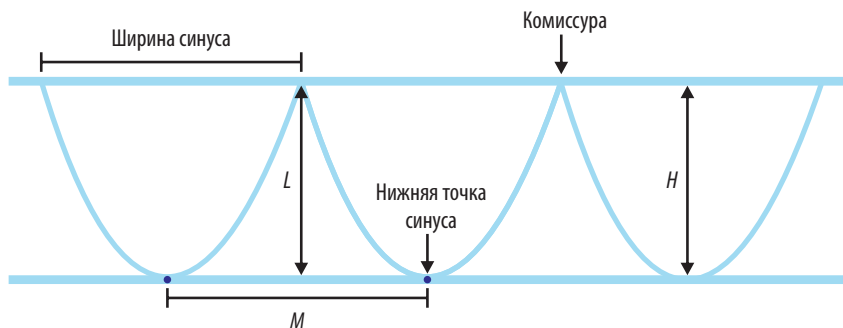


Рис. 1. Схема морфометрии элементов клапанов:  
 $L$  — высота МТ;  $M$  — ширина МТ;  $H$  — глубина синуса

**Результаты исследования и их обсуждение.** В ходе исследования выявлено, что значения ширины синусов КА не имели существенных различий, находились в интервале от  $(26,0 \pm 0,2)$  мм (ширина заднего синуса) до  $(26,96 \pm 0,20)$  мм (ширина правого синуса), среднее значение этого параметра составляло  $(26,18 \pm 0,20)$  мм. Полученные данные согласуются с результатами работы М. Контини и др. (*англ.* М. Contino et al.) [12], в которой статистически значимых различий между правым, левым и некоронарным расстоянием не выявлено. В КЛС по сравнению с КА синусы были более узкими ( $p < 0,01$ ). В КЛС значения ширины синусов составили: у правого синуса  $(14,7 \pm 0,2)$  мм, переднего —  $(16,4 \pm 0,2)$  мм, левого —  $(16,3 \pm 0,2)$  мм ( $p > 0,05$ ), в среднем — 15,8 мм. Статистически значимые различия были обнаружены между глубиной синусов КА. У правого синуса КА этот параметр в среднем составил  $(17,5 \pm 0,2)$  мм, левого —  $(15,5 \pm 0,2)$  мм, заднего (некоронарного) —  $(17,1 \pm 0,2)$  мм. По данным источников, различия размеров синусов необходимы для того, чтобы создавались вихревые потоки, которые играют важную роль в токе крови. Гемодинамические вихри не только закрывают створки аортального клапана, но и поддерживают коронарное кровообращение — как во время систолы, так и во время диастолы [11]. В КЛС глубина переднего синуса КА составила  $(17,5 \pm 0,2)$  мм, левого —  $(15,5 \pm 0,2)$  мм, правого —  $(17,1 \pm 0,2)$  мм ( $p > 0,05$ ).

Установлено, что высота МТ между полулунными заслонками в КА равнозначна. Высота треугольника между правой и передней заслонками была равна  $(16,96 \pm 0,20)$  мм, левой и правой —  $(17,04 \pm 0,20)$  мм, левой и задней —  $(16,51 \pm 0,20)$  мм ( $p > 0,05$ ); в среднем она составила  $(16,83 \pm 0,20)$  мм. Эти результаты согласуются с результатами исследования В.Х. Гаспаряна (2000) [13]. Автором установлено, что все МТ на препаратах развернутого КА были равнозначными. Также выявлено, что высоту полулунной заслонки можно вычислить по теореме Пифагора. В результате исследования КЛС установлено, что в КЛС высота МТ между передней и левой полулунными заслонками была равна  $(17,81 \pm 0,20)$  мм, передней и правой —  $(18,72 \pm 0,20)$  мм, левой и правой —  $(17,71 \pm 0,20)$  мм ( $p > 0,05$ ). В среднем значения высоты межзаслоночных треугольников КЛС были равны  $(18,08 \pm 0,20)$  мм и не отличались от высоты треугольников КА ( $p > 0,05$ ).

Среднее значение ширины МТ в КА между правой и задней заслонками равно  $(24,70 \pm 0,20)$  мм, задней и левой —  $(24,51 \pm 0,20)$  мм, левой и правой —  $(21,21 \pm 0,20)$  мм. Правый и левый межзаслоночные треугольники КА имели равнозначную ширину ( $U = 127, p > 0,05$ ) и были шире, чем передний треугольник, расположенный между правой и левой заслонками ( $p < 0,01$ ). Среднее значение ширины МТ в КЛС между правой и передней заслонками равно  $(23,67 \pm 0,20)$  мм, передней и левой —  $(23,71 \pm 0,20)$  мм, левой и правой —  $(30,26 \pm 0,20)$  мм. Правый и левый межзаслоночные треугольники КЛС имели одинаковую ширину ( $U = 58,5, p > 0,05$ ) и, по сравнению с задним тре-

угольником, расположенным между правой и левой заслонками, были более узкими ( $p < 0,01$ ).

При изучении КА и КЛС на заслонках были обнаружены узелки (рис. 2). Из работы Д. Н. Лященко и др. (2017) известно, что узелки заслонок КЛС имеются уже у плодов [4]. Они способствуют более плотному смыканию клапанов. В КА узелки чаще всего были отмечены на задней заслонке, реже — на левой. На задней заслонке в 11 случаях из 13 узелки располагались по центру свободного края заслонки, у правой заслонки они находились также по центру и были с одинаковой частотой смещены влево. У КЛС узелки хуже всего были развиты на левой заслонке (рис. 2).

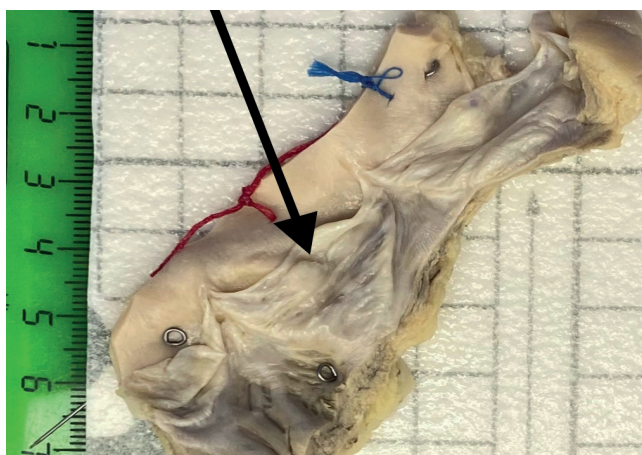


Рис. 2. Клапан легочного ствола. Узелок полулунной заслонки показан стрелкой

#### Выводы:

- 1) синусы клапана аорты имели одинаковую ширину (в среднем  $26,18 \pm 0,20$  мм), но различались по глубине. Наименьшую глубину имел левый синус. Синусы клапана легочного ствола имели одинаковую ширину (в среднем 15,8 мм) и не различались между собой по глубине. Глубина синусов аорты и легочного ствола одинакова, но для клапана аорты, по сравнению с клапаном легочного ствола, характерны более широкие синусы;
- 2) межзаслоночные треугольники клапанов аорты и легочного ствола были одинаковы по высоте. В клапане аорты передний треугольник был самым узким ( $21,21 \pm 0,20$  мм), в клапане легочного ствола задний треугольник был самым широким ( $30,26 \pm 0,20$  мм);
- 3) узелки на полулунных заслонках обоих клапанов встречаются с разной частотой и могут находиться как по центру свободного края, так и в сторонах от него.

**Список источников**

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/>(дата обращения: 04.11.2023).
2. Wilcox's Surgical Anatomy of the Heart/R. H. Anderson, D. E. Spicer, A. M. Hlavacek [et al.]. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 447 p.
3. Иванов В. А. Особенности строения сердца и его отдельных структур у практически здоровых лиц в зависимости от их половой принадлежности // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10, № 2. С. 51–56. EDN: <https://elibrary.ru/ucufwz>.
4. Особенности анатомического строения сердца человека в промежуточном плодном периоде онтогенеза / Д. Н. Лященко, Л. М. Железнов, Э. Н. Галеева [и др.] // Морфология. 2017. Т. 152, № 5. С. 35–39. EDN: <https://elibrary.ru/ztpsyd>.
5. Якимов А. А. Сосочковые мышцы межжелудочковой перегородки в плодном периоде развития человека // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. 2011. Т. 18, № 2. С. 175–176. EDN: <https://elibrary.ru/snmstsj>.
6. Корреляции морфометрических параметров структур корня аорты, имеющие практическое значение в хирургической коррекции аортального клапана / С. Н. Одинокова, В. Н. Николенко, Р. Н. Комаров [и др.] // Морфологические ведомости. 2020. Т. 28, № 1. С. 30–36. DOI: [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2020.28\(1\):30-36](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2020.28(1):30-36).
7. Якимов А. А. Клапан легочного ствола: спорные вопросы терминологии и анатомии // Сибирский научный медицинский журнал. 2020. Т. 40, № 6. С. 44–57. DOI: <https://doi.org/10.15372/SSMJ20200605>.
8. Якимов А. А., Дмитриева Е. Г. Морфометрическая анатомия и внутриорганный топография устьев венечных артерий в сердце взрослого человека // Морфология. 2020. Т. 158, № 4–5. С. 40–47. DOI: <https://doi.org/10.34922/AE.2020.158.4.006>.
9. Антропоморфометрические закономерности конструкции и соразмерности створок аортального клапана в аспекте реконструктивной хирургии / С. Н. Одинокова, Р. Н. Комаров, В. Н. Николенко [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2022. Т. 26, № 3. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2022-3-73-84>.
10. Комаров Р. Н., Катков А. И., Одинокова С. Н. Современные анатомические представления о строении корня аорты с точки зрения практикующего хирурга // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2019. Т. 12, № 5. С. 433–440. DOI: <https://doi.org/10.17116/kardio201912051433>.
11. Carpentier A., Adams D. H., Filsoofi F. Carpentier's Reconstructive Valve Surgery: From Valve Analysis to Valve Reconstruction. Philadelphia : Saunders, 2010. 447 p.

12. A Geometric Approach to Aortic Root Surgical Anatomy / M. Continio, A. Mangini, M. G. Lemma [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2016. Vol. 49, Iss. 1. P. 93–100. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezv059>.
13. Гаспарян В. Х. Определение параметров аортального клапана и перспективы его реконструкции аутоперикардальным лоскутом : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ереван, 2000. 19 с.

#### Информация об авторах

**Мария Александровна Баркина** — студент стоматологического факультета, Уральский государственный медицинский университет (Екатеринбург, Россия). E-mail: [mary\\_barkina@mail.ru](mailto:mary_barkina@mail.ru).

**Владислав Олегович Демидов** — студент стоматологического факультета, Уральский государственный медицинский университет (Екатеринбург, Россия). E-mail: [demawatar005@yandex.ru](mailto:demawatar005@yandex.ru).

**Антон Александрович Гапонов** — ассистент кафедры анатомии человека, Уральский государственный медицинский университет (Екатеринбург, Россия). E-mail: [gagaponov@gmail.com](mailto:gagaponov@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6681-7537>.

#### Information about the authors

**Maria A. Barkina** – Specialist’s Degree Student of the Faculty of Dentistry, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia). E-mail: [mary\\_barkina@mail.ru](mailto:mary_barkina@mail.ru).

**Vladislav O. Demidov** – Specialist’s Degree Student of the Faculty of Dentistry, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia). E-mail: [demawatar005@yandex.ru](mailto:demawatar005@yandex.ru).

**Anton A. Gaponov** – Assistant of the Department of Human Anatomy, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia). E-mail: [gagaponov@gmail.com](mailto:gagaponov@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6681-7537>.