

doi: 10.25005/2074-0581-2023-25-3-400-413

ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ АРТЕРИЙ, ОТХОДЯЩИХ ОТ ДУГИ АОРТЫ, И ИХ ВЕТВЕЙ (ПО ДАННЫМ ПРЕПАРИРОВАНИЯ ТРУПОВ, ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ И СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ)

О.В. МУРАШОВ

Кафедра фундаментальной медицины и общей патологии, Институт медицины и экспериментальной биологии, Псковский государственный университет, Псков, Российская Федерация

Цель: изучение и анализ литературных источников по вариантной анатомии артерий, отходящих от дуги аорты, и их ветвей.

Материал и методы: проанализированы случаи вариантной анатомии артерий, отходящих от дуги аорты (ДА), и их ветвей, опубликованные в литературных источниках на основе результатов препарирования трупов, оперативных вмешательств и современных диагностических методов исследования. Поиск материала осуществлялся с использованием следующих интернет-ресурсов: www.library.ru, www.scopus.com, www.femb.ru/feml, www.cochranlibrary.com, www.acponline.com, www.sciencedirect.com, www.embase.com и в поисковой системе yandex. Основными методами исследования были библиографический и сравнительный методы.

Заключение: анализ опыта коллег позволяет утверждать, что вариантная анатомия ДА является нередкой находкой в практике врача. Данное обстоятельство требует от него тщательного обследования пациента перед выполнением ангиографического исследования, оперативного вмешательства и медицинских манипуляций, чтобы избежать возможных ошибок и осложнений.

Ключевые слова: дуга аорты, ветви дуги аорты, брахиоцефальные артерии, вариантная анатомия, вариация.

Для цитирования: Мурашов ОВ. Вариантная анатомия артерий, отходящих от дуги аорты, и их ветвей (по данным препарирования трупов, оперативных вмешательств и современных методов исследования). *Вестник Авиценны*. 2023;25(3):400-13. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-3-400-413>

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE AORTIC ARCH BRANCHING PATTERNS BASED ON DIAGNOSTIC STUDIES, SURGICAL PROCEDURES, AND AUTOPSY REPORTS

O.V. MURASHOV

Department of Fundamental Medicine and Common Pathology, Institute of Medicine and Experimental Biology, Pskov State University, Pskov, Russian Federation

Objective: Analysis of literature sources on variant anatomy of arteries arising from aortic arch and branches.

Methods: Analysis of cases of the variant anatomy of arteries arising from the aortic arch (AA) and their branches, based on autopsy, surgery, and modern diagnostic techniques. To gather information, we utilized a range of online resources such as <https://www.library.ru>, <https://www.scopus.com>, <https://femb.ru/>, <https://www.cochranlibrary.com/>, <http://www.acponline.com>, <https://www.sciencedirect.com/>, <https://www.embase.com>, and the Yandex search engine. The primary research methods utilized were bibliographic and comparative in nature.

Conclusion: The AA anatomy displays frequent variations in medical practice. To prevent complications and errors, it is imperative to thoroughly evaluate the patient before performing angiography, surgery, or any relevant medical procedures.

Keywords: Aortic arch, branches of the aortic arch, brachiocephalic trunk, variant anatomy, variation.

For citation: Murashov OV. Variantnaya anatomiya arteriy, otkhodyashchikh ot dugi aorty, i ikh vetvey (po dannym preparirovaniya trupov, operativnykh vmeshatel'stv i sovremennykh metodov issledovaniya) [Comprehensive analysis of the aortic arch branching patterns based on diagnostic studies, surgical procedures, and autopsy reports]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2023;25(3):400-13. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2023-25-3-400-413>

За последние десятилетия одним из ведущих направлений научной деятельности в анатомии является изучение вариантной анатомии. Данное направление базируется на учении В.Н. Шевкуненко, основные положения которого утверждают о том, что индивидуальная изменчивость характерна для всех органов и систем человеческого тела, может быть представлена вариационным рядом с наиболее редкими вариантами на его концах, об-

Over the past few decades, the study of variant anatomy has emerged as a prominent area of scientific inquiry within the field of anatomy. According to V.N. Shevkunenko's teachings, every organ and system in the human body is subject to individual anatomical variability. This variability can be illustrated as a range of variations, with the rarest variants at either end. Phylo-ontogenic and environmental factors have a significant impact on the process [1].

условлена законами фило- и онтогенеза и формируется под воздействием факторов окружающей среды [1].

В большей степени подвержены индивидуальной изменчивости органы кровеносной системы, и среди вариантов строения анатомо-физиологических систем организма человека наиболее часто обнаруживаются варианты строения именно этой системы [2-6]. Одним из сосудов, с которым связано значительное количество разнообразных вариаций, является ДА. Ветви ДА подвержены различным видам патологии: атеросклерозу, тромбозу, эмболии и аномалиям развития. Подключичная артерия (ПКА) чаще всего поражается атеросклерозом в её первом сегменте, а тромбоз и эмболия этого сосуда опасны развитием острой ишемии верхней конечности [7, 8]. Аберрация правой ПКА у 7-10% взрослых пациентов может привести к компрессии соседних органов и в 71,2% случаев вызвать дисфагию [9]. Атеросклеротические поражения сонных артерий приводят к стенозу, ишемическому инсульту и транзиторным ишемическим атакам [10]. В клинической практике встречается и бессимптомная полная окклюзия экстракраниального отдела внутренней сонной артерии (СА) [11]. Повреждения артерий, отходящих от ДА, и их ветвей могут быть как открытыми, так и закрытыми, приводящими к тяжёлым нарушениям жизненно важных функций, летальному исходу преимущественно у лиц трудоспособного возраста [12, 13].

Важность изучения вариантной анатомии всегда подчёркивалась как отечественными, так и зарубежными анатомами. Знание классической и вариантной анатомии артерий является клинически значимым для оперирующего хирурга и пациента, что позволяет избежать возможных осложнений при выполнении врачом медицинских манипуляций, диагностических и хирургических вмешательств [14].

ДА является продолжением восходящей аорты и располагается в верхнем средостении позади нижней половины рукоятки грудины так, что высшая точка дуги проецируется на её центр. В классической анатомии отечественной и зарубежной школ три крупных артериальных ствола, поднимающихся вверх от дуги аорты справа налево, представлены плечеголовным стволом, левой общей сонной артерией и левой ПКА.

Однако классическое расположение и ветвление ДА встречается не всегда, и глубокое знание не только классической, но и вариантной анатомии ДА крайне важно при проведении эндоваскулярных операций, чтобы избежать возможных рисков из-за её атипичных конфигураций и ветвления. Различные варианты ветвления ДА, отличные от описываемых в классической анатомии, являются нередкими находками во время выполнения препарирования трупа, проведения операции и диагностических исследований. Изучение этой темы показало, что в отечественных и зарубежных публикациях приводятся цифры частоты встречаемости вариаций ДА, значительно отличающиеся друг от друга.

Так, в исследовании Pandalai U et al (2021) участвовали 4000 пациентов, которым в центре третичной медицинской помощи в Южной Индии в течение трёхлетнего периода по различным клиническим показаниям была выполнена компьютерная томография (КТ) грудной клетки с контрастированием. После изучения ДА были выявлены её изменения только у 27 пациентов (0,67%). Обнаруженные находки включали: aberrantную правую ПКА в 7 (0,17%), общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА или «бычьей дуги» в 1 (0,025%), начало левой позвоночной артерии (ПЗА) от общего ствола брахиоцефальной и левой общей СА в 1 (0,025%), бронхиальную артерию аномального отхождения от ДА в 1 (0,025%), двойную ДА в 1 (0,025%) и правостороннюю ДА в 16 (0,4%) наблюдениях. На основе полученных результатов авторы

Compared to other bodily systems, the circulatory system displays significant variability, frequently presenting structural variations [2-6]. AA branching has numerous variations. Various diseases, such as atherosclerosis, thrombosis, embolism, and developmental abnormalities, can affect AA branches. Acute upper limb ischemia can arise from thrombosis or embolism in the subclavian artery (SCA), with the first section of the artery being particularly vulnerable to atherosclerosis [7, 8]. Aberrant right subclavian artery (ARSA) can compress neighboring organs in 7-10% of adult patients and causes dysphagia in 71.2% of cases [9]. Atherosclerotic lesions of the carotid arteries lead to stenosis, ischemic stroke, and transient ischemic attacks [10]. Complete occlusion of the extracranial part of the internal carotid artery (ICA) can be asymptomatic [11]. Injuries to arteries originating from the aortic arch and branches can be open or closed. These injuries can cause severe impairment of vital functions and even lead to death, particularly in working-age individuals [12, 13].

Many anatomists have stressed the significance of examining variations in anatomy. Knowing classical and variant arterial anatomy is crucial for surgeons to avoid complications during medical procedures [14].

The AA is located in the superior mediastinum, behind the lower half of the manubrium sternum. The AA gives rise to the brachiocephalic trunk (BCT), left common carotid artery (LCCA), and left SCA in classical anatomy.

A comprehensive understanding of AA classical and variant anatomy is essential for successful endovascular operations due to the potential risks associated with variations in location and branching. Variations in AA branching are frequently encountered during cadaveric dissection, surgery, and diagnostic studies, deviating from traditional anatomy. However, the literature on AA variations yielded significant differences in data when studied.

For instance, in South India, over three years, Pandalai U et al (2021) studied 4,000 patients who had undergone chest CT scans with contrast for different clinical reasons at a tertiary care center. The study found that AA anomalies were only present in 27 (0.67%) patients. The study revealed several abnormalities in the AA branching, including an ARSA in 7 cases (0.17%), a bovine arch in 1 case (0.025%), a bovine origin of the left vertebral artery (LVA) from the AA in 1 case (0.025%), a bronchial artery with anomalous origin from the AA in 1 case (0.025%), double AA in 1 case (0.025%), and a right-sided AA in 16 cases (0.4%). Based on these findings, the authors stressed the need for pre-imaging to avoid complications during vascular access procedures [15].

According to Yousef S et al (2021), 21336 CT scans conducted on patients aged 50-85 between 2013 and 2016 revealed AA branching variations in 693 (2.8%) patients. The bovine arch was the most diagnosed variant, observed in 354 (1.6%) patients, accounting for 58.7% of all anomalies. In 147 patients (0.6%), an ARSA was detected; in 95 patients (0.4%), an aberrant left vertebral artery (ALVA) was noted. Among all variations, the authors found an aberrant left SCA in combination with right-sided AA in 0.3% of cases or 12.0% of all anomalies. The prevalence of double AA and aortic pseudocoarctation was found to be 0.03% or 1.02% of all anomalies. The study found that the identified variations were more common among females of non-Caucasian ethnicity. The study concluded that patients with AA variations had a higher frequency of diagnosed thoracic aortic aneurysms than patients with classical AA anatomy (10.8% versus 4.1%) [16].

подчеркнули важность предварительной визуализации перед любой процедурой, связанной с сосудистым доступом с целью предупреждения нежелательных осложнений [15].

Yousef S et al (2021) провели исследование 21336 КТ сканов пациентов в возрастной группе от 50-85 лет с 2013 по 2016 год и выявили аномалию у 693 больных, что составило 2,8%. Наиболее часто диагностируемой вариацией была «бычья дуга», наблюдаемая у 354 (1,6%) пациентов или 58,7% от всех аномальных случаев. У 147 (0,6%) больных или 24,4% от всех вариаций была выявлена aberrантная правая ПКА, у 95 человек (0,4%) или 15,8% от всех вариантов случаев наблюдалась aberrантная левая ПЗА. В 0,3% случаев или 12,0% от всех вариаций авторы описали aberrантную левую ПКА в комбинации с правосторонней ДА, в 0,03% или 1,02% от всех аномальных случаев – двойную ДА и 0,03% или 1,02% от всех вариаций – псевдокоарктацию. Обнаруженные вариации чаще встречались у женщин, чем у мужчин, не европеоидных рас. Клинически значимым в исследовании было заключение авторов о том, что в группе пациентов с вариациями ДА частота диагностируемой аневризмы грудной аорты была больше, чем у пациентов с классической анатомией ДА (10,8% против 4,1%) [16].

Следует отметить, что вариация, представленная общим стволом брахиоцефальной и левой общей СА, получившим название «бычья дуга» не является анатомическим строением ДА, присущим крупному рогатому скоту, соответственно этот термин содержит ошибку, однако он получил широкое распространение в научной литературе [17].

Goldsher YW et al (2020) изучили анатомию ДА 15-40 недельных плодов и выявили вариантную анатомию в 20 случаях (4,8%), представленную «бычьей дугой», в 14 из которых отсутствовала какая-либо патология, в 6 были выявлены лишь незначительные отклонения от нормы, что позволило авторам сделать вывод о том, что наличие «бычьей дуги» не связано с аномалиями плода [18]. Данный вариант аномалии может быть представлен несколькими типами: общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА (I тип, являющийся самым частым), начало устья левой общей СА от брахиоцефального ствола (II тип), и общий ствол брахиоцефального ствола, левой общей СА и левой ПЗА (III тип, истинная «бычья дуга»),

Rekha P, Senthilkumar S (2013) обнаружили на 110 сердцах, фиксированных формалином, трупов мужчин и женщин Южной Индии в возрасте от 45 до 75 лет классическое ветвление ДА в 92,72%, а в 7,28% – варианты случаи. Наибольший процент вариаций (4,5%) составил вариант с отхождением левой ПЗА между левыми общей СА и ПКА. В 2,7% случаев было отмечено общее начало для брахиоцефальной и левой общей СА. В 1,8% наблюдений левая ПЗА начиналась от верхнего угла между аортой и левой ПКА, в 0,9% случаев левая общая СА была ветвью плечеголового ствола, и в 0,9% наблюдений ДА имела только две ветви (первой ветвью был общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА, а вторая ветвь была представлена левой ПКА) [19].

Bhatia K et al (2005) сообщают о 7,41%, вариаций. Ими были исследованы 81 труп современного населения Южной Австралии европейского происхождения, представители которого мигрировали в неё (n=38) или родились и проживали в ней (n=43) в 20 веке. Были выявлены две вариации ветвей ДА, одной из которых было ответвление левой ПЗА от ДА между левыми общей СА и ПКА (на 6 трупах). Все 6 случаев относились к когорте родившихся в Южной Австралии и составили в этой группе 13,95%. Поскольку все случаи данной вариации относились только к тем, кто родился в Южной Австралии, то авторами было высказано предположение о том, что на формирование вариаций могут оказывать влия-

It is essential to recognize that although commonly referred to as the bovine arch, the variation resulting from the shared origin of the BCT and LCCA is not a natural feature of the AA in cattle. Therefore, this term is misleading, despite its frequent use in scientific literature [17].

Goldsher YW et al (2020) examined the anatomy of the aortic arch in fetuses aged 15-40 weeks. They found a bovine arch in 20 cases (4.8%), with 14 having no anomalies and 6 having minor aberrations. Therefore, the authors concluded that a bovine arch is not linked to fetal abnormalities [18]. Several types can represent this variant of the anomaly: the common trunk for the BCT and LCCA (type I, which is the most common), the origin of the LCCA from the BCT (type II), and the common trunk for the BCT, the LCCA and the LVA (Type III, referred to as a true bovine arch).

According to Rekha P and Senthilkumar S (2013), 92.72% of 110 pre-dissected formalin-fixed heart specimens from male and female cadavers in South India aged 45 to 75 had classical AA branching, while 7.28% had AA variant branching. The variant with the LVA arising between the LCCA and left SCA origins was the most common, with a prevalence of 4.5%. In 2.7% of cases, a common origin of the BCT and LCCA was noted. In 1.8% of cases, LVA originated from the aorta at the upper angle of the junction of the left SCA. In 0.9% of cases, the LCCA was a branch of the BCT. In another 0.9% of cases, there was the AA variant with a 2-vessel branching pattern, with only two trunks arising from the AA, right and left brachiocephalic trunks (RBCT & LBCT) [19].

A study conducted by Bhatia K et al (2005) showed a 7.41% AA variation. They studied 81 cadavers from the South Australian population of European descent, including those who migrated (n=38) and those born and raised (n=43) in the 20th century. Two variations of the AA branching pattern were identified, one of which was a variant with the LVA originating between the LCCA and left SCA observed in 6 cadavers. All 6 cases were from the South Australian cohort, representing 13.95% of that group. The authors suggested that environmental factors may influence the development of the variations, as all cases were related only to those born in South Australia. In addition, no thyroidea ima artery originating from the aortic arch was detected. This finding contrasted with previously observed cases where the frequency of this variation varied from 4% to 10% [20].

According to Indumathi S et al (2010), the percentage of variations in AA branches is 11.0%, with 10.9% in males and 11.2% in females. The authors examined 75 cases, including 16 cadavers, heart specimens with AA, and 25 patient angiograms from Indian residents. Angiography was used to obtain radiographic images of the AA and branches, combining cineangiocardiology and aortography. The study results revealed that the right AA was identified in only 2 cases, which accounts for 2.67% of the total. In 5.3% (4/75) cases, the authors observed a common origin of the BCT and LCCA, 6.52% in males and 3.7% in females. Branching of the LVA as the third branch of AA between the LCCA and the left SCA was observed in 4.1% of cases, 2.17% out of 46 male specimens, and 7.4% out of 27 female specimens showed this variation. In 1.36% out of 73 specimens, the right vertebral artery (RVA) arose as the fourth branch from the AA. The authors emphasized the importance of identifying these variations to reduce the risk of surgical procedures [21].

Junagade B and Mukherjee A (2015) studied the morphology and morphometry of the AA and its branches on 35 embalmed cadavers from people aged 50 to 70 years. They found

ние факторы окружающей среды. Кроме того, ни на одном трупе не было выявлено отхождение *a. thyroidea ima* от ДА в отличие от ранее наблюдаемых ими случаев, где частота такой вариации варьировала от 4% до 10% [20].

Indumathi S et al (2010) сообщают о том, что встречаемость вариаций ветвей ДА составляет 11,0% (10,9% у мужчин и 11,2% у женщин). Авторы изучили 75 случаев (16 трупов, 34 анатомических препаратов ДА и ангиограммы 25 пациентов) жителей Индии. Ангиограммы были получены при комбинированном использовании киноангиокардиографии (записи на пленку серии получаемых рентгенограмм) и ангиографии. По результатам исследования в 2 случаях (2,67%) была обнаружена правая ДА. В 4 из 75 случаев (5,3%) авторы наблюдали общее устье брахиоцефальной артерии и левой общей СА, что составило 5,48% (6,52% у мужчин и 3,7% у женщин). Ответвление левой ПЗА, как третьей ветви ДА между левыми общей СА и ПКА, было отмечено в 4,1% случаев, что составило 2,17% мужчин (из 46) и 7,4% женщин (из 27). В 1,36% (из 73 наблюдений) четвертой ветвью от ДА отходила правая ПЗА. Авторы подчеркнули значимость выявления подобных вариаций как для пациента, так и для хирурга, выполняющего операцию [21].

Junagade B, Mukherjee A (2015) при изучении морфологии и морфометрии ДА и отдаваемых ею ветвей на 35 забальзамированных трупах людей в возрасте от 50 до 70 лет установили, что у 11,43% трупов ДА имела признаки вариантной анатомии. На 3 трупах (8,58%) от ДА отходили только 2 ветви. Первая ветвь была представлена общим стволом брахиоцефальной и левой общей СА, а вторая – левой ПКА. В одном случае (2,85%) ДА отдавала 4 ветви: плечеголовной ствол, левую общую СА, левую ПЗА и левую ПКА. Авторы также представили параметры средних наружного и внутреннего диаметров брахиоцефального ствола, которые составили 13,22 и 10,8 мм соответственно, левой общей СА – 8,06 и 6 мм, соответственно и левой ПКА – 9,95 и 8,38 мм соответственно [22, 23].

Примерно такой же процент встречаемости вариаций (11,7%) зафиксирован в исследовании Faggioli GL et al (2007) у 25 пациентов из 214, прошедших КТ-ангиографию. Среди выявленных вариаций в 22 случаях (10,2%) имело место общее начало брахиоцефальной и левой общей СА, в 2 наблюдениях (0,9%) ДА отдавала правые ПКА и общую СА и в 1 наблюдении (0,5%) имели место полное отсутствие левой общей СА и ответвление левых внутренней и наружной СА непосредственно от ДА. Авторы также выявили, что неврологические осложнения достоверно чаще имели место в группе пациентов с аномальной ДА, чем с классической её анатомией (20% против 5,3%, соответственно) [24].

Einstein EH et al (2016) проанализировали результаты препарирования 27 трупов, где в 4 случаях левая ПЗА была ветвью ДА, и все эти наблюдения были определены на женских трупах, что составило 14,8% [25].

Шавкута ГВ и соавт. (2020) сообщают о том, что отхождение левой ПЗА от ДА встречается в 2,8-5,0% случаев [26].

Shin Y et al (2008) приводят цифру в 16,0%, основываясь на результатах исследования 25 фиксированных в формалине трупов взрослых корейцев. Их находки составили 2 случая (8%), где левая ПЗА начиналась от ДА и 2 случая (8%), когда левая общая СА ответвлялась немного выше ствола плечеголовной артерии. Авторы также получили целый ряд морфометрических данных: средний показатель угла кривизны ДА относительно коронарной плоскости, равный 62,2 градуса, среднее расстояние начала плечеголовного ствола относительно срединной ПЗА, составившее 0,92 мм справа от неё, а левых общей СА и ПКА 12,3 и 22,8 мм,

that 11.43% of the cadavers had a variant anatomy of the AA. Out of the 35 cadavers examined, only 3 (8.58%) had two branches originating from AA. The first branch was a common origin of the BCT and LCCA, and the second branch was the left SCA. In one case (2.85%), the AA had four branches: the BCT, the LCCA, the LVA, and the left SCA. According to the authors, the mean outer and inner diameters of BCT, LCCA, and left SCA were 13.22 mm and 10.8 mm, 8.06 mm and 6 mm, and 9.95 mm and 8.38 mm, respectively [22, 23].

In the Faggioli GL et al (2007) study, 11.7% of the 214 patients who underwent CT angiography showed AA variations. Twenty-two cases (10.2%) had a common origin of the BCT and LCCA; in 2 cases (0.9%), the AA gave rise to the right SCA and right common carotid artery (RCCA), and in 1 case (0.5%), the LCCA was absent, and the left internal and external CAs branched directly from the AA. The study showed that patients with variant anatomy of AA had a higher occurrence of neurological complications than those with classical anatomy (20% versus 5.3%) [24].

Einstein EH et al (2016) analyzed the dissection results of 27 cadavers. They found that in 4 cases, LVA was a branch of AA. These findings were observed on female cadavers, which accounted for 14.8% of the total [25].

According to Shavkuta GV et al (2020), LVA originates from the AA in 2.8-5.0% of cases [26].

Shin Y et al (2008) found a variation of 16.0% in 25 formalin-fixed Korean adult cadavers. Their findings were 2 cases (8%) where the LVA directly originated from the AA and 2 cases (8%) where the LCCA branched slightly above the stem of BCT. The authors also obtained several morphometric data: the average AA curvature angle relative to the coronal plane was 62.2 degrees, BCT originated from 0.92 mm on the right of the mid-vertebrae line, and LCCA and left SCA originated from 12.3 mm and 22.8 mm on the left of the mid-vertebrae line. The mean distance from the BCT's origin to the RCCA's origin was 32.5 mm. The average distance between the origins of the left SCA and LVA was 33.8 mm. The mean angles at which the major branches arise from the AA (BCT, LCCA, and left SCA) were 65.3, 46.9, and 63.8 degrees, respectively [27].

Kozlov BN et al (2023) studied 194 patients with aortic dissection and ascending aortic aneurysms who underwent surgery between 2017 and 2021. Of the 183 patients examined, 32 (16.5%) were diagnosed with bovine arch. The study found that patients with a bovine arch were more likely to have a thoracic aortic aneurysm than those with classical AA anatomy (100% versus 80.1%) [28]. It is assumed that the bovine arch increases the risk of aortic dissection [29]. On the other hand, there is evidence that this variation does not increase the risk of aortic dissection. However, individuals with genetically determined connective tissue disorders are more likely to develop it [30].

Karacan A et al (2014) reported a prevalence of 20.8% AA branching variation. Using 64-slice computed tomographic angiography, the authors investigated the frequency of variations of the AA branching pattern in 1000 patients with a normal left-sided aortic arch who underwent the examination for various clinical indications. According to the study, AA gave rise to BCT and LCCA in a common trunk – in 14.1% of all cases and LVA – in 4.1% of cases. The coexistence of the above two variations was also noted in 1.2% of cases, ARSA in 0.6% of cases, ARSA in combination with a common trunk of the external and internal CA in 0.7% of cases, and *a. thyroidea ima* arising from the AA – in 0.1% of

соответственно, слева от неё. Среднее расстояние между началами плечеголового ствола и правой общей СА равнялось 32,5 мм, между левой ПКА и левой ПзА – 33,8 мм. Средние величины углов, под которыми ветви ДА (плечеголового ствола, левая общая СА и левая ПКА) отходили от неё составили 65,3, 46,9 и 63,8 градусов, соответственно [27].

Козлов БН и соавт. (2023) провели исследование, в которое были включены 194 пациента с расслоением аорты, а также аневризмой восходящего отдела, которые были прооперированы в течение пяти лет (с 2017 по 2021 гг.). Из 183 пациентов, которые были включены в исследование, у 32 человек была диагностирована «бычья дуга», что составило 16,5% случаев. Авторы установили, что у пациентов с «бычьей дугой» статистически значимо чаще диагностировалась аневризма грудной аорты в сравнении с пациентами, имеющими классическую анатомию ДА (100% против 80,1%) [28]. Кроме того, существует предположение о том, что «бычья дуга» может предрасполагать к развитию расслоения аорты [29]. Напротив, имеются сведения о том, что данная вариация не ассоциируется с риском расслоения аорты, а предрасположены к её развитию больные, имеющие генетически детерминированные поражения соединительной ткани [30].

Karacan A et al (2014) сообщили о 20,8% таких находок. Используя 64-срезу КТ-ангиографию, авторы изучили частоту встречаемости вариаций ДА с нормальным левосторонним её расположением и их распределение по половому признаку у 1000 пациентов, которым по различным клиническим показателям было проведено данное обследование. Как показали результаты исследования, ДА отдавала общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА в 14,1% всех случаев, а левую ПзА – в 4,1% наблюдений. Также отмечалось наличие двух вышеуказанных вариаций в 1,2% случаев, правой aberrантной ПКА – в 0,6% случаев, правой aberrантной ПКА в сочетании с общим стволом наружной и внутренней СА – в 0,7% случаев и а. thyroidea ima – в 0,1% случаев. Данные, полученные авторами при изучении распределения вариаций по половому признаку, позволили заключить, что, в целом, частота встречаемости отдельных вариаций у женщин лишь незначительно была выше, чем у мужчин (22,1% и 20% соответственно). Частота встречаемости отдельных вариаций у представителей обоих полов была схожей, за исключением случаев отхождения правой aberrантной ПКА, которые чаще встречались у женщин, чем у мужчин (2,5% против 0,5%) [31].

Natsis K et al (2021) указывают на 22% вариативных случаев, среди которых «бычья дуга» составляет 10,7% или 49% от всех вариаций; aberrантная левая ПзА 9,0% (7,0% – происхождение от ДА) или 41% (32% происхождение от ДА), соответственно; aberrантная правая ПКА – 1,7% или 8,0%, соответственно; общий ствол общих СА – 1,1% или 5,0%, соответственно; два брахиоцефальных ствола – 0,6% или 3,0%, соответственно. А. thyroidea ima была обнаружена в 0,4% или 2,0% от всех вариаций; сосуществование правой aberrантной артерии с отходящими от ДА правой и левой общими СА – в 0,8% или 4,0%, соответственно; «бычья дуга» и левая ПзА аортального происхождения – в 0,6% или 3,0%, соответственно; правая aberrантная артерия, общий ствол обеих общих СА и общий ствол левой ПзА и левой ПКА – в 0,4% или 2,0%, соответственно [32].

В исследовании Açar G et al (2022) в результате изучения КТ-ангиограмм 1026 пациентов в возрасте от 18 до 93 лет было представлено 23,88% атипичных случаев. В 1023 (99,71%) случаях авторы наблюдали левостороннюю и в 3 (0,29%) – правостороннюю ДА. Исследователи описали 20 возможных типов вариаций ДА, среди которых классический вариант наблюдался у 781 паци-

cases. The study concluded that the variations of AA branching were similar among males and females (20% versus 22.1%). The incidence of ARSA – was higher among females than males (2.5% versus 0.5), whereas the other variations' frequencies were equal or similar in both genders [31].

Natsis K et al (2021) reported 22% of AA variable branching patterns, among which the brachiocephalico-carotid trunk (BCCT, 49%), ALVA (41%), and ARSA (8%). LVA of aortic origin was detected in 32%, the bicarotid trunk (biCT) in 5%, and the bi-BCT in 3%. Thyroidea ima artery was found in 2%. Coexisting variants were detected in 4% (ARSA with a distinct RCCA and LCCA origin), in 3% (BA with an LVA of aortic origin), in 2% (ARSA with a biCT and a vertebrosulclavian trunk) [32].

Açar G et al (2022) reported the results of a study of CT angiograms of 1026 patients aged 18 to 93 years, with 23.88% of atypical cases presented. In 99.71% of cases, authors observed AA on the left, with only 0.29% showing AA on the right side. The researchers identified 20 types of AA variations. The classical anatomical variant was observed in 781 patients (76.12%), comprising 341 females and 440 males. Out of 242 cases of left-sided AA, 108 were females, and 134 were males, making up 23.58% of all cases. The most frequent AA variation was a 2-vessel branching pattern represented by a bovine arch (17.6%), where LCCA originated directly from the BCT (9.7%) or a common brachiocephalico-carotid trunk (7.9%). The first variant occurred in 10.2% of females and 9.4% of males, while the second variant occurred in 8.7% of females and 7.3% of males. The second most common variation was an LVA branching directly from the AA, with origin proximal (2.9% of females and 0.35% of males) or distal to the left SCA (0.0% of females and 0.17% of males). The third most common variation was the combination of a bovine arch with an ALVA (0.88%). The vessels originated in the following order in 0.29% of cases: RCCA, LCCA, left SCA, and ARSA. This AA branching variation occurred in one female and two males, with a frequency of 0.2% and 0.35% by gender, respectively. The frequency of remaining left-sided AA variants ranged from 0.39% to 0.097%. Thus, in 1 case (0.097%), the right SCA, the RCCA, and the LCCA had a common short trunk; in one female (0.097%), the BCT and the common trunk for the LVA and left SCA originated from the AA [33].

A study by Alsaif HA and Ramadan WS (2010) of 30 embalmed adult cadavers and six pre-dissected separate hearts with AA en-block found an even higher percentage of AA variant cases, with variant AA branching observed in 9 cases. AA gave rise to 2 branches in 6 specimens (66.6%). The first branch was a common trunk for the BCT and the LCCA, and the second was the left SCA. In 2 cadavers (22.2%), four branches originated from the AA in the following right-to-left pattern: BCT, LCCA, LVA, and left SCA. In 1 cadaver (11.0%), the LVA arose with left SCA from a common trunk that was 20 mm in diameter and 12 mm long, which originated from the AA behind the LCCA. The average length of the common trunk, measured from its origin to the bifurcation point in the BCT and LCCA, was 15.00±5.86 mm, ranging from 10.0 to 26.0 mm. The trunk's average diameter was 30.33±5.16 mm, ranging from 25.0 to 40.0 mm. The average distance from the origin of the common trunk to the mid-vertebral line was 13.83±3.97 mm, with a range of 9.0 to 20.0 mm. The study yielded a noteworthy finding, indicating a strong positive correlation between the distances from the origins of LCCA and left SCA from the mid-vertebral line. Additionally, the study found a strong,

ента (76,12%) – 341 женщины и 440 мужчин. Среди 242 (23,58%) aberrантных случаев левосторонней ДА женщины составили 108 человек, а мужчины – 134 человека. Наиболее частой была вариация с двумя ветвями, отходящими от ДА, представленная так называемой «бычьей дугой» (17,6%), где левая общая СА отходила непосредственно от плечевого ствола (9,7%) или определялся общий брахиоцефалико-сонный ствол (*truncus brachiocephalicocaroticus*) (7,9%). Частота встречаемости первого варианта составила у женщин 10,2%, у мужчин – 9,4%, а второго варианта – 8,7% и 7,3%, соответственно. Второй наиболее часто встречаемой вариацией было ответвление левой ПЗА непосредственно от ДА (3,6%) с её началом проксимальнее левой ПКА (у женщин – 2,9%, у мужчин – 0,35%) или дистальнее от неё (женщины – 0%, мужчин – 0,17%). Третьей наиболее частой вариацией было сочетание «бычьей дуги» с aberrантной левой ПЗА (0,88%). Вариант, когда справа налево отходили правая общая СА, левая общая СА, левая ПКА и aberrантная правая ПКА наблюдался в 0,29% случаев (у одной женщины и двух мужчин), а частота встречаемости этой вариации по половому признаку составила 0,2% и 0,35%, соответственно. Все остальные вариации составили от 0,39% до 0,097%. Среди последних в 1 случае (0,097%) правая ПКА, правая общая СА и левая общая СА имели общий короткий ствол; у одной женщины (0,097%) от ДА отходили плечевого ствол и общий ствол для левой ПЗА и левой ПКА [33].

Ещё более высокий процент приводят Alsaif HA, Ramadan WS (2010), называя 25% вариантных случаев после исследования 30 законсервированных трупов взрослых людей и 6 препаратов сердца с ДА, где в 9 случаях наблюдалась вариация. На 6 препаратах (15,66% или 66,6% всех вариантных случаев) ДА отдавала 2 ветви. Первой ветвью был общий ствол для плечевого ствола и левой общей СА и второй ветвью – левая ПКА. В 2 наблюдениях (5,55% или 22,2% всех вариантных случаев) на ДА были отмечены 4 ветви в следующей последовательности справа налево: плечевого ствола, левая общая СА, левая ПЗА и левая ПКА. В 1 наблюдении (2,77% или 11,0% от всех вариантных случаев) левая ПЗА и левая ПКА начинались общим стволом диаметром 20 мм и длиной 12 мм, который отходил от ДА позади левой общей СА. Средняя длина общего ствола брахиоцефальной и левой общей СА составила $15,00 \pm 5,86$ мм (от 10,0 до 26,0 мм), средний его диаметр равнялся $30,33 \pm 5,16$ мм (от 25,0 до 40,0 мм). Среднее расстояние между его началом и срединной позвоночной линией было $13,83 \pm 3,97$ мм (от 9,0 до 20,0 мм). Проведённое исследование установило значительную сильную положительную корреляцию между расстояниями от истоков левых общей СА и ПКА от срединной позвоночной линии. Кроме того, была установлена достоверная положительная корреляция между диаметрами плечевого ствола и левой ПКА [34].

Примерно такой же процент вариаций, составляющий 25,54%, приводят Açar M et al (2013) по результатам изучения КТ-ангиограмм 94 пациентов (32 женщины и 62 мужчины). Кроме классического ответвления артерий от ДА (тип А), наблюдаемый в 74,46% всех случаев, ими были представлены процентные соотношения для шести выявленных ими вариаций. В 14,91% случаев от ДА отходили общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА и левая ПКА (тип В). У 4,25% пациентов ветви ДА были представлены справа налево в следующем порядке: правая общая СА, левая общая СА, левая ПКА и правая ПКА (тип С). В 2,13% случаев ветвями ДА были следующие артерии (справа налево): плечевого ствола, левая общая СА, левая ПЗА и левая ПКА (тип D). В 2,13% всех наблюдений ветвями ДА были: общий ствол брахиоцефальной и левой общей СА, левая ПЗА и левая ПКА (тип E). В 1,06% случа-

positive correlation between the diameters of the BCT and the left SCA [34].

A study by Açar M et al (2013) analyzed CT angiograms of 94 patients (32 females and 62 males) and found that the prevalence of AA branching variations was 25.54%. The study identified the frequency of occurrence for the six variations of AA branching, along with the classic type A, observed in 74.46% of all cases. In 14.91% of cases, a common trunk of the BCA and LCCA and the left SCA originated from AA (type B). In 4.25% of patients, the AA gave rise to its branches in the following right-to-left pattern: RCC A, LCCA, left SCA, and right SCA (type C). Type D was observed in 2.13% of cases, where AA gave rise to 4 branches in the following right-to-left pattern: the BCT, the LCCA, the LVA, and the left SCA. In another 2.13% of cases, the branches of AA were: the common trunk of the brachiocephalic trunk and LCCA, the LVA, and the left SCA (type E). In 1.06% of cases, AA gave rise to 4 branches in the following right-to-left pattern: the common trunk of both CCAs, the left SCA, and the right SCA (type F). In another 1.06% of cases, AA gave rise to 4 branches in the following right-to-left pattern: the left internal CA, the left external CA, the left SCA, and the right SCA (type G) [35].

In their study from 2007 to 2017, Meyer AM and Turek GW (2019) analyzed CT angiograms and conventional CT scans of 178 infants in their first year of life. Their research included 58 CT angiograms and 120 conventional CT scans. The presence of the bovine arch variant in 32.6% of cases, along with aortic coarctation, posed significant challenges during surgical treatment and increased the risk of aorta recoarctation following reconstructive surgery [36]. A study by Turek GW et al (2018) found that the classic variant of AA branching carries a 5.7% risk of aortic recoarctation after treatment, while the bovine arch variant has a significantly higher risk of 28.5% of this complication [37].

A study by Shang M et al (2022) revealed a significant genetic basis for the bovine arch in the sample group of 202 patients, indicating a high heritability. The authors also report that the BA incidence is higher in patients with thoracic aortic aneurysms than those without [38].

Susanin NV et al (2022) reported that anomalies in anatomy and supra-aortic vessel count could be attributed to embryonic aberrations, accounting for approximately 3% of cases [39].

According to a study by Ogengo'o JA et al (2010) at the Department of Human Anatomy, University of Nairobi, Kenya, 32.7% of 113 AA in adult Kenyan cadavers exhibited AA variant branching. Six variations were identified. A common trunk for BCA and LCCA occurred most frequently, accounting for 25.7% of cases. Out of the cases examined, the vertebral artery was found to branch directly from AA in 7 cases (6.2%), while in 4 cases (3.3%), AA exhibited four branches. The authors of the article report that more than 30% of Kenyans may have AA variant branching, which is essential to consider during angiography and surgeries involving the chest, neck, and head [40].

In a study conducted by Shadanov AA et al (2020), it was found that 66.1% (n=84) of the 127 patients who underwent AA and descending thoracic aorta reconstruction had classical AA anatomy, while the remaining 33.9% had AA variant anatomy. During the examination, in 38 patients (30%), an abnormal branching of the LCCA was detected; in 19 cases (15%), a common trunk for the brachiocephalic artery (BCA) and the LCCA was found; in 4 cases (3.1%), the LVA originated from AA between the LCCA and left SCA, and in 1 case (0.8%) there was a combination

ев справа налево от ДА отходили следующие ветви: общий ствол обеих общих СА, левая ПКА и правая ПКА (тип F). В 1,06% наблюдений ветви ДА справа налево были представлены 4 артериями: левой внутренней СА, левой наружной СА, левой ПКА и правой ПКА (тип G) [35].

Meyer AM, Turek GW (2019) исследовали 58 КТ-ангиограмм и 120 обычных КТ 178 младенцев первого года жизни, проходивших обследование и лечение с 2007 по 2017 годы. У 32,6% пациентов была обнаружена «бычья дуга», которая при сочетании с коарктацией аорты создавала технические трудности при оперативном её лечении и более высокий риск повторной коарктации (рекоарктации) аорты после реконструктивной операции [36]. Turek GW et al (2018) также установили, что риск реконструкции аорты после проведённого лечения составляет при классическом варианте ДА и её ветвей 5,7%, а при «бычьей дуге» равняется 28,5% [37].

Shang M et al (2022) установили высокую наследуемость «бычьей дуги» в исследуемой выборке (202 пациента с «бычьей дугой»), что предполагает наличие генетической основы. Авторы также сообщают о том, что частота встречаемости «бычьей дуги» выше у пациентов с аневризмами грудной аорты, чем у больных без аневризмы [38].

По мнению Susanin NV et al (2022) около 3% случаев аномалий строения и количества супрааортальных сосудов обусловлены аберрациями, возникшими в эмбриональном периоде [39].

Ogongo'o JA et al (2010) приводят цифру 32,7%, проведя исследование ста тринадцати ДА на трупах взрослых кенийцев на кафедре анатомии человека Университета Найроби. Ими было выявлено 6 вариаций. Наиболее частой было наличие общего ствола для брахиоцефальной и левой общей СА (25,7%). В 7 случаях (6,2%) ПЗА являлась ветвью ДА, в 4 (3,3%) – ДА имела 4 ветви. Авторы статьи сообщают о том, что более 30% кенийцев могут иметь вариативное ветвление ДА, что следует учитывать при ангиографии и операциях на органах грудной клетки, области шеи и головы [40].

Шаданов АА и соавт. (2020) отметили нормальную анатомию у 66,1% (n=84) и соответственно вариантную у 33,9% из 127 пациентов, которым была проведена реконструкция ДА и нисходящей грудной аорты. В ходе проведённого обследования у 38 пациентов (30%) была выявлена аномалия отхождения левой общей СА, у 19 (15%) наблюдалась «бычья дуга», у 19 (15%) было обнаружено общее устье брахиоцефальной артерии и левой общей СА, у 4 (3,1%) левая ПЗА начиналась от ДА между левыми общей СА и ПКА и у 1 (0,8%) имело место сочетание «бычьей дуги» с левой ПЗА, берущей начало от ДА. Авторы указывают на то, что полученные данные могут помочь при планировании оперативных вмешательств на ДА и нисходящем отделе аорты, поскольку, знание об индивидуальных особенностях артерий позволяет предвидеть в будущем вероятность возможных осложнений у конкретного пациента. Авторы заключили, что «...наличие общего устья брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии было связано со снижением риска острого расслоения аорты I типа на 89%» [41].

Ещё большую цифру встречаемости вариаций – 36,6% – называют Pandian DK et al (2014). Авторами были исследованы 30 трупов, и лишь в 19 из них определялся классический вариант ветвления ДА. В 10 случаях (33,33%) и брахиоцефальный ствол, и левая общая СА имели общее начало, и в одном случае (3,33%) левая ПЗА была ветвью ДА, начинаясь между левыми общей СА и ПКА [42].

Williams GD et al (1935) в процессе исследования 407 трупов 191 европеоида и 216 негроидов получили данные, выявляющие определённые различия зависимости частоты встречаемости ва-

of a BA with the LVA, arising from AA. The authors highlight that surgical interventions on the AA and the descending aorta can be better planned using the obtained data. Understanding the unique characteristics of these arteries enables the prediction of potential complications in individual patients, thereby improving the likelihood of successful outcomes in the future. According to the study, the risk of acute type I aortic dissection was reduced by 89% when a common trunk for the BCA and the LCCA was present [41].

Pandian DK et al (2014) reported a significantly higher AA variation rate of 36.6%. Out of the 30 cadavers examined, the classical variant of AA branching was only identified in 19 of them, as per the authors' findings. It was found that in 10 cases (33.3%), both the BCT and the LCCA shared a common trunk. Additionally, in one case (3.33%), the LVA originated from the AA, between the LCCA and left SCA [42].

In their study of 407 cadavers from 191 European Americans and 216 African Americans, Williams GD et al (1935) found ethnic differences in the frequency of variations of AA branches. Specifically, the frequency of occurrence was 21.4% in European Americans and 39.8% in African Americans: for the common trunk of the BCA and the LCCA – 17.8% and 37.8%, respectively; for LVA originating from AA – 2.6% and 2.0%, respectively; for the origin from the AA of the right aberrant artery – 1.0% and 0%, respectively [43]. Moreover, the incidence of the right aberrant artery can range from 0.4-2.0% of all cases [44, 45]. The data regarding the varied anatomy of AA branching has been systematically organized and presented in Table.

As can be seen from the presented table, the most significant prevalence of AA variations is found in African Americans from the USA. In addition, a high prevalence of selected variations was observed in the United States, Russia, Turkey, South Korean, and Indian populations.

AA variant branching patterns are frequently encountered during patient examinations, surgeries, and autopsies, resulting in numerous published case studies.

Diani A et al (2023) reported a case of an isolated left SCA with right AA in an 18-day-old infant with Tetralogy of Fallot [46]. Other authors report that this AA branching variation occurs with a frequency of 0.8% [47].

In a study by Rybakov AG et al (2018), in one specimen, four branches originated from the AA in the following right-to-left pattern were found: BCT, left external CA, left internal CA, and left SCA. Another specimen was found to contain LCCA and SCA originating from the BCT [48].

Graudina VE et al (2022) found that the LCCA and RCCA originated from a common trunk in a 53-year-old patient during duplex scanning of brachiocephalic arteries with color Doppler blood flow mapping [49].

Kalinichenko VM et al (2009) found a 6mm diameter RCCA branch extending upwards from the convexity of a 20 mm AA in a 68-year-old male cadaver. The branch passed along the right lateral surface of the trachea. LCCA branched off 2 mm to the left of the RCCA, with a diameter of 5 mm. Additionally, the left SCA with a diameter of 8 mm originated 1 mm to the left of the LCCA. The LCCA was located on the anterior surface of the trachea and extended towards its left lateral surface, while the left SCA exhibited a typical topography. The right SCA branched off from below the left SCA and extended upwards, wrapping around the left side of the trachea at the 10th ring. It then passed behind the esophagus at the C7 level and entered the interscalene space on

Таблица Частота встречаемости аномальной ДА и отдельных её вариаций у населения разных стран**Table** Comparison of the prevalence of aortic arch branching patterns in different study populations

Авторы Authors	Страна Study population	Частота встречаемости (%) / Branching pattern types (%)				
		Всего Total	Аберрантная левая ПЗА ALVA	«Бычья дуга» ВА	Общее начало БЦА и левой общей СА Common trunk of BCA and LCCA	Аберрантная правая ПКА ARSA
Pandalai U et al (2021)	Индия/India	0.67	0.025	0.025	-	0.17
Yousef S et al (2021)	США/USA	2.8	0.4	1.6	-	0.6
Goldsher YW et al (2020)	Израиль/Israel	4.8	-	4.8	-	-
Rekha P et al (2013)	Индия/India	7.28	6.3	0.9	2.7	-
Bhatia K et al (2005)	Австралия/Australia	7.41	7.41	-	-	-
Indumathi S et al (2010)	Индия/India	11.2	4.1	-	5.3	1.36
Junagade B et al (2015)	Индия/India	11.43	2.85	8.58	-	-
Faggioli GL et al (2007)	Италия/Italy	11.7	-	-	10.2	0.9
Einstein EH et al (2016)	США/USA	14.8	14.8	-	-	-
Shin Y et al (2008)	Южная Корея South Korea	16.0	8.0	8.0	-	-
Козлов БН и соавт. (2023)	Россия/Russia	16.5	-	16.5	-	-
Karacan A et al (2014)	Турция/Turkey	20.8	4.1	14.1	-	0.6
Natsis K et al (2021)	Греция/Greece	22.0	9.0	10.7	-	1.7
Açar G et al (2022)	Турция/Turkey	23.88	3.6	17.6	-	0.29
Alsaif HA et al (2010)	Саудовская Аравия Saudi Arabia	25.0	8.55	15.66	-	-
Açar M et al (2013)	Турция/Turkey	25.54	2.13	14.91	-	4.25
Meyer AM et al (2019)	США/USA	32.6	-	32.6	-	-
Ogengo'o JA et al (2010)	Южная Корея South Korea	32.7	6.2	25.7	-	3.3
Шаданов АА и соавт. (2020)	Россия/Russia	33.9	3.1	15.0	15.0	-
Pandian DK et al (2014)	Индия/India	36.6	3.33	-	33.33	-
Williams GD et al (1935)	США/USA	39.8*	2.6	37.8	-	1.0
		21.4**	2.0	17.8	-	-

Примечание: БЦА – брахиоцефальная артерия; * – у негроидов; ** – у европеоидов

Note: BCA, brachiocephalic artery; * – African Americans; ** – European Americans

риаций ветвей ДА от расовой принадлежности, которая у европеоидов составила 21,4%, а у негроидов 39,8%: для общего ствола брахиоцефальной артерии и левой общей СА – 17,8% и 37,8%, соответственно; для отхождения от ДА левой ПЗА – 2,6% и 2,0%, соответственно; для отхождения от ДА правой аберрантной артерии – 1,0% и 0%, соответственно [43]. Встречаемость правой аберрантной артерии может составлять 0,4-2,0 % от всех случаев [44, 45]. Вышеописанные данные о вариантной анатомии ДА и её ветвей были систематизированы и представлены в таблице.

Как видно из представленной таблицы, наибольший процент вариаций встречается у негроидов из США. Высокие показатели по отдельным вариациям наблюдались у населения США, России, Турции, Южной Кореи и Индии.

Во врачебной практике вариации ветвей ДА нередко обнаруживаются при проведении обследования пациента, выполнении оперативного вмешательства или проведении вскрытия трупа. Тому – множество опубликованных случаев таких находок.

Diani A et al (2023) обнаружили изолированную левую ПКА (не сообщающуюся с ДА) с правосторонней ДА у 18-ти дневного младенца с тетрадой Фалло [46]. Частота встречаемости такой вариации, по данным других авторов, составляет 0,8% [47].

Рыбаков АГ и соавт. (2018) в ходе препаровки сердца и аорты обнаружили на одном препарате ДА с 4 ветвями, отходившими от

the right side. Upon exiting the space, the artery lay down in the subclavian sulcus on the upper surface right first rib. According to the authors, the left-sided AA with ARSA variant branching is reported in 0.5-2% of cases, which can lead to impaired swallowing and reduced blood supply to the right upper limb, making neck surgery more challenging [50].

Kazakevich AS et al (2016), while examining a cadaver of a 69-year-old female using a macrodissection technique whose cause of death was not related to cardiovascular disease, found a common trunk of CCAs (truncus bicaroticus) originating from the upper semicircle of the AA [51].

In a study by Kumar S et al (2014), a variant of AA branching was observed during magnetic resonance angiography of a 52-year-old patient with recent memory loss. The study reported the presence of three variations simultaneously, including a common trunk for the right and left CCA as the first branch, a right vertebral artery (RVA) branching from the RCCA as the second branch, and an ARSA as the third branch. According to the publication's authors, while each variation was reported separately in the literature with varying frequencies, the occurrence of all three variations together is rare [52].

Gluncic V et al (1999) presented an unusual AA branching pattern for both VAs. The LVA originated from the common trunk

неё справа налево в следующем порядке: первая – плечеголовный ствол, вторая – левая наружная СА, третья – левая внутренняя СА и четвёртая ветвь – левая ПКА. На другом препарате определялись плечеголовный ствол с отходящей от него левыми общей СА и ПКА [48].

По данным Граудиной ВЕ и соавт. (2022) при проведении цветного дуплексного картирования (сканирования) брахиоцефальных сосудов с доплеровским картированием кровотока 53-летней пациентке, проходящей плановое обследование, было обнаружено отхождение от ДА общего ствола левой и правой общих СА [49].

Калиниченко ВМ и соавт. (2009), исследуя ДА диаметром 20 мм трупа 68-летнего мужчины, обнаружили на её выпуклой поверхности ответвление правой общей СА диаметром 6 мм, которая направлялась вверх, проходя по правой боковой поверхности трахеи. На 2 мм левее правой общей СА ответвлялась левая общая СА диаметром 5 мм, и на 1 мм левее от неё начиналась левая ПКА диаметром 8 мм. Левая общая СА располагалась на передней поверхности трахеи, переходя на её левую боковую поверхность, а левая ПКА имела классическую топографию. Ниже левой ПКА отходила правая ПКА и, направляясь вверх, огибала трахею слева соответственно её 10-му кольцу, сзади пищевода на уровне тела VII шейного позвонка, и уходила на правую сторону в межпозвоночное пространство, при выходе из которого ложилась в одноимённую борозду на верхней поверхности правого первого ребра. Авторы также отмечают, что левосторонний вариант ответвления правой ПКА встречается в 0,5–2% случаев, что может привести к нарушению глотания и кровоснабжения правой верхней конечности, создавая дополнительные трудности во время проведения операции на шее [50].

Казакевич АС и соавт. (2016), проводя макропрепарирование трупа женщины 69 лет, причина смерти которой не была связана с сердечно-сосудистой патологией, обнаружили общий ствол общих СА (truncus bicaroticus), возникающий из верхней полукружности ДА [51].

Kumar S et al (2014) при проведении магнитно-резонансной ангиографии 52-летнему пациенту, недавно потерявшему память, описали вариант ветвления ДА, включающий присутствие сразу трёх вариаций: общего ствола правой и левой общих СА (первая ветвь), ответвления правой ПЗА от правой общей СА (вторая ветвь) и aberrантной правой ПКА (последняя ветвь). Авторы публикации отметили, что каждая из обнаруженных вариаций в отдельности встречается в литературе с различной частотой, но сочетание сразу трёх является крайне редким наблюдением [52].

Gluncic V et al (1999) представили необычный случай ответвления обеих ПЗА. Левая ПЗА начиналась от общего ствола с левой ПКА, отходящего от ДА, и проходила через поперечное отверстие VI шейного позвонка. Правая ПЗА начиналась от правой общей СА и направлялась к поперечному отверстию III шейного позвонка. Кроме общего ствола левых ПЗА и ПКА, на ДА определялся общий ствол обеих общих СА и правая ПКА, которая была последней ветвью ДА, и проходила позади пищевода [53].

Cetin I et al (2009) при проведении катетеризации сердца обнаружили общий ствол левой ПЗА и левой ПКА [54].

Wiedemann D et al (2013) при выполнении КТ 75-летнему пациенту с аневризмой нисходящей аорты с максимальным диаметром 48 мм, вовлекающей левую ПКА, выявили отсутствие плечеголовного ствола. Левая общая СА возникла из дистальной части восходящей аорты и пересекала трахею по средней линии, правая общая СА являлась первой ветвью ДА и пересекала спереди правую ПКА, а левая ПКА начиналась от нисходящей аорты [55].

with left SCA at the AA and entered the transverse cervical foramina at C6. The RVA originated from the RCCA and entered the transverse foramina at C3. In addition to the common trunk of the LVA and left SCA, the common trunk of both common SA and, as a last branch, the retroesophageal right SCA, was detected on the AA [53].

Cetin I et al (2009) found that the LVA and left SCA shared a common trunk during cardiac catheterization [54].

Wiedemann D et al (2013) conducted a CT scan on a 75-year-old patient with a descending aortic aneurysm with a maximum diameter of 48 mm involving the left SCA. The scan showed that the BCT was absent. The LCCA originated as the first side branch of the distal part of the ascending aorta and crossed the midline right in front of the trachea; the right CCA was the first branch of the AA and crossed the right SCA anteriorly, and the left SCA originated from the descending aorta [55].

In their research, Rapotra M et al (2015) identified an LVA that measured 78.6 mm in length and 3.76 mm in diameter. The LVA was found to extend from the AA between the LCCA and left SCA and passed behind and laterally in relation to the esophagus. It ultimately entered the transverse cervical foramina at C6 [56]. In their study, Surya E and Anita V (2014) also found the LVA originating as the third branch of the AA during the cadaveric dissection of a 69-year-old female [57].

Chernykh AV et al (2015), while dissecting the anterior neck and mediastinum, an ARSA (arteria lusoria) was found during the cadaveric dissection of a 62-year-old male. Originating from the posterior surface of the AA, 0.6 cm distal to the left SCA, the right SCA was located behind other branches of the aorta and esophagus, passing sequentially through retrovisceral space of the neck and then through the left scalene-vertebral space giving rise to vertebral and internal thoracic arteries [58].

Cheng M et al (2009) presented four AA variant cases. These include two cases where the RVA originated from the RCCA associated with an ARSA. In two other cases, the LVA had a double origin from the left subclavian artery and aortic arch [59].

During a thyroid cancer operation, Dvornichenko VV et al (2018) discovered a rare variant where the right inferior thyroid artery branched off from the RCCA in a 29-year-old patient. The authors stressed the significance of a surgeon's understanding of AA variant branching anatomy to avoid potential surgical errors and minimize complications such as severe bleeding and damage to the recurrent nerve [60].

When analyzing scientific publications, it's common to find variations in the anatomy of arteries originating from the AA and their branches during autopsy, angiography, and surgery. To avoid possible errors and complications, the operating surgeon must know about variant anatomy. The most clinically significant are the following variations:

1. The common origin of the BCT and LCCA (bovine arch branching pattern), which, when combined with coarctation of the aorta, creates technical difficulties in surgical treatment and a higher risk of aortic recoarctation after reconstructive surgery and is also more often accompanied by the development of a thoracic aortic aneurysm.
2. ARCA, which travels between the esophagus and trachea, causes dysphagia in the patient.
3. The branching off the right inferior thyroid artery from the RCCA is associated with technical difficulties during

Rapotra M et al (2015) обнаружили левую ПЗА длиной 78,6 мм и диаметром 3,76 мм, отходящую от ДА между левыми общей СА и ПКА, которая проходила позади и латерально относительно пищевода, проникая в поперечное отверстие шестого шейного позвонка [56]. Surya E, Anitha V (2014) также обнаружили отхождение левой ПЗА как третьей ветви ДА на трупе 69-летней женщины [57].

Черных АВ и соавт. (2015) при препарировании передней области шеи и средостения на трупе 62-летнего мужчины обнаружили правую aberrantную ПКА. Начавшись от задней поверхности ДА, на 0,6 см дистальнее левой ПКА, правая ПКА располагалась позади других ветвей аорты и пищевода, проходя последовательно через левое лестнично-позвоночное, ретровисцеральное, а затем – лестнично-позвоночное пространства шеи, отдавая в последнем ПЗА и внутреннюю грудную артерии [58].

Cheng M et al (2009) представили четыре вариантных случая. В двух из них определялась правая ПЗА, которая была ветвью правой общей СА, и правая aberrantная артерия. В двух других случаях левая ПЗА была двойной с ответвлением первой ветви от левой ПКА, а второй – от ДА [59].

Дворниченко ВВ и соавт. (2018) при проведении операции у пациентки 29 лет с диагнозом «Рак щитовидной железы» обнаружили отхождение правой нижней щитовидной артерии от правой общей СА, что является крайне редкой вариацией. Авторы подчеркнули важность знания хирургом вариантной анатомии для предупреждения возможных ошибок при проведении операции и снижения таких осложнений, как массивное кровотечение и повреждение возвратного нерва [60].

Анализируя материалы научных публикаций в отечественной и зарубежной литературе, следует отметить, что вариантная анатомия артерий, отходящих от ДА, и их ветвей является нередкой находкой во время вскрытия трупа, при выполнении ангиографического исследования и проведении оперативного вмешательства. Знания о вариантной анатомии крайне важны для оперирующего хирурга, чтобы избежать возможных ошибок и осложнений при выполнении операции. Наиболее клинически значимыми являются следующие вариации:

1. Общий ствол брахиоцефальной и плечеголовной артерий («бычья дуга»), который при сочетании с коарктацией аорты создаёт технические трудности при оперативном лечении и более высокий риск рекоарктации аорты после реконструктивной операции, а также более часто сопровождается развитием аневризмы грудной аорты.
2. Правая aberrantная ПКА, проходящая между пищеводом и трахеей, и вызывающая у пациента дисфагию.
3. Отхождение правой нижней щитовидной артерии от правой общей СА, что сопряжено с техническими трудностями при выполнении операции и риском таких осложнений, как профузное кровотечение и травма возвратного нерва.
4. Наличие общего устья брахиоцефального ствола и левой общей СА, обеспечивающего снижение риска острого расслоения аорты I типа.
5. Достоверно более частые неврологические осложнения у пациентов с аномальной ДА, чем с классической её анатомией.

Анализируя всё вышесказанное, можно сформулировать следующие выводы:

1. Частота встречаемости вариаций ДА и её ветвей может достигать более, чем 30% случаев, при этом наиболее часто встречаются вариации левой общей СА (общее устье с брахиоцефальной

the operation and the risk of complications such as profuse bleeding and recurrent nerve injury.

4. The presence of a common origin of the BCT and the LCCA reduces the risk of acute DeBakey type I aortic dissection.
5. Patients with AA variant anatomy experience significantly more frequent neurological complications than those with classical anatomy.

After careful analysis, the following conclusions can be drawn:

1. Variations in AA and its branches can occur in over 30% of cases, most commonly being LCCA and ALVA variations. The LCCA variations include a common origin with the BCA, a common trunk with BCA origin from the BCT, a complete absence of BCT, and the independent origin of the left external and internal CA from AA. ALVA mainly branches from AA between the LCCA and the left SCA. Other variations have a relatively low occurrence frequency.
2. Individual variability occurs similarly in both genders, but certain variations exhibit slight gender differences. For instance, females tend to have slightly higher rates of BA, ARSA, and LVA, while males tend to have higher rates of the common origin of the BCA and LCCA, according to most studies.
3. Through these publications, it has been discovered that there are differences in the frequency of variation in AA branches among different races (with non-Caucasians having a higher frequency), as well as the influence of environmental and geographical factors on the development of these variations. While new data on AA variations is consistently being released, no comprehensive data is available on the number of variations, their correlations to AA arteries and branches, and their quantitative characteristics based on gender, race, and age.
4. Understanding variant anatomy is essential for doctors to personalize patient care. A comprehensive examination is necessary before endovascular procedures and chest, neck, and head surgeries to minimize risks and prevent complications.

артерией, общий ствол с брахиоцефальной артерией, начало от плечевого ствола и её полное отсутствие с самостоятельным отхождением левых наружной и внутренней СА от ДА) и абберрантная левая ПЗА, преимущественно с ответвлением от ДА между левыми общей СА и ПКА. Все другие вариации имеют относительно низкую частоту встречаемости.

2. Частота проявления индивидуальной изменчивости у представителей обоих полов является схожей, за исключением отдельных вариаций, которые в большинстве исследований незначительно выше у женщин, чем у мужчин для «бычьей дуги», абберрантных правой ПКА и левой ПЗА, и, наоборот, у мужчин выше, чем у женщин для общего устья брахиоцефальной и левой общей СА.

3. Представленные в публикациях данные позволяют говорить об определённых различиях частоты встречаемости вариаций ветвей ДА, обусловленных расовой принадлежностью (более

высокой у не европеоидов, чем у европеоидов), а также о влиянии факторов окружающей среды и территории проживания на формирование вариаций.

4. Несмотря на то, что, по-прежнему, публикуются данные о новых вариациях ДА, окончательное количество которых точно не установлено, до сих пор нет полных данных о корреляционных связях между артериями ДА и их ветвями, о гендерных, расовых и возрастных особенностях всех возможных вариаций, в части, касающейся их количественной характеристики.

5. Знание вариантной анатомии формирует у будущего врача понимание важности индивидуального подхода к больному и требует от медицинского работника проведения тщательного обследования пациента при планировании эндоваскулярных исследований и выполнении операций на грудной клетке, шее и голове для снижения операционных рисков и предупреждения развития возможных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

- Шевкуненко ВН, Геселевич АМ. Типовая и возрастная анатомия. Ленинград-Москва: Биомедгиз. Ленинградское отделение; 1935. 232 с.
- Алексеева НТ, Насонова НА, Соколов ДА, Кварацхелия АГ, Белов ЕВ, Вериковская АВ. Редкий вариант множественных аномалий кровеносных сосудов. *Современные проблемы науки и образования*. 2021;5:129.
- Быков ПМ, Гайворонский ИВ, Гайворонская МГ, Синенченко ГИ. Сравнительная характеристика морфометрических параметров брюшной аорты и её непарных ветвей у мужчин с различным типом телосложения. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2019;8(2):15-21.
- Колсанов АВ, Назарян АК, Воронин АС, Гелашвили ОА. Изучение вариантной анатомии почечных артерий с помощью КТ-ангиографии. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2020;9(1):43-8.
- Иванова ПИ, Пашко АА, Смирнова ОД. Значение учения В.Н. Шевкуненко на примерах анатомических препаратов музея кафедры оперативной хирургии. *Forcipe*. 2018;1(1):13-58.
- Гаджиева ФГ. Индивидуальная изменчивость магистральных артерий верхних и нижних конечностей человека. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2019;2:105-8.
- Покровский АВ [ред.]. *Клиническая ангиология. Руководство. В 2 томах. Т 1*. Москва, РФ: Медицина; 2004. 808 с.
- Gossage JA, Ali T, Chambers J, Burnand KG. Peripheral arterial embolism: Prevalence, outcome, and the role of echocardiography in management. *Vasc Endovasc Surg*. 2006;40:280-6. <https://doi.org/10.1177/1538574406291820>
- Огнерубов НА, Антипова ТС. Абберрантная правая подключичная артерия (arteria lusoria): описание случая. *Вестник Тамбовского университета. Серия естественных и технических наук*. 2017;22(6-2):1473-7.
- ФрейндГГ, Данилова МА, Байдина ТВ. Клинико-морфологическая характеристика атеросклероза сонных артерий. *Проблемы экспертизы в медицине*. 2012;3/4:26-9.
- Кабак СЛ, Гайдель ИК, Мельниченко ЮМ. Клинико-морфологические аспекты бессимптомной полной окклюзии экстракраниального отдела внутренней сонной артерии. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2021;10(2):80-3.
- Верещагин СВ, Ахмад ММД, Кучер ВН, Чубко ВИ, Дзюба ДА. Первый опыт эндоваскулярного лечения посттравматических аневризм ветвей дуги аорты. *Эндоваскулярная нейрорентгенохирургия*. 2014;2(8):64-70.

REFERENCES

- Shevkunenko VN, Geselevich AM. *Tipovaya i vozrastnaya anatomiya [Typical and age-related anatomy]*. Leningrad-Moskva: Biomedgiz. Leningradskoe ot-delenie; 1935. 232 p.
- Alekseeva NT, Nasonova NA, Sokolov DA, Kvaratskhelia AG, Belov EV, Verikovskaya AV. Redkiy variant mnozhestvennykh anomalii krovenosnykh so-sudov [A rare variant of multiple anomalies of blood vessels]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2021;5:129.
- Bykov PM, Gayvoronsky IV, Gayvoronskaya MG, Sinenchenko GI. Sravnitel'naya kharakteristika morfometricheskikh parametrov bryushnoy aorty i eyo neparnykh vetvey u muzhchin s razlichnym tipom teloslozheniya [Comparative characteristics of morphometric parameters of the abdominal aorta and its unpaired branches in men with different body types]. *Zhurnal anatomii i gistologii*. 2019;8(2):15-21.
- Kolsanov AV, Nazaryan AK, Voronin AS, Gelashvili OA. Izuchenie variantnoy anatomii pochechnykh arteriy s pomoshchyu KT-angiografii [Study of variant anatomy of renal arteries using CT angiography]. *Zhurnal anatomii i gistologii*. 2020;9(1):43-8.
- Ivanova PI, Pashko AA, Smirnova OD. Znachenie ucheniya V.I. Shevkunenko na primerakh anatomicheskikh preparatov muzeya kafedry operativnoy khirurgii [The significance of V.N. Shevkunenko's teaching on the examples of anatomical preparations of the Museum of the Department of Operative Surgery]. *Forcipe*. 2018;1(1):13-58.
- Gadzhieva FG. Individual'naya izmenchivost' magistral'nykh arteriy verchnich i nizhnich konechnostey cheloveka [Individual variability of the main arteries of the upper and lower extremities of a person]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2019;2:105-8.
- Pokrovskiy AV [red.]. *Klinicheskaya angiologiya. Rukovodstvo. V 2 tomakh. T 1*. [Clinical angiology]. Moscow, RF: Meditsina; 2004. 808 p.
- Gossage JA, Ali T, Chambers J, Burnand KG. Peripheral arterial embolism: Prevalence, outcome, and the role of echocardiography in management. *Vasc Endovasc Surg*. 2006;40:280-6. <https://doi.org/10.1177/1538574406291820>
- Ognerubov NA, Antipova TS. Aberrantnaya pravaya podklyuchichnaya arteriya (arteria lusoria): opisaniye sluchaya [Aberrant right subclavian artery (arteria lusoria): Case description]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya estestvennykh i tekhnicheskikh nauk*. 2017;22(6-2):1473-7.
- Freund GG, Danilova MA, Baydina TV. Kliniko-morfologicheskaya kharakteristika ateroskleroza sonnykh arteriy [Clinical and morphological characteristics of carotid atherosclerosis]. *Problemy ekspertizy v meditsine*. 2012;3/4:26-9.
- Kabak SL, Gaydel IK, Melnichenko UM. Kliniko-morfologicheskie aspekty bes-simptomnoy polnoy okkluzii ekstrakranial'nogo otdela vnutrenney sonnoy arterii [Clinical and morphological aspects of asymptomatic complete occlusion of the extracranial part of the internal carotid artery]. *Zhurnal anatomii i gistologii*. 2021;10(2):80-3.
- Vereshchagin SV, Ahmad MMD, Kucher VN, Chubko VI, Dzyuba DA. Pervyy opyt endovaskulyarnogo lecheniya posttravmaticheskikh anevrizm vetvey dugi aorty [The first experience of endovascular treatment of posttraumatic aneurysms of

13. Иванов ВА, Дмитращенко АА, Иванов АВ, Кляншин АА. Традиционная и компьютерно-томографическая ангиография в диагностике сосудистых повреждений шеи. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2019;13(1):50-8.
14. Калинин РЕ, Сучков ИА, Мжаванадзе НД, Мустафаева РМ. Варианты клинической анатомии артерий верхних конечностей. *Вестник Авиценны*. 2017;19(1):113-9. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2017-19-1-113-119>
15. Pandalai U, Pillay M, Moorthy S, Sukumaran TT, Ramakrishnan S, Gopalakrishnan A, et al. Anatomical variations of the aortic arch: A computerized tomography-based study. *Cureus*. 2021;13(2):e13115. <https://doi.org/10.7759/cureus.13115>
16. Yousef S, Singh S, Alkukhun A, Alturkmani B, Mori M, Chen J, et al. Variants of the aortic arch in adult general population and their association with thoracic aortic aneurysm disease. *J Card Surg*. 2021;36(7):2348-54. <https://doi.org/10.1111/jocs.15563>
17. Заикина НВ, Агафонова ЛВ, Заикина МП. Образные сравнения и эпонимы в функциональной диагностике. Часть 1. Электрокардиография. *Медицинский алфавит*. 2019;4:22-7.
18. Goldsher YW, Salem Y, Weisz B, Achiron R, Jacobson JM, Gindes L. Bovine aortic arch: Prevalence in human fetuses. *J Clin Ultrasound*. 2020;48:198-203. <https://doi.org/10.1002/jcu.22800>
19. Rekha P, Senthilkumar S. A study on branching pattern of human aortic arch and its variations in South Indian population. *Journal of Morphology*. 2013;30(1):11-5.
20. Bhatia K, Gabriel MN, Henneberg M. Anatomical variations in the branches of the human aortic arch: A recent study of a south Australian population. *Folia Morphol (Warsz)*. 2005;64(3):217-23.
21. Indumathi S, Sudha S, Rajila HS. Aortic arch and variations in its branching pattern. *Journal of Clin and Diagnostic Research*. 2010;4:3134-43.
22. Junagade B, Mukherjee A. Study of the normal and variant branching pattern of the aortic arch: the clinical and embryological significance. *Global Journal for Research Analysis*. 2015;4(5):141-3.
23. Junagade B, Mukherjee A. The morphometric study of the normal and variant branching pattern of the aortic arch by cadaveric dissection. *International Journal of Medical Research Review*. 2015;3(5):461-9.
24. Faggioli GL, Ferry M, Freyrie A, Garguilo M, Fratesi F, Rossi C. Aortic arch anomalies are associated with increased risk of neurological events in carotid stent procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2007;33(4):436-41. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.11.026>
25. Einstein EH, Song LH, Villela NLA, Fasani-Felberg GB, Jacobs JL, Kim DO. Anomalous origin of left vertebral artery from the aortic arch. *Aorta (Stamford)*. 2016;4:64-7. <https://doi.org/10.12945/j.aorta.2015.15.022>
26. Шавкута ГВ, Яковлева НВ, Шнюкова ТВ. Атеросклеротические и неатеросклеротические изменения брахиоцефальных артерий как предикторы мозговых и коронарных событий (обзор литературы). *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2020;1(3):7-15.
27. Shin Y, Chung Y, Shin WH, Im SB, Hwang SC, Kim BT. A morphometric study on cadaveric aortic arch and its major branches in 25 Korean adults: The perspective of endovascular surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008;44(2):78-83. <https://doi.org/10.3340/jkns.2008.44.2.78>
28. Козлов БН, Панфилов ДС, Петракова ЕА. Ассоциация вариантной анатомии дуги аорты с аортальными состояниями. *Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия*. 2023;2(1):18-23.
29. Hornick M, Moomiaie R, Mojibian H, Ziganshin B, Almuwaqqat Z, Lee ES, et al. «Bovine» aortic arch – a marker for thoracic aortic disease. *Cardiology*. 2012;123(2):116-24. <https://doi.org/10.1159/000342071>
30. Abugov SA, Polyakov RS, Karamyan DA, Pureskiy MV, Mardanyan GV, Charchyan ER. Modern condition of the problem of endovascular treatment in type B aortic dissection. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2021;8(2):121-34.
31. Karacan A, Türkvan A, Karacan K. Anatomical variations of aortic arch branching: Evaluation with computed tomographic angiography. *Cardiol Young*. 2014;24(3):485-93. <https://doi.org/10.1017/S1047951113000656>
- the branches of the aortic arch]. *Endovaskulnaya neyrentgenokhirurgiya*. 2014;2(8):64-70.
13. Ivanov VA, Dmitraschenko AA, Ivanov AV, Klyanshin AA. Traditsionnaya i komp'yuterno-tomograficheskaya angiografiya v diagnostike sosudistyykh povrezhdeniy shei [Traditional and computed tomographic angiography in the diagnosis of vascular neck injuries]. *Diagnosticheskaya i interventsionnaya radiologiya*. 2019;13(1):50-8.
14. Kalinin RE, Suchkov IA, Mzhavanadze ND, Mustafaeva RM. Varianty klinicheskoy anatomii arteriy verkhnikh konechnostey [Clinical anatomy of the upper limb arteries]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2017;19(1):113-9. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2017-19-1-113-119>
15. Pandalai U, Pillay M, Moorthy S, Sukumaran TT, Ramakrishnan S, Gopalakrishnan A, et al. Anatomical variations of the aortic arch: A computerized tomography-based study. *Cureus*. 2021;13(2):e13115. <https://doi.org/10.7759/cureus.13115>
16. Yousef S, Singh S, Alkukhun A, Alturkmani B, Mori M, Chen J, et al. Variants of the aortic arch in adult general population and their association with thoracic aortic aneurysm disease. *J Card Surg*. 2021;36(7):2348-54. <https://doi.org/10.1111/jocs.15563>
17. Zaikina NV, Agafonova LV, Zaikina MP. Obraznye sravneniya i eponymy v funktsional'noy diagnostike. Chast' 1. Elektrokardiografiya [Figurative comparisons and eponyms in functional diagnostics. Part 1. Electrocardiography]. *Meditsinskiy alfavit*. 2019;4:22-7.
18. Goldsher YW, Salem Y, Weisz B, Achiron R, Jacobson JM, Gindes L. Bovine aortic arch: Prevalence in human fetuses. *J Clin Ultrasound*. 2020;48:198-203. <https://doi.org/10.1002/jcu.22800>
19. Rekha P, Senthilkumar S. A study on branching pattern of human aortic arch and its variations in South Indian population. *Journal of Morphology*. 2013;30(1):11-5.
20. Bhatia K, Gabriel MN, Henneberg M. Anatomical variations in the branches of the human aortic arch: A recent study of a south Australian population. *Folia Morphol (Warsz)*. 2005;64(3):217-23.
21. Indumathi S, Sudha S, Rajila HS. Aortic arch and variations in its branching pattern. *Journal of Clin and Diagnostic Research*. 2010;4:3134-43.
22. Junagade B, Mukherjee A. Study of the normal and variant branching pattern of the aortic arch: the clinical and embryological significance. *Global Journal for Research Analysis*. 2015;4(5):141-3.
23. Junagade B, Mukherjee A. The morphometric study of the normal and variant branching pattern of the aortic arch by cadaveric dissection. *International Journal of Medical Research Review*. 2015;3(5):461-9.
24. Faggioli GL, Ferry M, Freyrie A, Garguilo M, Fratesi F, Rossi C. Aortic arch anomalies are associated with increased risk of neurological events in carotid stent procedures. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2007;33(4):436-41. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.11.026>
25. Einstein EH, Song LH, Villela NLA, Fasani-Felberg GB, Jacobs JL, Kim DO. Anomalous origin of left vertebral artery from the aortic arch. *Aorta (Stamford)*. 2016;4:64-7. <https://doi.org/10.12945/j.aorta.2015.15.022>
26. Shevkuta GV, Yakovleva NV, Shukova TV. Ateroskleroticheskie i neateroskleroticheskie izmeneniya brakhiocefal'nykh areteriy kak prediktory mozgovykh i koronarnykh sobytiy (obzor literatury) [Atherosclerotic and non-atherosclerotic changes in brachiocephalic arteries as predictors of cerebral and coronary events (literature review)]. *Yuzhno-Rossiyskiy zhurnal terapevticheskoy praktiki*. 2020;1(3):7-15.
27. Shin Y, Chung Y, Shin WH, Im SB, Hwang SC, Kim BT. A morphometric study on cadaveric aortic arch and its major branches in 25 Korean adults: The perspective of endovascular surgery. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008;44(2):78-83. <https://doi.org/10.3340/jkns.2008.44.2.78>
28. Kozlov BN, Panfilov DS, Petrakova EA. Assotsiatsiya variantnoy anatomii dugi aorty s aortal'nyimi sostoyaniyami [Association of variant anatomy of the aortic arch with aortic conditions]. *Minimal'no invazivnaya serdечно-sosudistaya khirurgiya*. 2023;2(1):18-23.
29. Hornick M, Moomiaie R, Mojibian H, Ziganshin B, Almuwaqqat Z, Lee ES, et al. «Bovine» aortic arch – a marker for thoracic aortic disease. *Cardiology*. 2012;123(2):116-24. <https://doi.org/10.1159/000342071>
30. Abugov SA, Polyakov RS, Karamyan DA, Pureskiy MV, Mardanyan GV, Charchyan ER. Modern condition of the problem of endovascular treatment in type B aortic dissection. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2021;8(2):121-34.
31. Karacan A, Türkvan A, Karacan K. Anatomical variations of aortic arch branching: Evaluation with computed tomographic angiography. *Cardiol Young*. 2014;24(3):485-93. <https://doi.org/10.1017/S1047951113000656>

32. Natsis K, Piagkou M, Lazaridis N, Kalamatianos T, Chytas D, Manatakis D, Anastasopoulos N, Loukas M. A systematic classification of the left-sided aortic arch variants based on cadaveric studies' prevalence. *Surg Radiol Anat.* 2021;43(3):327-45. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02625-1>
33. Açar G., Çiçekciabaş AE, Uysal E, Koplay M. Anatomical variations of the aortic arch branching pattern using CT angiography: A proposal for a different morphological classification with clinical relevance. *Anat Sci Int.* 2022;97(1):65-78. <https://doi.org/10.1007/s12565-021-00627-6>
34. Alsaif HA, Ramadan WS. An anatomical study of the aortic arch variations. *JKAU: Med Sci.* 2010;17(2):37-54.
35. Açar M, Ulusoy M, Zararsiz I, Efe D. Anatomical variations in the branching of human aortic arch. *Biomedical Research.* 2013;24(4):531-5.
36. Meyer AM, Turek GW. Insight into arch vessel development in the bovine aortic arch. *Pediatr Cardiol.* 2019;40(7):1445-9. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02156-6>
37. Turek JW, Conway BD, Cavanaugh NB, Meyer AM, Aldos A, Reinking BE, et al. Bovine arch anatomy influences recoarctation rates in the era of the extended end-to-end anastomosis. *Int J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(3):1178-83. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.10.055>
38. Shang M, Vinholo TF, Buntin J, Zafar MA, Ziganshin BA, Elefteriades JA. Bovine aortic arch: A result of chance or mandate of inheritance? *Am J Cardiol.* 2022;172:115-20. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2022.02.030>
39. Susanin NV, Odintsov NS, Vanyurkin AG, Solovyev VA, Belova YuK, Chernyavskiy MA. Endovascular aortic arch surgery: A single center experience. *Russian Journal of Endovascular Surgery.* 2022;9:138-44.
40. Ogengo'o JA, Olabu BO, Gatonga PM, Munguti JK. Branching pattern of aortic arch in a Kenyan population. *J Morphol Sci.* 2010;27(2):51-5.
41. Шаданов АА, Сирота ДА, Берген ТА., Ляшенко ММ, Чернявский АМ. Анатомическая вариабельность строения дуги и грудного отдела аорты и её влияние на патологические состояния аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2020;24(4):72-82.
42. Pandian DK, Radha K, Sundaravadhanam KVK. Study on branching pattern of arch of aorta in South Indian population. *International Journal of Anatomy and Research.* 2014;2(4):673-6.
43. Williams GD, Edmonds HW. Variations in the arrangement of the branches arising from the aortic arch in American whites and negroes. *Anat Rec.* 1935;62:139-46.
44. Atay Y, Engin C, Posacioglu H, Ozyurek R, Ozcan C, Yagdi T, et al. Surgical approaches to the aberrant right subclavian artery. *Tex Heart Inst J.* 2006;33(4):477-81.
45. Murzi M, Mariani M, Tiwari KK, Farneti P, Berti S, Karimov JH, et al. Aberrant right subclavian artery aneurysm in coexistence with a common carotid trunk. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(1):8. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.04.110>
46. Diani A, Benfaddoul O, Zouita B, Basraoui D, Jalal H. Isolated left subclavian artery with right aortic arch: Case report. *J Pediatr Res Rev Rep.* 2023;5(1):1-3. [https://doi.org/10.47363/JPRRR/2023\(5\)149](https://doi.org/10.47363/JPRRR/2023(5)149)
47. Alhuzaimi AN, Aldawsari KA, AlAhmadi M. Isolated left subclavian artery with right aortic arch: Case report and literature review of 50 cases. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;68:885-9. <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01564-3>
48. Рыбаков АГ, Лошкарёв ИА, Мачинский ПА, Плотникова НА. Вариантная анатомия ветвей дуги аорты. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия.* 2018;2(2):35-6.
49. Граудина ВЕ, Зулфигарова БТ, Костина ИВ, Аушева ФИ, Ботез ЛС. Аномалия развития ветвей дуги аорты с полным STEAL-синдромом: клинический случай редкой диагностической находки. *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний.* 2022;10:39-46.
50. Калиниченко ВМ, Благоднарова ИО. Редкий вариант развития и строения дуги аорты и ее ветвей. *Морфология.* 2009;136(4):69а.
51. Казакевич АС, Стельмашук АА, Баженов ДВ, Блинова НВ, Киселёв ДВ. Сравнительный двусторонний анализ основных сосудов головы и шеи трупа женского пола. *Тверской медицинский журнал.* 2016;3:55-8.
52. Kumar S, Kumar P. Trunkus bicaroticus with aberrant right subclavian artery and origin of right vertebral from right common carotid artery. *Surg Radiol Anat.* 2014;36(8):829-31. doi: 10.1007/s00276-013-1232-z
32. Natsis K, Piagkou M, Lazaridis N, Kalamatianos T, Chytas D, Manatakis D, Anastasopoulos N, Loukas M. A systematic classification of the left-sided aortic arch variants based on cadaveric studies' prevalence. *Surg Radiol Anat.* 2021;43(3):327-45. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02625-1>
33. Açar G., Çiçekciabaş AE, Uysal E, Koplay M. Anatomical variations of the aortic arch branching pattern using CT angiography: A proposal for a different morphological classification with clinical relevance. *Anat Sci Int.* 2022;97(1):65-78. <https://doi.org/10.1007/s12565-021-00627-6>
34. Alsaif HA, Ramadan WS. An anatomical study of the aortic arch variations. *JKAU: Med Sci.* 2010;17(2):37-54.
35. Açar M, Ulusoy M, Zararsiz I, Efe D. Anatomical variations in the branching of human aortic arch. *Biomedical Research.* 2013;24(4):531-5.
36. Meyer AM, Turek GW. Insight into arch vessel development in the bovine aortic arch. *Pediatr Cardiol.* 2019;40(7):1445-9. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02156-6>
37. Turek JW, Conway BD, Cavanaugh NB, Meyer AM, Aldos A, Reinking BE, et al. Bovine arch anatomy influences recoarctation rates in the era of the extended end-to-end anastomosis. *Int J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(3):1178-83. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.10.055>
38. Shang M, Vinholo TF, Buntin J, Zafar MA, Ziganshin BA, Elefteriades JA. Bovine aortic arch: A result of chance or mandate of inheritance? *Am J Cardiol.* 2022;172:115-20. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2022.02.030>
39. Susanin NV, Odintsov NS, Vanyurkin AG, Solovyev VA, Belova YuK, Chernyavskiy MA. Endovascular aortic arch surgery: A single center experience. *Russian Journal of Endovascular Surgery.* 2022;9:138-44.
40. Ogengo'o JA, Olabu BO, Gatonga PM, Munguti JK. Branching pattern of aortic arch in a Kenyan population. *J Morphol Sci.* 2010;27(2):51-5.
41. Shadanov AA, Sirota DA, Bergen TA, Lyashenko MM, Chernyavskiy AM. Anatomicheskaya variabel'nost stroeniya dugi i grudnogo otdela aorty i eyo vliyaniye na patologicheskie sostoyaniya aorty [Anatomical variability of the structure of the arch and thoracic aorta and its effect on the pathological conditions of the aorta]. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya.* 2020;24(4):72-82.
42. Pandian DK, Radha K, Sundaravadhanam KVK. Study on branching pattern of arch of aorta in South Indian population. *International Journal of Anatomy and Research.* 2014;2(4):673-6.
43. Williams GD, Edmonds HW. Variations in the arrangement of the branches arising from the aortic arch in American whites and negroes. *Anat Rec.* 1935;62:139-46.
44. Atay Y, Engin C, Posacioglu H, Ozyurek R, Ozcan C, Yagdi T, et al. Surgical approaches to the aberrant right subclavian artery. *Tex Heart Inst J.* 2006;33(4):477-81.
45. Murzi M, Mariani M, Tiwari KK, Farneti P, Berti S, Karimov JH, et al. Aberrant right subclavian artery aneurysm in coexistence with a common carotid trunk. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(1):8. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.04.110>
46. Diani A, Benfaddoul O, Zouita B, Basraoui D, Jalal H. Isolated left subclavian artery with right aortic arch: Case report. *J Pediatr Res Rev Rep.* 2023;5(1):1-3. [https://doi.org/10.47363/JPRRR/2023\(5\)149](https://doi.org/10.47363/JPRRR/2023(5)149)
47. Alhuzaimi AN, Aldawsari KA, AlAhmadi M. Isolated left subclavian artery with right aortic arch: Case report and literature review of 50 cases. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;68:885-9. <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01564-3>
48. Rybakov AG, Loshkaryov IA, Machinskiy PA, Plotnikova NA. Variantnaya anatomiya vetvey dugi aorty [Variant anatomy of aortic arch branches]. *Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya.* 2018;2(2):35-6.
49. Graudina VE, Zulfgarova BT, Kostina IV, Ausheva FI, Botez LS. Anatomiya razvitiya vetvey dugi aorty s polnym STEAL-sindromom: klinicheskii sluchay redkoy diagnosticheskoy nakhodki [Anomaly of development of branches of the aortic arch with complete STEAL syndrome: A clinical case of a rare diagnostic finding]. *Mezhdunarodnyy zhurnal serdtsa i sosudistykh zabolevaniy.* 2022;10:39-46.
50. Kalinichenko VM, Blagonravova IO. Redkiy variant razvitiya i stroeniya dugi aorty i eyo vetvey [A rare variant of the development and structure of the aortic arch and its branches]. *Morfologiya.* 2009;136(4):69a.
51. Kazakevich AS, Stelmashchuk AA, Bazhenov DV, Blinova NV, Kiselyov DV. Sravnitel'nyy dvustoronniy analiz osnovnykh sosudov golovy i shei trupa zhenskogo pola [Comparative bilateral analysis of the main vessels of the head and neck of a female corpse]. *Tverskoy meditsinskiy zhurnal.* 2016;3:55-8.
52. Kumar S, Kumar P. Trunkus bicaroticus with aberrant right subclavian artery and origin of right vertebral from right common carotid artery. *Surg Radiol Anat.* 2014;36(8):829-31. doi: 10.1007/s00276-013-1232-z

53. Gluncic V, Ivkic G, Marin D, Percac S. Anomalous origin of both vertebral arteries. *Clin Anat.* 1999;12:281-4. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2353\(1999\)12:4<281::AID-CA8>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12:4<281::AID-CA8>3.0.CO;2-6)
54. Cetin I, Varan B, Orün UA, Tokel K. Common trunks of the subclavian and the vertebral arteries: Presentation of a new aortic arch anomaly. *Ann Vasc Surg.* 2009;23(1):142-3. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2008.02.015>
55. Wiedemann D, Kocher A, Mahr S, Longato S, Bonaros N, Schachner T. Extraordinary branching pattern of the aortic arch. *Clin Anat.* 2013;26(8):1006-7. <https://doi.org/10.1002/ca.22208>
56. Rapotra M, Abraham J, Sharma A. Anomalous aortic origin of left vertebral artery – a case report. *International Journal of Health Sciences and Research.* 2015;5(6):667-72.
57. Surya E, Anitha V. Anomalous origin of left vertebral artery arising from the arch of aorta and its embryological basis – a case report. *Int J Anat Res.* 2014;2(3):537-40.
58. Черных АВ, Якушева НВ, Витчинкин ВГ, Закуржавев ЕИ, Косянчук НМ. Случай aberrантной правой подключичной артерии (arteria lusoria). *Журнал анатомии и гистопатологии.* 2015;4(2):68-70.
59. Cheng M, Xiaodong X, Wang C, You C, Mao B, He M, et al. Two anatomic variations of the vertebral artery in four patients. *Ann Vasc Surg.* 2009;23(5):689. e1-5. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2009.06.007>
60. Дворниченко ВВ, Масникова УК, Мирочник В, Просекин КС. Редкий вариант анатомии нижней щитовидной артерии: отхождение от общей сонной артерии. Клинический случай. *Вопросы онкологии.* 2018;64(6):815-7.
53. Gluncic V, Ivkic G, Marin D, Percac S. Anomalous origin of both vertebral arteries. *Clin Anat.* 1999;12:281-4. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2353\(1999\)12:4<281::AID-CA8>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12:4<281::AID-CA8>3.0.CO;2-6)
54. Cetin I, Varan B, Orün UA, Tokel K. Common trunks of the subclavian and the vertebral arteries: Presentation of a new aortic arch anomaly. *Ann Vasc Surg.* 2009;23(1):142-3. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2008.02.015>
55. Wiedemann D, Kocher A, Mahr S, Longato S, Bonaros N, Schachner T. Extraordinary branching pattern of the aortic arch. *Clin Anat.* 2013;26(8):1006-7. <https://doi.org/10.1002/ca.22208>
56. Rapotra M, Abraham J, Sharma A. Anomalous aortic origin of left vertebral artery – a case report. *International Journal of Health Sciences and Research.* 2015;5(6):667-72.
57. Surya E, Anitha V. Anomalous origin of left vertebral artery arising from the arch of aorta and its embryological basis – a case report. *Int J Anat Res.* 2014;2(3):537-40.
58. Chernykh AV, Yakusheva NV, Vitichinkin VG, Zakurdaev EI, Kosyanchuk NM. Sluchay aberrantnoy pravoy podklyuchichnoy arterii (arteria lusoria). *Klinicheskii sluchay [A case of aberrant right subclavian artery (arteria lusoria). Case report]. Zhurnal anatomii i gistopatologii.* 2015;4(2):68-70.
59. Cheng M, Xiaodong X, Wang C, You C, Mao B, He M, et al. Two anatomic variations of the vertebral artery in four patients. *Ann Vasc Surg.* 2009; 23(5):689. e1-5. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2009.06.007>
60. Dvornichenko VV, Masnikova UK, Mirochnik V, Prosekin KS. Redkiy variant anatomii nizhney shchitovidnoy arterii: otkhozhdenie ot obshchey sonnoy arterii [A rare variant of the anatomy of the lower thyroid artery: Origin from the common carotid artery]. *Voprosy onkologii.* 2018;64(6):815-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мурашов Олег Васильевич, старший преподаватель кафедры фундаментальной медицины и общей патологии, медицинский факультет, Институт медицины и экспериментальной биологии, Псковский государственный университет

ORCID ID: 0000-0003-0821-847X

E-mail: ps60rus@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования автор не получал

Конфликт интересов: отсутствует

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Мурашов Олег Васильевич

старший преподаватель кафедры фундаментальной медицины и общей патологии, медицинский факультет, Институт медицины и экспериментальной биологии, Псковский государственный университет

180000, Российская Федерация, г. Псков, пл. Ленина, д. 2

Тел.: +7 (921) 2159674

E-mail: ps60rus@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: MOV

Сбор материала: MOV

Анализ полученных данных: MOV

Подготовка текста: MOV

Редактирование: MOV

Общая ответственность: MOV

Поступила

20.04.23

Принята в печать

24.08.23

AUTHOR INFORMATION

Murashov Oleg Vasilievich, Senior Lecturer, Department of Fundamental Medicine and Common Pathology, Institute of Medicine and Experimental Biology, Pskov State University

ORCID ID: 0000-0003-0821-847X

E-mail: ps60rus@mail.ru

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The author did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The author has no conflicts of interest

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Murashov Oleg Vasilievich

Senior Lecturer, Department of Fundamental Medicine and Common Pathology, Institute of Medicine and Experimental Biology, Pskov State University

180000, Russian Federation, Pskov, Lenin's square, 2

Tel.: +7 (921) 2159674

E-mail: ps60rus@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: MOV

Data collection: MOV

Analysis and interpretation: MOV

Writing the article: MOV

Critical revision of the article: MOV

Overall responsibility: MOV

Submitted

20.04.23

Accepted

24.08.23