

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*На правах рукописи*

**ПАВЛОВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ**

**ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ БРЮШНОГО ОТДЕЛА АОРТЫ И ЕЁ  
ВЕТВЕЙ**

3.3.1. Анатомия и антропология

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Байбаков Сергей Егорович

доктор биологических наук, профессор

Краснодар, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>ГЛАВА 1. ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)</b> .....	11
1.1. Топографические и морфометрические особенности брюшной аорты...	11
1.2. Топографические и морфометрические особенности париетальных и парных висцеральных ветвей брюшной аорты.....	15
1.3. Топографические и морфометрические особенности анатомии непарных висцеральных ветвей брюшной аорты .....	17
1.4. Взаиморасположение непарных висцеральных ветвей брюшной аорты	26
1.5. Вариантная анатомия чревного ствола .....	29
1.6. Вариантная анатомия селезёночной артерии .....	35
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	38
2.1. Методика определения морфометрических параметров брюшной аорты и ее висцеральных ветвей .....	39
2.2. Методика определения топографических параметров брюшной аорты и ее висцеральных ветвей .....	49
2.3. Методы статистической обработки полученных результатов .....	52
<b>ГЛАВА 3. ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ</b> .....	55
3.1. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в половом аспекте .....	55
3.2. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в разных возрастных группах у мужчин.....	59
3.3. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в разных возрастных группах у женщин .....	64

3.4. Вариантная анатомия чревного ствола .....	67
3.5. Извитость селезёночной артерии .....	75
3.6. Вариантная анатомия добавочных почечных артерий.....	79
<b>ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ .....</b>	<b>83</b>
4.1. Возрастные и половые особенности морфометрических параметров аорты и её крупных висцеральных ветвей.....	83
4.2. Кластеризация морфометрических параметров аорты. Анализ зависимостей между морфометрическими параметрами.....	90
4.3. Кластеризация морфометрических параметров висцеральных ветвей аорты. Анализ зависимостей между морфометрическими параметрами.....	101
<b>ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ .....</b>	<b>109</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>117</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>119</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>121</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>	<b>122</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>124</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>140</b>
Приложение А. Схема изучения морфометрических параметров брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей .....	140
Приложение Б. Гистограммы распределения всех измеряемых параметров .....	141
Приложение В. Проверка гипотез о равенстве средних по всем параметрам .....	147
Приложение Г. Корреляционная матрица для измеряемых параметров.....	157

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

Ангиология, как раздел дисциплины «анатомия человека», изучается анатомами и врачами с давних времен (Гален 200 г. н.э.; А. Везалий XVI в. н.э.). За такой огромный временной промежуток данные о топографии, морфометрических параметрах и ветвлении сосудов человеческого тела должны быть исчерпывающе изучены и систематизированы. Однако с появлением баз данных и современных методов прижизненной визуализации артерий и вен значительно увеличилась частота обнаружения ранее не описанных и не классифицированных ветвлений сосудов. В настоящее время множество исследований посвящено изучению вариантной анатомии висцеральных ветвей брюшной аорты [7, 10, 69, 128], которые, к сожалению, не позволяют однозначно упорядочить и классифицировать знания о морфометрических характеристиках и топографии артерий брюшной аорты. Большинство современных отечественных исследований отошли от использования кадаверного материала в сторону прижизненной визуализации сосудов с использованием лучевых методов диагностики [9, 17, 32]. Такой метод, как мультиспиральная компьютерная томография с внутрисосудистым контрастированием (МСКТ), позволяет анатомам расширить спектр изучения вариантной анатомии сосудистого русла крупных артериальных стволов и более точно составить представление о строении всей сердечно-сосудистой системы человека.

Исследования вариантов нормального расположения сосудов помогают предсказать возможность развития аневризм различных отделов сосудистого русла [8, 57, 145].

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений в морфологических исследованиях выступает применение обширных массивов морфометрических данных для обучения искусственных нейронных сетей, позволяющих автоматизировать процессы визуализации, классификации и

выявления паттернов сосудистого ветвления независимо от анатомической локализации [72, 138].

Таким образом, следует признать актуальность научно-практической работы в направлении классификации и систематизации анатомических структур с использованием современных методов визуализации и статистической обработки.

### **Степень разработанности темы исследования**

Современные анатомы и морфологи придают большое значение изучению морфометрических и возрастных показателей анатомии сосудистого русла [9, 10, 12, 19, 28]. На сегодняшний день большой объем отечественных и зарубежных исследований предоставляют информацию о топографии и типах ветвления сосудов брюшной аорты [5, 15, 16, 93, 122, 136].

Систематизированные данные о морфометрии, топографии и вариации ветвления всех висцеральных ветвей брюшной аорты на выборке, включающей более 1000 исследований, единичны. Также отсутствуют данные о проведенных исследованиях по параметрам брюшной аорты и её висцеральных ветвей с использованием современных статистических методов, таких как кластеризация.

Обращение к большой базе данных МСКТ-грамм брюшной аорты с использованием современных методов визуализации и статистической обработки измеряемых морфометрических параметров определяет актуальность данного исследования.

**Цель исследования** – выявить межиндивидуальные варианты формы, размеров и топографии брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей для создания классификатора на основании морфометрических параметров.

### **Задачи исследования:**

1. Определить топографические интервалы точки начала и бифуркации брюшной аорты, а также уровни отхождения ветвей брюшной аорты.
2. Определить различия морфометрических параметров и взаиморасположения сосудов брюшной аорты на основе данных МСКТ-исследований в разных возрастных и половых группах.

3. Определить связь топографических уровней отхождения висцеральных ветвей брюшной аорты с полом и возрастом.

4. Выявить закономерности ветвления висцеральных ветвей брюшной аорты.

5. Провести кластеризацию морфометрических параметров брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей с целью создания классификатора на основании морфометрических параметров.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем:

1) впервые на основании анализа 1500 деперсонифицированных МСКТ-грамм были систематизированы и дополнены сведения о топографии и морфометрических параметрах висцеральных сосудов брюшной аорты;

2) разработана новая расширенная классификация вариантов нормы топологии аорты и её крупных висцеральных ветвей по 22 морфометрическим параметрам сосудов;

3) усовершенствована систематика вариантов ветвления висцеральных сосудов брюшной аорты в разных возрастных и половых группах, разработана типология селезёночной артерии по числу витков, а также выявлен ранее не описанный тип ветвления чревного ствола.

4) обнаружены определённые закономерности морфометрических параметров углов отхождения, диаметров и длин висцеральных ветвей брюшной аорты с полом и возрастом обследованных пациентов.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость исследования определяется тем, что основные положения исследования могут быть использованы в учебном процессе медицинских образовательных учреждений при проведении занятий и чтении лекций студентам, ординаторам по соответствующим разделам нормальной анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, общей хирургии, рентгенологии и рентгенэндоваскулярной хирургии. Данные исследования позволят расширить методические рекомендации для врачей-рентгенологов. Практическая значимость работы заключается в расширении знаний о топографии, форме и размерах висцеральных ветвей брюшной аорты в разных возрастных и

половых группах. Полученный массив данных о размерах и вариантах ветвления сосудов имеет особую практическую значимость для сосудистой рентгенохирургии, при планировании оперативных манипуляций на крупных сосудах брюшной полости. Дополнение существующих классификаций топографии сосудов упростит выявление сосудистых патологий брюшной аорты. Знания о топографии и морфологии висцеральных сосудов брюшной аорты будут полезны в практике абдоминальных хирургов при выборе хирургической тактики лечения, что упростит выявление сосудистых патологий брюшной аорты и позволит предотвратить возможные ятрогенные ошибки в хирургической практике. Применение методов машинного обучения к анализу данных морфометрических параметров сосудов позволяет разработать унифицированные алгоритмы верификации сосудистых аномалий, что соответствует стратегическим задачам персонализированной медицины и цифровой трансформации здравоохранения.

### **Методология и методы исследования**

В качестве методологической и теоретической основы диссертационного исследования использовались труды отечественных и зарубежных ученых по анатомии человека, лучевой диагностике, абдоминальной и сосудистой хирургии. В качестве базисных методов использованы:

- 1) частные – лучевые методы диагностики – мультиспиральная компьютерная томография с контрастированием брюшной аорты; морфометрия – измерение диаметра и линейных размеров сосудов с помощью цифровых компьютерных программ персональной станции врача – рентгенолога;
- 2) общенаучные методы – наблюдение, анализ, систематизация результатов;
- 3) статистические – обработка количественных данных с помощью персонального компьютера и специального программного обеспечения.

С методологической точки зрения, исследование является целостным, системным, объективным, завершенным. Исследование было одобрено независимым этическим комитетом при ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (протокол № 101 от 24.09.2021 г.).

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Топографические параметры брюшной аорты и её висцеральных ветвей демонстрируют четкие возрастные и половые закономерности: у мужчин в возрастной группе старше 60 лет отмечается краниальное смещение аортального отверстия и каудальное смещение бифуркации; у женщин с возрастом расширяются интервалы расположения аортального отверстия и бифуркации; устья непарных ветвей смещаются дистально в старших возрастных группах.

2. Морфометрические особенности брюшной аорты и её ветвей имеют статистически значимые различия в половых и возрастных группах: диаметры аорты увеличиваются с возрастом на всех уровнях; диаметр селезёночной артерии уменьшается с возрастом при увеличении количества её витков; все параметры, в одинаковых возрастных группах, кроме угла отхождения правой почечной артерии, имеют половые различия.

3. Типы архитектоники висцеральных ветвей брюшной аорты имеют значительную вариабельность с преобладанием типичного строения чревного ствола и половыми различиями в частоте встречаемости вариантов ветвления висцеральных сосудов аорты.

4. Многопараметрические данные на основе морфометрических характеристик брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей поддаются кластеризации, что позволяет классифицировать их в интерпретируемые классы и создавать на этой основе систематизированные типологии.

### **Степень достоверности**

Результаты диссертационного исследования достоверны и обоснованы, что обеспечивается репрезентативностью и достаточным объемом изученного материала, использованием широкого спектра адекватных решению поставленных задач методов исследования, корректным применением современных статистических методов обработки полученных данных. Сформулированные в диссертации выводы и практические рекомендации аргументированы и закономерно вытекают из проведенного анализа полученных данных.

### **Внедрение результатов исследования в практику**

Основные результаты диссертационного исследования включены в учебную программу кафедры нормальной анатомии, кафедры лучевой диагностики №1 и кафедры хирургических болезней Кубанского государственного медицинского университета. Данные, полученные в результате исследования, и методики статистической обработки легли в основу создания программного комплекса для обработки данных сканирования, определения антропометрических показателей и формирования 3D моделей «БиоМехСканАнализатор» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661366).

### **Апробация результатов исследования**

Основные положения работы представлены на научно-практической конференции с международным участием «Современная морфология и ее интеграция с клиническими дисциплинами» (Бухара, 2022), Всероссийской научной конференции с международным участием «Однораловские морфологические чтения» (Воронеж, 2022, 2023), на I международном морфологическом симпозиуме (Воронеж, 2023), а также на X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы медицинской науки и образования» (Пенза, 2024).

### **Публикации**

По результатам диссертационного исследования опубликовано 10 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

### **Личный вклад автора в проведенное исследование**

Автором самостоятельно была обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, проведен всесторонний анализ доступной отечественной и зарубежной литературы по данному вопросу, и оценка 1500 МСКТ исследований, охватывающих брюшную аорту. На основании полученных результатов, исследователь стал соавтором программы для ЭВМ, используемой для обработки данных сканирования, определения

антропометрических показателей и формирования 3D моделей. Также автор, используя современные методы, произвел самостоятельный статистический анализ полученных данных, разработал классификацию, основанную на кластеризации морфометрических параметров брюшной аорты, сформулировал выводы, положения, выносимые на защиту, а также практические рекомендации.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста и состоит из введения, главы обзора литературы, главы, посвященной описанию материала и методов исследования, двух глав результатов собственных исследований, главы обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, а также списка литературы, включающего 145 источников (50 отечественных и 95 зарубежных) и приложений. Диссертация иллюстрирована 28 таблицами и 67 рисунками.

## **ГЛАВА 1. ТОПОГРАФО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Исследованием сердечно-сосудистой системы и непосредственно аорты начали заниматься еще в глубокой древности используя при этом трупные препараты. До сих пор кадаверные исследования по изучению топографии и морфометрии сосудов проводятся по всему миру [51, 54, 77, 90, 131]. В свою очередь, на сегодняшний день известно, что артерии в живом организме (*in vivo*) подвергаются значительной продольной предварительной нагрузке и могут уменьшать свой продольный размер после удаления из организма / смерти на 0 – 50% своей длины [59, 98, 127]. Было доказано, что величина предварительной деформации *in situ* зависит от вида и местоположения и увеличивается с увеличением расстояния от сердца [75]. Отсюда следует сделать вывод, что результаты кадаверных исследований показателей длины и диаметра могут отличаться от аналогичных у живого человека. Поэтому в современных реалиях для изучения анатомии аорты используют не только трупный материал, но и методы прижизненной визуализации сосудов. Стандартом прижизненных исследований сосудов является мультиспиральная компьютерная томография с контрастированием [76, 137]. Однако зачастую методом выбора становится более дешевое и быстрое ультразвуковое исследование [121].

### **1.1. Топографические и морфометрические особенности брюшной аорты**

Аорта – самый крупный артериальный сосуд в организме человека, который является началом большого круга кровообращения. Топографически в ней различают 3 отдела: восходящая часть, дуга аорты и нисходящая часть, которая, в свою очередь, делится на брюшную и грудную часть аортальным отверстием

диафрагмы. Аорта заканчивается бифуркацией – делением на правую и левую общие подвздошные артерии [41, 45].

По данным С.Н. Лященко [32], брюшная аорта начинается на уровне ThXI—L1 позвонков. Чаще всего аорта проникает в брюшную полость на уровне ThXII позвонка. В 9% случаев аортальное отверстие диафрагмы находится на уровне ThXI, с такой же частотой – на уровне L1 позвонка, что подтверждает исследование N. Keough et al. [89], где граница между грудной и брюшной аортой располагалась на уровне ThXI—L1 позвонков, преобладая на уровне ThXII в 53% случаев.

Согласно X.H. Shen et al. [124], чаще всего аорта пересекает диафрагму на уровне ThXII позвонка (54% случаев – 54 наблюдения), причем 59% из них приходится на верхнюю половину ThXII, а оставшийся 41% – на нижнюю. Самой высокой точкой начала брюшной аорты стал межпозвоночный диск ThX/ThXI (1%), а самой низкой – нижняя половина L1 позвонка (1%).

По данным P. Komutrattananont et al. [91], началом брюшной аорты служит аортальное отверстие диафрагмы, которое располагается на уровне нижнего края Th12 позвонка. Затем брюшная аорта опускается вниз и вперед, заканчиваясь на уровне тела LIV позвонка бифуркацией.

В исследовании M. Chithraki et al. [64] на основании данных 441 МРТ исследований уровнем бифуркации аорты являлся LIV позвонок в 67% случаев. При сакрализации пятого поясничного позвонка в 59% наблюдений происходит краниальное смещение точки бифуркации брюшной аорты до уровня тела LIV позвонка. Напротив, при люмбализации S1 позвонка в трети случаев (33%) бифуркация аорты обнаруживается ниже – в проекции межпозвоночного промежутка между LIV-LV позвонками.

A. Kot et al. [93] при анализе 557 компьютерных томограмм брюшной полости отмечает наиболее часто встречаемым уровнем бифуркации аорты LIV позвонок (58,35%). Самым высоким уровнем разделения являлся на уровень межпозвоночного диска между LIII и LIV позвонками (2,51%).

По данным исследования K. Khamanarong et al. [90], проведенном на 187 трупных препаратах (132 мужчины, 55 женщин), брюшная аорта разветвлялась на

две общие подвздошные артерии на уровне тела LIV позвонка в 131 случае (70,1%), на уровне межпозвонкового диска LIV-LV в 23 случаях (12,3%) и на уровне LV позвонка в 33 случаях (17,6%).

В кадаверном исследовании С. Arraji et al. [54] на основании 40 препаратов бифуркация аорты наблюдалась на уровне тела LIV позвонка в 55% наблюдений и тела LIII позвонка в 27,5%.

Знания о диаметрах аорты на ее протяжении имеют важную клиническую значимость в диагностике и лечении аневризм брюшной аорты [71, 99]. Так, в одном из первых крупных ультразвуковых исследований брюшной аорты M.I. Liddington et al. [101] на основании обследования 1195 мужчин в возрасте от 65 до 74 лет был определен диапазон нормальных значений наибольшего диаметра брюшной аорты от 15 до 25 мм со спорадическими проявлениями расширенных и аневризматических аорт независимо от возраста и телосложения.

По данным крупного исследования M.E. Lucarotti et al. [103], среди мужского населения Англии переднезадний диаметр аорты более 2,5 см был обнаружен у 200 пациентов (11,4%), у 26 пациентов (1,5%) диаметр аорты был более 4,0 см. Средний диаметр аорты составил  $2,1 \pm 0,55$  см. Медианное значение диаметра составило 2,0 (в диапазоне 1,2 – 7,5) см. Из 1748 мужчин 97,5% имели диаметр аорты менее 3,3 см.

В современной клинической практике абдоминальную аорту разделяют на 2 сегмента (отдела) – 1) супраренальный – от аортального отверстия диафрагмы до уровня отхождения наиболее вышележащей почечной артерии; 2) инфраренальный – от уровня отхождения почечных артерий до бифуркации аорты [26].

Диаметр инфраренального отдела брюшной аорты, измеренный с помощью ультразвукового сканирования, обычно составляет от 16 до 18 мм у женщин и от 19 до 21 мм у мужчин [71, 97, 116]. В норме диаметр инфраренальной аорты у мужчин увеличивается примерно с 8 мм в возрасте 5 лет до среднего значения примерно 21 мм в возрасте 70 лет и старше [113].

Так, в исследовании M. Wazzan et al. [137] средние значения диаметра супраренального отдела аорты составили  $1,68 \pm 0,31$  см, а инфраренального  $1,36 \pm$

0,21 см. Также было обнаружено, что возраст имеет положительную корреляцию со значениями инфра- и супраренального отдела брюшной аорты [137].

Исследование, проведенное I.S. Rogers et al. [119] в 2013 году, показало больший диаметр брюшной аорты у мужчин по сравнению с диаметром у женщин. Средний диаметр для инфраренальной части брюшной аорты составил 19,3 мм у мужчин и 16,7 мм у женщин. Диаметр перед бифуркацией аорты у мужчин был равен 18,7 мм, у женщин – 16,0 мм.

По данным исследования H.J. Pleumeekers et al. [116], диаметр брюшной аорты на уровне верхней брыжеечной артерии (проксимальный диаметр) у мужчин в пределах 20,9 – 21,2 мм (21,0 мм в среднем), у женщин в пределах 18,5 – 18,7 мм (18,6 мм в среднем). Дистальный диаметр (перед бифуркацией аорты, т.е. инфраренальный диаметр) составил 19,4 – 19,9 мм (19,7 мм в среднем) у мужчин и 16,1 – 16,3 мм (16,2 мм в среднем) у женщин. В этом же исследовании отмечено явное увеличение дистального и проксимального диаметра брюшной аорты с возрастом, присутствовавшее у обоих полов. Эта тенденция была более выражена у мужчин, где дистальный и проксимальный диаметр аорты увеличивался за 10 лет на 0,8 – 1,5 мм и 0,3 – 0,6 мм соответственно. В свою очередь, у женщин дистальный и проксимальный диаметр аорты увеличивался на 0,4 – 0,6 мм и 0,2 – 0,4 мм соответственно [116].

F. Zhu et al. [145] отмечают средние значения диаметра инфраренального отдела аорты для женщин 17,0 (15,0 – 18,0) мм, а для мужчин 19,0 (18,0–21,0) мм, а также нелинейную связь между возрастом и инфраренальным диаметром аорты. Результаты данного исследования указывают, что диаметр аорты резко увеличивается до 70 лет, после чего его рост замедляется, и выходит на плато в возрасте около 75 лет у обоих полов [145].

## **1.2. Топографические и морфометрические особенности париетальных и парных висцеральных ветвей брюшной аорты**

На своем пути от аорты отходят ветви к органам и к стенкам грудной и брюшной полостей, а также к стенкам и органам малого таза. Ветви брюшной аорты разделяют на париетальные и висцеральные. К париетальным, или пристеночным, ветвям относят: парные нижние диафрагмальные артерии, поясничные артерии (обычно по 4 с каждой стороны) и непарную срединную крестцовую артерию. Нижние диафрагмальные артерии (НДА) отходят сразу после прохождения аорты через аортальное отверстие диафрагмы, заканчиваясь в мышечных волокнах поясничной части диафрагмы [34, 42]. Перед ветвлением на конечные мелкие артерии НДА отдает небольшую веточку, верхнюю надпочечниковую артерию, к надпочечнику [38]. В исследовании В. Szewczyk et al. [131] на основании 48 кадаверных препаратов всего в 29,12% случаев (14 наблюдений) обе НДА брали свое начало от брюшной аорты. В этом же исследовании в 24,96% (12 наблюдений) правая и левая нижние диафрагмальные артерии начинались от чревного ствола. R. Aslaner et al. [56] в своем исследовании 1190 ангиограмм пациентов отмечает происхождение обеих НДА из общего ствола, отходящего от аорты, у 295 пациентов (29,5%). В 120 наблюдениях (13,4%) НДА отходили общим стволом от ЧС. В свою очередь, самостоятельно от ЧС брали начало ЛНДА (376 случая – 42,2%) и ПНДА (289 случая – 32,4%).

Висцеральные, или органые, ветви брюшной аорты делятся на 2 группы: парные и непарные. Парные висцеральные ветви отходят от ствола брюшной аорты в порядке, обусловленном закладкой кровоснабжаемых органов [38]. К ним относятся: средняя надпочечниковая артерия, правая и левая почечные артерии (ППА и ЛПА) и яичковая/яичниковая артерия.

Средняя надпочечниковая артерия отходит от аорты на уровне нижнего края L<sub>1</sub>, анастомозируя в паренхиме надпочечника с верхней и нижней надпочечниковыми артериями [31, 41, 45].

Почечная артерия – парный сосуд, отходящий от боковых полуокружностей аорты на уровне II поясничного позвонка [38, 42]. Перед вхождением в ворота почки и делением на сосуды II порядка, почечная артерия отдает нижнюю надпочечниковую артерию [38, 41, 45].

В объемном обзоре отечественной литературы до 2000 года М.Б. Парфенович [37] отмечается, что почечные артерии наиболее часто берут начало уровне LI–LII позвонков, что также подтверждается в исследовании Т. Skowerski et al. [126].

Согласно М.Г. Привесу [38], угол отхождения почечных артерий приближен к прямому. Однако в исследовании Н. Yang [144] значения этого угла колеблются в пределах  $54,53^\circ \pm 17,07^\circ$ . W.T. Woźniak [139] определяет угол отхождения ППА  $\leq 75^\circ$ , а левой –  $\leq 85^\circ$ , что отчасти подтверждает кадаверное исследование E.N. Keen [88], где средний угол ППА =  $72^\circ$ , а ЛПА =  $81^\circ$ .

Е. В. Дианова [21] отмечает, что диаметр правой почечной артерии у взрослых людей находится в пределах от 3,5 до 8,0 мм (в среднем 5,48 мм). В свою очередь, в исследовании Е. А. Баран [6] диаметры правой и левой почечных артерий практически равны и в среднем равны  $7,0 \pm 0,2$  мм. Это подтверждается в исследовании L. Lauder et al. [96] на 1000 ангиограммах, где диаметр левой почечной артерии был больше правой на 0,2 мм.

В исследовании С.Н. Лященко [32] установлено, что минимальные и максимальные значения диаметра правой и левой почечных артерий варьируют в пределах 4,0 – 8,0 мм. В среднем диаметр правой почечной артерии равнялся –  $5,5 \pm 0,3$  мм, левой –  $5,9 \pm 0,2$  мм.

В современных исследованиях особое внимание уделяется наличию аберрантных почечных сосудов [8, 24]. Причем, общепринятым считается мнение, что диаметр основной артерии больше добавочной [13, 22].

L. Lauder et al. [96] также отмечают наличие односторонних добавочных почечных артерий у 197 (20%) и двухсторонних – у 24 (2%) пациентов. По результатам обследования 118 МСКТ ангиограмм Т.С. Докаева [22] отмечает наличие дополнительных почечных артерий в 9,0 % случаев. При этом данный вариант выявляется одинаково с обеих сторон, как у мужчин (справа – 8,3%

наблюдений, слева – 7,4% наблюдений), так и у женщин (справа – 8,1% наблюдений, слева – 7,3% наблюдений). По данным T. Skowerski et al. [126], в результате обследования 72 человек добавочные почечные артерии встречались в 34,7% случаев (25 наблюдений). В кадаверном исследовании K. Natsis et al. [110] добавочные почечные артерии были обнаружены в 11,2% (23/206) почек. У 52,2% (12/23) aberrантные ветви от аорты были обнаружены справа и у 47,8% (11/23) слева.

Яичковые (у мужчин) и яичниковые (у женщин) артерии представляют собой тонкий сосуд, отходящий от аорты на уровне II поясничного позвонка позади корня брыжейки тонкой кишки [31, 38]. Такой высокий уровень отхождения обусловлен закладкой яичка в поясничной области. Затем, по мере опускания яичка, яичковая артерия удлиняется и к моменту рождения подходит к глубокому паховому кольцу, проходя через которое вместе с семявыносящим протоком достигает яичка. Яичниковая артерия идет в малый таз, где в составе связки, подвешивающей яичник, достигает ворот яичника [34, 40, 41, 45].

### **1.3. Топографические и морфометрические особенности анатомии непарных висцеральных ветвей брюшной аорты**

К непарным висцеральным ветвям брюшной аорты относятся чревный ствол, верхняя и нижняя брыжеечные артерии [38, 41, 45].

Чревный ствол (ЧС) – первая непарная ветвь, отходящая от брюшной аорты. Представляет собой короткий сосуд, который начинается от передней полуокружности аорты, а затем делится на 3 основные ветви: левую желудочную, общую печеночную и селезеночную артерии. Под местом отхождения чревного ствола находится верхний край поджелудочной железы, а латерально располагаются узлы и ветви чревного сплетения [31, 104]. Скелетотопический уровень отхождения чревного ствола, по данным классической литературы, находится на уровне XII грудного позвонка [31, 38, 41, 45]. Однако в современных

исследованиях, благодаря новейшим методам прижизненной визуализации, данные постоянно уточняются и зачастую разнятся.

Множество кадаверных исследований отмечает наиболее частым уровнем отхождения верхнюю треть L1 позвонка [51, 62, 73, 77].

G.C. Mu et al. [108] в работе, основанной на анализе 102 случаев рака желудка, зафиксировали следующие варианты топографии чревного ствола: отхождение на уровне ThXII (18,6% наблюдений), одинаковую частоту расположения на уровне межпозвоночного промежутка ThXII-L1 и L1 с одинаковой частотой (по 39,2%), а также редкие случаи отхождения на уровне промежутка L1-LII (3%).

По данным исследования E. Panagouli et al. [114], чревный ствол брал начало от брюшной аорты в пределах от верхней трети ThX до нижней трети L1 позвонка.

Согласно данным D. Venieratos et al. [136], скелетотопический диапазон отхождения ЧС охватывал отрезок средней третью тела Th10 позвонка и средней третью тела LII позвонка, при этом наиболее часто (22,7% наблюдений) он отходил на уровне верхней трети L1 позвонка.

В свою очередь, Н.А. Коваленко [28] отмечает наиболее частым уровнем начала чревного ствола нижнюю треть ThXII (39,2% – 62 наблюдения) с вариабельностью от верхней трети ThXII (0,6% – 1 наблюдение) до нижней трети LII (0,6% – 1 наблюдение).

В исследовании M. Rusu et al. [120], проведенном на 107 ангиограммах (68 мужчин, 39 женщин), было установлено, что уровень отхождения чревного ствола варьировал от верхней трети ThXII (7,35% случаев) до нижней трети L1 позвонка (5,88% случаев).

Угловые параметры отхождения чревного ствола от передней полуокружности аорты описаны во многих современных исследованиях [10, 16, 19]. E. Panagouli et al. [114] фиксирует данный параметр в пределах 30 градусов.

В своем исследовании П.М. Быков [9] отмечает, что углы отхождения ЧС у мужчин и женщин имеют статистически значимые различия в зависимости от пола,

возраста и типа телосложения. Так, у женщин данный параметр находится в пределах от  $32,4 \pm 2,4^\circ$  до  $44,8 \pm 2,9^\circ$ , а у мужчин – от  $35,1 \pm 2,9^\circ$  до  $41,8 \pm 2,4^\circ$ .

Согласно исследованию В.Ю. Гришечкина [19], этот же параметр варьирует у мужчин от  $26,4 \pm 2,3^\circ$  до  $41,1 \pm 2,4^\circ$ , у женщин – от  $32,7 \pm 2,6^\circ$  до  $42,3 \pm 2,2^\circ$ .

И.В. Гайворонский [15] в исследовании 266 МСКТ-ангиограмм (114 мужчин и 152 женщины) описывает угол чревного ствола в диапазоне от  $25,8 \pm 2,7^\circ$  до  $40,8 \pm 2,4^\circ$  у мужчин и от  $32,5 \pm 2,5^\circ$  до  $42,3 \pm 2,1^\circ$  у женщин.

Длина чревного ствола в классических источниках и учебных пособиях варьирует от 0,5 см до 2 см [31, 38, 41, 45]. В одном из первых описательных исследований чревного ствола В.В. Lipshutz [102] отмечает, что длина чревного ствола варьирует от 1 до 3 см. Ряд авторов, в свою очередь, указывают на половые и возрастные различия морфометрических параметров чревного ствола. Так, П.М. Быков [10] определяет длину чревного ствола у мужчин в пределах от  $25,1 \pm 0,9$  мм до  $27,1 \pm 0,9$  мм, указывая на различия параметров в зависимости от типов телосложения. В то же время у женщин данный параметр варьирует от  $25,0 \pm 0,8$  мм до  $26,8 \pm 1,0$  мм [16].

В своем исследовании на 90 кадаверных материалах D. Malnar [104] отмечает, что средняя длина чревного ствола составила  $1,9 \pm 0,08$  см.

По данным E. Panagouli et al. [114], на основании морфометрии 61 кадаверного препарата, длина чревного ствола у мужчин фиксировалась от 1,2 см до 3,8 см, а у женщин – от 1,1 см до 4,3 см.

S.A. Araujo Neto et al. [55] отмечает среднюю длину ЧС  $2,33 \pm 0,65$  см, которая варьировалась в пределах от 1,0 см до 4,1 см.

В кадаверном исследовании А.И. Шведавченко [50] на 127 препаратах чревного ствола у мужчин длина ЧС колебалась от 4 до 24 мм, в то время как у женщин – от 5 до 36 мм.

Диаметр чревного ствола, как морфометрический параметр ветви брюшной аорты, представляет большой интерес многих современных исследований и имеет особую значимость для кровоснабжения верхнего этажа брюшной полости [16, 19, 32, 44]. Многие авторы отмечают, что значения данного параметра имеют высокую

вариабельность [28, 114, 136]. Так, L.A. Silveira et al. [125] в кадаверном исследовании определили средний диаметр чревного ствола, равный  $0,79 \pm 0,04$  см. Также D. Malnar et al. [104] отмечает средний диаметр ЧС, равный  $0,78 \pm 0,08$  см.

В исследовании S.A. Araujo Neto et al. [55] калибр чревного ствола в среднем составил  $0,8 \pm 0,13$  см: с наибольшим значением – 1 см и наименьшим – 0,5 см.

По данным исследования И.В. Гайворонского [16], на основании 152 компьютерных томограмм брюшной аорты, диаметр чревного ствола у женщин варьировался от  $7,2 \pm 0,1$  мм до  $7,5 \pm 0,1$  мм в зависимости от типа телосложения. Близкие по значению параметры чревного ствола отмечаются в исследовании D. Mazzaccaro et al. [105], где диаметр ЧС измерялся в пределах 7,1 – 7,5 мм.

А.И. Шведавченко [50] отмечает диаметр чревного ствола у мужчин в пределах от 5 до 13 мм, у женщин – от 5 до 10 мм.

За париетальным листком брюшины над верхним краем поджелудочной железы чревной ствол делится на свои основные ветви: левую желудочную (ЛЖА), общую печеночную (ОПА) и селезёночную артерии (СА) [31, 38]. Трифуркация чревного ствола была впервые описана Галлером в 1756 году и названа «триножником Галлера» (*tripus Halleri*) [134]. До сих пор такой тип деления считается его типичным ветвлением [14, 42, 45].

Левая желудочная артерия – наименьшая из ветвей чревного ствола [34]. Направляется кверху и влево, находясь сначала позади малого сальника, затем ложится между листками печёочно-желудочной связки [34, 41, 45]. Достигнув области кардиальной части желудка, она поворачивает вправо, пролегая вдоль малой кривизны желудка, где анастомозирует с правой желудочной артерией [31, 38, 41]. На своём пути отдаёт пищеводные ветви – к абдоминальной части пищевода, передние и задние желудочные ветви – к дну, телу и кардиальной части желудка [14, 34, 40].

Общая печеночная артерия следует кпереди и вправо, проходя над верхним краем головки поджелудочной железы, в сторону верхнего края двенадцатиперстной кишки, следуя параллельно и позади пилорической части желудка [31, 38, 42], залегает между листками малого сальника, где в толще

печёчно-желудочной связки делится на свои конечные ветви – желудочно-двенадцатиперстную и собственную печёчную артерии [41, 45].

Селезёночная артерия – третья и самая крупная ветвь чревного ствола [38, 40], идёт влево и горизонтально, позади желудка по верхнему, краю поджелудочной железы вместе с селезёночной веной. Перед самым вхождением в ворота селезёнки, делится на 5-8 конечных ветвей [38, 41, 45]. На своём пути она отдаёт ряд ветвей: 1) к телу и хвосту поджелудочной железы –панкреатические артерии; 2) к большой кривизне желудка – левая желудочно-сальниковая артерия; 3) к задней стенке желудка – многочисленные короткие желудочные артерии, которые начинаются после отхождения левой желудочно-сальниковой артерии [14, 38, 42].

Значения таких параметров, как длина и диаметр просвета сосуда, имеют особую значимость при проведении хирургического и эндоваскулярного лечения. При этом отмечается не только важность знания топографической и вариантной анатомии, но и необходимость сохранения адекватной перфузии висцеральных сосудов [105].

Кадаверное исследование В. Saldarriaga et al. [122] показало, что средние значения диаметров левой желудочной, общей печеночной и селезёночной артерии составили  $3,6 \pm 0,8$  мм,  $5,2 \pm 1,2$  мм и  $5,9 \pm 1,0$  мм соответственно.

D. Malnar et al. [104] отмечает, что из трёх ветвей ЧС, селезеночная артерия имела наибольший диаметр ( $6,1 \pm 0,5$  мм), а левая желудочная артерия – наименьший диаметр ( $3,8 \pm 0,3$  мм).

В свою очередь, И.В. Гайворонский [17] при типичной анатомии чревного ствола определяет морфометрические параметры диаметров следующим образом: левая желудочная артерия –  $6,9 \pm 1,2$  мм, селезёночная артерия –  $6,3 \pm 1,2$  мм, общая печеночная артерия –  $4,7 \pm 1$  мм.

Согласно Д.В. Введенскому [12], диаметр левой желудочной артерии фиксировался у мужчин от  $3,3 \pm 0,1$  мм до  $3,7 \pm 0,1$  мм, у женщин – от  $3,02 \pm 0,1$  мм до  $3,2 \pm 0,1$  мм. Диаметр селезеночной артерии у мужчин определялся в пределах от  $6,0 \pm 0,1$  мм до  $6,6 \pm 0,3$  мм, у женщин – от  $5,8 \pm 0,2$  мм. Диаметр общей

печеночной артерии у мужчин варьировал от  $5,3 \pm 0,2$  мм до  $5,9 \pm 0,2$  мм, у женщин – от  $5,1 \pm 0,1$  мм до  $5,6 \pm 0,2$  мм.

Верхняя брыжеечная артерия (ВБА) – вторая непарная висцеральная ветвь брюшной аорты. Начинаясь немного ниже чревного ствола (1– 3 см), она идёт книзу и кпереди, позади головки поджелудочной железы [38, 41, 45]. Затем она проходит в узкое щелевидное пространство между нижним краем головки поджелудочной железы и верхним краем горизонтальной части двенадцатиперстной кишки в сопровождении верхней брыжеечной вены. Далее она следует по передней поверхности горизонтальной части двенадцатиперстной кишки вниз и вправо в направлении правой подвздошной ямки [42]. Здесь от нее отходит первая ветвь – нижняя панкреатодуоденальная артерия (нижняя поджелудочно-двенадцатиперстная артерия), которая направляется вверх и вправо и практически сразу делится на переднюю и заднюю ветви, анастомозирующие с верхними передней и задней панкреатодуоденальными артериями из артериального бассейна чревного ствола [14, 38, 45]. Эти ветви обеспечивают кровоснабжение двенадцатиперстной кишки и головки поджелудочной железы. Далее верхняя брыжеечная артерия доходит до корня брыжейки тонкого кишечника, проходит между его листками, где образует дугу выпуклой стороной влево и в таком виде достигает правой подвздошной ямки, отдавая на своем пути ряд ветвей к тонкому и толстому кишечнику [42, 45]. Артерии тонкой кишки в количестве от 10 до 24 ветвей следуют к брыжеечному отделу тонкого кишечника [31, 34, 41]. В зависимости от кровоснабжаемого органа, артерии по группам подразделяются на тощекишечные и подвздошно-кишечные. Тощекишечные артерии в количестве 7 – 8 отходят поочередно от левой полуокружности верхней брыжеечной артерии, следуя между листками корня брыжейки к петлям тощей кишки [45]. Подвздошно-кишечные артерии общим числом 5 – 7 направляются влево и вниз, в сторону левой подвздошной ямки, к петлям подвздошной кишки.

Подвздошно-ободочная артерия – отходит от правой полуокружности верхней брыжеечной артерии в начальной её части. Она идёт вправо и книзу, располагаясь под париетальной брюшиной правого брыжеечного синуса [42].

Подвздошно-ободочная артерия направляется в область подвздошно-слепокишечного угла, где отдаёт веточки к конечному отделу подвздошной кишки, а также переднюю и заднюю слепокишечные артерии и артерию червеобразного отростка к слепой кишке [31, 41, 45].

Правая и средняя ободочные артерии кровоснабжают восходящую и поперечную ободочную кишку. Правая ободочная артерия анастомозирует с подвздошно-ободочной артерией, а средняя, в свою очередь, с правой и левой ободочными артериями [45].

Топография и морфометрические параметры верхней брыжеечной артерии представляют особый интерес для абдоминальной хирургии и рентгенэндоваскулярной диагностики [111]. Анатомия ВБА имеет важное значение при оценке возможности резекции опухоли и планировании хирургического доступа [52].

В классической отечественной учебной литературе уровень отхождения верхней брыжеечной артерии соответствует ThXII – LI позвонкам [31, 34, 41]. В современных исследованиях уровень начала ВБА имеет широкую вариабельность.

Согласно G. Као et al. [84], верхняя брыжеечная артерия брала начало на уровне LI в 83% случаев и ниже ножки LI позвонка в 21%. Ниже уровня межпозвоночного диска между LI/LII отхождений не фиксировалось. A. Balcerzak et al. [58] в кадаверном исследовании определяет скелетотопию верхней брыжеечной артерии в пределах от межпозвоночного диска ThXII/LI (10%) до LII позвонка (10%) с максимальной частотой на уровне LI (43,33%). С. Niscoveanu et al. [112] отмечали отхождение ВБА верхнего уровня LI на ангиограммах в 38,89% случаев (46 наблюдений). Исходя из данных исследования E. Panagouli et al. [114], верхняя брыжеечная артерия брала начало от средней трети ThXI до нижней трети LII. Чаще всего ВБА брала начало также на уровне средней трети LI позвонка (33,9% – 21 наблюдение). Ряд исследований отмечает самым частым уровнем начала ВБА нижнюю треть LI позвонка [62, 63, 73].

Морфометрические параметры верхней брыжеечной артерии, такие как диаметр и угол отхождения от аорты, обуславливают особенности кровоснабжения органов желудочно-кишечного тракта.

В исследовании Y.L. Lei et al. [100] диаметр верхней брыжеечной артерии в области её устья был равен  $9,43 \pm 1,41$  мм. Однако при исследовании изменения морфометрических параметров сосудов при колоректальном раке F. Chi et al. [63] определяли диаметры брыжеечных артерий контрольных групп (без патологии), где диаметр ВБА был равен  $5,22 \pm 1,04$  мм.

A. Walcerzak et al. [58] отмечает, что диаметр ВБА варьировал от 6,4 мм до 11,03 мм со средним значением в пределах  $8,36 \pm 1,09$  мм.

Согласно W. Yan et al. [143], нормальные диаметры верхней брыжеечной артерии равны  $7,10 \pm 0,97$  мм.

Угол отхождения верхней брыжеечной артерии имеет особую значимость в этиологии заболеваний органов брюшной полости. Так, например, заболевания, связанные с компрессией горизонтальной части двенадцатиперстной кишки, впервые в 1861 году описал Карл фон Рокитанский [29]. Чаще всего такой тип компрессии связан со сдавлением структур, находящихся между аортой и позвоночным столбом с одной стороны и стволом верхней брыжеечной артерии с другой. В структуре всей патологии желудочно-кишечного тракта данный тип заболеваний встречается в 0,09 - 2,5% случаев [20].

Расположение левой почечной вены между аортой и ВБА также обуславливает возникновение возможного её сдавления. Данная патология получила название синдром «щелкунчика» («nutcracker») или синдром аорто-мезентериальной компрессии левой почечной вены [35]. Впервые взаиморасположение сосудов при данном типе нарушений кровоснабжения в 1937 г. описал анатом J. Grant [74]. Компрессионное воздействие возникает при значении угла отхождения ВБА  $<20^\circ$  и АМР  $<10$  мм [47, 48, 141].

В норме угол отхождения ВБА от аорты варьирует в пределах  $30 - 60^\circ$  [62], аорто-мезентериальное расстояние (расстояние между аортой и верхней брыжеечной артерией на уровне горизонтальной части двенадцатиперстной

кишки) – 1,5-2,0 см [63]. В некоторых исследованиях АМР варьирует в пределах 10-28 мм [48].

В исследовании Д. В. Введенского [12] угол отхождения ВБА у мужчин варьировал от  $51,8 \pm 3,6^\circ$  до  $61,1 \pm 3,0^\circ$ , у женщин – от  $39,3 \pm 3,8^\circ$  до  $47,6 \pm 2,1^\circ$ . Аорто-мезентериальное расстояние, в свою очередь, имело возрастные и половые различия и определялось у мужчин в пределах от  $15,5 \pm 1,2$  мм до  $17,7 \pm 0,9$  мм, а у женщин – от  $8,8 \pm 0,6$  мм до  $13,2 \pm 0,8$  мм. Однако D. Mazzaccaro et al. [105] в своём исследовании определяет угол отхождения ВБА в пределах  $10,5 - 14,1^\circ$  со средним значением  $12,3 \pm 1,3^\circ$ .

И.В. Гайворонский, [16] отмечает, что угловые параметры непарных висцеральных ветвей могут быть тесно связаны с типом телосложения. Так, в исследовании, проведенном на основании 152 компьютерных томограмм женщин с разным типом телосложения, угол отхождения ВБА варьировал от  $34 \pm 2,3^\circ$  до  $53,7 \pm 2,7^\circ$  и имел статистически значимые различия в зависимости от типа телосложения. Аорто-мезентериальное расстояние варьировало от  $9,1 \pm 0,6$  мм до  $15,8 \pm 1,0$  мм.

Нижняя брыжеечная артерия (НБА) – последняя непарная висцеральная ветвь брюшной аорты, берёт своё начало от передней поверхности аорты на уровне нижнего края III поясничного позвонка [41, 45]. Она спускается вниз и влево, располагаясь позади париетального листка брюшины, разделяясь затем на 3 ветви: левую ободочную, сигмовидную (иногда их несколько) и верхнюю прямокишечную артерии [14, 41, 45, 83].

В исследовании J. Ke et al. [87], по результатам трёхмерной КТ-ангиографии 188 пациентов, нижняя брыжеечная артерия брала начало на уровне LIII позвонка в 64,4% случаев. A. Ekingen et al. [68] также отмечает самым частым уровнем отхождения НБА среднюю треть LIII позвонка (21,51%), самым высоким – верхнюю треть LII позвонка (0,8% – 2 наблюдения), а самым низким – нижнюю треть LIV (0,4% – 1 наблюдение). Данные исследования E. Panagouli et al [114] также называют самым частым уровнем начала НБА среднюю треть LIII позвонка (32,3%) с широким диапазоном от нижней трети LII до средней трети LIV позвонка.

Аналогично, согласно кадаверному исследованию Y. Nakayama et al. [109] на 32 трупных материалах, НБА берет начало на уровне от средней трети LII до средней трети LIV позвонка, причем в 47% случаев устье отмечалось на уровне LIII позвонка. Из них уровень нижней трети LIII фиксировался чаще (25%).

Согласно данным исследования F. Chi et al. [63], в среднем диаметр нижней брыжеечной артерии у ее начала равен  $2,20 \pm 0,47$  мм. В.Ю. Гришечкин [19] определяет диаметр НБА у мужчин от  $3,8 \pm 0,1$  мм до  $4,4 \pm 0,1$  мм. В аналогичном исследовании П.М. Быков [10] отмечает диаметры НБА от  $3,5 \pm 0,1$  мм до  $4,0 \pm 0,1$  мм, что сопоставимо с результатами кадаверного исследования Y. Nakayama et al. [109], где диаметр НБА в среднем равен  $3,29 \pm 0,78$  мм.

#### **1.4. Взаиморасположение непарных висцеральных ветвей брюшной аорты**

Количество исследований, которые описывают расстояния между устьями висцеральных ветвей брюшной аорты, ограничено [114]. В зарубежной и отечественной литературе, в том числе в современных статьях описываются различные интервалы и дистанционные показатели [16, 19, 80, 115, 140]. Наиболее часто измеряются следующие параметры: 1) длина брюшной аорты от уровня аортального отверстия диафрагмы до бифуркации; 2) расстояние от центра устья чревного ствола до центра устья верхней брыжеечной артерии; 3) расстояние от центра устья верхней брыжеечной артерии до центра устья нижней брыжеечной артерии; 4) расстояние между центром устья нижней брыжеечной артерии до бифуркации аорты. Вышеназванные расстояния дают возможность как наиболее точно измерить параметры самой аорты, так и оценить взаиморасположение ее висцеральных ветвей по отношению друг к другу и к стволу брюшной аорты. Особое внимание стоит уделить параметру длины брюшной аорты. В классической учебной литературе брюшная аорта начинается от аортального отверстия диафрагмы и заканчивается бифуркацией на общие подвздошные артерии [38, 41, 45]. Однако многие зарубежные исследователи отмечают длину БА от уровня

отхождения чревного ствола [114, 140], что частично может быть оправдано. Так, Р.Д. Синельников [45] утверждает, что чревный ствол берет свое начало либо на уровне верхнего края L1 позвонка, либо нижнего края ThXII позвонка, на уровне аортального отверстия диафрагмы. Поэтому данные о длине аорты при этих двух методах измерения зачастую схожи и могут быть сопоставимы.

В исследовании E. Panagouli et al. [114] длина аорты (от уровня отхождения ЧС до бифуркации) в среднем составила  $13,6 \pm 1,68$  см (в диапазоне 9,6 – 17,7 см). По данным J. Yahel et al. [140], которые также измеряли длину БА от отхождения ЧС до бифуркации, в среднем она составила  $12,50 \pm 1,68$  см, в диапазоне 8,5 – 15,4 см.

N. Pennington et al. [115] измеряли длину аорты от середины Th12 позвонка до бифуркации. Начальная точка представляла собой уровень, на котором аорта проходит позади диафрагмы и входит в брюшную полость: ее определяли путем определения верхнего и нижнего краев тела позвонка по средней линии и расчета средней точки между ними. Средняя длина брюшной аорты составила  $16,06 \pm 1,55$  см с диапазоном 12,71 – 18,21 см.

Существующие данные о метрических отношениях между устьями различных артерий человеческого тела ограничены и нуждаются в дополнении [9, 19, 114]. На уровне отхождения артерий оказывает влияние множество факторов, обусловленных механизмами ангиогенеза, как, например, градиенты факторов роста, наличие рецептора-лиганда, рост самих клеток, их миграция, а также их удлинение и пролиферация [118]. Возможные корреляции между точками начала формирования сосудов, их диаметрами и длиной вызывают особый интерес как в исследованиях ангиогенеза и анатомии сосудистого русла, так и в клинической рентгенологии и сосудистой хирургии [114].

S. Standring et al. [129] в практическом руководстве «Gray's Anatomy» отмечают, что верхняя брыжеечная артерия берет начало примерно на 1 см ниже чревного ствола. В свою очередь, по данным исследования Н. Yan et al. [143], расстояние между вышеназванными двумя ветвями составляет 2 см и, что примечательно, оно больше у детей, при этом только в 0,4% (6/1591 наблюдений)

случаев расстояние превышает 3 см. E.W. Cauldwell et al. [62] определяет это расстояние в среднем 1,32 см в диапазоне от 0 до 3,4 см.

В исследовании N. Pennington et al. [115] расстояние между началом чревного ствола и верхней брыжеечной артерией в среднем составило  $0,92 \pm 0,4$  см. Согласно данным кадаверного исследования Takahashi et al. [132] на 20 трупах, среднее расстояние между ЧС и ВБА для обоих полов составило  $1,59 \pm 0,36$  см. Эта же исследовательская группа в аналогичном кадаверном исследовании уже на 63 трупных препаратах определила среднее расстояние между ЧС и ВБА как  $1,73 \pm 0,28$  см [133]. D. Mazzaccaro et al. [105] на основании данных ангиографии 150 пациентов определили, что расстояние ЧС – ВБА составляет  $1,5 \pm 0,58$  см и не имеет статистических значимых корреляций с длиной аорты.

Согласно данным R. Iannaccone [80], нижняя брыжеечная артерия отходит от аорты примерно на 7 см ниже начала ВБА. Этим значениям соответствуют данные МСКТ исследования A. Ekingen et al. [68], где это расстояние в среднем равно  $7,08 \pm 0,09$  см. Y. Nakayama et al. [109] также отмечает расстояние ВБА – НБА, в среднем равное  $7,04 \pm 0,81$  мм.

В исследовании J. Ke et al. [87] расстояние от НБА до бифуркации составило  $4,21 \pm 0,77$  см, что сопоставимо с исследованием J. Yahel et al. [140], где оно отмечается в среднем  $4,18 \pm 0,69$  см, причем у мужчин это расстояние больше –  $4,27 \pm 0,75$  см, чем у женщин –  $4,09 \pm 0,66$  мм. B.J. Anson et al. [53] также определяют это расстояние в среднем 4,3 см с вариабельностью от 1,1 – 1,5 см до 7,1 – 7,5 см. В исследовании Y. Nakayama et al. [109] это же расстояние составляло  $4,51 \pm 0,96$  мм. A. Ekingen et al. [68] отмечает это расстояние в среднем равным  $3,75 \pm 0,07$  см.

В своем исследовании относительного расположения мест ветвления ветвей брюшной аорты N. Pennington et al. [115] сообщили, что существовали некоторые слабые корреляции в расстояниях между чревным стволом и верхней брыжеечной артерией по отношению к длине аорты, однако корреляции расстояния между их точками отхождения и точкой ветвления нижней брыжеечной артерии не наблюдалось. В исследовании Y. Nakayama et al. [109] расстояние ЧС – ВБА и

расстояние ВБА – НБА не имели значительной положительной корреляции. Однако А. Ekingen et al. [68] утверждает, что в результате его исследования расстояние между ВБА и бифуркацией аорты и расстояние от центра устья ЧС до бифуркации аорты имели значительную положительную корреляцию ( $r = 0,921$ ;  $p < 0,01$ ). В этом же исследовании было обнаружено, что расстояние ВБА – НБА и расстояние ЧС – НБА также имели значительную положительную корреляцию ( $r = 0,895$ ;  $p < 0,01$ ) [68].

### **1.5. Вариантная анатомия чревного ствола**

Возможные варианты ветвления чревного ствола впервые были описаны и разделены на типы В.В. Lipshutz [102] в 1917 году. Исследование основывалось на диссекции 83 трупов: 67 мужчин и 8 женщин европеоидной расы, а также 6 мужчин и 2 женщин негроидной расы. Учёным было обнаружено и описано 4 типа ветвления чревного ствола:

1. Тип 1 – был отмечен в 75% случаев. Чревный ствол является общим стволом и непосредственным местом отхождения левой желудочной, селезеночной и общей печеночной артерий.
2. Тип 2 – встречался в 15% случаев. При этом варианте желудочная артерия отходила отдельной ветвью непосредственно от брюшной аорты и во всех наблюдаемых случаях располагалась выше отхождения чревного ствола. Сам чревный ствол делился на вершине на селезеночную и общую печеночную артерии.
3. Тип 3 – обнаружен в 6% наблюдений. При этом типе желудочная и общая печеночная артерии берут начало от чревного ствола, а селезеночная артерия отходит самостоятельной ветвью от брюшной аорты.
4. Тип 4 – отмечался в 3% случаев. От чревного ствола брали начало левая желудочная и селезеночная артерии. Печеночная артерия отходила как отдельная ветвь непосредственно от брюшной аорты.

Стоит отметить, что при описании вариантов ветвления В.В. Lipshutz не давал отдельные названия чревному стволу, вне зависимости от того, какие ветви

берут от него начало. Однако учёный отмечал некоторые варианты добавочных артерий, не вошедших в классификацию. Так, в его исследовании встречалась добавочная печеночная артерия, в 35% случаев начинаясь как ветвь левой желудочной артерии, в 15% случаев – как ветвь верхней брыжеечной и в 5 случаях как ветвь селезеночной артерии. Также в одном наблюдаемом случае общая печеночная артерия была обнаружена в общем стволе с левой желудочной и верхней брыжеечной артериями. Отсутствие других вариантов отхождения можно обосновать малым объемом выборки.

Японским анатомом, антропологом Buntaro Adachi в 1928 году [51] была предложена новая классификация анатомии чревного ствола, которая легла в основу современных классификаций. Он разделил варианты ветвления на типы и формы (подтипы). Типы – определяют классические артерии, отходящие от чревного ствола или брюшной аорты, а формы включают в себя добавочные (абберантные) артерии, берущие начало от ветвей ЧС (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация архитектоники чревного ствола по В. Adachi [51]

Тип чревного ствола	Форма чревного ствола	Определение	Название
Тип I	1	ЧС = ЛЖА+ОПА+СА.	Типовой чревный ствол
	2	ЧС = ЛЖА+ОПА+СА. ГДА от ВБА.	
	3-11	ЧС = ЛЖА+ОПА+СА. Наличие абберантных/добавочных артерий	
Тип II		ЧС = ОПА+СА. ЛЖА и ВБА от аорты	Печеночно-селезеночный ствол
Тип III		ЧС = ОПА+СА+ВБА. ЛЖА от аорты	Печеночно-селезеночно-брыжеечный ствол
Тип IV		ЧС = ЛЖА+ОПА+СА+ВБА	Чревно-брыжеечный ствол
Тип V		ЧС = ЛЖА+СА. ОПА+ВБА=ПБС	Печеночно-брыжеечный ствол
Тип VI		ЧС = ЛЖА+СА. ОПА+ВБА=ПБС, располагающийся позади воротной вены	Желудочно-селезеночный ствол

В дальнейшем, с развитием хирургии, онкологии и радиологии, классифицирование артерий целиако-мезентериального бассейна разделилось на 2 направления: одни ученые/анатомы взяли за основу определение типов чревного ствола [67, 128, 135], другие, ориентируясь на практическую направленность, создавали и совершенствовали классификации артериального кровоснабжения печени [5, 79, 107].

К первой группе относится врач-радиолог Renan Petrucci Uflacker [135], который классифицировал чревный ствол на 8 типов, добавив в классификацию взаимоотношения чревного ствола и верхней брыжеечной артерии, а также отметил отхождения средней ободочной артерии от ЧС (таблица 2). До сих пор его классификация используется в анатомических исследованиях сосудистого русла верхнего этажа брюшной полости [95].

Таблица 2 – Классификация архитектоники чревного ствола по R. Uflacker [135]

Тип	Характеристика
I	Типовой чревный ствол
II	Печеночно-селезеночный ствол
III	Печеночно-желудочный ствол
IV	Печеночно-селезеночно-брыжеечный ствол
V	Желудочно-селезеночный ствол
VI	Чревно-брыжеечный ствол
VII	Чревно-ободочный ствол
VIII	Отсутствие чревного ствола

В 1955 году N. Michels создал классификацию, описывающую 10 типов артериального кровоснабжения печени. В ней учитывались все артерии, принимающие участие в кровоснабжении печени, а также впервые было отмечено четкое разделение артерий, отходящих непосредственно от собственной печеночной артерии и aberrантных ветвей из других источников. Aberrантные

ветви, в свою очередь, были разделены на добавочные – кровоснабжающие часть паренхимы печени при наличии основной артерии от собственной печеночной артерии, и замещающие – артерии из неклассического источника, кровоснабжающие долю печени в отсутствии ветвей от собственной печеночной артерии (таблица 3) [107]. Данная классификация до сих пор используется и считается удобной в практической хирургии, онкологии и трансплантологии, считаясь классической [5].

Таблица 3 – Классификация архитектоники чревного ствола N. Michels [107]

Тип	Характеристика
I	Типичная анатомия: ОПА отходит от ЧС
II	Замещающая ЛПА от ЛЖА, являющейся ветвью чревного ствола
III	Замещающая ППА от ВБА
IV	Замещающая ЛПА от ЛЖА; замещающая ППА от ВБА
V	Добавочная ЛПА от ЛЖА; ЛПА и ППА от СПА
VI	Добавочная ППА от ВБА; ЛПА и ППА от СПА
VII	Добавочная ЛПА от ЛЖА; добавочная ППА от ВБА; ЛПА и ППА от СПА
VIII	Добавочная ЛПА от ЛЖА; замещающая ППА от ВБА
IX	ОПА от ВБА; от ЧС отходят ЛЖА и СА
X	ЛПА и ППА от ЛЖА

Однако в 1994 году J.R. Hiatt et al. [79], взяв за основу предложенную ранее N. Michels классификацию, объединил добавочные и замещающие ветви в одну группу aberrantных артерий, что упростило и сделало еще более удобной классификацию артериального бассейна печени для практической медицины (таблица 4).

С развитием прижизненных методов визуализации и созданием объемных баз данных исследования артериального сосудистого русла брюшной полости приобрели массовый характер. В результате новые варианты анатомии чревного

ствола и брыжеечных артерий стали фиксироваться и отмечаться значительно чаще [5, 23].

В одном из самых объёмных исследований на данный момент S.Y. Song et al [128] на основании данных 5002 МСКТ-ангиограмм отметили, что, исходя из исследований, проведенных ранее, и всех возможных сосудов, отходящих в супраренальном отделе аорты, возможных вариантов ветвления чревного ствола может быть 15, однако в исследовании было обнаружено только 13.

Таблица 4 – Сравнение классификаций Michels N. [107] и Hiatt, J.R. [79]

Michels, N. (1955)		Hiatt, J.R. (1994)	
Тип	Характеристика	Тип	Характеристика
I	Типичная анатомия: ОПА отходит от ЧС	I	Типичная анатомия: ОПА отходит от ЧС
II	Замещающая ЛПА от ЛЖА, являющейся ветвью чревного ствола	II	Аберрантная ЛПА от ЛЖА
V	Добавочная ЛПА от ЛЖА; ЛПА и ППА от СПА		
III	Замещающая ППА от ВБА	III	Аберрантная ППА от ВБА
VI	Добавочная ППА от ВБА; ЛПА и ППА от СПА		
IV	Замещающая ЛПА от ЛЖА; замещающая ППА от ВБА	IV	Аберрантная ЛПА от ЛЖА + аберрантная ППА от ВБА
VII	Добавочная ЛПА от ЛЖА; добавочная ППА от ВБА; ЛПА и ППА от СПА		
VIII	Добавочная ЛПА от ЛЖА; замещающая ППА от ВБА		
IX	ОПА от ВБА; от ЧС отходят ЛЖА и СА	V	ОПА от ВБА; от ЧС отходят ЛЖА и СА
X	ЛПА и ППА от ЛЖА	VI	Другие варианты

Е. Panagouli et al. [114], в свою очередь, классифицировал ЧС на 10 типов, к которым он добавил, наряду с вышеупомянутыми артериями, нижнюю брыжеечную артерию.

Наиболее полную классификацию вариантов архитектоники чревного ствола в своём диссертационном исследовании предложил Н.А. Коваленко [28] (таблица 5). В ней автор выделил непосредственное количество ветвей чревного ствола, тем самым разделив варианты на 4 большие группы, а основные и aberrantные ветви легли в основу подтипов. В свою очередь, тип отсутствия (агенезис) чревного ствола в классификацию не вошел, но был отмечен, как возможный вариант [17, 28].

Таблица 5 – Классификация атипичных вариантов ветвления чревного ствола по Н.А. Коваленко [28]

Вариант		Число ветвей	Отхождение ветвей ЧС	
1	Бифуркация	2	СА+ОПА	ЛЖА от БА
2			ЛЖА+СА	ОПА от БА
3			ЛЖА+СА	ОПА от ВБА
4			ВБА+СА	ЛЖА от СА, ОПА от БА
5	Атипичная трифуркация	3	СА+ОПА+ЗПА	ЛЖА от БА
6	Квадрифуркация	4	ЦМС	
7			ЛЖА+СА+ОПА+ПНДА	
8			ЛЖА+СА+ГДА+СПА	
9			ЛЖА+СА+ОПА+ЛНДА	
10			ЛЖА+СА+ОПА+ОНДА	
11			ЛЖА+СА+ППА+ЛПА	
12			ЛЖА+СА+ППА+ОПА	
13	ЛЖА+СА+ОПА+ЗПА			
14	Пентафуркация	5	(ЛЖА+СА+ГДА+ППА+ВБА)	
15			ЛЖА+СА+ОПА+ПНДА+ЛНДА	

На сегодняшний день, современные исследователи используют разные классификации вариантов ветвления чревного ствола, а также создают новые и дополняют существующие [28, 95, 114, 123, 125]. Количество изысканий в этой области не уменьшается, а только растёт. Это можно объяснить высокой частотой

встречаемости вариаций ветвления. Многие авторы отмечают частоту встречаемости возможных вариаций от 1,7% [79] до 46% [123].

### **1.6. Вариантная анатомия селезёночной артерии**

Наличие витков по ходу селезёночной артерии отмечали многие отечественные и зарубежные авторы [39, 60, 61, 66]. Впервые извитость селезёночной артерии описал итальянский хирург и анатом Юлий Цезарь Аранци еще в 1571 году [130]. Одним из первых задокументированных упоминаний об извитости селезёночной артерии является исследование В.В. Lipshutz [102]. Он отмечал, что в 67% классифицированных случаев этот сосуд имеет большие размеры и многочисленные извилистости, в 33% классифицированных случаев этот сосуд прямой или лишь слегка извилистый. R.A. Bergman [60] в сборнике, посвященном анатомическим вариациям человеческого организма, отмечал, что извитость селезёночной артерии может иметь вид непрерывной неправильной кривой с одной или несколькими спиралями. В кадаверном исследовании Daisy Sahni et al. [66] на основании обследования 200 трупов (156 мужчин и 44 женщины) с использованием поствитального контрастирования сосудов верхнего этажа брюшной полости было обнаружено, что селезёночная артерия была извитой только у 10% взрослых.

Изучение извитости селезёночной артерии при кадаверном исследовании может быть усложнено из-за посмертных изменений в стенке сосудов, связанных с их укорочением и деформацией [75, 127]. Однако P.A. Sylvester [130] при изучении 29 забальзамированных трупных образцов чревного ствола использовал оригинальный метод верификации извитости. В данном исследовании было измерено прямое расстояние от начала селезёночной артерии, от чревного ствола, до точки разветвления в воротах селезенки, а также общую длину артерии в развернутом виде между этими двумя точками. Последнее измерение проводилось путем размещения измерительной веревочки по всей длине верхнего края

исследуемой артерии. Первое расстояние делилось на второе, в результате определяя индекс извитости.

Современные методы визуализации, такие как МСКТ, благодаря возможности 3D-моделирования позволяют прижизненно произвести расчет витков СА.

Возможные причины извитости селезеночной артерии сформулировал N. Michels [106] в 1942 году: 1) перемещения в брюшной полости, связанные с дыхательными движениями, и увеличение селезенки, сопряженное с изменениями ее функций в течение жизни, обуславливают растяжение артерии; 2) извилистость обеспечивает систему демпфирования, которая защищает паренхиму селезенки; 3) она возникает в результате увеличения артерии, связанного с панкреатическими ветвями селезеночной артерии; 4) это особенность развития, детерминированная генетически; 5) это болезненное состояние, связанное с атеросклеротическими изменениями в стенках сосудов.

Однако P.A. Sylvester [130] отмечает маловероятной причину извитости, связанную с движением селезенки в брюшной полости, приводя в пример селезеночную вену – гораздо более тонкую структуру, сопровождающую одноименную артерию, но всегда прямую. Он подчеркивает, что, возможно, извилистость – это просто феномен развития, не имеющий функционального значения, однако существует мало доказательств, подтверждающих или опровергающих это [130]. В то же время, многие современные авторы указывают, что эта анатомическая особенность требует дополнительного изучения [39, 57, 61, 78].

Таким образом, несмотря на многовековое накопление данных о топографии, морфометрии и ветвлении сосудов, современные методы визуализации выявили значительное количество ранее не описанных анатомических вариантов. Это свидетельствует о недостаточной изученности вариабельности сосудистого русла, особенно в контексте висцеральных ветвей брюшной аорты, что подтверждается противоречивостью данных в современных исследованиях.

Кроме того, в последние десятилетия произошел методологический сдвиг – традиционные анатомические исследования на кадаверном материале уступили место прижизненной лучевой диагностике. Однако даже такие высокоточные методы, как МСКТ, не обеспечили унифицированной классификации морфометрических параметров и топографии артерий, что затрудняет их клиническое применение.

Особую значимость приобретает прогностический потенциал изучения вариантной анатомии сосудов, поскольку атипичное ветвление коррелирует с риском развития аневризм. Внедрение алгоритмов машинного обучения для анализа больших массивов морфометрических данных открывает новые перспективы в систематизации сосудистых аномалий, что делает данное исследование особенно востребованным в эпоху цифровой медицины.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ выборки, состоявшей из 1500 архивных деперсонифицированных МСКТ-ангиограмм брюшной аорты. Исследования проводились в рентгеновском отделении ГБУЗ НИИ ККБ№1 им. проф. С.В. Очаповского в период с сентября 2021 г по февраль 2024 г. Все проводимые исследования были одобрены независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО КубГМУ МЗ РФ, протокол № 101 от 24.09.2021 г.

Сканирование проведено на спиральном компьютерном томографе Siemens Somatom Definition Flash 256 (Германия) с коллимацией 128 x 0.6 мм, скоростью оборота трубки  $0.5 \text{ с}^{-1}$ , толщиной среза 2.0 мм. Визуализация сосудов брюшной аорты и измерение диаметра артерий проводилось на рабочей станции врача-рентгенолога «Syngo.via» с использованием специализированного программного пакета для изучения сосудистой системы (Vascular: Aorta CT). Критерии включения: возраст обследованного от 22 до 74 лет. Критерии исключения: наличие сосудистой патологии брюшной аорты, препятствующей адекватному контрастированию. В результате отбора в исследовании рассматривались архивные ангиограммы 916 мужчин и 327 женщин (1243 исследования).

Последующий статистический анализ и формирование обзора литературы были выполнены на базе ФГБОУ ВО Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России.

Стратификация исследуемой выборки по возрастным группам осуществлялась в соответствии с классификацией возрастных периодов, предложенной А.А. Маркосяном [33]. Однако для обеспечения сопоставимости данных между группами разного пола были применены единые возрастные интервалы. В соответствии с этим, все участники исследования были распределены на три возрастные категории: I группа – лица молодого возраста (до 35 лет) – 39 мужчин и 54 женщины; II группа – лица зрелого возраста (36–60 лет) – 385 мужчин

и 171 женщина; III группа – лица пожилого возраста (старше 60 лет) – 492 мужчины и 102 женщины.

## **2.1. Методика определения морфометрических параметров брюшной аорты и ее висцеральных ветвей**

Перед проведением морфометрии сосудов морфометрические параметры были разделены на 3 группы: 1. Морфометрические параметры брюшной аорты; 2. Морфометрические параметры крупных висцеральных ветвей БА; 3. Параметры, определяющие взаиморасположение сосудов.

К морфометрическим показателям брюшной аорты были отнесены: диаметр аорты на уровне отхождения ЧС (ДА) (рисунок 1), диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения почечных артерий или одной из почечных артерий (ДА5ПА) (рисунок 2); диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации (ДА5Биф) (рисунок 3); длина брюшной аорты от уровня аортального отверстия диафрагмы до бифуркации (ДЛИНБА) (рисунок 4). Для морфометрии крупных висцеральных сосудов БА учитывались: диаметр и длина ЧС (ДЧС и ДлинЧС) (рисунки 5-6), диаметры ВБА (ДВБА) (рисунки 7-8); диаметр НБА (ДНБА) (рисунок 9); наибольший диаметр правой и левой почечных артерий (ДППА и ДЛПА) (рисунки 10-11).

Для определения взаиморасположения сосудов были измерены: расстояние между центрами устьев ЧС и ВБА (РЧСВБА) (рисунок 12); расстояние между центрами устьев ВБА и НБА (РВБАНБА) (рисунок 13); расстояние между центром устья НБА и бифуркации БА (РНБАБИФ) (рисунок 14); аорто-мезентериальное расстояние (АМР) (рисунок 15); угол отхождения ЧС (УголЧС) (рисунок 16); угол отхождения ВБА (УголВБА) (рисунок 17); угол отхождения ППА и ЛПА (УголППА и УголЛПА) (рисунок 18). Общая схема исследования представлена на Рисунке А1 (Приложение А).

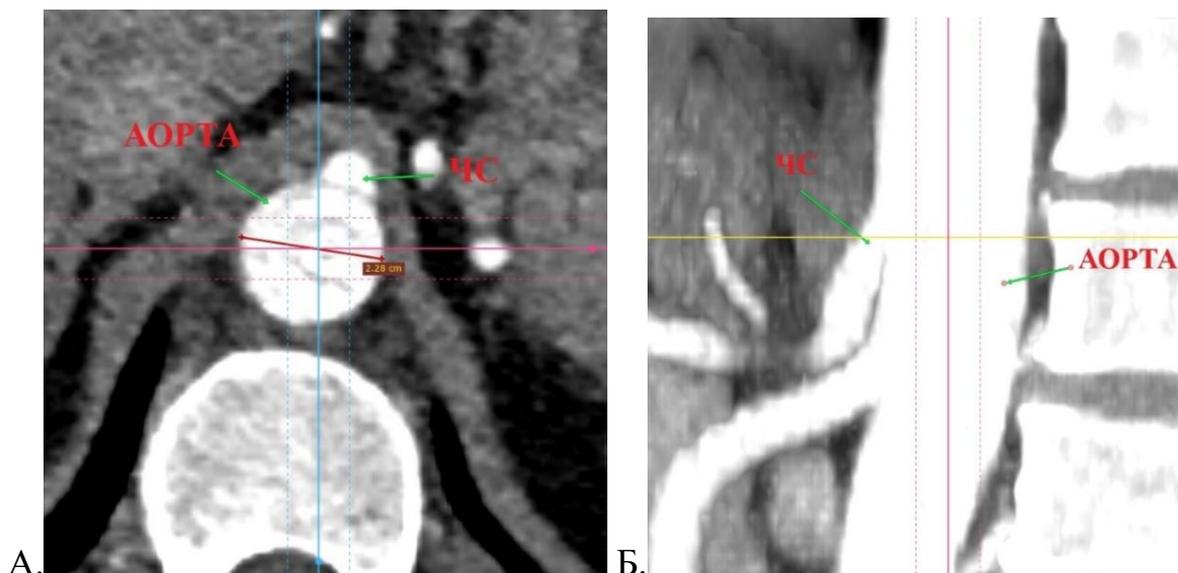


Рисунок 1 – Определение диаметра брюшной аорты на уровне отхождения чревного ствола (ЧС); МСКТ, МIP: А. – Аксиальная плоскость; Б. – Сагиттальная плоскость.

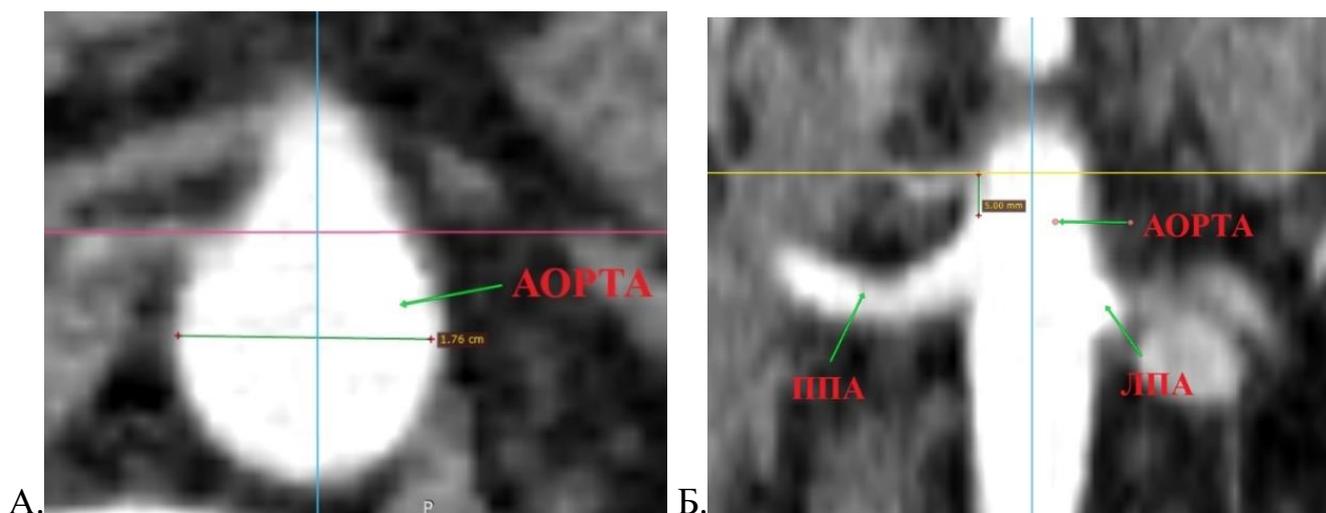


Рисунок 2 – Определение диаметра брюшной аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения правой и левой почечных артерий (ППА и ЛПА); МСКТ: А. – Аксиальная плоскость; Б. – Фронтальная плоскость.

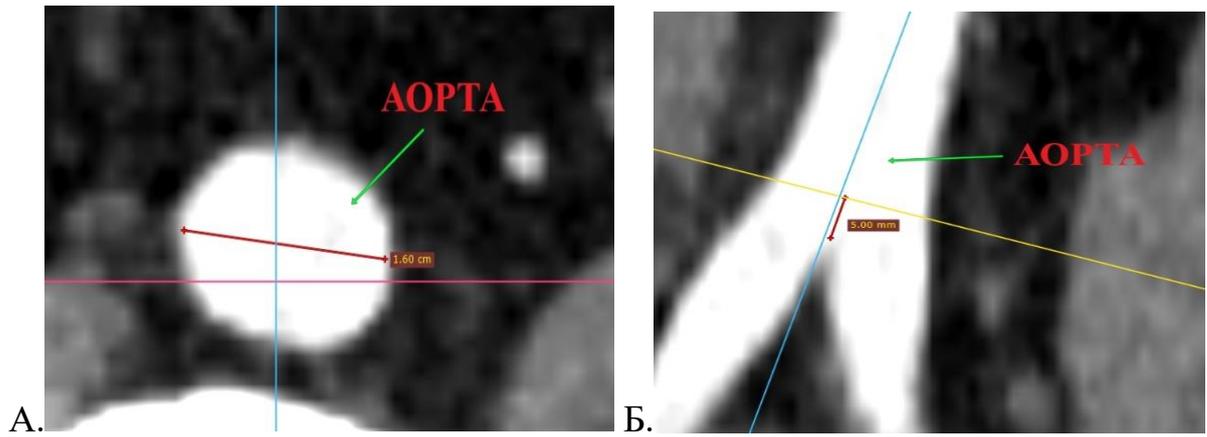


Рисунок 3 – Определение диаметра брюшной аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации; МСКТ: А. – Аксиальная плоскость; Б. – Сагиттальная плоскость.

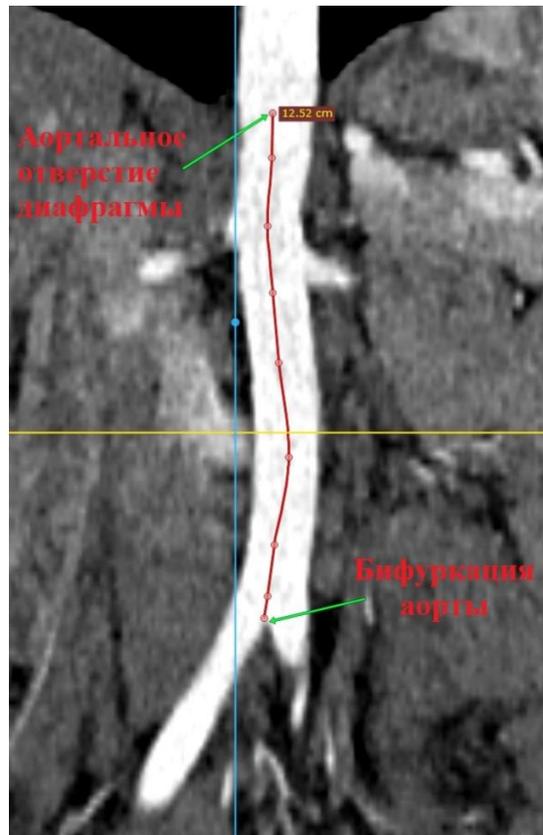


Рисунок 4 – Определение длины брюшной аорты от уровня аортального отверстия до бифуркации; МСКТ, фронтальная плоскость

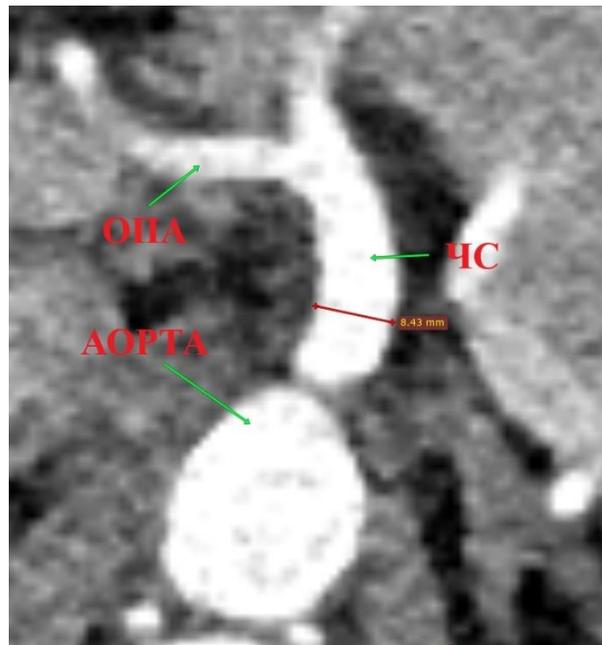


Рисунок 5 – Определение диаметра чревного ствола (ЧС): ОПА – общая печеночная артерия; МСКТ, аксиальная плоскость

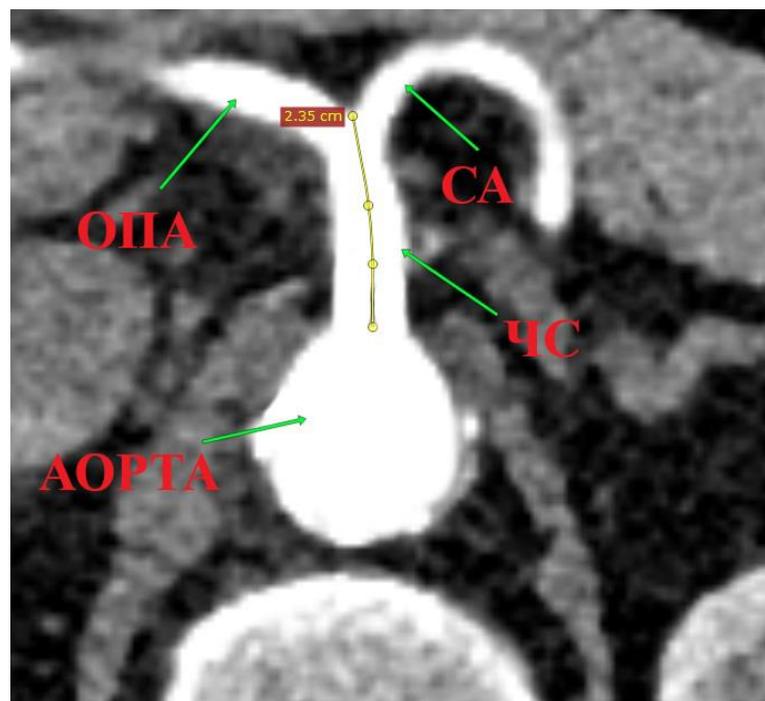


Рисунок 6 – Определение длины чревного ствола (ЧС): ОПА – общая печеночная артерия, СА – селезёночная артерия; МСКТ, аксиальная плоскость

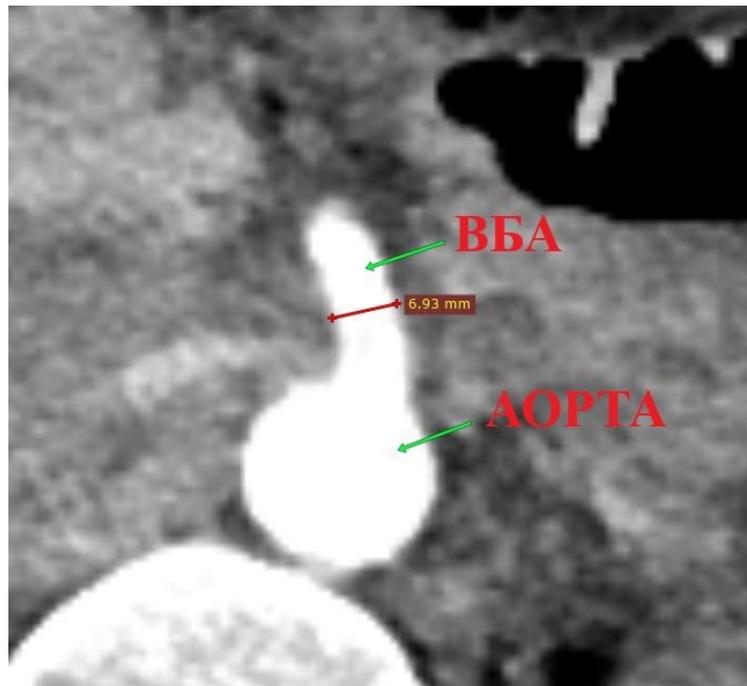


Рисунок 7 – Определение диаметра верхней брыжеечной артерии (ВБА);  
МСКТ, аксиальная плоскость

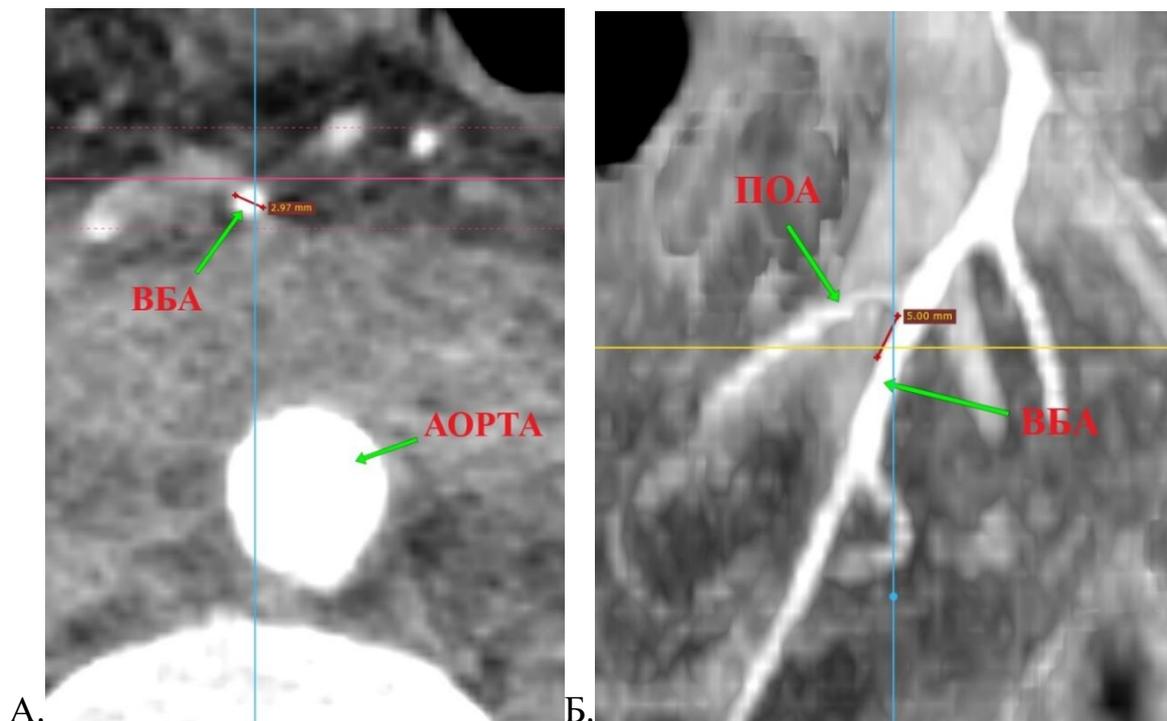


Рисунок 8 – Определение диаметра верхней брыжеечной артерии (ВБА) на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии; ПОА – подвздошно-ободочная артерия; МСКТ, МIP: А. – Аксиальная плоскость; Б. – Фронтальная плоскость.

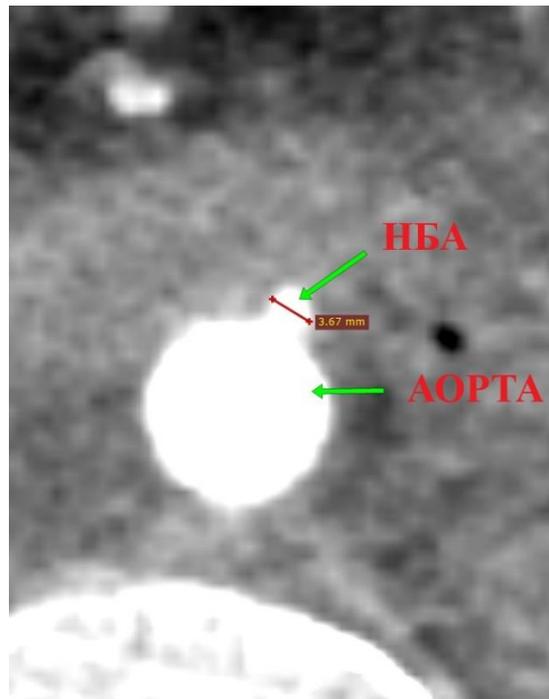


Рисунок 9 – Определение диаметра нижней брыжеечной артерии (НБА);  
МСКТ, МIP, аксиальная плоскость

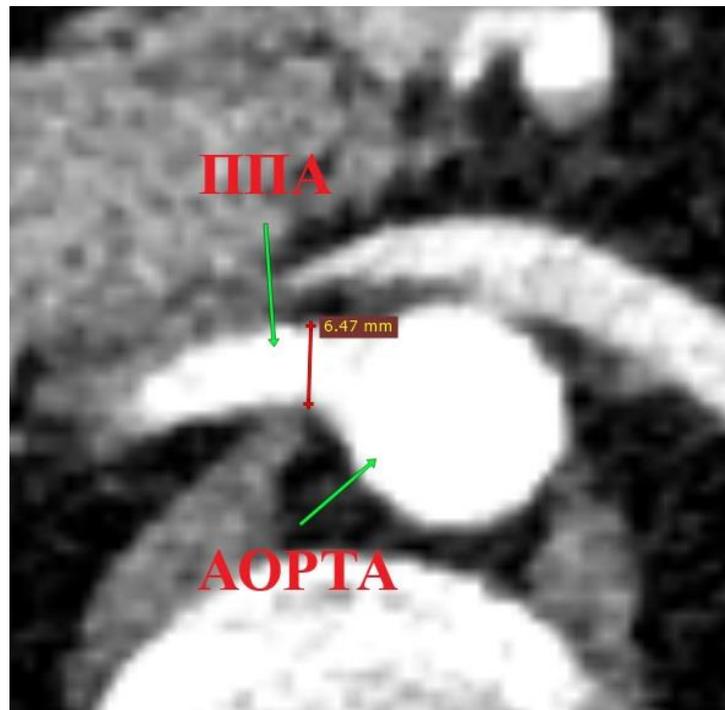


Рисунок 10 – Определение диаметра правой почечной артерии (ППА);  
МСКТ, аксиальная плоскость

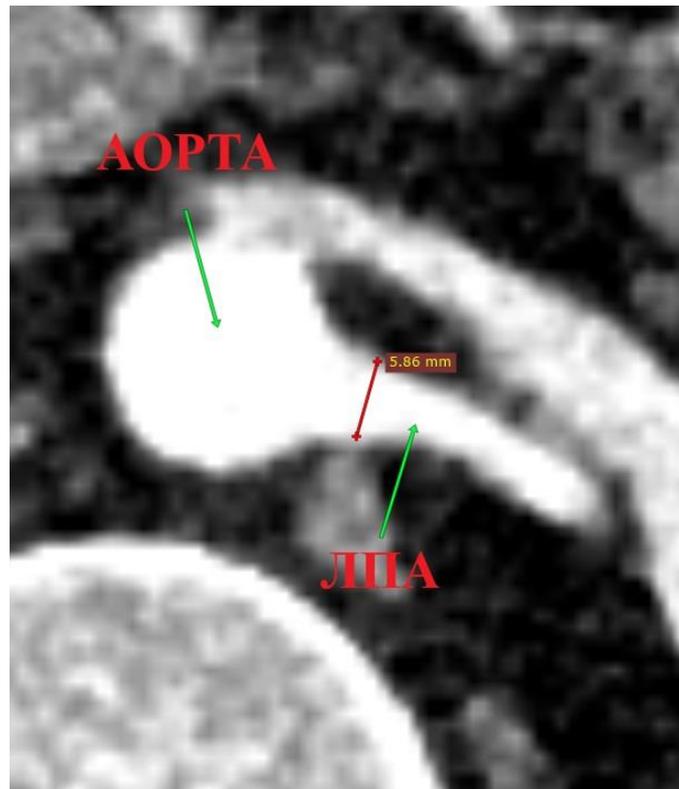


Рисунок 11 – Определение диаметра левой почечной артерии (ЛПА);  
МСКТ, аксиальная плоскость

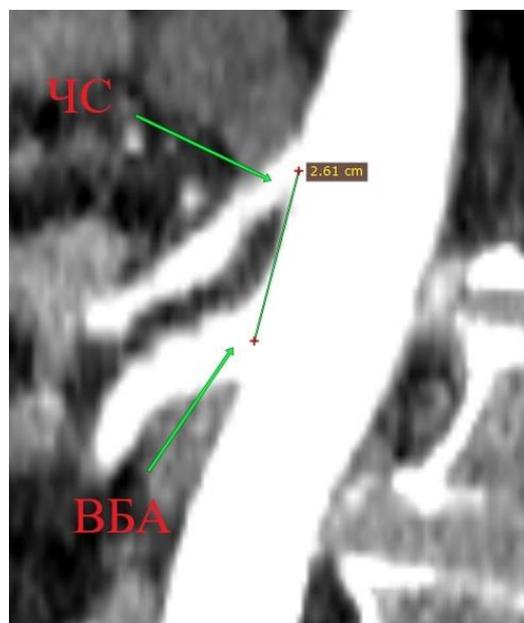


Рисунок 12 – Определение расстояния между центрами устьев чревного  
ствола (ЧС) и верхней брыжеечной артерии (ВБА); МСКТ, сагиттальная  
плоскость

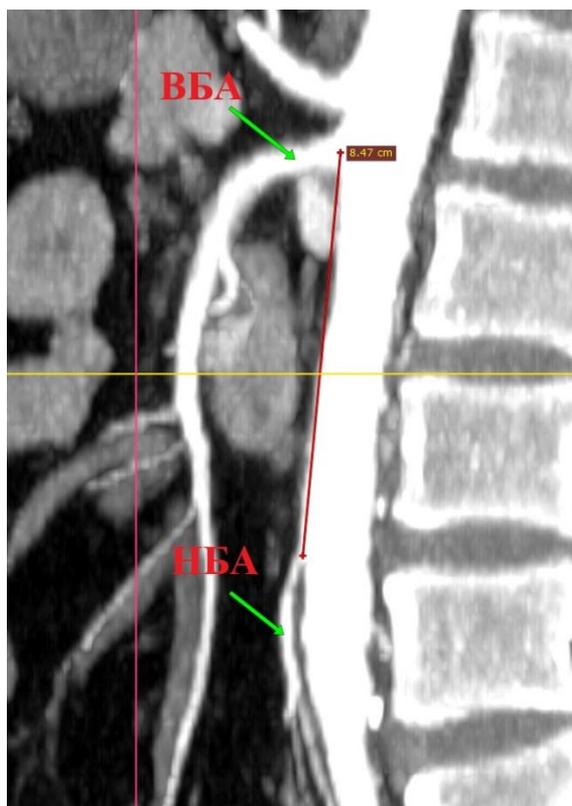


Рисунок 13 – Определение расстояния между центрами устьев верхней брыжеечной артерии (ВБА) и нижней брыжеечной артерии (НБА); МСКТ, сагиттальная плоскость

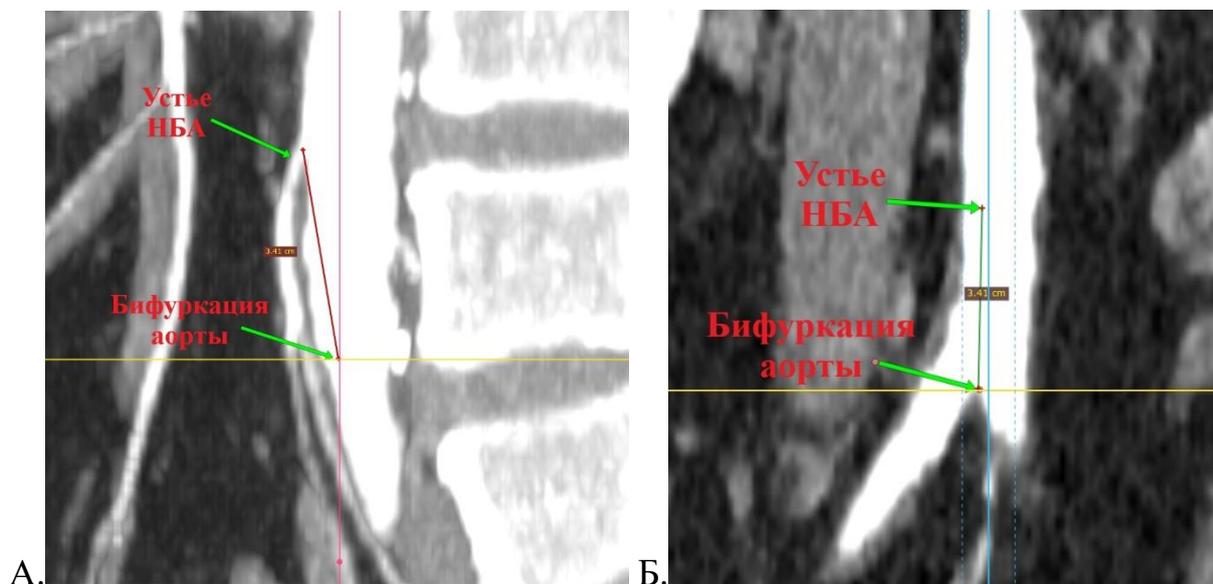


Рисунок 14 – Определение расстояния между центром устья нижней брыжеечной артерии (НБА) и бифуркацией аорты; МСКТ, МIP: А. Сагиттальная плоскость; Б. – Фронтальная плоскость

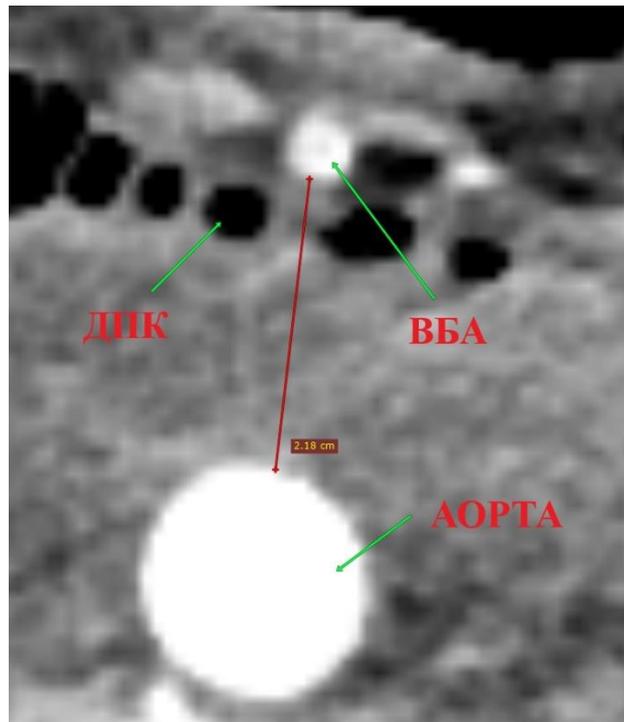


Рисунок 15 – Определение аорто-мезентериального расстояния; ВБА – верхняя брыжеечная артерия, ДПК – двенадцатиперстная кишка; МСКТ, аксиальная плоскость

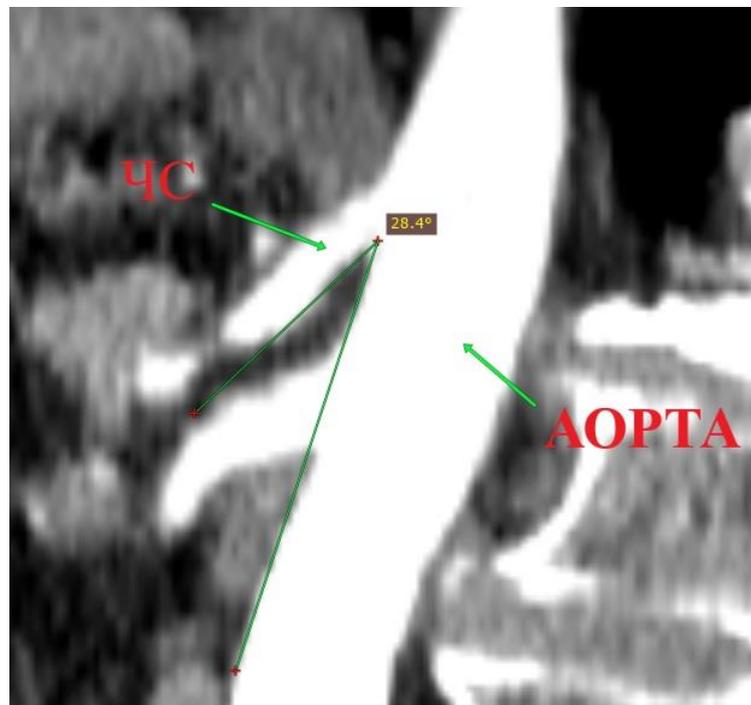


Рисунок 16 – Определение угла отхождения чревного ствола (ЧС); МСКТ, сагиттальная плоскость

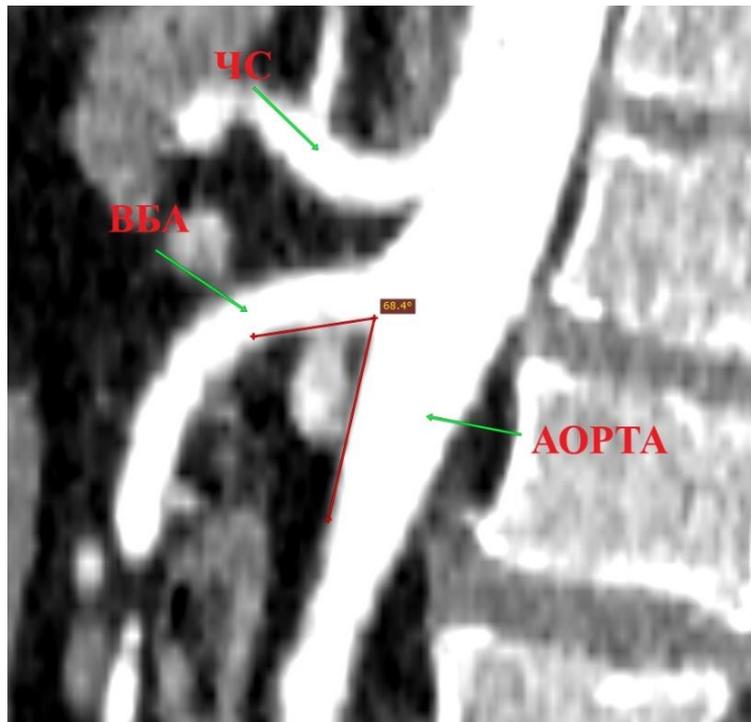


Рисунок 17 – Определение угла отхождения верхней брыжеечной артерии (ВБА); ЧС – чревный ствол; МСКТ, сагиттальная плоскость

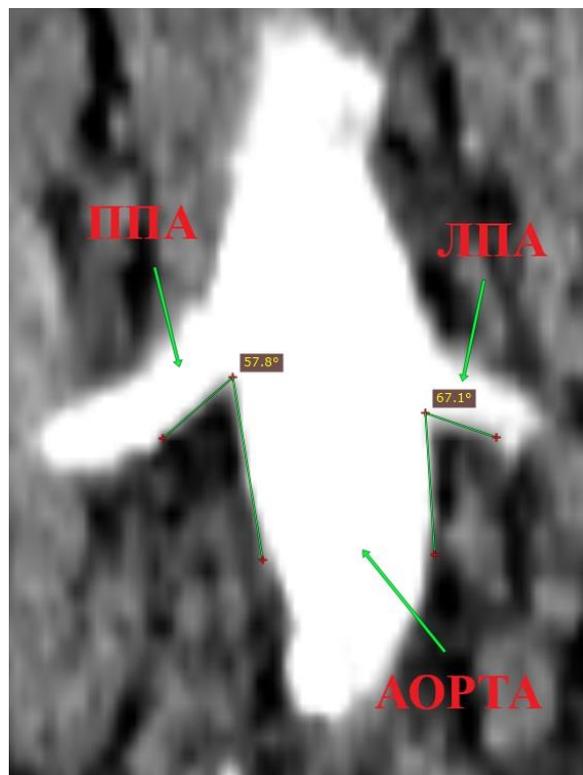


Рисунок 18 – Определение углов отхождения правой почечной артерии (ППА) и левой почечной артерии (ЛПА); МСКТ, фронтальная плоскость

## 2.2. Методика определения топографических параметров брюшной аорты и ее висцеральных ветвей

При определении топографических особенностей брюшной аорты и ее висцеральных ветвей измерялись следующие параметры: 1) скелетотопический уровень начала брюшной аорты на уровне аортального отверстия диафрагмы (рисунок 19); 2) скелетотопический уровень бифуркации аорты (рисунок 20); 3) скелетотопический уровень отхождения (центра устья) чревного ствола (Рисунок 21); 4) скелетотопический уровень отхождения (центра устья) верхней брыжеечной артерии (рисунок 22); 5) скелетотопический уровень отхождения (центра устья) нижней брыжеечной артерии (рисунок 23).

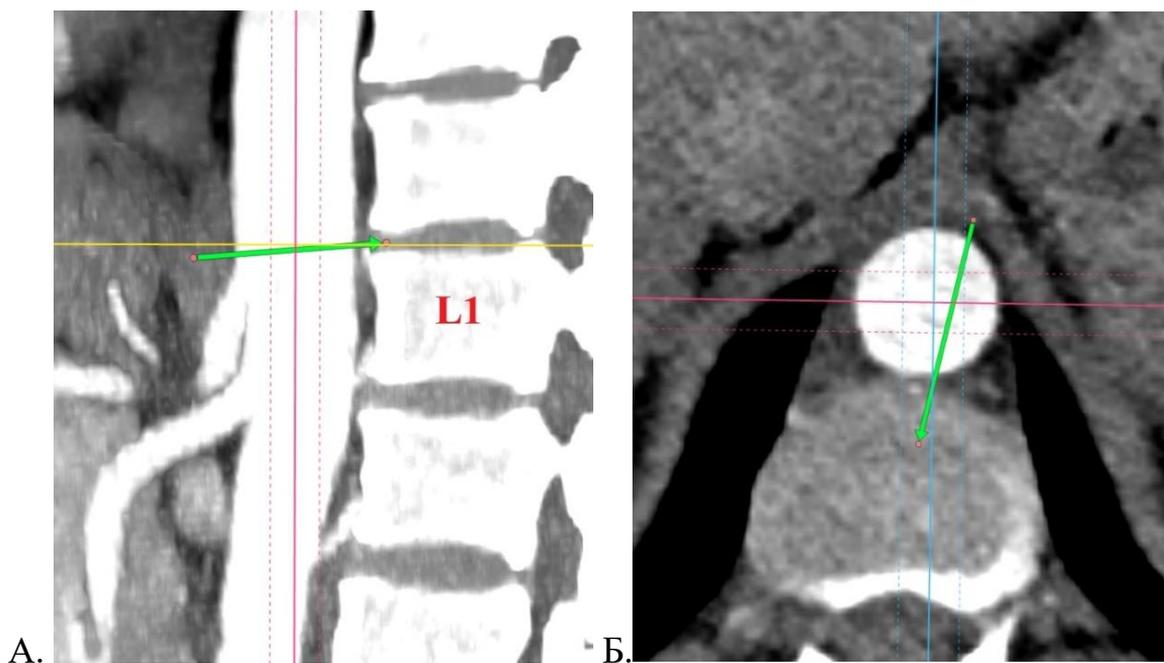


Рисунок 19 – Обозначение скелетотопического уровня начала брюшной аорты (зеленые стрелки – уровень аортального отверстия диафрагмы); МСКТ, МIP: А. – Сагиттальная плоскость; Б. – Аксиальная плоскость

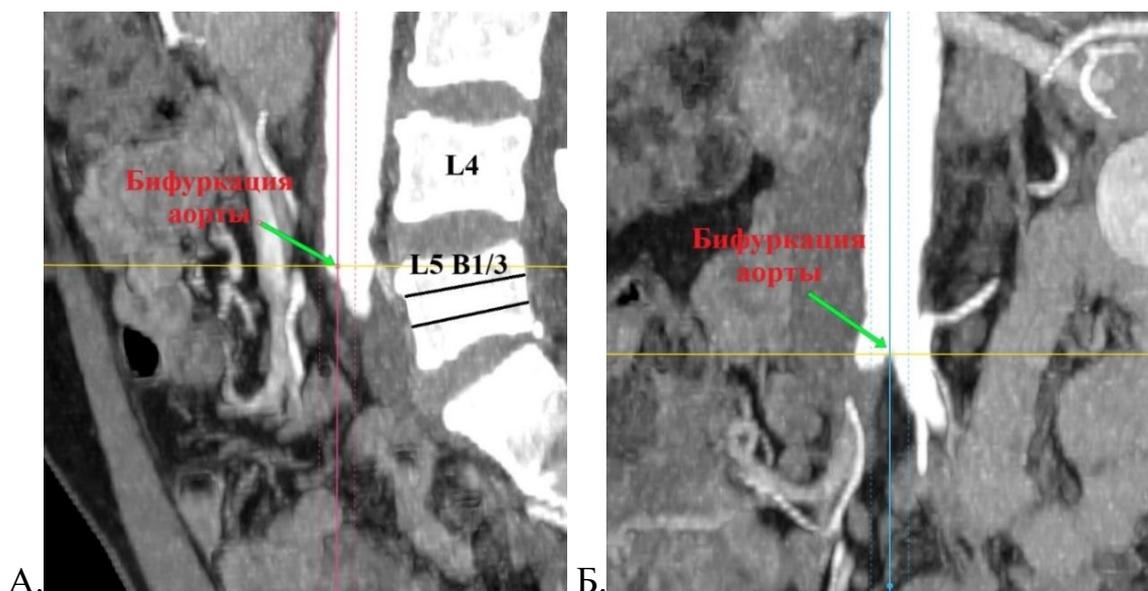


Рисунок 20 – Обозначение скелетотопического уровня бифуркации аорты; LV B1/3 – уровень верхней 1/3 пятого поясничного позвонка; МСКТ, МРР: А. – сагиттальная плоскость; Б. – фронтальная плоскость;

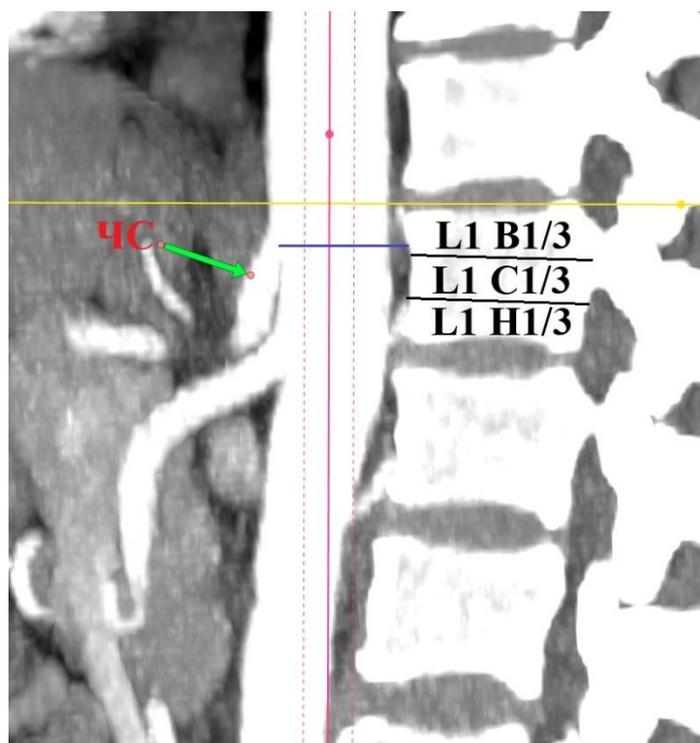


Рисунок 21 – Обозначение скелетотопического уровня отхождения чревного ствола (ЧС); L1 B1/3 – уровень верхней 1/3 первого поясничного позвонка; МСКТ, МРР, сагиттальная плоскость

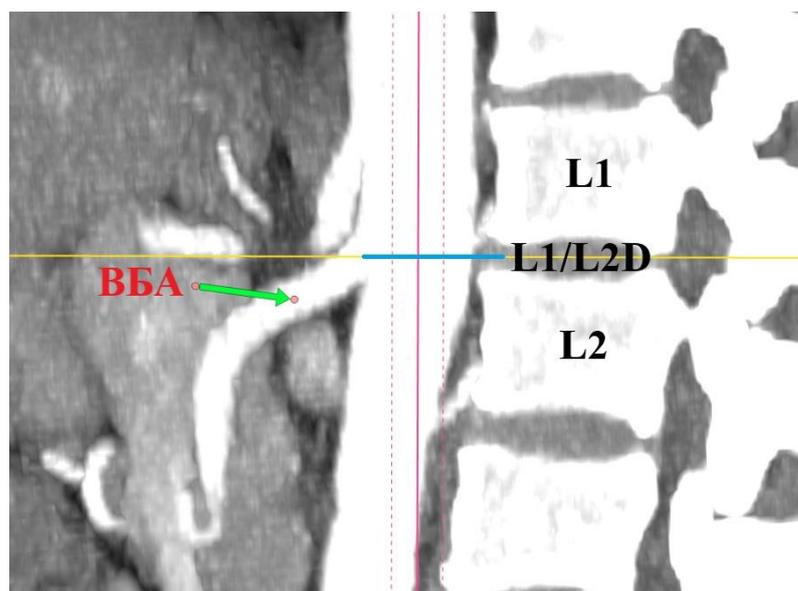


Рисунок 22 – Обозначение скелетотопического уровня отхождения верхней брыжеечной артерии (СБА); L1/L2D – уровень межпозвоночного диска между первым и вторым поясничными позвонками; МСКТ, МIP, сагиттальная плоскость

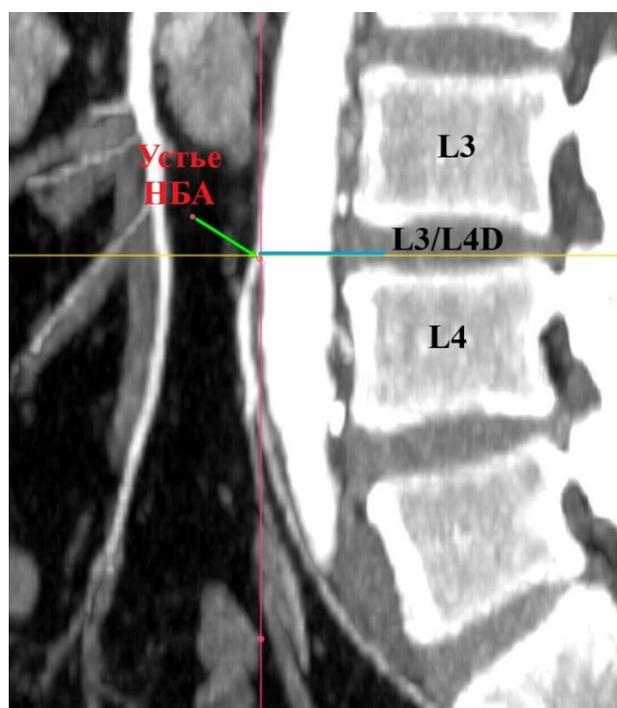


Рисунок 23 – Обозначение скелетотопического уровня отхождения нижней брыжеечной артерии (НБА); L3/L4D – уровень межпозвоночного диска между третьим и четвертым поясничными позвонками.  
(МСКТ, МIP, сагиттальная плоскость)

### 2.3. Методы статистической обработки полученных результатов

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23 (IBM, США), Excel 2016 (Microsoft, США), языка программирования Python.

Определение типа распределения количественных данных производилось с помощью критерия Колмогорова-Смирнова и критерия Шапиро-Уилка. Для описания всех изучаемых параметров, имеющих нормальное распределение, использовались такие статистические параметры, как среднее арифметическое и ошибка средней, максимальные и минимальные значения параметров, среднеквадратичное отклонение.

Для определения статистической значимости различий между средними значениям признаков в независимых группах определялся уровень статистической значимости ( $P$ ) по  $t$ -критерию Стьюдента для непарных выборок. Для выявления статистической значимости межгрупповых отличий морфометрических параметров в зависимости от пола и возраста использовался  $t$ -критерий Стьюдента и непараметрический  $U$ -критерий Манна-Уитни. Статистические различия признавались значимыми при значении уровня  $p < 0,05$ . При попарном сравнении более двух групп принималась поправка на множественное сравнение гипотез Бонферрони.

Чаще всего, для сравнения центральных тенденций двух независимых выборок используются критерий Стьюдента ( $t$ -критерий) и непараметрический критерий Манна-Уитни ( $U$ -критерий). Как известно,  $t$ -критерий применяется для выборок, имеющих нормальное распределение, тогда как  $U$ -критерий не зависит от распределения признака. Мощность критериев, определяющих нормальность распределения снижается при выборках малого объёма, в то же время для больших выборок даже несильное отклонение от нормальности в виде «тяжелых хвостов распределения» приводит к невозможности прохождения теста на нормальность. Однако ряд авторов [2, 30] отмечает, что проверка на нормальность распределения

в качестве условия для применения критерия Стьюдента не полностью целесообразна, т.к. применимость данного критерия больше растет при увеличении объёма выборок. Также при применении непараметрического U-критерия для выборок, имеющих существенно разные дисперсии, увеличивается вероятность ошибки первого рода, в то время как в этой же ситуации значения t-критерия больше приближаются к табличным значениям ошибок первого рода [30]. В.Н. Алдобаев и соавт. [2] считают, что использование непараметрических методов вместо параметрических в ущерб мощности соответствующих критериев нецелесообразно.

Исходя из вышеизложенного, для определения статистически значимых различий в определённых ранее группах был составлен следующий план: 1) проверка на нормальность распределения признака в выборках по каждому морфометрическому параметру; 2) определение статистически значимых различий путём множественных сравнений гипотез, ориентируясь на оба критерия (t-критерий и U-критерий). Проверка нормальности распределения в выборках заключалась в анализе гистограмм распределения и проведении тестов Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка на нормальность распределения. При сравнении более двух гипотез происходило попарное сравнение групп: 1-й и 2-й, 1-й и 3-й, 2-й и 3-й. Однако при попарном сравнении использовался меньший уровень значимости, т.е. принималась поправка на множественное сравнение гипотез Бонферрони – уровень значимости  $\alpha=0,05/3=0,017$  [18].

Поскольку проверка нормальности распределений, согласно исследованию А.А. Корнеева и А.Н. Кричевец [30], не является оптимальным обоснованием для проведения статистических тестов, проводятся два теста: параметрический t-критерий и непараметрический критерий Манна-Уитни. Если результаты тестов приблизительно одинаковые, то делается вывод на основе этих результатов. Если же по тестам наблюдается различия, то проводится более углубленный анализ, например, проверяется разнонаправленность асимметрий в группах. Для всех тестов был взят уровень значимости  $\alpha=0,05$ , результаты тестирования приведены в таблицах В1–В5 (приложение В).

Для определения возможных корреляций использовались значения коэффициента корреляции Пирсона и непараметрического рангового коэффициента корреляции Спирмена.

Для построения корреляционной матрицы использовались значения коэффициента корреляции Пирсона. Для уменьшения размерности данных и обнаружения взаимосвязей между признаками использовался метод главных компонент (principal components analysis, PCA). Основная идея метода главных компонент заключается в том, чтобы заменить исходные признаки их взвешенными линейными комбинациями, которые и называются главными компонентами [1]. Причем вес показывает относительный вклад исходных признаков в новые главные компоненты.

При помощи нелинейной техники снижения размерностей t-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding) [94] были визуализированы многомерные данные в двух- или трехмерном пространстве с максимальным сохранением структуры в исходных данных.

В качестве метода кластеризации была выбрана кластеризация на основе  $k$ -средних в силу его простоты и широкой применимости [4]. Далее для его реализации определено оптимальное число кластеров  $k$  методом «локтя» (elbow method), суть которого заключается в последовательном разбиении на кластеры и вычисления наибольшей внутрикластерной дисперсии (total within sum of square) для всех значений  $k$ . Оптимальное значение числа кластеров определяется точкой, где снижение этой дисперсии замедляется.

Для определения статистически значимых различий средних значений между кластерными группами использовался межкластерный дисперсионный анализ (ANOVA).

## ГЛАВА 3. ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

### 3.1. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в половом аспекте

В результате проведенного исследования были определены скелетотопические уровни начала брюшной аорты и её бифуркации, а также уровни отхождения её крупных висцеральных ветвей. Данные о частоте встречаемости вышеназванных параметров в зависимости от пола представлены в таблице 6.

Исходя из полученных данных, брюшная аорта чаще всего брала своё начало в промежутке от средней трети ThXII позвонка до верхней трети LI позвонка (84,6% – 1052 наблюдений). Самым часто встречаемым уровнем расположения аортального отверстия диафрагмы среди мужчин (39,9% – 366 наблюдений) и женщин (33,9% – 111 наблюдений) отмечалась нижняя треть ThXII позвонка.

Самым высоким уровнем начала БА была зафиксирована верхняя треть ThXI позвонка (0,6% – 8 наблюдений), причём у женщин данный уровень встречался чаще (1,5% – 5 наблюдений), чем у мужчин (0,3% – 3 наблюдений). А самым низким уровнем начала БА среди обоих полов отмечался уровень средней трети LI позвонка (3,1% – 38 наблюдений), встречающийся чаще у мужчин (3,8% – 35 наблюдений), чем у женщин (0,9% – 3 наблюдений).

Бифуркация аорты чаще находилась в промежутке от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка (93% – 1157 наблюдений). Самым частым уровнем бифуркации брюшной аорты среди обоих полов отмечалась нижняя треть LIV позвонка (36,8% – 457 наблюдений). Наиболее высокая бифуркация фиксировалась на уровне средней трети LIII позвонка (0,5% – 6 наблюдений), а самая низкая на уровне нижней трети LV позвонка (1,2% – 15 наблюдений).

Таблица 6 – Скелетотопические параметры брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей в разных половых группах

Параметр	Уровень	Мужчины		Женщины		N, абс.	Частота абс., %
		N	Частота, %	N	Частота, %		
Начало брюшной аорты	ThXI Верхняя 1/3	3	0,3	5	1,5	8	0,6
	ThXI Средняя 1/3	14	1,5	3	0,9	17	1,4
	ThXI Нижняя 1/3	19	2,1	6	1,8	25	2,0
	ThXI-12D	1	0,1	3	0,9	4	0,3
	ThXII Верхняя 1/3	76	8,3	23	7,0	99	8,0
	ThXII Средняя 1/3	115	12,5	78	23,9	193	15,5
	ThXII Нижняя 1/3	366	39,9	111	33,9	477	38,4
	ThXII-L1D	69	7,5	44	13,5	113	9,1
	L1 Верхняя 1/3	218	23,8	51	15,6	269	21,6
	L1 Средняя 1/3	35	3,8	3	0,9	38	3,1
Бифуркация аорты	LIII Средняя 1/3	4	0,4	2	0,6	6	0,5
	LIII Нижняя 1/3	8	0,9	0	0	8	0,6
	LIII-LIVD	4	0,4	3	0,9	7	0,6
	LIV Верхняя 1/3	91	9,9	41	12,5	132	10,6
	LIV Средняя 1/3	120	13,1	57	17,4	177	14,2
	LIV Нижняя 1/3	345	37,7	112	34,3	457	36,8
	LIV-LVD	70	7,6	41	12,5	111	8,9
	LV Верхняя 1/3	220	24	60	18,3	280	22,5
	LV Средняя 1/3	41	4,5	9	2,8	50	4
	LV Нижняя 1/3	13	1,4	2	0,6	15	1,2
Устье чревного ствола	ThXII Верхняя 1/3	11	1,2	4	1,2	15	1,2
	ThXII Средняя 1/3	64	7,0	23	7,0	87	7,0
	ThXII Нижняя 1/3	213	23,4	66	20,2	279	22,6
	ThXII-L1D	71	7,8	60	18,3	131	10,6
	L1 Верхняя 1/3	317	34,8	125	38,2	442	35,7
	L1 Средняя 1/3	144	15,8	34	10,4	178	14,4
	L1 Нижняя 1/3	84	9,2	12	3,7	96	7,8
	L1-LIID	2	0,2	3	0,9	5	0,4
	LII Верхняя 1/3	4	0,4	0	0	4	0,3
Устье верхней брыжеечной артерии	L1 Верхняя 1/3	131	14,3	40	12,2	171	13,8
	L1 Средняя 1/3	145	15,9	77	23,5	222	17,9
	L1 Нижняя 1/3	309	33,8	124	37,9	433	34,9
	L1-LIID	62	6,8	28	8,6	90	7,3
	LII Верхняя 1/3	227	24,9	51	15,6	278	22,4

Продолжение таблицы 6

Устье верхней брыжеечной артерии	ЛII Средняя 1/3	27	3	5	1,5	32	2,6
	ЛII Нижняя 1/3	12	1,3	2	0,6	14	1,1
	ЛII Верхняя 1/3	227	24,9	51	15,6	278	22,4
	ЛII Средняя 1/3	27	3	5	1,5	32	2,6
	ЛII Нижняя 1/3	12	1,3	2	0,6	14	1,1
Устье нижней брыжеечной артерии	ЛII Нижняя 1/3	5	0,5	2	0,6	7	0,6
	ЛII-LIИD	5	0,5	3	0,9	8	0,6
	ЛIII Верхняя 1/3	109	12	56	17,1	165	13,3
	ЛIII Средняя 1/3	209	22,9	72	22	281	22,7
	ЛIII Нижняя 1/3	312	34,2	90	27,5	402	32,5
	ЛIII-LIИD	56	6,1	27	8,3	83	6,7
	ЛIV Верхняя 1/3	162	17,8	50	15,3	212	17,1
	ЛIV Средняя 1/3	25	2,7	25	7,6	50	4
	ЛIV Нижняя 1/3	28	3,1	2	0,6	30	2,4
Устье правой почечной артерии	LI Верхняя 1/3	14	1,5	4	1,2	18	1,5
	LI Средняя 1/3	45	4,9	18	5,6	63	5,1
	LI Нижняя 1/3	210	23	59	18,2	269	21,6
	LI-LIИD	62	6,8	39	12	101	8,2
	LII Верхняя 1/3	326	35,6	157	48,5	483	39
	LII Средняя 1/3	165	18	34	10,5	199	16,1
	LII Нижняя 1/3	82	9	12	3,7	94	7,6
	LII-LIИD	2	0,2	1	0,3	3	0,2
	LIII Верхняя 1/3	8	0,9	0	0	8	0,6
	LIII Средняя 1/3	1	0,1	0	0	1	0,1
Устье левой почечной артерии	LI Верхняя 1/3	16	1,8	0	0	16	1,3
	LI Средняя 1/3	40	4,4	5	1,5	45	3,6
	LI Нижняя 1/3	163	17,9	67	20,6	230	18,7
	LI-LIИD	53	5,8	26	8	79	6,4
	LII Верхняя 1/3	306	33,6	149	45,8	455	36,9
	LII Средняя 1/3	202	22,2	60	18,5	262	21,2
	LII Нижняя 1/3	118	13	11	3,4	129	10,4
	LII-LIИD	2	0,2	2	0,6	4	0,3
	LIII Верхняя 1/3	9	1	5	1,5	14	1,1
	LIII Средняя 1/3	1	0,1	0	0	1	0,1

Бифуркация аорты чаще находилась в промежутке от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка (93% – 1157 наблюдений). Самым частым уровнем бифуркации брюшной аорты среди обоих полов отмечалась нижняя треть LIV позвонка (36,8% – 457 наблюдений). Наиболее высокая бифуркация фиксировалась на уровне средней трети LIII позвонка (0,5% – 6 наблюдений), а самая низкая на уровне нижней трети LV позвонка (1,2% – 15 наблюдений).

Уровень отхождения чревного ствола в 91,1% случаев (1126 наблюдений) отмечался в промежутке от нижней трети ThXII до нижней трети LI позвонка. У мужчин (34,8% – 317 наблюдений) и у женщин (38,2% – 125 наблюдений) чаще всего ЧС брал начало на уровне верхней трети LI позвонка. Стоит отметить, что если наиболее высоким уровнем для обоих полов отмечалась верхняя треть ThXII (1,2% – 15 наблюдений), то наиболее низким уровень имел половые различия. Для мужчин этот показатель фиксировался на уровне верхней трети LII позвонка (0,4% – 4 наблюдений), а для женщин – это межпозвоночный диск между LI и LII позвонками (0,9% – 3 наблюдений).

Устье верхней брыжеечной артерии чаще всего находилось в промежутке от верхней трети LI до верхней трети LII позвонка (96,3% – 1194 наблюдений), с самым часто наблюдаемым вариантом на уровне нижней трети LI для обоих полов (37,9% – 433 наблюдений). Самым высоким уровнем для обоих полов отмечалась верхняя треть LI позвонка (13,8% – 171 наблюдений), а самым низким – нижняя треть LII позвонка (1,1% – 14 наблюдений).

Нижняя брыжеечная артерия чаще отходила от брюшной аорты в промежутке от верхней трети LIII до верхней трети LIV позвонка (92,3% – 1143 наблюдений). Наиболее часто встречаемым уровнем устья НБА в 32,5% случаев (402 наблюдений) для обоих полов отмечалась нижняя треть LIII позвонка, самым высоким – нижняя треть LII позвонка (0,6% – 7 наблюдений), а самым низким в 2,4% случаев (30 наблюдений) фиксировался уровень нижней трети LIV позвонка.

Правая почечная артерия чаще брала начало в промежутке от нижней трети LI до средней трети LII позвонка (84,9% – 1052 наблюдений). Самым часто встречаемым уровнем и для мужчин (35,6% – 326 наблюдений) и для женщин

(48,5% – 157 наблюдений) стала верхняя треть LII позвонка. Самым высоким уровнем для обоих полов (1,5% для мужчин и 1,2% для женщин) отмечалась верхняя треть LI позвонка. Однако значения самого низкого уровня отхождения правой почечной артерии имели половые различия. Анализ данных выявил половые различия в аномальных вариантах расположения: у женщин в 0,3% случаев (1 наблюдение) отмечено положение на уровне межпозвоночного диска LII-LIII, тогда как у мужчин в 0,1% случаев (1 наблюдение) - на уровне средней трети тела LIII позвонка.

Топография устья левой почечной артерии в 93,6% наблюдений (1155 случаев) ограничивалась промежутком между нижней третью LI и нижней третью LII позвонков. Наиболее частой точкой отхождения являлась верхняя треть LII позвонка: у мужчин в 33,6% случаев (306 наблюдений), у женщин - в 45,8% случаев (149 наблюдений). Максимально краниальное положение у мужчин зафиксировано на уровне верхней трети LI позвонка (1,8%, 16 наблюдений), у женщин - средней трети LII позвонка (1,5%, 5 наблюдений).

Согласно полученным в результате исследования данным, все описанные топографические параметры имели одинаковые наиболее часто встречаемые промежутки для обоих полов. Однако для женщин отмечается преобладание более проксимального расположения устьев большинства висцеральных ветвей по отношению к началу брюшной аорты.

### **3.2. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в разных возрастных группах у мужчин**

В соответствии с выбранными возрастными периодами, все участники исследования были распределены на три возрастные категории: I группа – лица молодого возраста (до 35 лет); II группа – лица зрелого возраста (36–60 лет); III группа – лица пожилого возраста (старше 60 лет). Полученные данные отражены в таблице 7 – для мужчин и в таблице 8 – для женщин.

Таблица 7 – Скелетотопические параметры брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей у мужчин в разных возрастных группах

Параметр	Уровень	I возрастная группа		II возрастная группа		III возрастная группа	
		N	%	N	%	N	%
Начало брюшной аорты	ThXI Верхняя 1/3	0	0	0	0	3	0,6
	ThXI Средняя 1/3	0	0	4	1,0	10	2
	ThXI Нижняя 1/3	1	2,6	5	1,3	13	2,6
	ThXI-12D	0	0	1	0,3	0	0
	ThXII Верхняя 1/3	5	12,8	27	7,0	44	8,9
	ThXII Средняя 1/3	3	7,7	47	12,2	65	13,2
	ThXII Нижняя 1/3	19	48,7	142	36,9	205	41,7
	ThXII-LID	3	7,7	49	12,7	17	3,5
	LI Верхняя 1/3	7	17,9	99	25,7	112	22,8
	LI Средняя 1/3	1	2,6	11	2,9	23	4,7
Бифуркация аорты	LIII Средняя 1/3	0	0	3	0,8	1	0,2
	LIII Нижняя 1/3	0	0	2	0,5	6	1,2
	LIII-LIVD	1	2,6	2	0,5	1	0,2
	LIV Верхняя 1/3	7	17,9	51	13,2	33	6,7
	LIV Средняя 1/3	14	35,9	54	14,0	52	10,6
	LIV Нижняя 1/3	8	20,5	141	36,6	196	39,8
	LIV-LVD	2	5,1	50	13,0	18	3,7
	LV Верхняя 1/3	7	17,9	71	18,4	142	28,9
	LV Средняя 1/3	0	0	7	1,8	34	6,9
	LV Нижняя 1/3	0	0	4	1,0	9	1,8
Устье чревного ствола	ThXII Верхняя 1/3	0	0	3	0,8	8	1,6
	ThXII Средняя 1/3	5	12,8	26	6,8	33	6,8
	ThXII Нижняя 1/3	4	10,3	83	21,6	126	25,9
	ThXII-LID	5	12,8	44	11,5	22	4,5
	LI Верхняя 1/3	17	43,6	130	33,9	170	34,9
	LI Средняя 1/3	2	5,1	62	16,1	80	16,4
	LI Нижняя 1/3	5	12,8	34	8,9	45	9,2
	LI-LIID	1	2,6	1	0,3	0	0
	LII Верхняя 1/3	0	0	1	0,3	3	0,6
Устье верхней брыжеечной артерии	LI Верхняя 1/3	9	23,1	61	15,8	61	12,5
	LI Средняя 1/3	3	7,7	56	14,5	86	17,6
	LI Нижняя 1/3	13	33,3	131	34,0	165	33,7
	LI-LIID	3	7,7	47	12,2	12	2,5
	LII Верхняя 1/3	8	20,5	82	21,3	137	28,0
	LII Средняя 1/3	1	2,6	7	1,8	19	3,9
	LII Нижняя 1/3	2	5,1	1	0,3	9	1,8

## Продолжение таблицы 7

Устье нижней брыжеечной артерии	LI Нижняя 1/3	0	0	4	1	1	0,2
	LII-LIID	1	2,6	4	1	0	0
	LIII Верхняя 1/3	4	10,3	49	12,8	56	11,5
	LIII Средняя 1/3	9	23,1	91	23,7	109	22,3
	LIII Нижняя 1/3	16	41,0	112	29,2	184	37,7
	LIII-LIIV	2	5,1	44	11,5	10	2,0
	LIV Верхняя 1/3	2	5,1	64	16,7	96	19,7
	LIV Средняя 1/3	5	12,8	8	2,1	12	2,5
	LIV Нижняя 1/3	0	0	8	2,1	20	4,1
Устье правой почечной артерии	LI Верхняя 1/3	1	2,6	8	2,1	5	1
	LI Средняя 1/3	3	7,7	18	4,7	24	4,9
	LI Нижняя 1/3	18	46,2	78	20,3	114	23,2
	LI-LIID	3	7,7	42	10,9	17	3,5
	LII Верхняя 1/3	4	10,3	142	36,9	180	36,7
	LII Средняя 1/3	5	12,8	70	18,2	90	18,3
	LII Нижняя 1/3	5	12,8	22	5,7	55	11,2
	LII-LIID	0	0	1	0,3	1	0,2
	LIII Верхняя 1/3	0	0	3	0,8	5	1,0
LIII Средняя 1/3	0	0	1	0,3	0	0	
Устье левой почечной артерии	LI Верхняя 1/3	1	2,6	6	1,6	9	1,8
	LI Средняя 1/3	1	2,6	13	3,4	26	5,3
	LI Нижняя 1/3	16	41,0	60	15,6	87	17,9
	LI-LIID	4	10,3	34	8,9	15	3,1
	LII Верхняя 1/3	7	17,9	136	35,4	163	33,5
	LII Средняя 1/3	1	2,6	93	24,2	108	22,2
	LII Нижняя 1/3	9	23,1	36	9,4	73	15,0
	LII-LIID	0	0	2	0,5	0	0
	LIII Верхняя 1/3	0	0	3	0,8	6	1,2
LIII Средняя 1/3	0	0	1	0,3	0	0	

Среди исследований мужчин, к I возрастной группе было отнесено 39 человек, ко II группе – 385 человек, к III группе – 492 человека. Начало брюшной аорты для мужчин всех возрастных групп чаще всего определялось в пределах от верхней трети ThXII до верхней трети LI позвонка (I группа – 94,8%; II группа – 94,5%; III группа – 90,1%). Однако самые низкие и самые высокие уровни расположения аортального отверстия отмечаются в III возрастной группе. Также

стоит отметить тенденцию к дистализации данного параметра от I к III возрастной группе.

Бифуркация аорты отмечалась в промежутке от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка (I группа – 97,3%; II группа – 95,2%; III группа – 89,7%). Тем не менее, во II возрастной группе ниже данного промежутка определялись 2,8% исследований, а в III группе – 8,7% исследований. Наиболее частым уровнем бифуркации аорты для I возрастной группы определялась средняя треть LIV позвонка (35,9%), тогда как для II и III групп им был уровень нижней трети LIV позвонка (36,6% и 39,8% соответственно).

Бифуркация аорты отмечалась в промежутке от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка (I группа – 97,3%; II группа – 95,2%; III группа – 89,7%). Тем не менее, во II возрастной группе ниже данного промежутка определялись 2,8% исследований, а в III группе – 8,7% исследований. Наиболее частым уровнем бифуркации аорты для I возрастной группы определялась средняя треть LIV позвонка (35,9%), тогда как для II и III групп им был уровень нижней трети LIV позвонка (36,6% и 39,8% соответственно).

Устье чревного ствола чаще фиксировалось в пределах от средней трети ThXII до нижней трети LI позвонка для всех возрастных групп. Наиболее часто также во всех группах уровнем отхождения чревного ствола от брюшной аорты являлась верхняя треть LI позвонка (I группа – 43,6%; II группа – 33,9%; III группа – 34,9%).

Верхняя брыжеечная артерия брала своё начало от аорты в промежутке от верхней трети LI до нижней трети LII позвонка. Самым часто встречаемым уровнем для всех возрастных групп стала нижняя треть LI позвонка (I группа – 33,3%; II группа – 34,0%; III группа – 33,7%).

Устье нижней брыжеечной артерии чаще фиксировалось в пределах от верхней трети LIII до средней трети LIV позвонка во всех возрастных группах. Наиболее часто нижняя брыжеечная артерия брала своё начало на уровне нижней трети LIII позвонка (I группа – 41,0%; II группа – 29,2%; III группа – 37,7%). Также

стоит отметить, что наиболее низкий уровень отхождения – нижняя треть LIV – встречался только во II и в III возрастных группах (2,1% и 4,1% соответственно).

Начало правой почечной артерии чаще проецировалось в промежутке от верхней трети LI до нижней трети LII позвонка во всех возрастных группах. Однако более низкие уровни отхождения правой почечной артерии встречались только во II и III группах (1,4% и 1% соответственно). Также стоит отметить, что наиболее частым уровнем отхождения данной артерии в I возрастной группе определялась нижняя треть LI позвонка (46,2%), в то время как для II и III групп этим уровнем являлась верхняя треть LII позвонка (36,9% и 36,7% соответственно).

Устье левой почечной артерии чаще определялось в аналогичном с правой промежутке: от верхней трети LI до нижней трети LII позвонка. И так же, как и у правой почечной артерии, наиболее часто встречаемыми уровнями для I группы являлась нижняя треть LI позвонка (41,0%), а для II и III – верхняя треть LII позвонка. Так же, как и с противоположной стороны, только во II и III возрастных группах отмечались уровни отхождения данной артерии ниже нижней трети LII позвонка.

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что у мужчин топографические параметры самой аорты (уровень её начала и уровень бифуркации) имели большую вариабельность в III возрастной группе. Для такого параметра, как начало брюшной аорты, отмечается увеличение количества более высоких скелетотопических уровней от I к III возрастным группам. Бифуркация аорты, в свою очередь, наоборот все больше отмечается ниже наиболее часто встречаемых уровней от I к III группе. Топографические уровни устьев непарных висцеральных ветвей не показали четкой возрастной разницы по частоте встречаемости, однако для устьев чревного ствола и нижней брыжеечной артерии прослеживается тенденция к большей вариабельности от I к III группе. Устья почечных артерий с обеих сторон показали одинаковую разницу наиболее часто встречаемых уровней отхождения – в I группе почечные артерии чаще берут свое начало выше, чем во II и III возрастных группах.

### **3.3. Топографические особенности брюшной аорты и ее висцеральных ветвей в разных возрастных группах у женщин**

Исследования женщин были разделены на те же возрастные группы следующим образом: к I группе были отнесены 54 человека, ко II – 171 человек, к III – 102 человека (таблица 8). Аортальное отверстие диафрагмы чаще всего фиксировалось в промежутке от верхней трети ThXII позвонка до верхней трети LI позвонка для всех возрастных групп (I группа – 96,4%, II группа – 93,5%, III группа – 71,5%). Стоит отметить, что более проксимальное положение, т.е. выше данного промежутка, чаще определялось во II и III группах. В I возрастной группе выше межпозвоночного диска ThXI/ThXII аортальное отверстие не было обнаружено. Самым часто встречаемым скелетотопическим уровнем начала брюшной аорты во всех возрастных группах определялась нижняя треть ThXII позвонка (I группа – 27,8%, II группа – 34,5%, III группа – 36,3%).

Бифуркация аорты чаще находилась в интервале от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка (I группа – 96,3%, II группа – 95,4%, III группа – 94,0%). Наиболее частым уровнем бифуркации аорты для II и III возрастных групп являлась нижняя треть LIV позвонка (32,2% и 43,1% соответственно), в то время как для I группы им определялась верхняя треть LV позвонка (33,3%). В свою очередь, наиболее низкие уровни бифуркации отмечались только во II и III группах.

Устье чревного ствола находилось в промежутке от верхней трети ThXII позвонка до межпозвоночного диска между LI/LII позвонками. Наиболее часто во всех возрастных группах устье чревного ствола определялось на уровне верхней трети LI позвонка (I группа – 31,5%, II группа – 34,5%, III группа – 48,0%). Самым высоким уровнем отхождения чревного ствола определялась верхняя треть ThXII позвонка, причем данный уровень встречался только в I группе (7,4%). В то же время, самый низкий уровень (межпозвоночный диск между LI/LII позвонками) отмечался только во II группе (1,8%).

Таблица 8 – Скелетотопические параметры брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей у женщин в разных возрастных группах

Параметр	Уровень	I возрастная группа		II возрастная группа		III возрастная группа	
		N	%	N	%	N	%
Начало брюшной аорты	ThXI Верхняя 1/3	0	0	4	2,3	1	1,0
	ThXI Средняя 1/3	0	0	0	0	3	2,9
	ThXI Нижняя 1/3	0	0	4	2,3	2	2,0
	ThXI-12D	2	3,7	0	0	1	1,0
	ThXII Верхняя 1/3	9	16,7	10	5,8	4	3,9
	ThXII Средняя 1/3	14	25,9	40	23,4	24	23,5
	ThXII Нижняя 1/3	15	27,8	59	34,5	37	36,3
	ThXII-LID	9	16,7	27	15,8	8	7,8
	LI Верхняя 1/3	5	9,3	24	14,0	22	21,6
	LI Средняя 1/3	0	0	3	1,8	0	0
Бифуркация аорты	LIII Средняя 1/3	0	0	0	0	2	2,0
	LIII Нижняя 1/3	0	0	0	0	0	0
	LIII-LIVD	2	3,7	0	0	1	1,0
	LIV Верхняя 1/3	9	16,7	22	12,9	10	9,8
	LIV Средняя 1/3	2	3,7	41	24,0	14	13,7
	LIV Нижняя 1/3	13	24,1	55	32,2	44	43,1
	LIV-LVD	10	18,5	27	15,8	4	3,9
	LV Верхняя 1/3	18	33,3	18	10,5	24	23,5
	LV Средняя 1/3	0	0	8	4,7	1	1,0
	LV Нижняя 1/3	0	0	0	0	2	2,0
Устье чревного ствола	ThXII Верхняя 1/3	4	7,4	0	0	0	0
	ThXII Средняя 1/3	3	5,6	16	9,4	4	3,9
	ThXII Нижняя 1/3	10	18,5	28	16,4	28	27,5
	ThXII-LID	15	27,8	39	22,8	6	5,9
	LI Верхняя 1/3	17	31,5	59	34,5	49	48,0
	LI Средняя 1/3	4	7,4	18	10,5	12	11,8
	LI Нижняя 1/3	1	1,9	8	4,7	3	2,9
	LI-LIID	0	0	3	1,8	0	0
Устье верхней брыжеечной артерии	LI Верхняя 1/3	7	13,0	23	13,5	10	9,8
	LI Средняя 1/3	16	29,6	40	23,4	21	20,6
	LI Нижняя 1/3	15	27,8	64	37,4	45	44,1
	LI-LIID	10	18,5	14	8,2	4	3,9
	LII Верхняя 1/3	6	11,1	23	13,5	22	21,6
	LII Средняя 1/3	0	0	5	2,9	0	0
	LII Нижняя 1/3	0	0	2	1,2	0	0

Продолжение таблицы 8

Устье нижней брыжеечной артерии	LI Нижняя 1/3	0	0	0	0	2	2,0
	LI-LIID	1	1,9	1	0,6	1	1,0
	LII Верхняя 1/3	8	14,8	27	15,8	21	20,6
	LII Средняя 1/3	13	24,1	43	25,1	16	15,7
	LII Нижняя 1/3	14	25,9	52	30,4	24	23,5
	LII-LIIVD	2	3,7	20	11,7	5	4,9
	LIII Верхняя 1/3	7	13,0	21	12,3	22	21,6
	LIII Средняя 1/3	9	16,7	7	4,1	9	8,8
	LIII Нижняя 1/3	0	0	0	0	2	2,0
Устье правой почечной артерии	LI Верхняя 1/3	0	0	4	2,4	0	0
	LI Средняя 1/3	6	11,1	11	6,5	1	1,0
	LI Нижняя 1/3	8	14,8	35	20,6	16	16,0
	LI-LIID	15	27,8	18	10,6	6	6,0
	LII Верхняя 1/3	22	40,7	79	46,5	56	56,0
	LII Средняя 1/3	2	3,7	19	11,2	13	13,0
	LII Нижняя 1/3	1	1,9	3	1,8	8	8,0
	LII-LIIVD	0	0	1	0,6	0	0
	LI Верхняя 1/3	0	0	0	0	0	0
LI Средняя 1/3	4	7,4	0	0	1	1,0	
Устье левой почечной артерии	LI Нижняя 1/3	19	35,2	37	21,8	11	10,9
	LI-LIID	4	7,4	14	8,2	8	7,9
	LII Верхняя 1/3	19	35,2	83	48,8	47	46,5
	LII Средняя 1/3	7	13,0	25	14,7	28	27,7
	LII Нижняя 1/3	0	0	8	4,7	3	3,0
	LII-LIIVD	0	0	2	1,2	0	0
	LIII Верхняя 1/3	1	1,9	1	0,6	3	3,0

Устье верхней брыжеечной артерии во всех половых группах чаще отмечалось в промежутке от верхней трети LI до верхней трети LII позвонка. Примечательно, что только во II возрастной группе отмечались уровни отхождения ниже данного интервала в 4,1% наблюдений. Наиболее частым уровнем отхождения для II и III возрастных групп определялась нижняя треть LI позвонка (37,4% и 44,1% соответственно), в то время как для I группы им был уровень средней трети LI позвонка (29,6%).

Нижняя брыжеечная артерия чаще всего брала своё начало в промежутке от верхней трети LIII до средней трети LIV позвонка (I группа – 98,2%, II группа – 99,4%, III группа – 95,1%). Самым часто встречаемым уровнем отхождения

отмечалась нижняя треть LIII позвонка (I группа – 25,9%, II группа – 30,4%, III группа – 23,5%). Стоит отметить, что наиболее высокие и низкие уровни отмечались только в III возрастной группе.

Устье правой почечной артерии у женщин определялось в промежутке от верхней трети LI позвонка до межпозвоночного диска между LII/LIII позвонками. Наиболее частым уровнем отхождения правой почечной артерии для всех возрастных групп отмечалась верхняя треть LII позвонка (I группа – 40,7%, II группа – 46,5%, III группа – 56,0%).

Устье левой почечной артерии, что примечательно, встречалось в промежутке от средней трети LI позвонка до верхней трети LIII позвонка, т.е. ниже промежутка устья правой почечной артерии. Для I возрастной группы были определены два наиболее часто встречаемых уровня – нижняя треть LI позвонка (35,2%) и верхняя треть LII позвонка (35,2%). Для II и III возрастных групп таким уровнем стала верхняя треть LII позвонка (48,8% и 46,5% соответственно).

Таким образом, для топографических параметров самой аорты (уровни аортального отверстия диафрагмы и бифуркации аорты) от I к III возрастным группам отмечалась тенденция к увеличению интервала частотного промежутка, т.е. более высокие и низкие значения определялись чаще во II и III группах. Устья непарных висцеральных ветвей брюшной аорты в I возрастной группе чаще располагались в топографических промежутках выше, чем во II и III группах. Скелетотопический промежуток устья правой почечной артерии определялся выше интервала отхождения левой почечной артерии во всех возрастных группах, в то же время самым часто встречаемым уровнем отхождения для обеих почечных артерий во всех возрастных группах отмечалась верхняя треть LII позвонка.

### **3.4. Вариантная анатомия чревного ствола**

Варианты ветвления чревного ствола рассматривались в рамках классификации, разработанной R. Uflacker (1994). Результаты частоты встречаемости типов чревного ствола у мужчин и женщин представлены в

таблице 9. Типы ветвления, описанные в классификации, отмечались в 1145 наблюдениях.

Таблица 9 – Распределение вариантов ветвления чревного ствола, согласно классификации R. Uflacker (1994) [135]

Тип	Мужчины		Женщины		Число наблюдений, абс.	Частота абс., %
	N	Частота, %	N	Частота, %		
I	753	90,6	274	87,3	1027	89,7
II	37	4,5	20	6,4	57	5,0
III	1	0,1	3	1,0	4	0,3
IV	3	0,4	0	0	3	0,3
V	30	3,6	17	5,4	47	4,1
VI	2	0,2	0	0	2	0,2
VII	2	0,2	0	0	2	0,2
VIII	3	0,4	0	0	3	0,3

Согласно полученным результатам, наиболее частым вариантом ветвления чревного ствола был определён I тип – типовой классический чревный ствол с делением на 3 основные ветви: левую желудочную, общую печёночную и селезёночную артерии. Такой тип встречался в 89,7% всех наблюдений (90,6% у мужчин и 87,3% у женщин). Соответственно, общая частота остальных атипичных вариантов составила 10,3% (9,4% у мужчин и 12,7% у женщин). Самым часто встречаемым из атипичных вариантов чревного ствола для обоих полов определялся II тип (5% – 57 наблюдений), при котором формировался печёчно-селезёночный ствол, а левая желудочная артерия самостоятельно отходила от брюшной аорты. Такой тип отмечался в 4,5% случаев (37 наблюдений) у мужчин и в 6,4% (20 наблюдений) у женщин. Вторым по частоте встречаемости был определён V тип (4,1% – 47 наблюдений), при котором левая желудочная и селезёночная артерии формировали желудочно-селезёночный ствол, а общая печеночная артерия самостоятельно отходила от брюшной аорты (3,6% – 30 наблюдений у мужчин и 5,4% – 17 наблюдений у женщин).

У женщин из атипичных вариантов были определены только II, III, и V типы ветвления чревного ствола, других вариантов, согласно данной классификации, отмечено не было.

У мужчин встречались все варианты ветвления по R. Uflacker (1994). Наиболее редким для данного пола был определён III тип ветвления (0,1% – 1 наблюдение), при котором общая печёночная и левая желудочная артерии формировали печёочно-желудочный ствол, а селезёночная артерия брала начало от брюшной аорты.

Что примечательно, VIII тип по классификации R. Uflacker (1994) – агенезис (отсутствие) чревного ствола был отмечен в 3 наблюдениях только у мужчин (0,3% от всех наблюдений).

Классификация N. Michels (1955) описывает варианты артериального кровоснабжения печени, затрагивая анатомию чревного ствола и верхней брыжеечной артерии. Согласно данной классификации, были рассмотрены типы архитектоники чревного ствола, учитывая aberrантные и/или замещающие артерии, участвующие в кровоснабжении печени (таблица 10).

Таблица 10 – Распределение вариантов артериального кровоснабжения печени по классификации N. Michels (1955) [107]

Тип	Мужчины		Женщины		Число наблюдений, абс.	Частота абс., %
	N	Частота, %	N	Частота, %		
I	651	71,4	263	80,2	914	73,7
II	41	4,5	8	2,4	49	3,9
III	28	3,1	8	2,4	36	2,9
IV	6	0,7	1	0,3	7	0,6
V	28	3,1	18	5,5	46	3,7
VI	34	3,7	4	1,2	38	3,1
VII	6	0,7	0	0	6	0,5
VIII	3	0,3	1	0,3	4	0,3
IX	25	2,7	10	3,1	35	2,8
X	0	0	0	0	0	0
Другие варианты	90	9,8	15	4,6	105	8,5

Варианты, описанные в данной классификации, отмечались в 1135 наблюдениях (822 мужчин и 313 женщин). В 105 наблюдениях (90 мужчин и 15 женщин) были отмечены вариации, не входящие в данную классификацию.

В результате проведённого исследования частота встречаемости нормальной анатомии чревного ствола, верхней брыжеечной артерии и артериального кровоснабжения печени (I тип) составила 73,7% (914 наблюдений) – 71,4% (651 наблюдений) для мужчин и 80,2% (263 наблюдений) для женщин. Частота остальных вариаций составила 26,3%.

Для мужчин самым часто встречаемым типом из атипичных вариантов, согласно данной классификации, стал II тип (4,5% – 41 наблюдений), при котором от левой желудочной отходила замещающая левая печеночная артерия. Среди всех исследований такой тип встречался в 3,9% случаев (49 наблюдений). Самым редким из встреченных типов для мужчин и для обоих полов в 0,3% случаев определялся VIII тип, при котором добавочная левая печёночная артерия брала начало от левой желудочной, а замещающая правая печеночная артерия ветвилась от верхней брыжеечной артерии.

У женщин из атипичных вариантов чаще всего встречался V тип (5,5% – 18 наблюдений), при котором добавочная левая печеночная артерия начиналась от левой желудочной артерии. Наиболее редко (0,3% – 1 наблюдение) были отмечены IV и VIII типы. В свою очередь, VII тип, при котором добавочная левая печёночная артерия брала своё начало от левой желудочной, а добавочная правая печёночная артерия от верхней брыжеечной при наличии собственной печёночной артерии, у женщин не встречался.

Во время проведения исследования, были отмечены варианты ветвления чревного ствола, не вошедшие ни в одну из классификаций (таблица 11).

В 93 наблюдениях (80 мужчин и 13 женщин) отмечалось наличие одной нижней диафрагмальной артерии, отходящей от верхней полуокружности чревного ствола, т.е. отмечалась квадрифуркация (рисунок 24).

В 6 наблюдениях фиксировалось отхождение сразу двух нижних диафрагмальных артерий от чревного ствола при наличии трёх основных классических ветвей, т.е. пентафуркация (рисунок 25).

Также, в трёх наблюдениях был отмечен тип ветвления чревного ствола, при котором правая печеночная артерия отходила самостоятельной ветвью от чревного ствола, при наличии общей печеночной артерии (из которой формировались гастродуоденальная и левая печёночная артерии) (рисунок 26).

Таблица 11 – Неклассифицированные варианты ветвления чревного ствола

Вариант чревного ствола	Мужчины		Женщины		Число наблюдений, абс.	Частота абс., %
	N	Частота, %	N	Частота, %		
ЧС+НДА	80	88,9	13	86,6	93	88,6
ЧС+2НДА	6	6,7	0	0,0	6	5,7
ЧС+ППА	2	2,2	1	6,7	3	2,9
ПСС+НДА	1	1,1	1	6,7	2	1,9
НДА от ЛЖА; ПСС	1	1,1	0	0,0	1	0,9

В двух случаях (1 – у мужчин, 1 – у женщин) отмечалось отхождение нижней диафрагмальной артерии от печёчно-селезёночного ствола, тогда как левая желудочная артерия брала начало от передней полуокружности аорты (рисунок 27).

В одном случае из всех наблюдений отмечалось наличие печёчно-селезёночного ствола и левой желудочной артерии как самостоятельных ветвей брюшной аорты, при этом от верхней полуокружности ЛЖА отходила одна нижняя диафрагмальная артерия (рисунок 28).

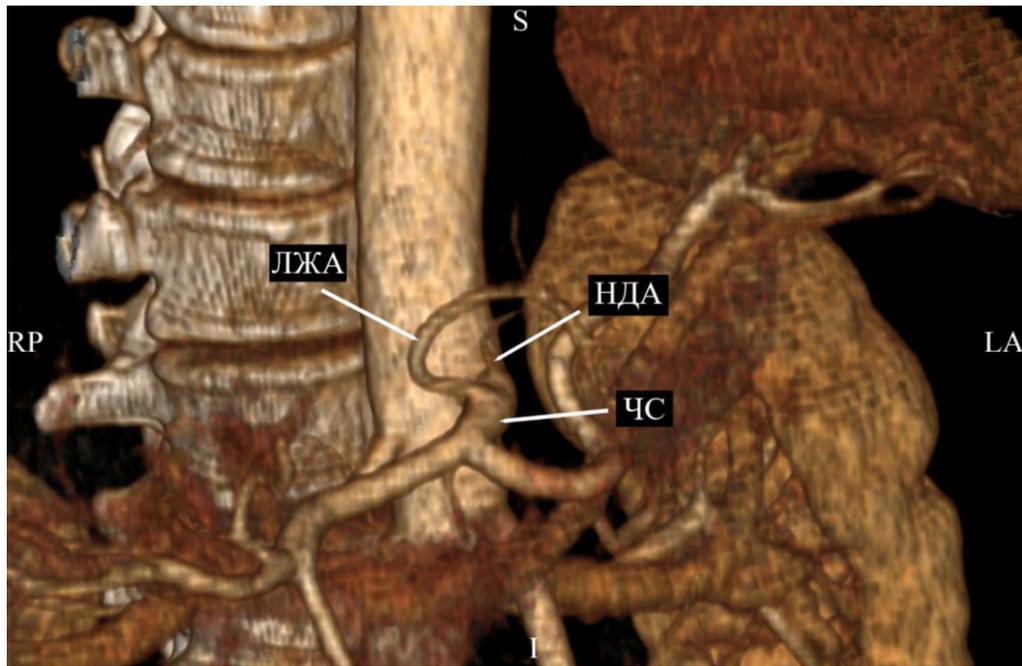


Рисунок 24 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, квадрифуркация чревного ствола: отхождение нижней диафрагмальной артерии (НДА) от чревного ствола (ЧС); ЛЖА – левая желудочная артерия

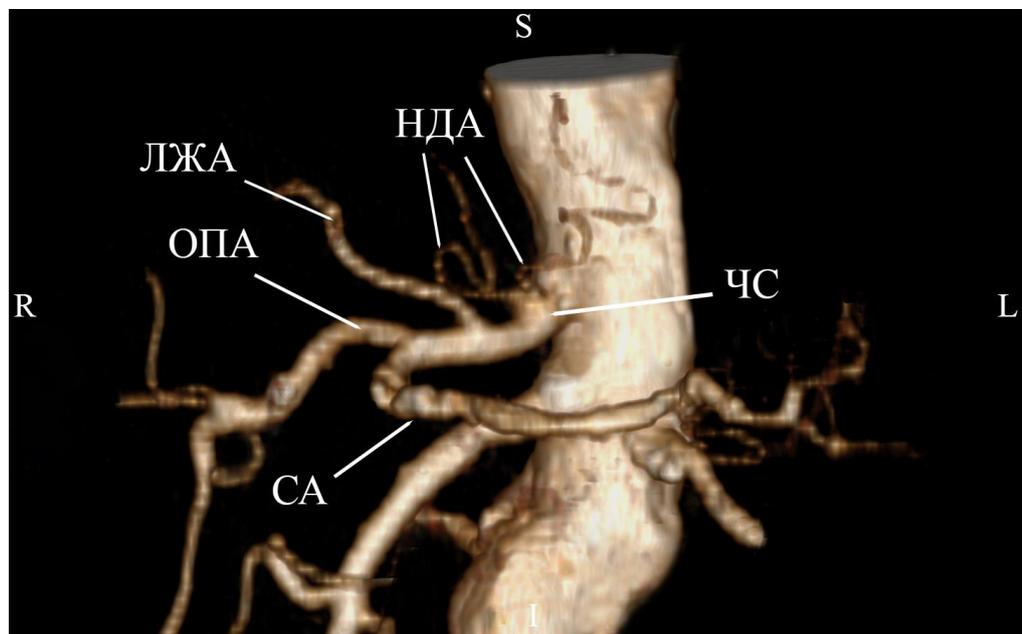


Рисунок 25 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, пентафуркация чревного ствола: отхождение двух нижних диафрагмальных артерий (НДА) от чревного ствола (ЧС); ЛЖА – левая желудочная артерия; ОПА – общая печеночная артерия; СА – селезёночная артерия

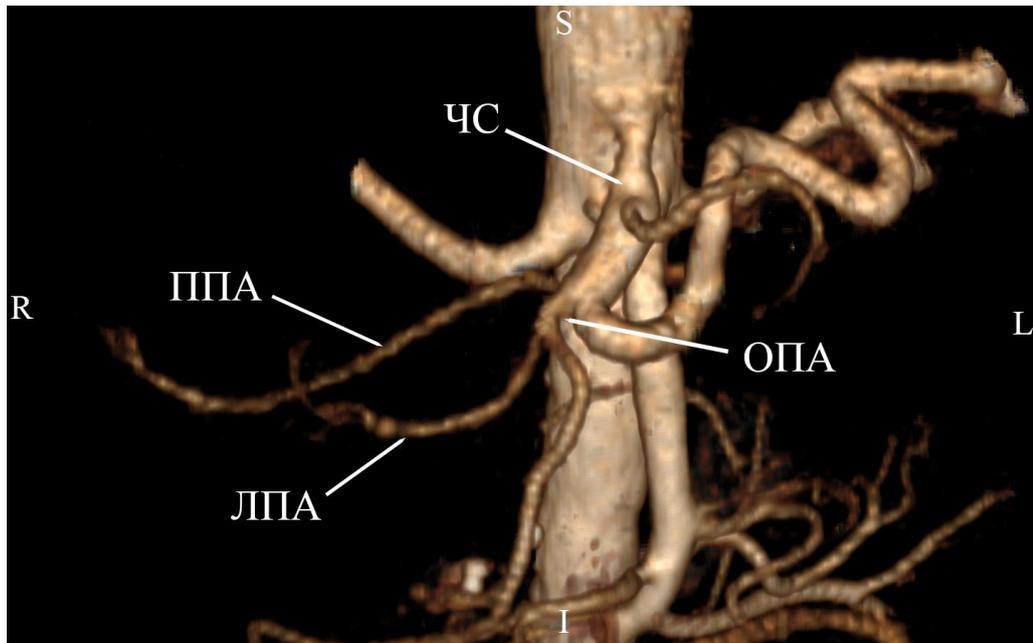


Рисунок 26 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, квадрифуркация чревного ствола: отхождение правой печёночной артерии (ППА) от чревного ствола (ЧС); ОПА – общая печеночная артерия; ЛПА – левая печёночная артерия

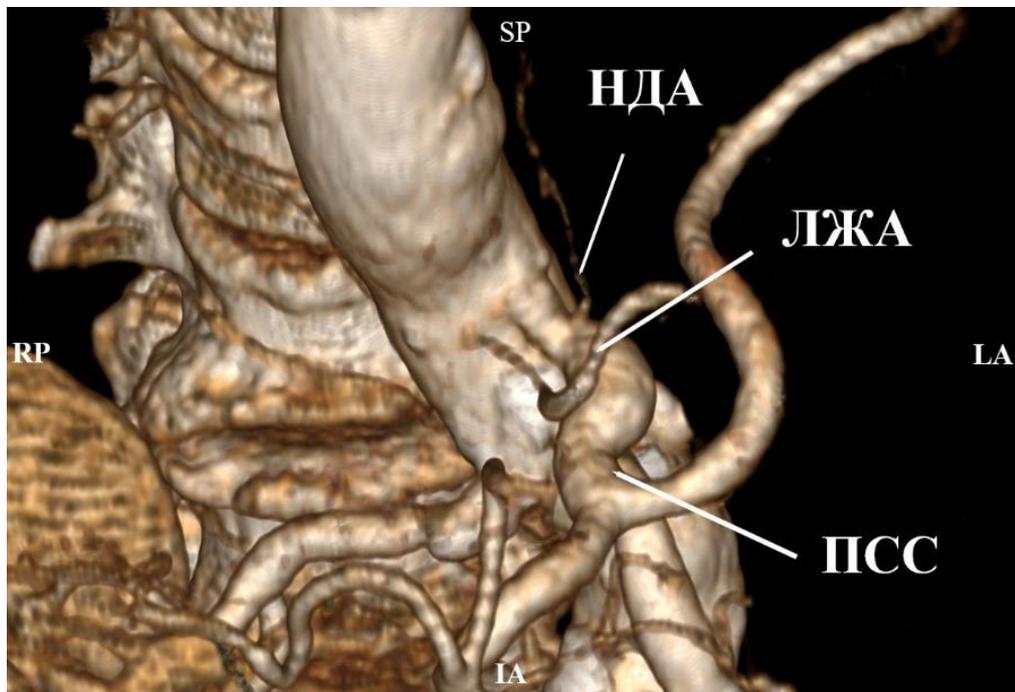


Рисунок 27 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, печёчно-селезёночный ствол (ПСС), его ветвь – нижняя диафрагмальная артерия (НДА); левая желудочная артерия (ЛЖА) – самостоятельная ветвь

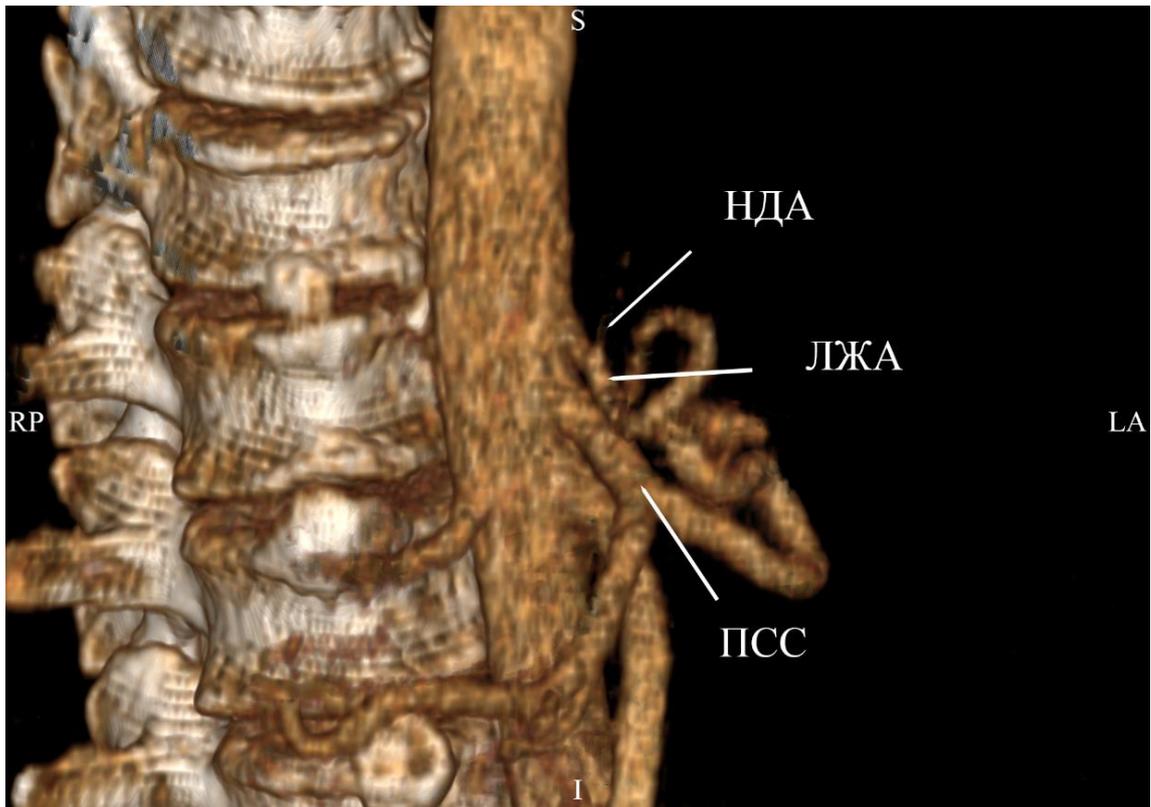


Рисунок 28 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, печёчно-селезёночный ствол (ПСС); левая желудочная артерия (ЛЖА) от брюшной аорты, нижняя диафрагмальная артерия (НДА) от левой желудочной артерии;

### 3.5. Извитость селезёночной артерии

Во время проведения анализа вариантной анатомии чревного ствола отдельно была отмечена особенность селезёночной артерии образовывать витки и спирали. Напротив, у части исследований наблюдалась классическая прямая архитектура данной артерии. Благодаря прижизненной 3D-визуализации сосудистого русла была представлена возможность осуществить подсчёт витков селезёночной артерии (таблица 12). Витком был определён полный оборот артерии с формированием кольца. Такие витки в литературе получили названия – «петли Вейзера» (the loop of Weizer).

Таблица 12 – Типы архитектуры селезёночной артерии

Тип селезёночной артерии	Мужчины		Женщины		Число наблюдений, абс.	Частота абс., %
	N	Частота, %	N	Частота, %		
0 витков	221	24,1	80	24,6	301	24,3
1 виток	362	39,5	115	35,4	477	38,4
2 витка	181	19,8	84	25,8	265	21,4
3 витка	108	11,8	36	11,1	144	11,6
4 витка	30	3,3	5	1,5	35	2,8
5 витков	14	1,5	5	1,5	19	1,5

В результате исследования были обнаружены 6 типов архитектуры селезёночной артерии: 1) 0 витков (классический тип); 2) 1 виток (рисунок 29); 3) 2 витка (рисунок 30); 4) 3 витка (рисунок 31); 5) 4 витка (рисунок 32); 6) 5 витков (рисунок 33). Наиболее часто встречаемым типом среди обоих полов определялся тип селезёночной артерии с 1 витком (38,4% – 477 наблюдений) Реже всего наблюдалась селезёночная артерия, имеющая 5 витков (1,5% – 19 наблюдений). Что характерно, в процентном соотношении все обнаруженные типы разбиваются на практически одинаковые группы среди обоих полов. Классический тип селезёночной артерии без витков был отмечен в 24,3% случаев (301 наблюдение).

Извитость селезёночной артерии (от 1 витка и более) отмечалась в 75,7% наблюдений.

Для оценки возможной корреляции данного параметра с возрастом и диаметром селезёночной артерии был использован ранговый коэффициент Спирмена (таблица 13).

Таблица 13 – Значения рангового коэффициента корреляции Спирмена

Параметр	Возраст	Диаметр селезёночной артерии
Количество витков селезёночной артерии	$\rho = 0,066$	$\rho = 0,083$
	$p = 0,021$	$p = 0,004$

Согласно результатам проведенного теста, была определена значимая положительная корреляция между количеством витков селезёночной артерии и её диаметром ( $p = 0,004$ ), а также более слабая положительная корреляция между количеством витков и возрастом ( $p = 0,021$ ).

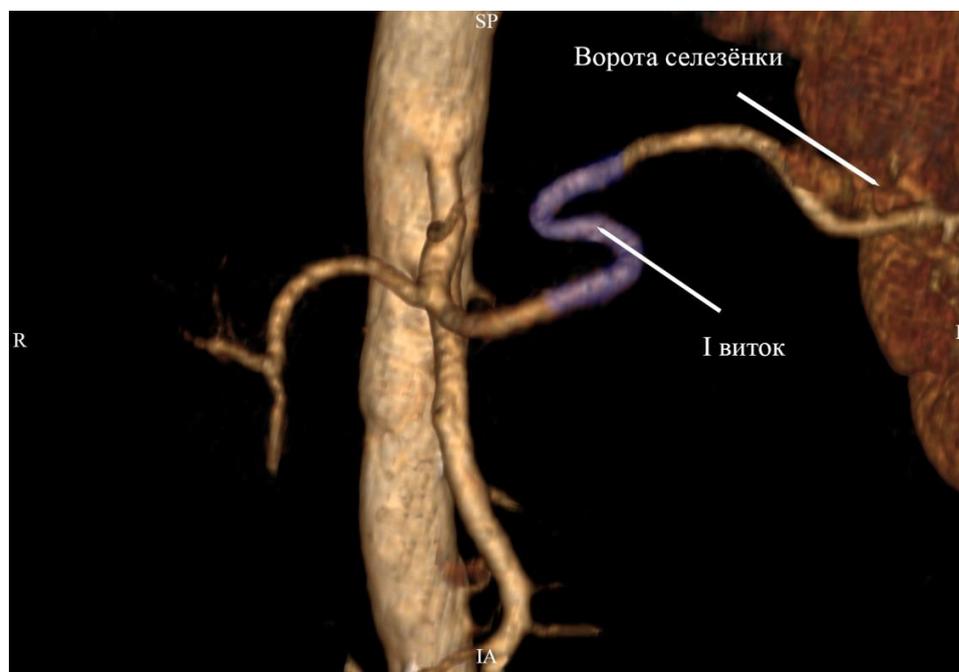


Рисунок 29 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, селезёночная артерия, образующая 1 виток

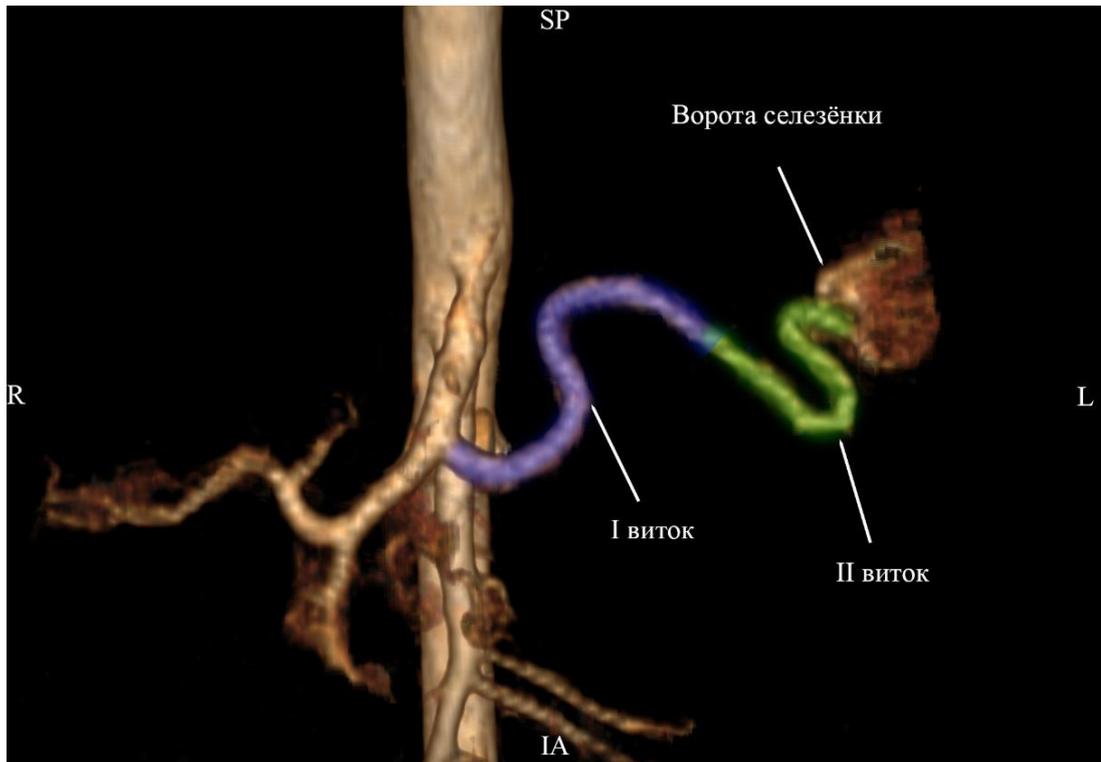


Рисунок 30 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, селезёночная артерия, образующая 2 витка

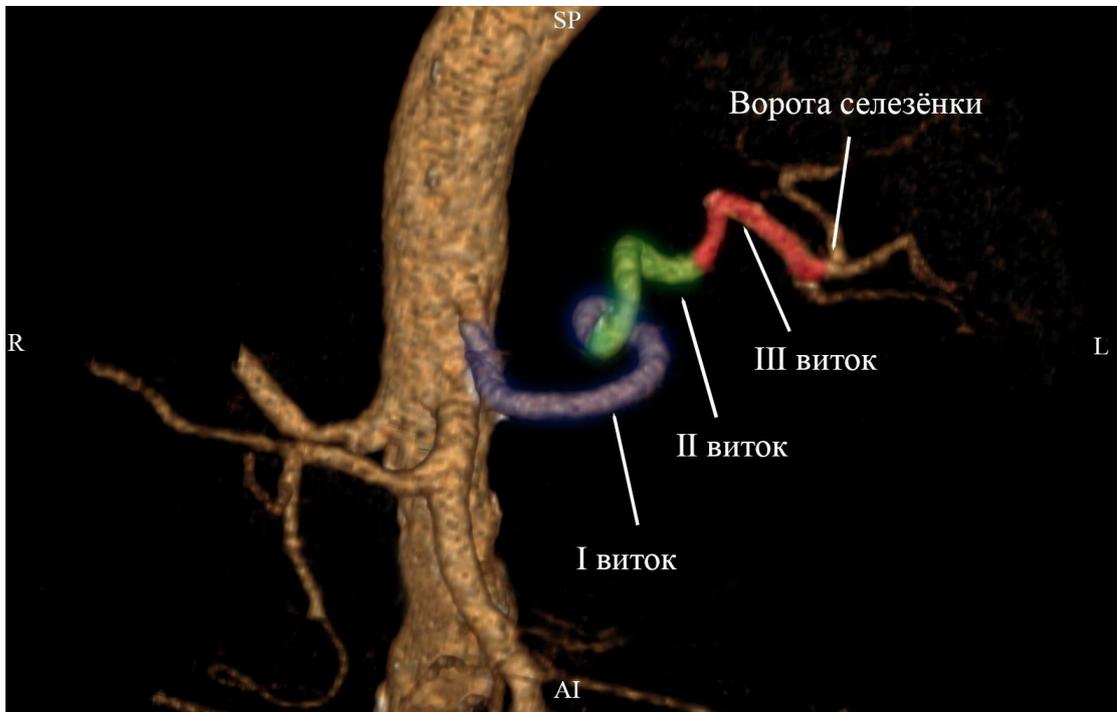


Рисунок 31 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, селезёночная артерия, образующая 3 витка

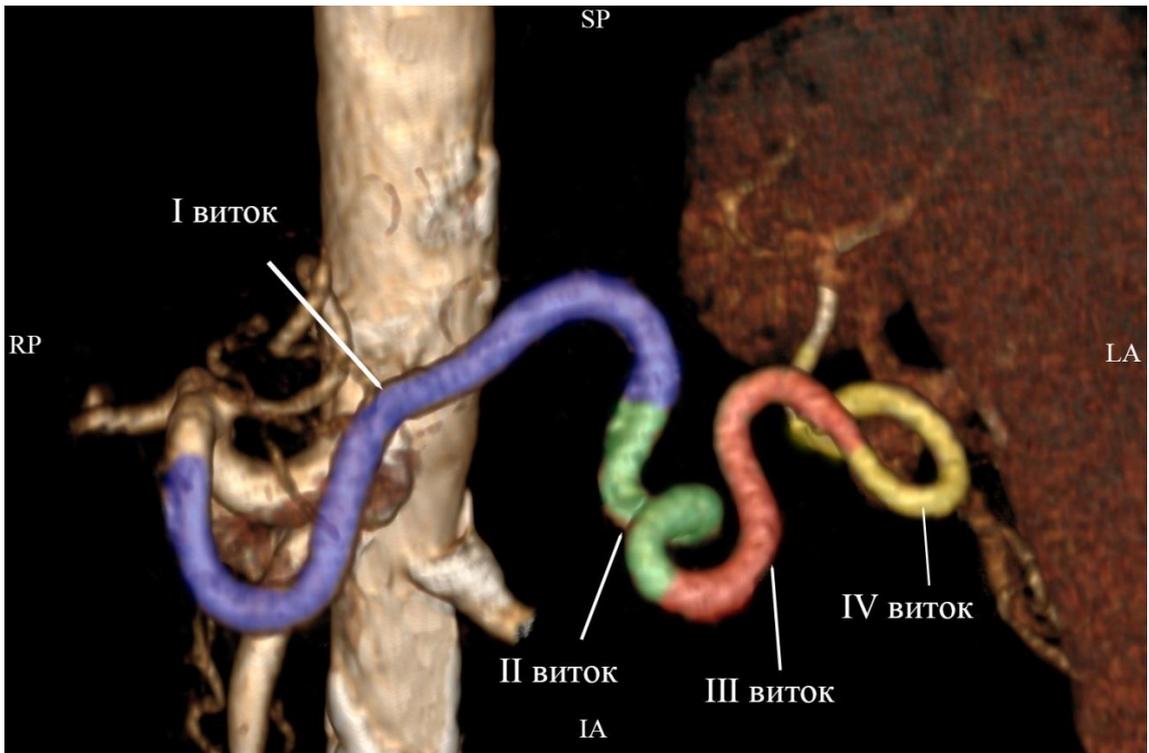


Рисунок 32 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, селезёночная артерия, образующая 4 витка

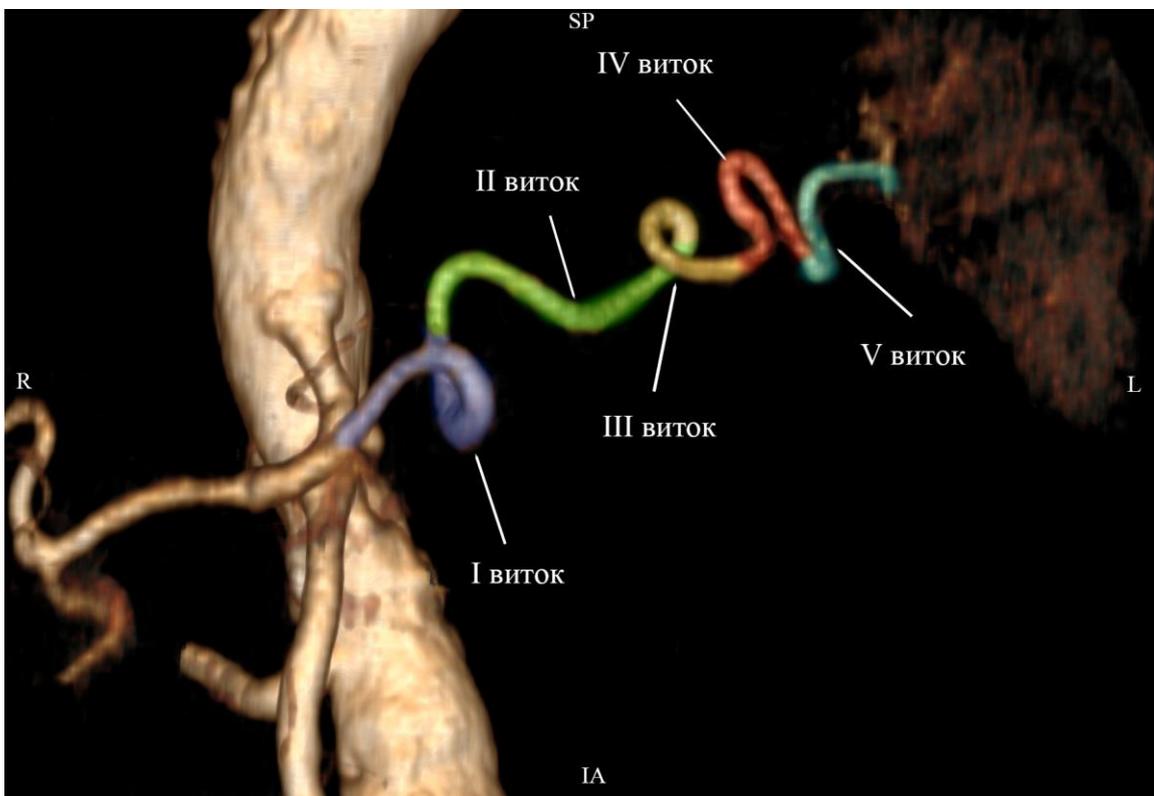


Рисунок 33 – 3D-визуализация целиако-мезентериального бассейна, селезёночная артерия, образующая 5 витков

### 3.6. Вариантная анатомия добавочных почечных артерий

Добавочные почечные артерии были обнаружены в 16,5% от всех наблюдений (205 исследований – 174 мужчины и 31 женщина). Помимо односторонних добавочных почечных артерий, отмечалось одновременное отхождение добавочных артерий с обеих сторон, а также случаи с двумя добавочными артериями на одной стороне (таблица 14).

Таблица 14 – Варианты отхождения добавочных почечных артерий

Варианты анатомии почечных артерий	Мужчины		Женщины		Число наблюдений, абс.	Частота абс., %
	N	Частота, %	N	Частота, %		
Добавочная правая почечная артерия	64	36,8	17	54,8	81	39,5
Добавочная левая почечная артерия	59	33,9	12	38,7	71	34,6
Две добавочные правые почечные артерии	5	2,9	2	6,5	7	3,4
Две добавочные левые почечные артерии	6	3,4	0	0,0	6	2,9
Добавочные правая и левая почечные артерии	40	23,0	0	0,0	40	19,5

Исходя из полученных данных, наиболее частой вариацией отхождения почечных артерий для обоих полов является наличие одной добавочной правой почечной артерии (39,5% – 81 наблюдение) (рисунок 34). Добавочная левая почечная артерия (рисунок 35) встречалась в 34,6% случаев (71 наблюдение). Самым редким вариантом отмечен тип отхождения двух добавочных левых почечных артерий (2,9% – 6 наблюдений) (рисунок 36), причём этот тип, наряду с парным отхождением добавочных почечных артерий с обеих сторон (рисунок 37), был отмечен только у мужчин. Вариант с двумя добавочными правыми почечными

артериями (рисунок 38) встречался у обоих полов и являлся самым редким для женщин (6,5% – 7 наблюдений).

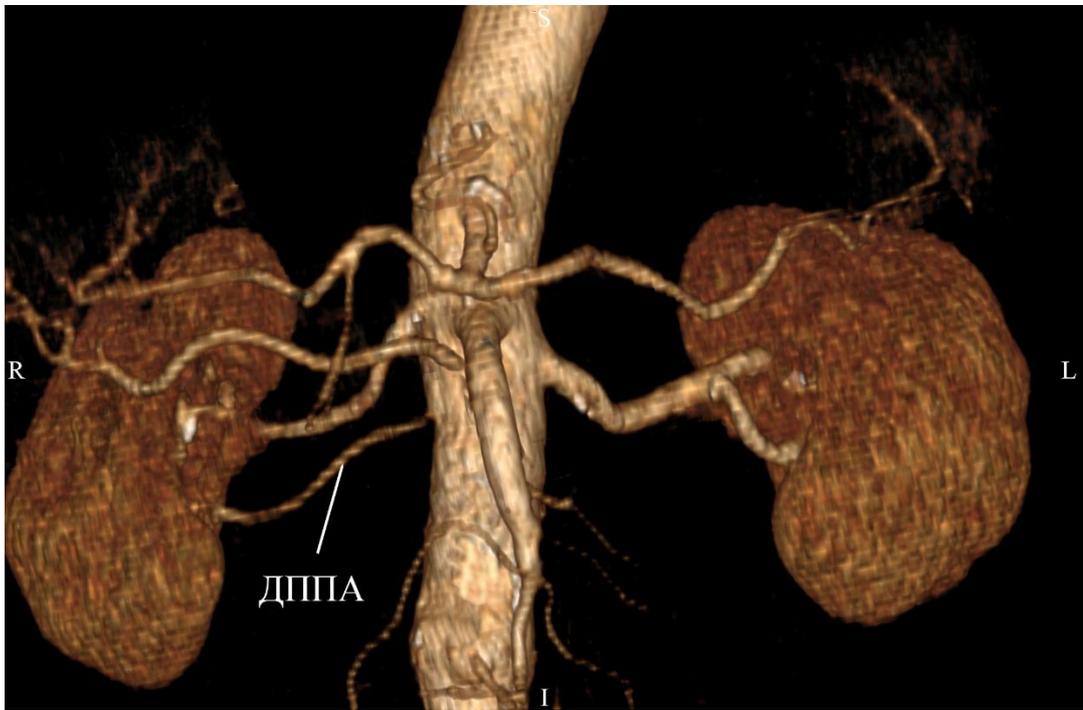


Рисунок 34 – 3D-визуализация брюшной аорты, отхождение от аорты добавочной правой почечной артерий (ДППА)

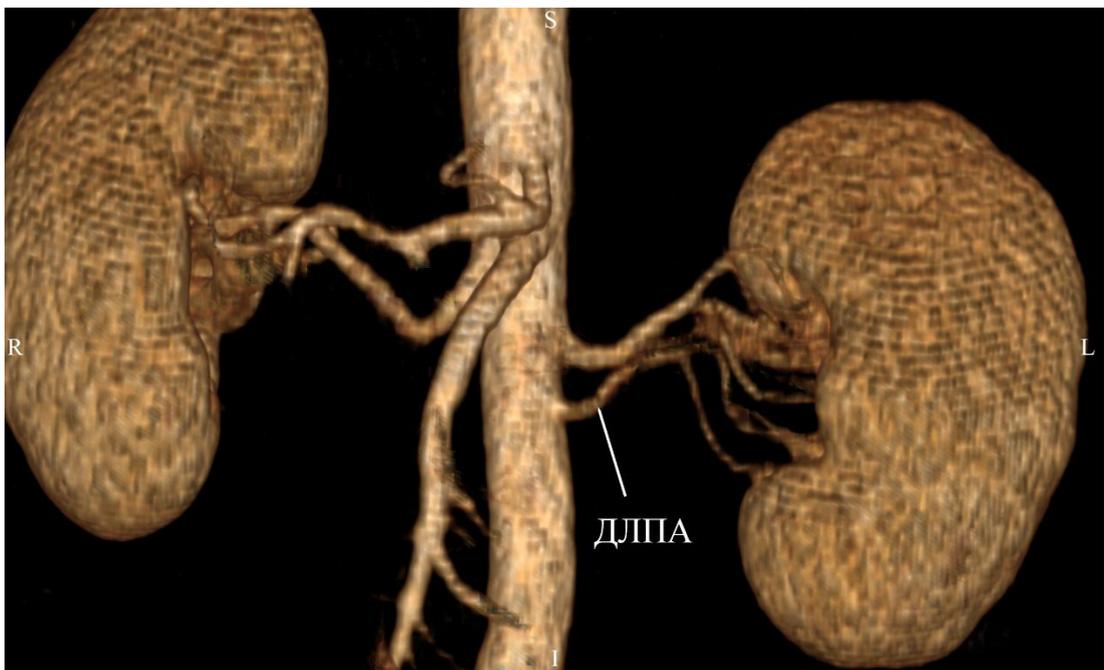


Рисунок 35 – 3D-визуализация брюшной аорты, отхождение от аорты добавочной левой почечной артерии (ДЛПА)

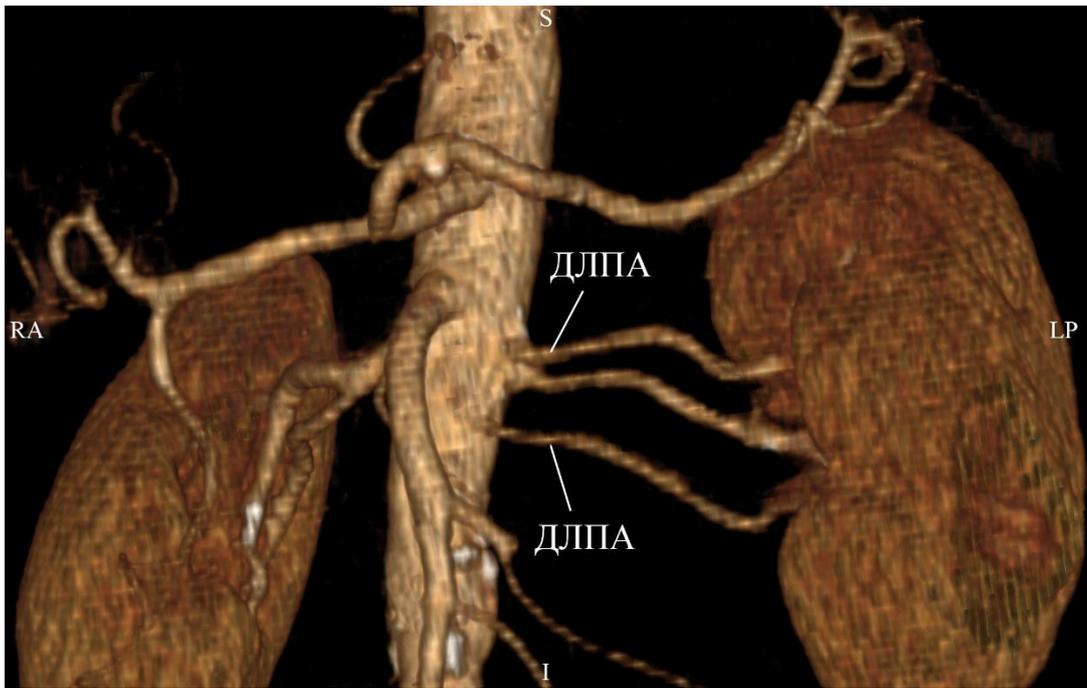


Рисунок 36 – 3D-визуализация брюшной аорты, отхождение от аорты двух добавочных левых почечных артерий (ДЛПА)

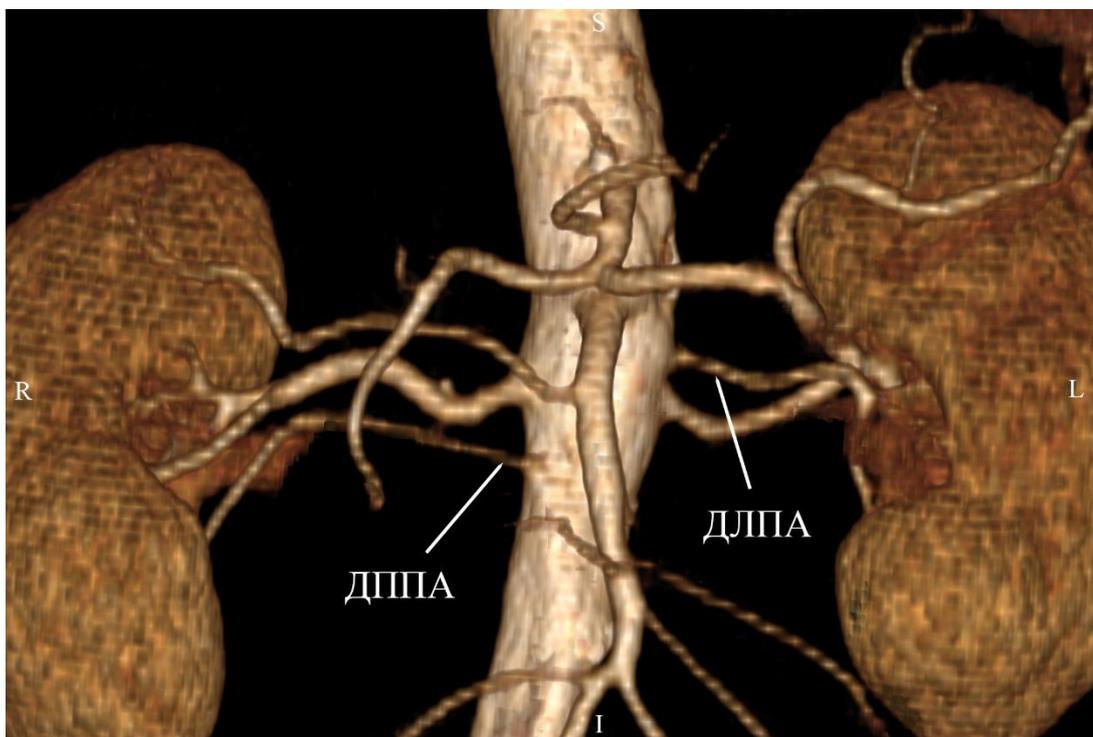


Рисунок 37 – 3D-визуализация брюшной аорты, отхождение от аорты добавочных правой и левой почечных артерий (ДППА и ДЛПА)

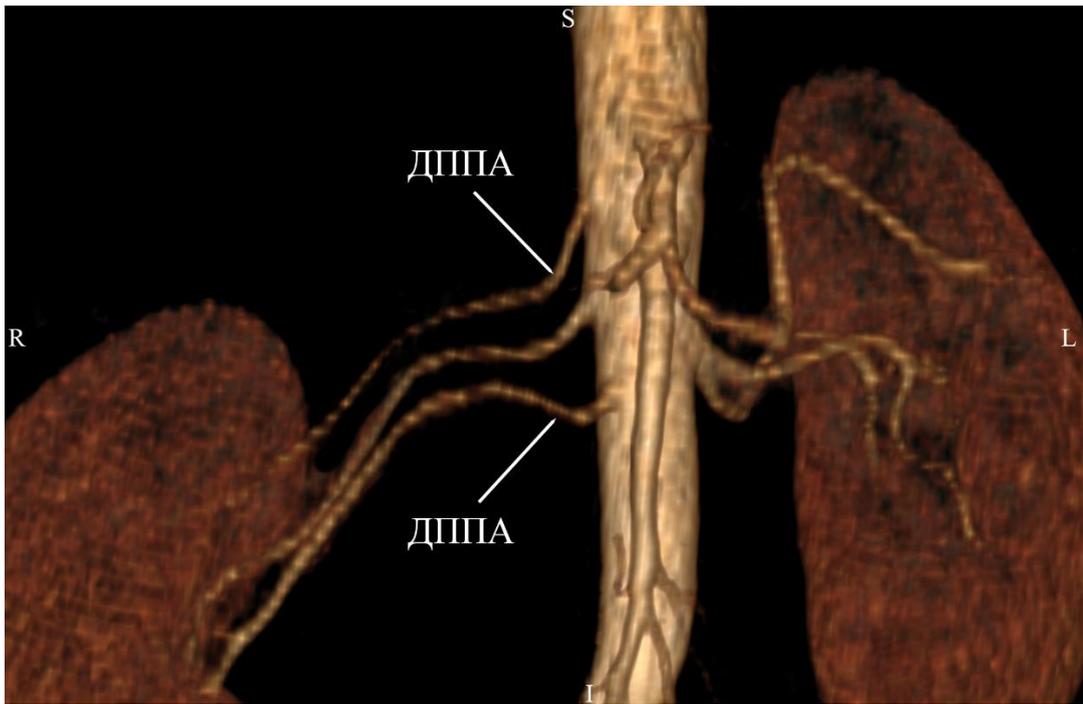


Рисунок 38 – 3D-визуализация брюшной аорты, отхождение от аорты двух добавочных правых почечных артерий (ДППА)

## ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БРЮШНОЙ АОРТЫ И ЕЁ КРУПНЫХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

### 4.1. Возрастные и половые особенности морфометрических параметров аорты и её крупных висцеральных ветвей

В результате проведенного исследования были получены данные морфометрических параметров аорты и её крупных висцеральных ветвей, в общей сложности 22 параметра. Полученные материалы были разделены по возрасту (на 3 возрастные группы) и полу. Средние значения и стандартные отклонения для каждого из параметров представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Средние значения и стандартные отклонения морфометрических параметров брюшной аорты в разных возрастных и половых группах

Параметр	Пол	Возрастные группы		
		1	2	3
Возраст, год	женский	26,89 ± 4,47	50,01 ± 6,97	66,50 ± 4,03
	мужской	28,62 ± 5,05	52,76 ± 6,07	66,56 ± 3,92
ДА, см	женский	1,79 ± 0,18	2,03 ± 0,19	2,22 ± 0,23
	мужской	2,02 ± 0,20	2,24 ± 0,21	2,38 ± 0,24
ДА5ПА, см	женский	1,66 ± 0,17	1,85 ± 0,18	1,98 ± 0,22
	мужской	1,87 ± 0,21	2,03 ± 0,20	2,15 ± 0,23
ДА5Биф, см	женский	1,52 ± 0,17	1,63 ± 0,21	1,77 ± 0,23
	мужской	1,67 ± 0,19	1,77 ± 0,20	1,89 ± 0,24
ДЛИНБА, см	женский	13,20 ± 1,27	13,07 ± 1,17	13,48 ± 1,54
	мужской	13,45 ± 1,33	13,88 ± 1,44	14,50 ± 1,60
ДЧС, мм	женский	6,50 ± 0,88	6,55 ± 1,03	6,72 ± 0,92
	мужской	7,39 ± 0,76	7,01 ± 1,06	7,02 ± 1,12
ДЛИНЧС, см	женский	2,61 ± 0,59	2,68 ± 0,54	2,93 ± 0,55
	мужской	2,82 ± 0,62	2,87 ± 0,61	3,05 ± 0,67
ДЛЖА, мм	женский	2,78 ± 0,36	2,91 ± 0,53	2,97 ± 0,62
	мужской	3,02 ± 0,49	3,29 ± 0,57	3,03 ± 0,65
ДСА, мм	женский	5,64 ± 0,74	5,17 ± 0,90	5,19 ± 0,89
	мужской	5,95 ± 0,67	5,39 ± 0,94	5,45 ± 1,00

Продолжение таблицы 15

ДОП, мм	женский	4,98 ± 0,86	4,58 ± 0,89	4,64 ± 0,86
	мужской	5,33 ± 0,84	5,08 ± 0,95	4,98 ± 1,01
ДВБА, мм	женский	6,29 ± 0,68	6,21 ± 0,88	6,59 ± 0,92
	мужской	7,43 ± 1,05	7,16 ± 1,00	7,29 ± 1,06
ДВБА5ПОА, мм	женский	4,12 ± 0,68	4,40 ± 0,76	4,61 ± 0,83
	мужской	5,17 ± 1,20	4,91 ± 0,86	5,00 ± 0,90
ДНБА, мм	женский	3,10 ± 0,41	3,20 ± 0,60	3,27 ± 0,55
	мужской	3,39 ± 0,68	3,59 ± 0,66	3,57 ± 0,72
ДППА, мм	женский	4,93 ± 0,55	4,85 ± 0,75	5,13 ± 0,76
	мужской	5,74 ± 0,65	5,50 ± 0,87	5,47 ± 0,95
ДЛПА, мм	женский	5,13 ± 0,63	4,84 ± 0,83	4,89 ± 0,83
	мужской	5,68 ± 0,77	5,45 ± 0,89	5,34 ± 0,95
РЧСВБА, см	женский	1,70 ± 0,21	1,76 ± 0,29	1,77 ± 0,33
	мужской	1,78 ± 0,37	1,92 ± 0,43	1,94 ± 0,45
РВБАНБА, см	женский	7,37 ± 0,97	7,32 ± 1,16	7,50 ± 1,32
	мужской	7,61 ± 1,14	7,75 ± 1,13	8,05 ± 1,26
РНБАБиф, см	женский	3,70 ± 0,83	3,64 ± 0,76	3,81 ± 1,00
	мужской	3,71 ± 0,73	3,86 ± 1,05	4,11 ± 1,14
УголЧС, градус	женский	52,81 ± 17,35	56,55 ± 17,52	57,12 ± 19,17
	мужской	57,92 ± 19,53	53,88 ± 22,65	53,77 ± 21,79
УголВБА, градус	женский	54,04 ± 13,90	58,37 ± 16,70	56,96 ± 18,94
	мужской	58,03 ± 18,36	61,82 ± 16,63	64,18 ± 17,66
АМР, см	женский	1,52 ± 0,32	1,78 ± 0,52	1,78 ± 0,59
	мужской	1,94 ± 0,70	2,39 ± 0,95	2,50 ± 0,97
УголППА, градус	женский	58,48 ± 12,21	63,46 ± 16,49	62,32 ± 17,17
	мужской	64,08 ± 15,83	64,07 ± 14,73	64,27 ± 16,65
УголЛПА, градус	женский	63,89 ± 11,38	70,26 ± 15,47	69,29 ± 15,58
	мужской	75,31 ± 12,74	72,26 ± 13,32	71,83 ± 15,17

Примечание к таблицам 15 – 22: ДА – диаметр аорты на уровне отхождения чревного ствола; ДА5ПА – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения почечных артерий или одной из почечных артерий; ДА5Биф – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации; ДлинБА – длина брюшной аорты; ДЧС – диаметр чревного ствола; ДлинЧС – длина чревного ствола; ДЛЖА – диаметр левой желудочной артерии; ДСА – диаметр селезёночной артерии; ДОП – диаметр общей печёночной артерии; ДВБА – диаметр верхней брыжеечной артерии; ДВБА5ПОА – диаметр верхней брыжеечной артерии на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии; ДНБА – диаметр нижней брыжеечной артерии; ДППА – диаметр правой почечной артерии; ДЛПА – диаметр левой почечной артерии; РЧСВБА – расстояние между центрами устьев чревного ствола и верхней брыжеечной артерии; РВБАНБА – расстояние между центрами устьев верхней и нижней брыжеечных артерий; РНБАБиф –

расстояние между центром устья нижней брыжеечной артерии и бифуркации аорты; АМР – аорто-мезентериальное расстояние; УголЧС – угол отхождения чревного ствола; УголВБА – угол отхождения верхней брыжеечной артерии; УголППА – угол отхождения правой почечной артерии; УголЛПА – угол отхождения левой почечной артерии.

Для выявления статистически значимых различий между сравниваемыми группами используется проверка гипотез о равенстве средних. На основании дизайна исследования, были сформулированы следующие гипотезы: 1) морфометрические параметры не зависят от пола, альтернативная гипотеза – параметры различны у мужчин и женщин; 2) морфометрические параметры не зависят от возраста, альтернативная гипотеза – параметры различаются в разных возрастных группах; 3) морфометрические параметры не имеют различий в разных возрастных группах внутри обоих полов, альтернативная гипотеза – между возрастными группами внутри полов имеются статистически значимые различия; 4) морфометрические параметры внутри одинаковых возрастных групп не имеют различий по полу, альтернативная гипотеза – внутри возрастных групп имеются различия по полу.

Согласно плану проверки гипотез, приведенному выше, вначале был рассмотрен вопрос соответствия данных нормальному закону распределения вероятностей. На первом шаге были проанализированы гистограммы, подавляющее большинство которых визуально соответствует выборочным данным из нормального закона распределения (приложение Б, рисунки Б1–Б11). Асимметрия наблюдается у следующих параметров: ДОП, РЧСВБА УголЧС, УголВБА и АМР. Однако при проведении тестов Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка с уровнем значимости  $\alpha=0,01$  далеко не все параметры согласуются с нормальным распределением (таблица 16).

При проверке гипотез о равенстве средних по полу (таблица В1) были обнаружены статистически значимые различия по всем параметрам согласно обоим критериям, кроме двух параметров углов: УголЧС и УголППА. Для этих параметров, согласно t-критерию, средние значения в обеих группах равны. Однако, поскольку в обеих группах наблюдается одинаковое направление

асимметрии (левое), есть возможность опираться на результаты критерия Манна-Уитни, а именно, для параметра УголЧС гипотеза о равенстве средних отклоняется, а для УголППА – не отклоняется. Общим выводом можно заключить, что значения всех морфометрических параметров различны для мужчин и женщин, кроме угла отхождения правой почечной артерии.

Таблица 16 – Результаты тестов на нормальность распределения признака

Параметр	Колмогорова-Смирнова		Критерий Шапиро-Уилка	
	D	p	W	p
<b>ДЧС</b>	0,023	<b>0,115</b>	0,998	<b>0,109</b>
<b>ДлинЧС</b>	0,021	<b>0,200</b>	0,997	<b>0,049</b>
<b>ДСА</b>	0,028	<b>0,022</b>	0,995	0,000
ДОП	0,044	0,000	0,990	0,000
ДЛЖА	0,030	<b>0,010</b>	0,996	0,002
ДА	0,033	0,004	0,997	<b>0,020</b>
ДА5ПА	0,028	<b>0,026</b>	0,997	<b>0,021</b>
ДА5Биф	0,028	<b>0,028</b>	0,996	0,001
ДНБА	0,040	0,000	0,987	0,000
<b>ДВБА</b>	0,016	<b>0,200</b>	0,997	<b>0,013</b>
ДВБА5ПОА	0,036	0,001	0,993	0,000
АМР	0,089	0,000	0,944	0,000
<b>ДППА</b>	0,019	<b>0,200</b>	0,997	<b>0,011</b>
ДЛПА	0,037	0,000	0,996	0,004
ДлинБА	0,040	0,000	0,994	0,000
РЧСВБА	0,075	0,000	0,973	0,000
<b>РВБАНБА</b>	0,026	<b>0,047</b>	0,994	0,000
<b>РНБАбифБА</b>	0,029	<b>0,017</b>	0,996	0,006
Угол ЧС	0,065	0,000	0,975	0,000
Угол ВБА	0,042	0,000	0,989	0,000
Угол ППА	0,047	0,000	0,997	<b>0,014</b>
Угол ЛПА	0,044	0,000	0,993	0,000

Также была отмечена корреляция между возрастом и параметрами диаметров аорты (рисунок 39). Все параметры для мужчин и женщин показали положительную корреляцию с возрастом ( $p < 0,001$ ), причём у женщин прослеживается более сильная корреляция (таблица 17).

При проверке гипотез о равенстве средних между тремя возрастными группами без учёта пола (таблица В2) также принималась поправка на множественное сравнение гипотез Бонферрони. Статистически значимые различия во всех возрастных группах были обнаружены у параметров брюшной аорты (ДА, ДА5ПА, ДА5Биф), что говорит об изменении диаметров аорты с возрастом. Также во всех возрастных группах статистически значимо различается параметр АМР.

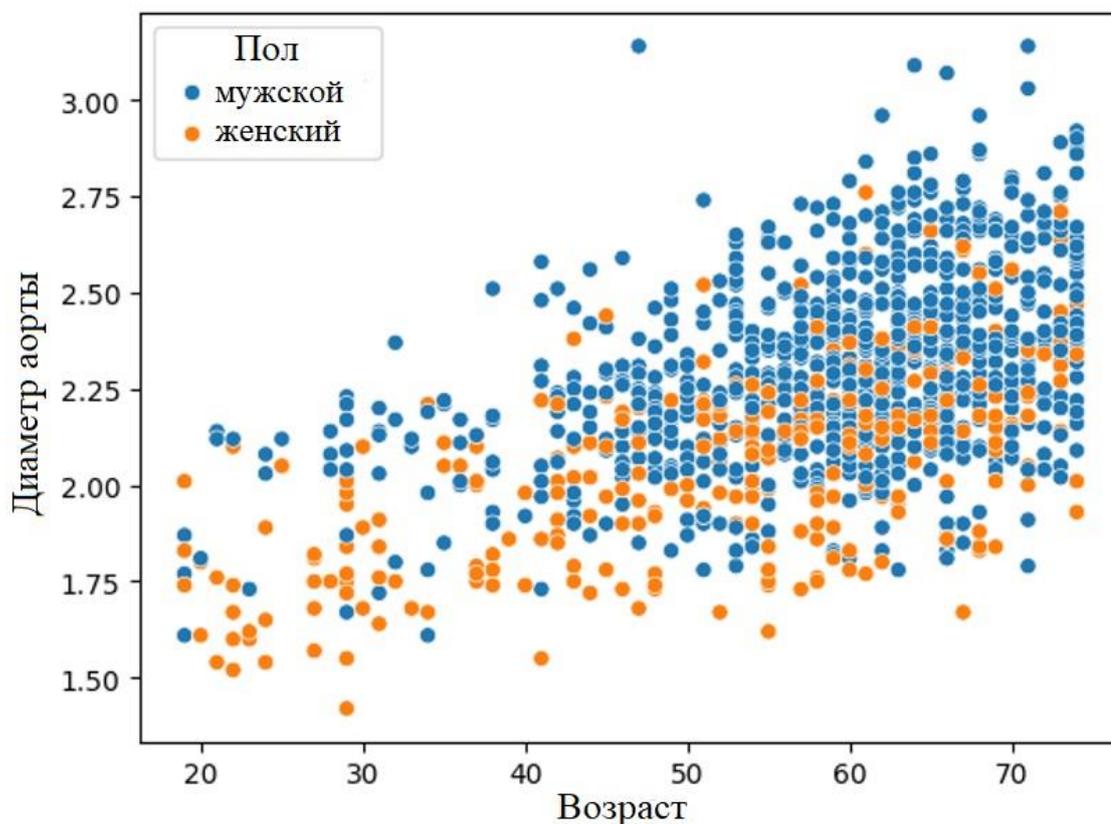


Рисунок 39 – Диаграмма рассеяния для параметра диаметра аорты на уровне отхождения чревного ствола в зависимости от возраста и пола

Таблица 17 – Значения коэффициента корреляции Пирсона для параметров диаметров аорты и возраста в разных половых группах

Параметр	Возраст	Возраст	
		мужчины	женщины
ДА	$\rho = 0,530$	$\rho = 0,420$	$\rho = 0,592$
ДА5ПА	$\rho = 0,464$	$\rho = 0,347$	$\rho = 0,522$
ДА5Биф	$\rho = 0,392$	$\rho = 0,308$	$\rho = 0,399$

Часть параметров (ДлинЧС, ДлинБА ДВБА, ДВБА5ПОА, РВБАНБА, РНБАБиф) имели статистически значимые различия при сравнении 3-й группы с 1-й и 2-й соответственно, т.е. можно утверждать, что данные параметры начинают изменять свои значения в старшей возрастной группе, увеличиваясь. Для параметров ДСА, ДНБА, РЧСВБА и УголВБА отмечались различия при сравнении 1-й группы со 2-й и 3-й соответственно, что говорит о значимых различиях у людей в возрасте до 35 лет по отношению к более старшим возрастным периодам. Причём ДСА имел большие значения именно в 1-й возрастной группе, а остальные параметры (ДНБА РЧСВБА и УголВБА) имели тенденцию увеличения с возрастом. Параметр ДЛЖА имел статистически значимые различия при сравнении 2-й группы с 1-й и 3-й в пользу больших значений для 2-й возрастной группы. Согласно критерию Манна-Уитни, значение параметра ДППА статистически значимо различается при сравнении 2-й и 3-й возрастных групп, однако t-критерий отмечает равенство значений в этих группах. Т.к. данный параметр имеет нормальное распределение, стоит брать во внимание значение именно t-критерия. Поэтому можно сказать, что диаметр правой почечной артерии не имеет различий в разных возрастных группах. Параметры ДЧС, ДОП, ДЛПА, УголЧС, УголППА и УголЛПА также не имели статистически значимых различий между возрастными группами.

Следующим этапом проводилась проверка гипотез о равенстве средних между тремя возрастными группами отдельно у мужчин и женщин.

Согласно полученным данным, для мужчин (Таблица В3) параметры брюшной аорты (ДА, ДА5ПА, ДА5Биф) имели статистически значимые различия во всех возрастных группах с тенденцией к увеличению с возрастом. Длина БА статистически значимо увеличивается в возрастной группе старше 60 лет, не имея различий в группах младшего возраста. ДЧС и ДСА имели различия при сравнении 1-й группы со 2-й и 3-й соответственно; большие значения зафиксированы в 1-й группе, что говорит об уменьшении диаметра данных артерий после 35 лет. Параметр АМР, наоборот, в 1-й группе имел наименьшие значения при наличии статистически значимых различий. ДЛЖА у мужчин имеет большие значения во 2-

й возрастной группе, уменьшаясь с возрастом. Параметры ДлинЧС и РВБАНБА имели различия при сравнении 2-й и 3-й возрастных групп, увеличиваясь с возрастом. Для значений ДЛПА отмечаются различия между 1-й и 3-й возрастными группами, уменьшаясь с возрастом. Параметры РЧСВБА, РНБАБиф и ДОП имеют различия U и t-статистики, поэтому точное определение наличия или отсутствия статистически значимых различий затруднено.

Параметры ДВБА, ДВБА5ПОА, ДНБА, ДППА, УголЧС, УголВБА, УголППА и УголЛПА статистически значимых различий не имели.

При аналогичной проверке у женщин (таблица В4), значения диаметров брюшной аорты (ДА, ДА5ПА, ДА5Биф) также имели значимые различия во всех группах с тенденцией к увеличению. При этом значения параметров, связанных с длиной аорты (ДлинБА, РЧСВБА, РВБАНБА, РНБАБиф), а также значения диаметров и углов отхождения ряда ветвей аорты (ДЧС, ДЛЖА, ДНБА, УголЧС, УголВБА, УголППА) не имели статистически значимых различий. Параметр ДлинЧС в 3-й возрастной группе значимо различается с 1-й и 2-й группами, увеличиваясь с возрастом. Параметры ДСА и ДВБА5ПОА имеют статистически значимые различия в 1-й группе, уменьшаясь после 35 лет. ДВБА у женщин различается при сравнении 2-й и 3-й возрастных групп, имея наименьшие значения во 2-й группе, и увеличивается после 60 лет. Диаметры почечных артерий также показали различия внутри возрастных групп. Так, ДППА в 3-й возрастной группе значительно различается со 2-й, увеличиваясь после 60 лет. В свою очередь ДЛПА различается при сравнении 1-й и 2-й групп, имея наибольшие значения в группе до 35 лет. Для параметров АМР, УголЛПА и ДОП отмечаются различия U и t-статистики, поэтому точное определение наличия или отсутствия статистически значимых различий затруднено.

Последним этапом было проведено сравнение между одинаковыми возрастными группами разных полов (таблица В5). Значения всех измеряемых диаметров аорты (ДА, ДА5ПА, ДА5Биф), значения измеряемых диаметров всех её висцеральных ветвей (ДЧС, ДВБА, ДВБА5ПОА, ДНБА, ДППА, ДЛПА), а также некоторых отдельных параметров (УголВБА, АМР) имеют статистически

значимые различия по полу во всех возрастных группах с большими значениями у мужчин. ДлинБА, ДОП, РЧСВБА, РВБАНБА и РНБАБиф имели различия во 2-й и 3-й группах, т.е. до 35 лет значимой разницы по этим параметрам у мужчин и женщин нет. Для параметра ДЛЖА отмечается обратная тенденция со значимыми различиями в 1-й и 2-й группах и отсутствием различий в возрасте старше 60 лет. УголЛПА имел различия в 1-й возрастной группе и отмечался большими значениями у мужчин. Для параметров ДЛИНЧС, ДСА, УголЧС и УголЛПА определяются различия U и t-статистики, поэтому точное определение наличия или отсутствия статистически значимых различий затруднено.

#### **4.2. Кластеризация морфометрических параметров аорты. Анализ зависимостей между морфометрическими параметрами**

На этом этапе рассматривалась возможность представления всего массива измерений МСКТ-диаграмм в виде нескольких содержательных групп. Всего морфометрические параметров представлены 22 признаками, на основе которых виделось сложным провести кластеризацию индивидуумов. Для решения задачи кластеризации необходимо изучение структуры признаков на предмет уменьшения признакового пространства.

Рассмотрим взаимосвязи между морфометрическими параметрами с целью выделения основных параметров и уменьшения размерности признакового пространства. Для выборки в 1215 наблюдений (столько остается после удаления наблюдений с пропусками) и уровня значимости  $\alpha = 0,01$  критическое значение коэффициента корреляции Пирсона  $r = 0,074$ . Большинство корреляций между морфометрическими параметрами больше этого порогового значения, что говорит о статистической взаимосвязи между ними (приложение Г). Соответственно, можно предположить, что некоторые признаки будут варьироваться вместе и часть вариации одного признака дублируется вариацией другого.

Для определения эффективной размерности нового признакового пространства используется график «каменистой осыпи» (screeplot), который

визуализирует совместную дисперсию первых  $k$  главных компонент. По графику на Рисунке 40 видно, что первая компонента вносит менее 30% дисперсии, а около 80% вносят 15 компонент. Самого эффекта "каменистой осыпи" не наблюдается, с данным результатом пока не имеет смысла применять метод главных компонент (РСА).

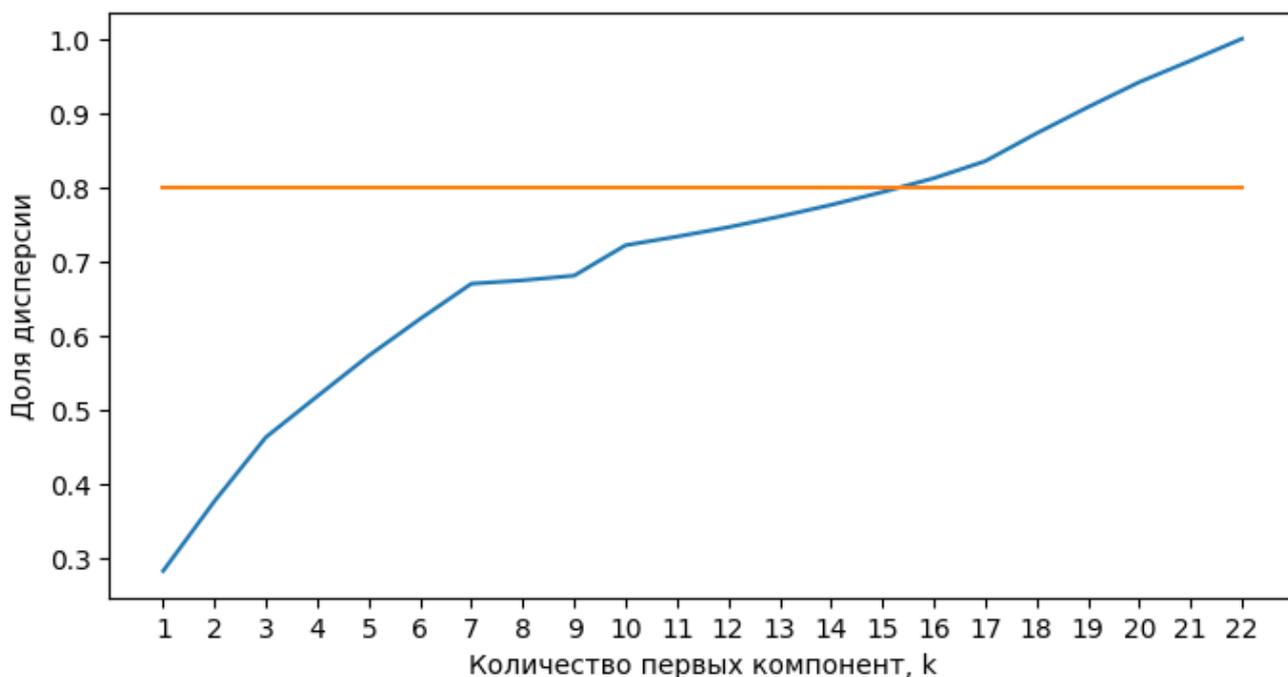


Рисунок 40 – Изменение относительной доли дисперсии, вносимой первыми  $k$  главными компонентами, по всем морфометрическим признакам

Следующий вопрос, который был рассмотрен, это кластеризуемость данных в принципе, для чего необходимо было представить высокоразмерные данные (в нашем случае размерности 22) на двумерной плоскости. При помощи нелинейной техники снижения размерностей t-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding) получено двумерное представление исходных данных на рисунке 41, по которому делается вывод, что данные, описанные всеми 22 морфометрическими параметрами, некластеризуемы.

В результате получилось, что число морфометрических параметров нельзя уменьшить, а сами данные по всем измеренным признакам нельзя разбить на кластеры. Поэтому следующим шагом был изучена структура признакового

пространства, для чего все признаки при помощи техники t-SNE были визуализированы на двухмерной плоскости.

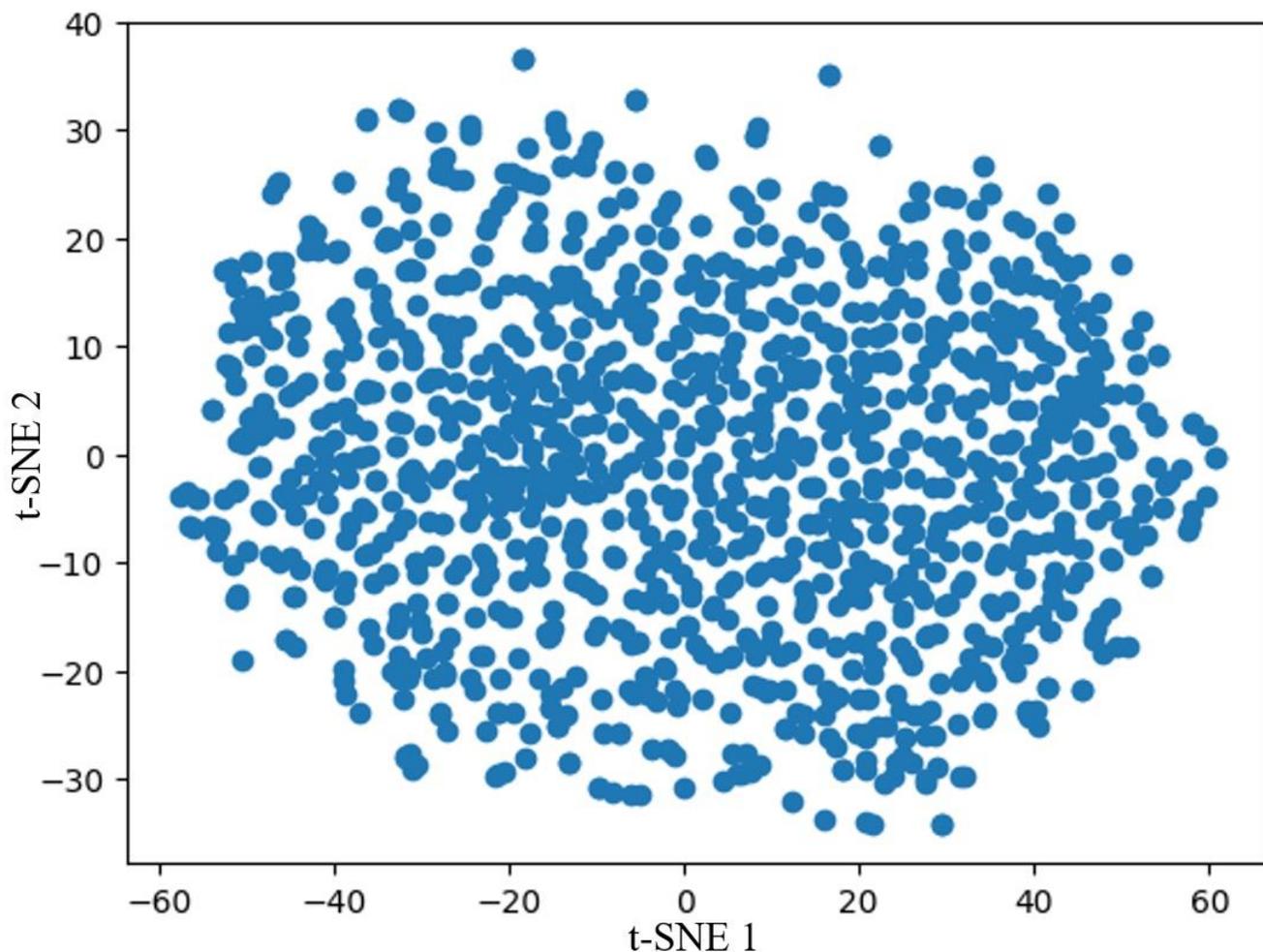


Рисунок 41 – Визуализация данных по всем морфометрическим параметрам при помощи t-SNE техники

На рисунке 42 можно видеть, что все признаки разбиваются на три класса: первый класс содержит метрические параметры аорты (ДЛИНБА, РЧСВБА, РВБАНБА, РНБАБИФ, ДА, ДА5ПА и ДА5БИФ); второй класс – измеряемые параметры её висцеральных ветвей (ДЛИНЧС, ДЧС, ДСА, ДЛЖА, ДОП, ДВБА, ДВБА5ПОА, ДНБА, ДЛПА и ДППА); третий класс – параметры отхождения ветвей от аорты (АМР, УголЧС, УголВБА, УголППА и Угол ЛПА). Далее кластеризация строится по каждому классу признаков по отдельности.

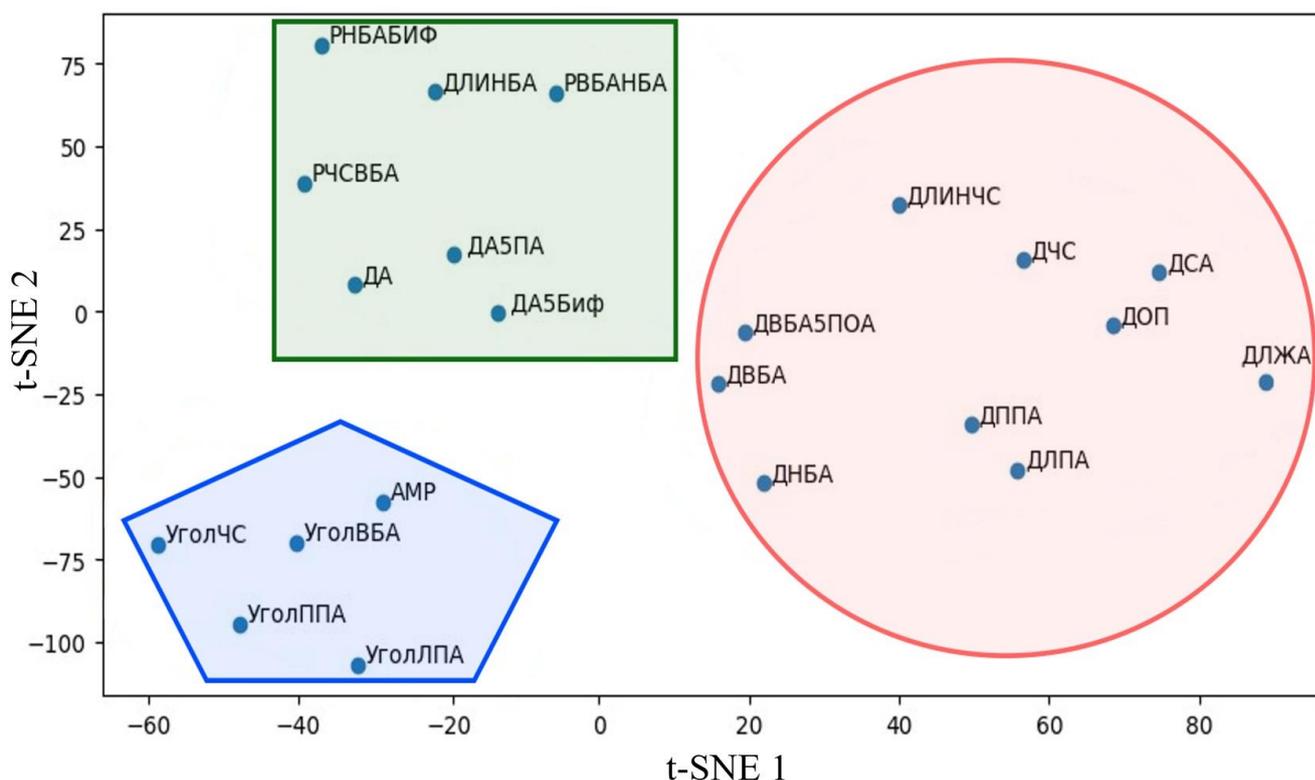


Рисунок 42 – Визуализация морфометрических параметров при помощи t-SNE техники

Опишем кластеризацию по первому классу – параметрам аорты. На визуализации, представленной на рисунке 43, уже можно увидеть разделение данных на кластеры.

Техника t-SNE сжимает семимерные данные до двумерных, но при этом, вероятно, теряется существенная доля дисперсии признаков. И хотя техника t-SNE нелинейная, косвенно о достаточности двух признаков или недостаточности, можно судить по линейной технике PCA. По графику «каменной осыпи», представленный на Рисунке 44, видно, что первая компонента вносит более 50% в общую дисперсию, при двух компонентах – менее 70%, а четыре компоненты уже покрывают более 90%. В качестве главных компонент выбираются первые четыре, и уже относительно них производится кластеризация.

Главные компоненты содержат информацию о структуре данных, которую можно визуализировать при помощи графиков нагрузки, отображающих вес в линейных комбинациях главных компонент (рисунок 45).

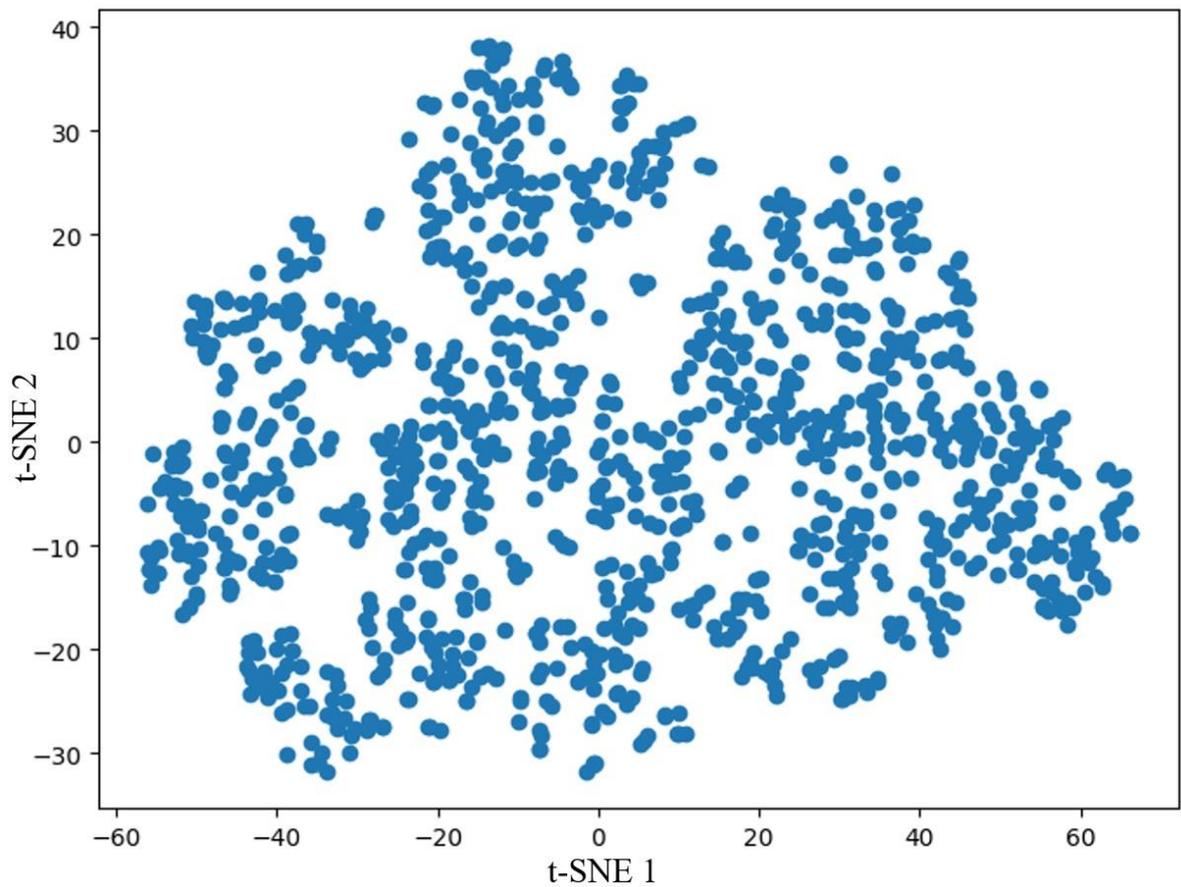


Рисунок 43 – Визуализация данных по морфометрическим параметрам брюшной аорты при помощи t-SNE техники

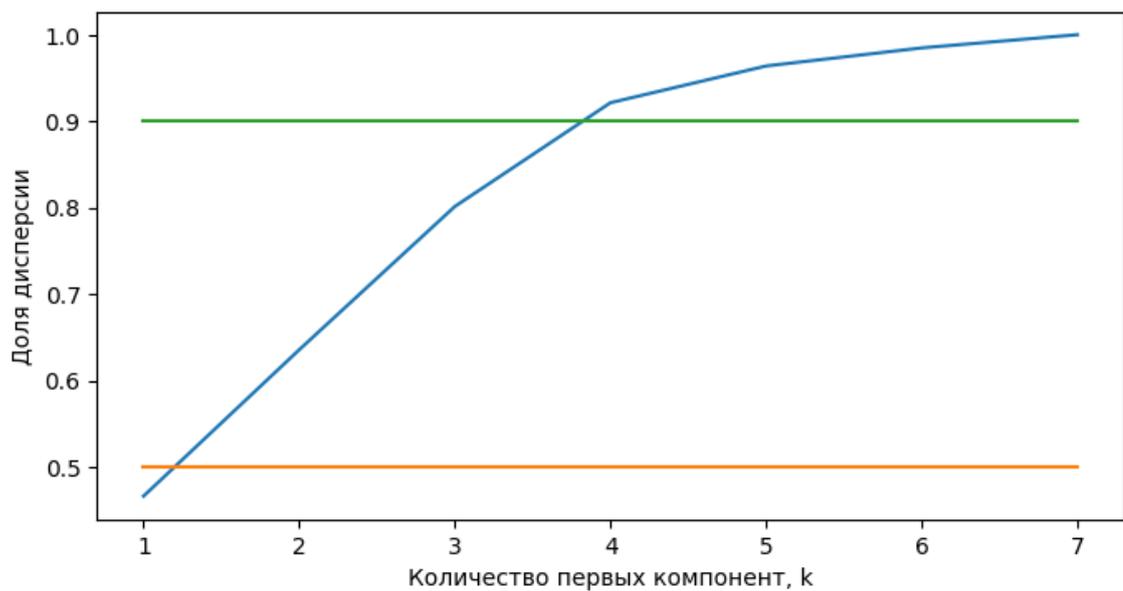


Рисунок 44 – Изменение относительной доли дисперсии, вносимой первыми  $k$  главными компонентами, по параметрам аорты

Нагрузки для первой компоненты имеют одинаковый знак, т.е. имеют однонаправленное значение. При этом выделяется влияние первых трех параметров: ДЛИНБА, РВБАНБА и РНБАБИФ, которые характеризуют инфраренальный отдел аорты. Вторая компонента противопоставляет параметры РВБАНБА и РНБАБИФ и отражает геометрию возможных точек отхождения НБА. Третья компонента противопоставляет пары РВБАНБА, РНБАБИФ и ДЛИНБА, РЧСВБА, что можно охарактеризовать как соотношение расстояний между точками отхождения непарных висцеральных ветвей аорты. Четвертая компонента имеет существенный вклад четырех параметров: РЧСВБА, ДА, ПДА5ПА и ПДА5БИФ и в большей степени определяет динамику диаметров аорты на разных уровнях.

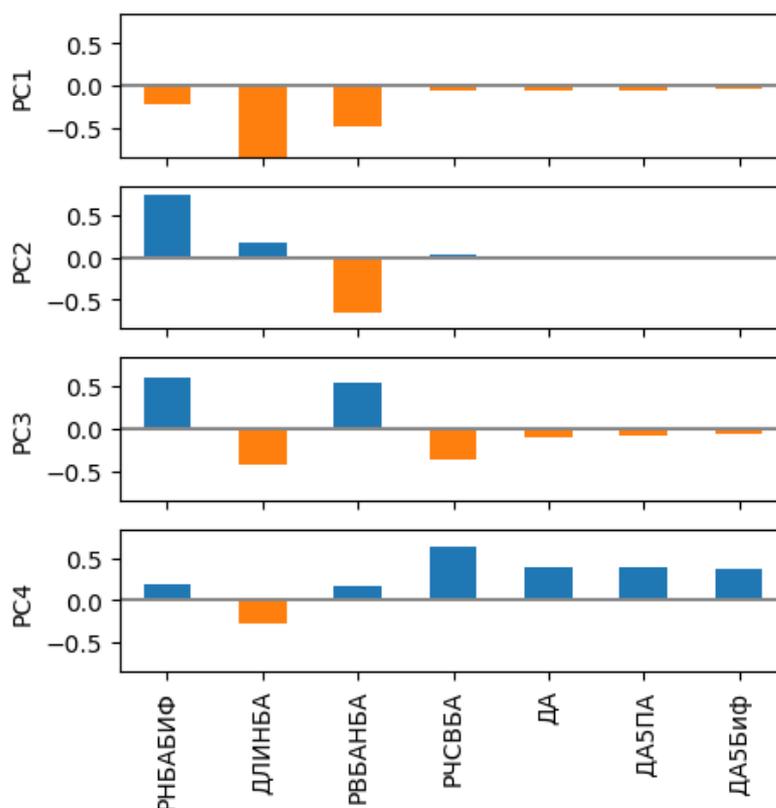


Рисунок 45 – Нагрузки для первых четырех главных компонент параметров аорты

Для определения оптимального числа кластеров вычисляется среднее внутрикластерное расстояние, т.е. для каждого кластера вычисляется сумма расстояний от объектов кластера до центра, и значения по всем кластерам усредняются. Очевидно, что чем меньше внутрикластерное расстояние, тем лучше произведено разбиение на кластеры. По рисунку 46 можно заметить, что после четырех кластеров тенденция сильно замедляется, поэтому выбирается кластеризация на 4 группы.

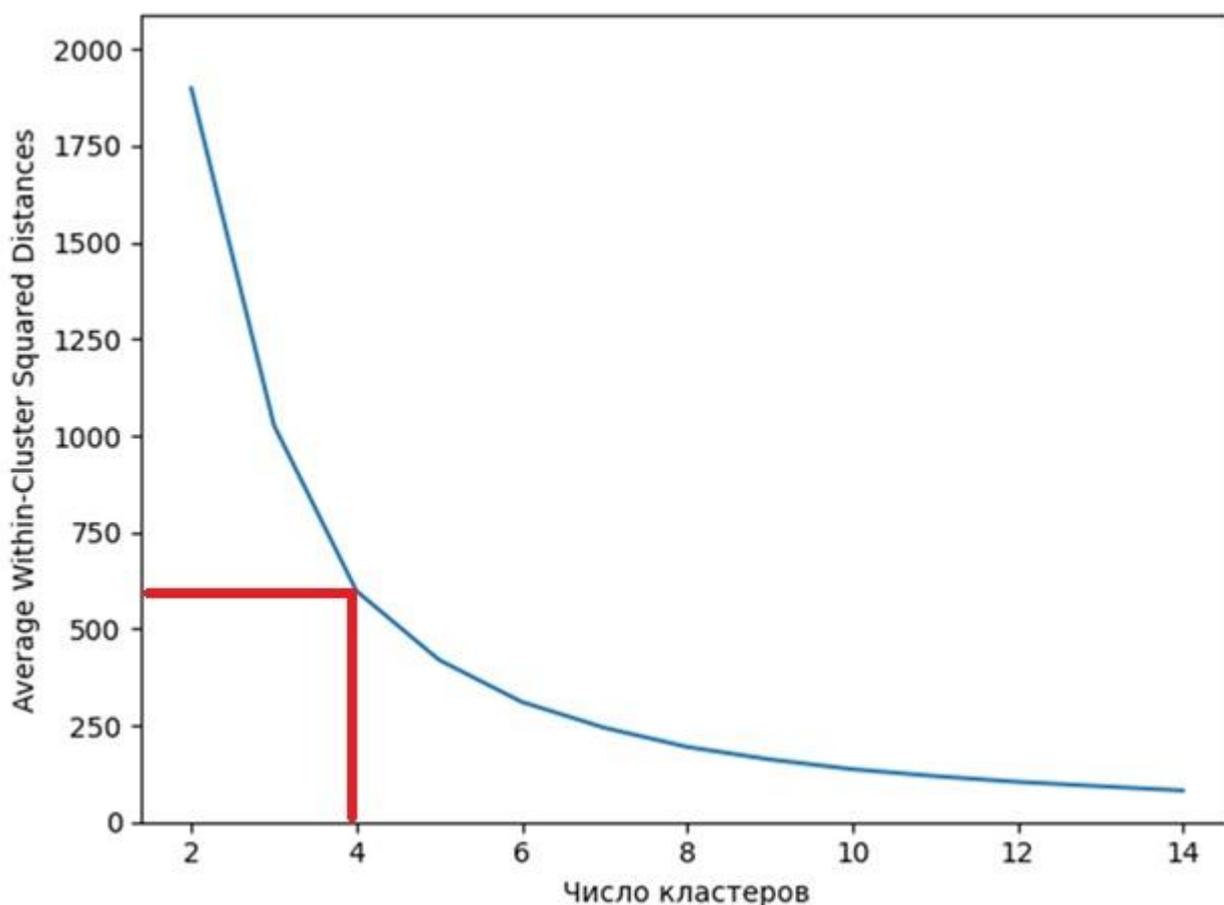


Рисунок 46 – Динамика среднего внутрикластерного расстояния в зависимости от числа кластеров

Результаты кластеризации отображены на рисунке 47, причем следует отметить, что метод кластеризации был осуществлен по гласным компонентам, а визуализация – по двум переменным t-SNE техники, т.е. методы разные. Но при

этом видно разделение 3-го и 4-го кластеров, кластеры 1 и 2 тоже различимы, но наблюдается некоторое смешение кластеров.

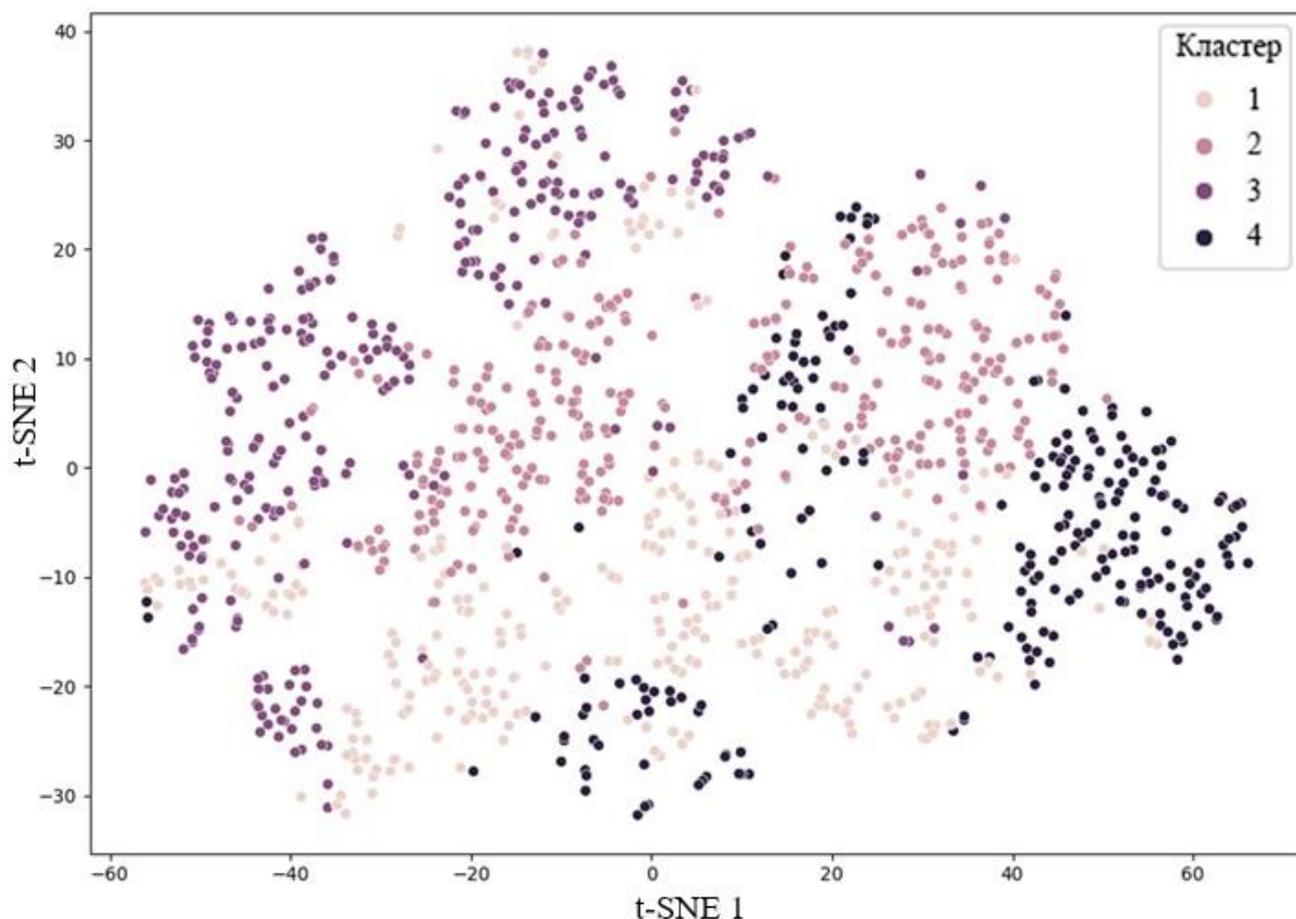


Рисунок 47 – Отображение кластеризации методом  $k$ -средних на визуализации данных, полученных при помощи t-SNE техники

Еще одним показателем качества кластеризации является интерпретируемость. Произведем содержательный анализ кластеров. В первую очередь рассмотрим распределение возрастных параметров внутри кластеров. На рисунке 48 заметно смещение возраста женщин в большую сторону в зависимости от кластера. На рисунке 49 также отмечается смещение возраста в зависимости от кластера, однако распределения во 2-м, 3-м и 4-м кластере отличаются намного меньше, чем у женщин. В таблице 18 представлены медианы параметров внутри кластеров вне зависимости от пола.

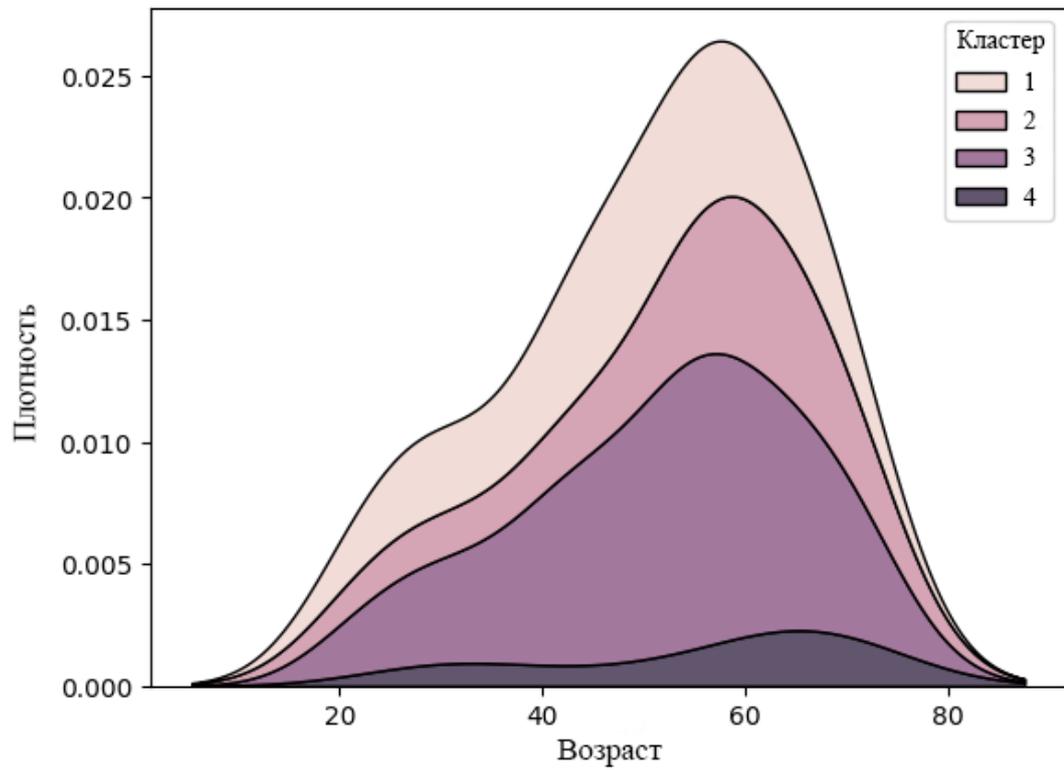


Рисунок 48 – Распределение возраста внутри кластеров у женщин

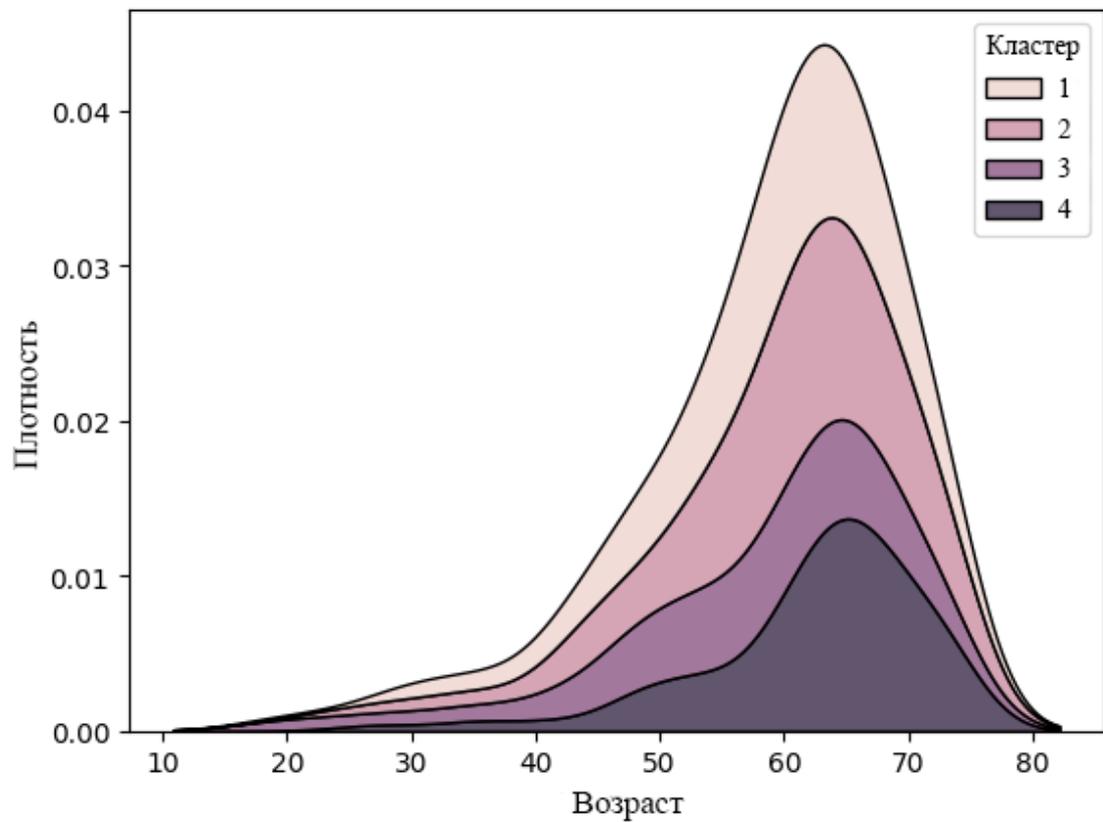


Рисунок 49 – Распределение возраста внутри кластеров у мужчин

Таблица 18 – Медианы параметров внутри кластеров

Параметр	Кластер			
	1	2	3	4
ДА, см	2,21	2,26	2,11	<b>2,41</b>
ДА5ПА, см	1,99	2,04	1,88	<b>2,19</b>
ДА5Биф, см	1,74	1,81	1,69	<b>1,92</b>
ДЛИНБА, см	13,77	14,11	12,24	<b>16,05</b>
РЧСВБА, см	1,81	1,89	1,71	<b>2,01</b>
РВБАНБА, см	8,38	7,21	6,78	<b>8,93</b>
РНБАБИФ, см	3,15	<b>4,62</b>	3,41	4,42

Характеризуя кластеры по медианам морфометрических параметров, можно отметить, что в 3-м и 4-м кластере отчетливо видна внутрикластерная разница между 1-м и 2-м кластерами по всем параметрам, кроме РНБАБИФ. Данный параметр четко разделяет 1-й и 2-й кластеры. Для 4-го кластера характерны максимальные значения медиан по параметрам диаметров и длины аорты, а также практически относительным точкам отхождения её непарных ветвей, т.е. в 4-м кластере аорта самая крупная. Единственный параметр, не имеющий максимальных значений среди кластеров, – РНБАБИФ, который описывает возможную локализацию устья НБА по отношению к бифуркации аорты. Максимальное значение этого параметра характеризует 2-й кластер, т.е. в этом кластере при не самых больших значениях длины аорты расстояние между устьем НБА и бифуркацией аорты по медианным значениям самое большое. Самые низкие значения по всем параметрам, кроме РНБАБИФ, имеет 3-й кластер, т.е. в этот кластер попали исследуемые, у которых аорта короче и уже, чем в других группах. Однако самые низкие значения РНБАБИФ при средних значениях остальных параметров прослеживаются в 1-м кластере.

При рассмотрении половых групп внутри кластеров (таблица 19) для мужчин прослеживается аналогичная с предыдущей внутрикластерная тенденция, т.е. все параметры, являющиеся разделяющими для кластеров вне зависимости от пола, имеют схожие наибольшие и наименьшие медианные значения, в то время как для женщин все параметры диаметров аорты и РЧСВБА имеют наибольшее значение во 2-м кластере. По наименьшим значениям данные схожи с разбивкой на кластеры вне зависимости от пола.

Таблица 19 – Медианы параметров внутри кластеров в зависимости от пола

Параметр	Пол	Кластер			
		1	2	3	4
ДА, см	женский	2,06	<b>2,15</b>	1,95	2,09
	мужской	2,27	2,29	2,18	<b>2,45</b>
ДА5ПА, см	женский	1,83	<b>1,91</b>	1,80	1,90
	мужской	2,06	2,08	1,97	<b>2,21</b>
ДА5Биф, см	женский	1,63	<b>1,73</b>	1,62	<b>1,73</b>
	мужской	1,79	1,82	1,73	<b>1,95</b>
ДЛИНБА, см	женский	13,67	13,87	12,19	<b>15,98</b>
	мужской	13,81	14,21	12,33	<b>16,08</b>
РЧСВБА, см	женский	1,75	<b>1,88</b>	1,72	1,83
	мужской	1,84	1,89	1,70	<b>2,07</b>
РВБАНБА, см	женский	8,26	7,12	6,72	<b>8,76</b>
	мужской	8,41	7,23	6,87	<b>8,95</b>
РНБАБИФ, см	женский	3,15	<b>4,51</b>	3,34	4,35
	мужской	3,15	<b>4,64</b>	3,45	4,44

Результатом проведённой кластеризации по группе параметров аорты стало формирование 4 кластерных групп, внутри которых морфометрические параметры поддаются закономерному распределению, т.е. каждую из проанализированных и измеренных аорт можно отнести к определённому кластеру по конкретным признакам. Полученная классификация позволит рассматривать и относить каждое морфометрическое исследование к определённой группе, а дальнейшее углублённое изучение кластерных групп позволит прогнозировать возможные изменения морфометрических параметров аорты при переходе из одного кластера в другой.

### **4.3. Кластеризация морфометрических параметров висцеральных ветвей аорты. Анализ зависимостей между морфометрическими параметрами**

Следующим этапом была проведена кластеризация морфометрических параметров 2-й группы – измеряемые параметры висцеральных ветвей аорты (ДЛИНЧС, ДЧС, ДСА, ДЛЖА, ДОП, ДВБА, ДВБА5ПОА, ДНБА, ДЛПА и ДППА).

В результате предварительного анализа данных и особой практической и анатомической значимости в первую очередь была проведена кластеризация по морфометрическим параметрам чревного ствола и его ветвей (ДЛИНЧС, ДЧС, ДСА, ДЛЖА, ДОП).

Описывая дендрограмму кластеризации (рисунок 50), определяются 3 кластера. При помощи t-SNE техники удается четко визуализировать разницу между кластерными группами, отмечая незначительное смещение 1-го со 2-м и 2-го с 3-м кластерами (рисунок 51).

По результатам дисперсионного анализа (ANOVA) средних значений морфометрических параметров для каждого кластера по всем параметрам отмечалась статистически значимая разница ( $p \leq 0,05$ ). Медианы данных параметров представлены в таблице 20. Наибольшей разделяющей способностью обладали параметры ДСА ( $F = 1056,96$ ), ДЧС ( $F = 957,24$ ) и ДОП ( $F = 838,89$ ).

Наименьшие значения всех измеряемых параметров оказались в первом кластере, а наибольшие – в третьем. Второй кластер оказался самым многочисленным (536 исследований) и имел средние значения по всем параметрам.

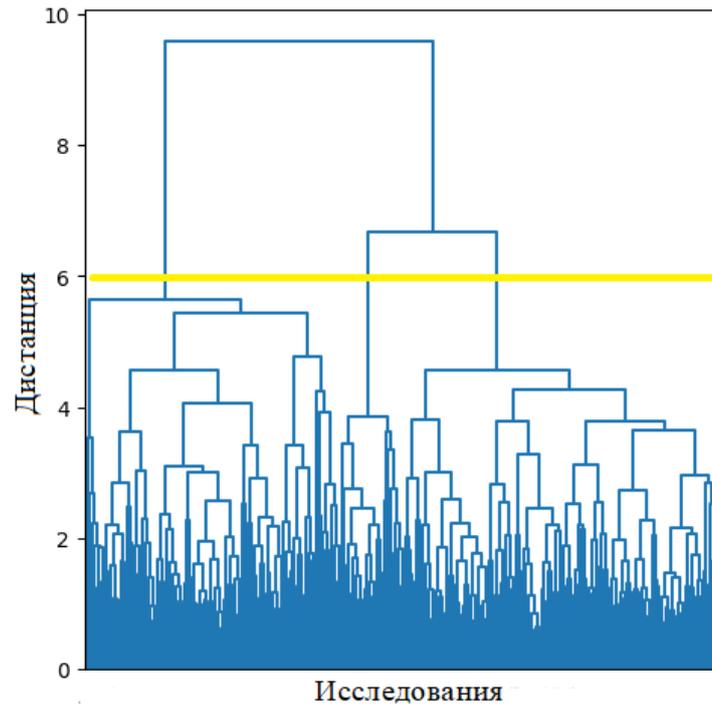


Рисунок 50 – Дендрограмма кластеризации морфометрических параметров  
ЧС и его ветвей

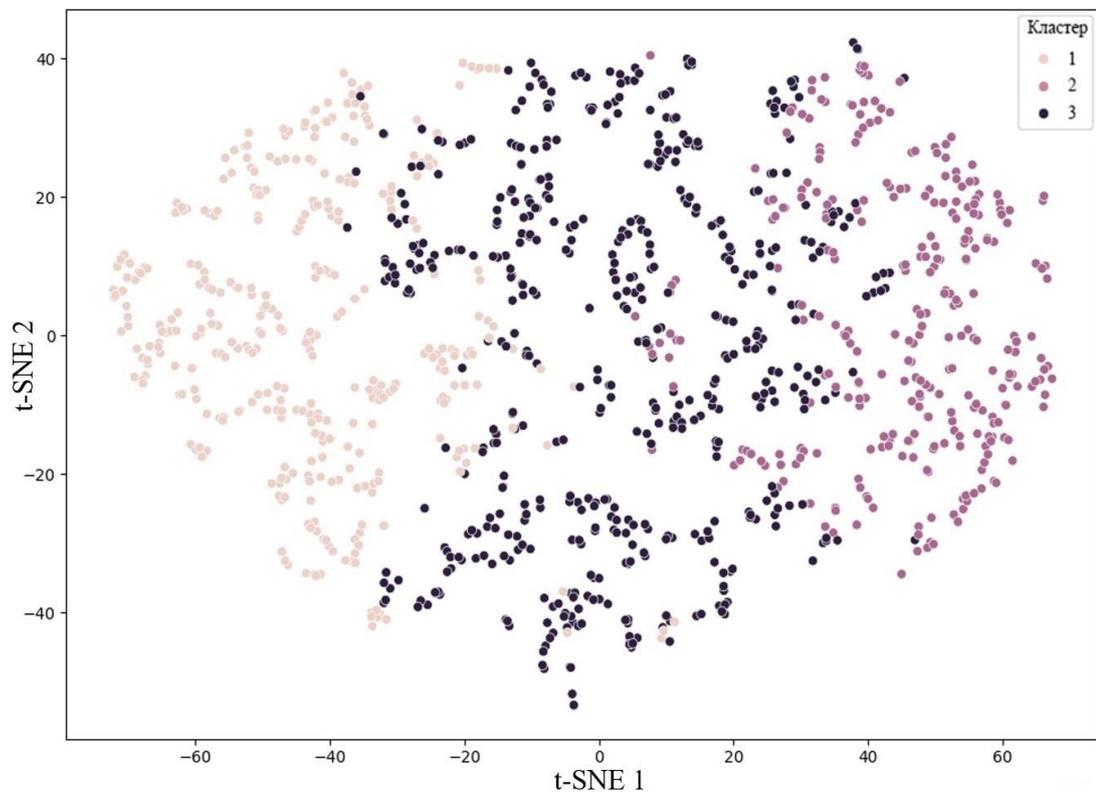


Рисунок 51 – Отображение кластеризации методом k-средних на визуализации  
данных, полученных при помощи t-SNE техники (параметры ветвей аорты)

Таблица 20 – Медианы параметров ЧС внутри кластеров

Параметр	Кластер		
	1	2	3
ДЛИНЧС, см	2,53	2,91	<b>3,31</b>
ДЧС, мм	5,86	6,97	<b>8,11</b>
ДЛЖА, мм	2,71	3,12	<b>3,44</b>
ДСА, мм	4,47	5,46	<b>6,45</b>
ДОП, мм	4,02	4,90	<b>6,04</b>
N	376	<b>536</b>	312

От кластера к кластеру прослеживается закономерность – при увеличении ДЧС увеличиваются значения параметров его ветвей. Данная закономерность отмечена на примере ДСА по отношению к ДЧС на рисунке 52.

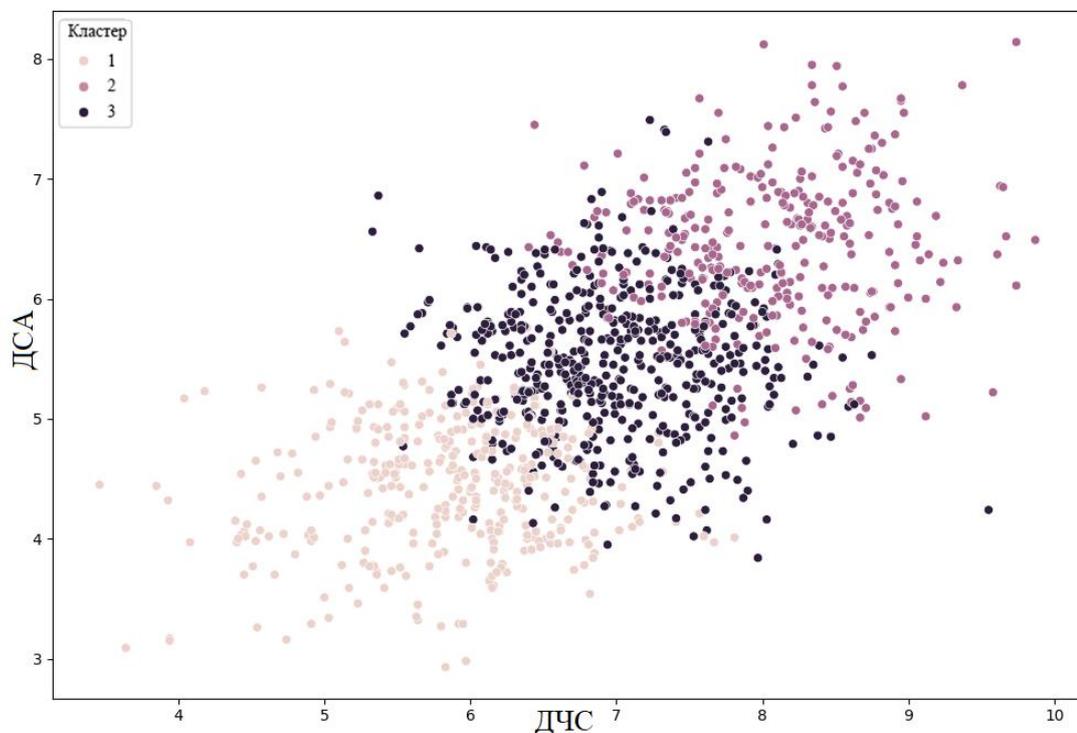


Рисунок 52 – Визуализация данных по морфометрическим параметрам (ДСА от ДЧС) при помощи t-SNE техники

Вторым этапом проведена кластеризация диаметров остальных крупных измеряемых ветвей БА (ДВБА, ДВБА5ПОА, ДНБА, ДЛПА и ДППА) (Рисунок 53).

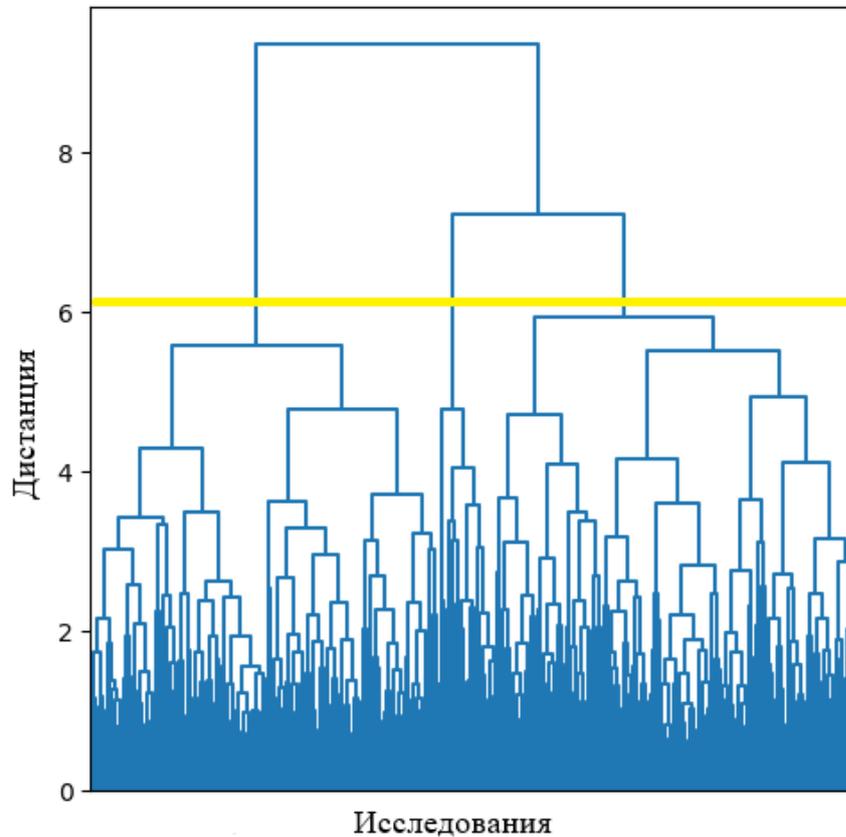


Рисунок 53 – Дендрограмма кластеризации морфометрических параметров крупных висцеральных ветвей брюшной аорты

В результате оптимальным числом кластеров определено 3. Межкластерный дисперсионный анализ (ANOVA) по всем параметрам определил статистически значимые различия во всех кластерах ( $p \leq 0,05$ ). Наибольшей разделяющей способностью обладал параметр ДВБА ( $F = 1017,72$ ). Медианы параметров в каждом кластере представлены в таблице 21.

Описывая медианные значения в кластерах, стоит отметить, что самым многочисленным кластером стал третий (548 наблюдений). В первый кластер были отнесены наблюдения, в которых все измеряемые параметры имели наименьшие

медианные значения. Во втором кластере, напротив, все параметры имели наибольшие медианы при наименьшем количественном составе (325 наблюдений).

Таблица 21 – Медианы параметров крупных ветвей БА внутри кластеров

Параметр	Кластер		
	1	2	3
ДВБА, мм	5,88	<b>8,10</b>	7,02
ДВБА5ПОА, мм	4,06	<b>5,63</b>	4,82
ДНБА, мм	3,01	<b>3,86</b>	3,46
ДППА, мм	4,61	<b>6,18</b>	5,33
ДЛПА, мм	4,53	<b>6,18</b>	5,20
N	342	325	<b>548</b>

Заключительным этапом произведена кластеризация по параметрам отхождения ветвей от аорты (АМР, УголЧС, УголВБА, УголППА и Угол ЛПА) (рисунок 54). Оптимальным количеством кластеров выбрано 3 кластера. После проведения межкластерного дисперсионного анализа определено, что по каждому параметру между кластерами имеются статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ), а наибольшей разделяющей способностью обладает параметр УголЧС ( $F = 1009,53$ ).

В первый кластер вошли исследования с наибольшими углами отхождения чревного ствола и верхней брыжеечной артерии, а также с наибольшим аорто-мезентериальным расстоянием. Второй кластер включал в себя наименьшие значения по всем параметрам, кроме УголЧС, который имел близкие к низким значения (таблица 22). Аорты, включенные в третий кластер, имели наименьший УголЧС и в то же время наибольшие значения углов отхождения обеих почечных артерий.

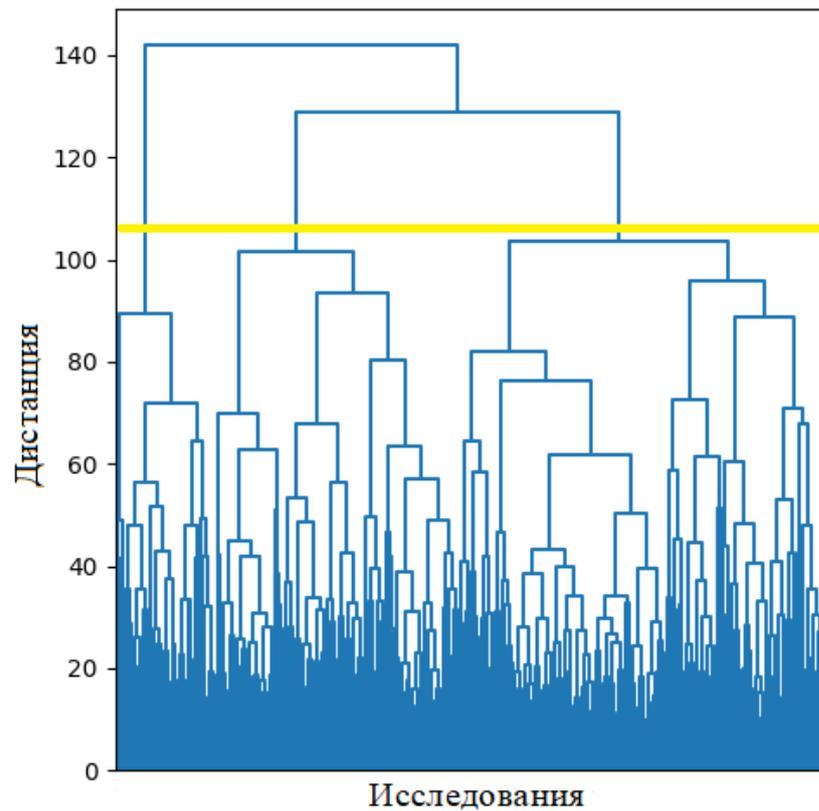


Рисунок 53 – Дендрограмма кластеризации по параметрам отхождения ветвей от брюшной аорты

Таблица 22 – Медианы параметров отхождения крупных ветвей БА внутри кластеров

Параметр	Кластер		
	1	2	3
УголЧС, град	<b>79,0</b>	45,0	43,5
УголВБА, град	<b>75,0</b>	49,0	62,0
УголППА, град	69,0	52,0	<b>70,0</b>
УголЛПА, град	73,0	60,5	<b>81,0</b>
АМР, см	<b>2,61</b>	1,76	2,04
N	355	<b>452</b>	408

На рисунке 54 представлена визуализация данных отношения угла отхождения левой почечной артерии и чревного ствола. При меньших значениях УголЧС во втором кластере УголЛПА имеет низкие значения, а в третьем – высокие. В первом кластере большие значения УголЧС и средние значения УголЛПА. Следовательно, при высоких УголЧС значения УголЛПА не могут быть значимо низкими.

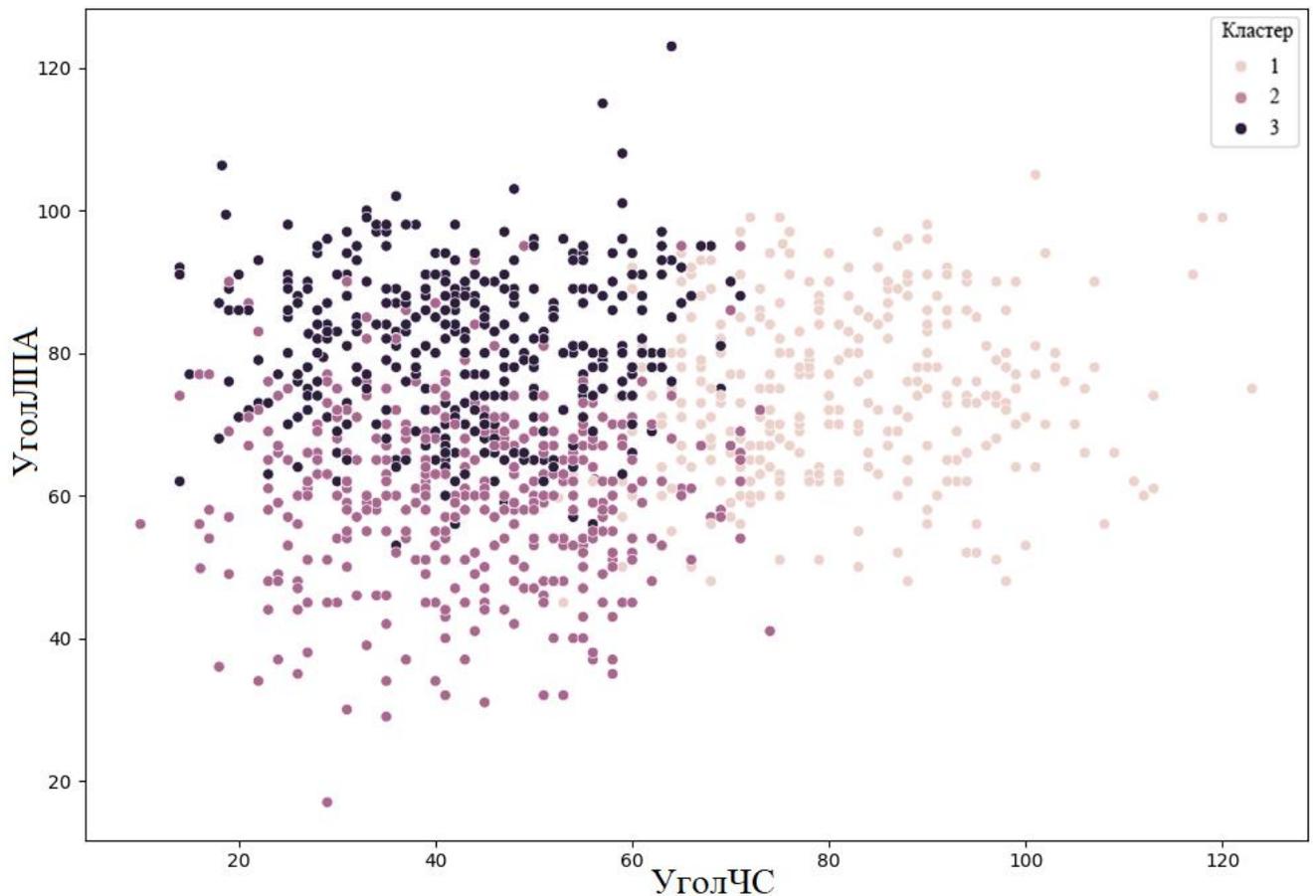


Рисунок 54 – Визуализация данных по морфометрическим параметрам углов отхождения крупных ветвей от БА (отношение УголЛПА к УголЧС) при помощи t-SNE техники

Кластеризация морфометрических параметров аорты представляет собой системный подход к анализу анатомической вариабельности сосудистой архитектоники с применением методов машинного обучения. Основная цель

данного исследования заключалась в выявлении скрытых закономерностей пространственной организации брюшной аорты и её висцеральных ветвей посредством многомерного анализа количественных характеристик, включая морфометрические параметры (диаметры, углы ветвления) и топографические особенности (расстояния между точками отхождения ветвей). Проведённая кластеризация позволяет объективизировать классификацию анатомических вариантов, выявив устойчивые группы схожих морфометрических профилей, которые не поддаются идентификации при традиционном качественном анализе. Полученные кластеры могут быть использованы для стратификации пациентов по рискам развития специфических сосудистых патологий, а также могут служить основой для персонализированного подхода к планированию оперативных вмешательств. Полученные результаты, в частности возможная идентификация кластеров с повышенным риском осложнений, открывают новые перспективы для превентивной медицины и разработки специализированного эндоваскулярного оборудования.

## ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выявленные в ходе исследования топографо-анатомические закономерности пространственного расположения брюшной аорты и ее крупных висцеральных ветвей согласуются по ключевым параметрам с опубликованными ранее данными, что подтверждается сравнительным анализом (таблица 23).

Таблица 23 – Топографические параметры аорты и её крупных висцеральных ветвей согласно данным проведённых ранее исследований

Проведённые исследования	Начало БА	БифБА	Устье ЧС	Устье ВБА	Устье НБА	Устье ППА	Устье ЛПА
Кадаверные исследования							
Adachi, B. (1928) [51]	LI B1/3	LIV H1/3	LI B1/3	LI C1/3	LIII C1/3	-	-
George, R. (1935) [73]	LI B1/3	-	LI B1/3	LI H1/3	LIII C1/3	-	-
Anson, B.J. (1936) [53]	LI B1/3	LIV C1/3	LI B1/3	LI H1/3	LIII-LIVD	LI-LIID	LI-LIID
Cauldwell, E.W. et al. (1943) [62]	LI B1/3	LIV-LVD	LI B1/3	LI H1/3	LIII H1/3	LI-LIID	LI B1/3
Pennington, N. et al. (2005) [115]	ThXII-LID	LIV H1/3	ThXII-LID	LI B1/3	LIII H1/3	LI H1/3	LI H1/3
Panagouli, E. (2011) [114]	LI B1/3	LIV H1/3	LI B1/3	LI C1/3	LIII C1/3	LI H1/3	LI B1/3
КТ-исследования							
Kao, G. D. et al. (1993) [84]	-	-	ThXII C1/3	LI C1/3	-	-	-
Shen, X.H. et al. (2016)[124]	ThXII B1/2	LIV	-	-	-	LI H1/3	LI H1/3
Fataftah, J. et al. (2020) [70]	ThXII-LID	LIV	ThXII-LID	LI	LIII	LI	LI
Быков И.П. (2020) [9]	ThXII	LIV	ThXII-LID	LI	LIII	-	-
Ekingen, A. et al. (2021) [68]	ThXII-LID	-	ThXII-LID	LI B1/3	LIII C1/3	-	-
Настоящее исследование	ThXII H1/3	LIV H1/3	LI B1/3	LI H1/3	LIII H1/3	LI B1/3	LI B1/3

Топографические параметры самой аорты, такие как уровень её начала и бифуркации, соответствовали показателям проведённых ранее исследований, как кадаверных, так и прижизненных [51, 53, 62, 70, 73, 111]. Аорта брала своё начало в промежутке от верхней 1/3 ThXI позвонка до средней трети LI позвонка, с наибольшей частотой на уровне нижней трети ThXII, что соответствует отмеченным ранее данным С.Н. Лященко [32]. Такой же преобладающий уровень начала аорты описывается в исследовании N. Keough et al. [89]. Бифуркация аорты фиксировалась в промежутке от средней трети LIII позвонка до нижней трети LV позвонка. Похожий диапазон отмечается в исследованиях С. Arraji et al. [54] и П.М. Быкова [9]. Данные А. Kot et al. [93] отмечают верхнюю границу диапазона ниже – на уровне межпозвонкового диска между LIII и LIV позвонками, однако наиболее частым уровнем бифуркации также отмечается LIV позвонок.

Диапазон отхождения чревного ствола отмечался от верхней трети ThXII до верхней трети LII позвонков, что подтверждается исследованиями Н.А. Коваленко [28] и М. Rusu et al. [120]. Однако ряд исследователей отмечает вариабельность отхождения более высокими топографическими уровнями. Так, например, согласно данным Е. Panagouli et al. [114], верхней возможной границей данного диапазона является верхняя треть ThX позвонка, а в исследовании D. Venieratos et al. [136] наиболее проксимальным уровнем стала средняя треть ThX позвонка.

Верхняя брыжеечная артерия брала начало от аорты от верхней трети LI до нижней трети LII позвонков, с чем согласуются результаты исследования А. Balcerzak et al. [58]. Однако в исследовании С. Niscoveanu [112] топографический промежуток отхождения ВБА находился выше, в пределах от нижней трети ThXII позвонка до межпозвоночного диска между LI и LII позвонками. Аналогичную нижнюю границу данного диапазона также отмечает исследование G. Kao et al. [84].

Уровень отхождения НБА в нашем исследовании определялся в пределах от нижней трети LII позвонка до нижней трети LIV позвонка. В данном диапазоне отмечается отхождение НБА в большинстве исследований [68, 109, 114].

Обе почечные артерии имели одинаковый диапазон отхождения – от верхней трети L1 позвонка до средней трети LIII позвонка, чаще всего встречаясь на уровне верхней трети LII позвонка. Shen X.H. et al. [124] отмечает разные диапазоны отхождения почечных артерий: для ЛПА – от верхней половины L1 позвонка до межпозвонкового диска LII/LIII позвонков, для ППА – от межпозвонкового диска ThXII/LI до нижней половины LII позвонка. М.Б Парфенович [37] описывает возможный диапазон ещё шире: от ThXII позвонка до LIII позвонка, отмечая при этом, что наиболее часто обе артерии отходят в пределах LI-LII позвонков.

Также отмечались половые различия в топографических параметрах исследуемых нами сосудов. Было отмечено, что для женщин характерно преобладание более проксимального расположения устьев большинства висцеральных ветвей по отношению к началу брюшной аорты. Так, например, устье чревного ствола чаще всего определялось на уровне верхней трети L1 у мужчин (34,8%) и женщин (38,2%), однако наиболее низкий уровень (верхняя треть LII позвонка) отмечался только у мужчин. Наиболее частым уровнем отхождения ВБА для обоих полов стала нижняя треть L1 позвонка, в свою очередь у 36% мужчин ВБА брала начало ниже данного уровня, в то время как среди женщин лишь в 25,7%. Диапазон отхождения ППА у мужчин определялся в пределах от верхней трети L1 до средней трети LIII позвонка, в то время как для женщин нижняя граница данного промежутка определялась на уровне межпозвонкового диска между LII/LIII позвонками. Данная закономерность подтверждается в исследовании П.М. Быкова [9], также отмечающего более дистальное расположение сосудов брюшной аорты у мужчин.

Возрастные различия в топографии устьев сосудов, а также уровня начала БА и её бифуркации имели большую вариабельность в III возрастной группе. Для уровня аортального отверстия отмечается увеличение количества более высоких скелетотопических уровней от I к III возрастным группам. Бифуркация аорты, в свою очередь, наоборот все больше отмечается ниже наиболее часто встречаемых уровней также от I к III группе. Это объясняется дегенеративными процессами в межпозвонковых дисках и телах позвонков. Так, Е. А. Анисимова и соавт. [3]

отмечают уменьшение высоты межпозвоночных дисков и в меньшей степени тел позвонков при дегенеративно-дистрофических изменениях позвоночного столба. Устья непарных висцеральных ветвей брюшной аорты у женщин в I возрастной группе чаще располагались в топографических промежутках выше, чем во II и III группах, в то время как для мужчин аналогичные уровни не показали четкой возрастной разницы по частоте встречаемости, однако для устьев чревного ствола и нижней брыжеечной артерии прослеживалась тенденция к большей вариабельности от I к III группе.

Вариантная анатомия чревного ствола представляет огромный интерес для современных исследований, несмотря на многолетнюю историю изучения [17, 43, 50, 84]. В результате нашего исследования, частота различных вариаций архитектоники ЧС, согласно классификации R. Uflacker (1994), составила 10,3%. В самом объёмном на данный момент исследовании архитектоники ЧС S.Y. Song et al. [128] частота встречаемости типов ЧС, отличных от классического, составила 10,9%. Это подтверждается данными M. Koshariya et al. [92], где частота вариаций составила 10,6%. Кадаверное исследование I. Prakash et al. [117] также определяет частоту отмеченных вариаций в 14%. Однако ввиду огромного интереса к данной особенности и большого количества исследований, частота вариаций в изученной нами литературе колеблется в пределах от 2% до 61,1% [69], что подтверждает актуальность изысканий в данной области анатомии.

Согласно классификации N. Michels (1955), больше учитывающей aberrантные ветви ЧС и ВБА, частота отмеченных вариаций составила 26,3%. В одном из самых объёмных отечественных исследований чревного ствола П.В. Балахин [5] определяет частоту возможных вариаций по данной классификации в 41,9%. В этом же исследовании автор отмечает, что в литературе частота вариаций колеблется от 8% до 86,6% [5]. Также нами были обнаружены типы ветвления ЧС, не входящие в данную классификацию. Так, например, в 3 наблюдениях правая печёночная артерия брала свое начало от правой полуокружности ЧС у места его деления на СА и ОПА. В исследовании Н.А. Коваленко [28] такой тип ветвления был отнесен к одному из подтипов

квадрифуркации ЧС (ЛЖА+СА+ОПА+ППА) и встречался в 0,51% случаев (2 наблюдения). Также в 1-м наблюдении нами был описан вариант, не встречавшийся ранее в литературе, при котором отмечалось наличие печёочно-селезёночного ствола и левой желудочной артерии как самостоятельных ветвей брюшной аорты, при этом от верхней полуокружности ЛЖА отходила одна нижняя диафрагмальная артерия.

Извитость селезёночной артерии, как особенность её строения, в отечественной литературе отдельно не описывалась. Однако в зарубежной литературе обращается внимание на дополнительное изучение свойства селезёночной артерии образовывать витки и спирали [39, 57, 61, 78]. Н.А. Коваленко [28] в своём исследовании отмечает, что варианты траектории хода данной артерии и деления в воротах селезенки характеризуются выраженным многообразием. В результате нашего исследования только в 24,3% случаев селезёночная артерия не имела витков. Чаще всего среди обоих полов отмечался тип, при котором СА образовывала 1 полный виток. Причину образования витков описывали N. Michels [106] и P.A. Sylvester [130], отмечая возрастные, генетические и иные факторы, влияющие на сосуд. До сих пор точные причины этого феномена так и не обнаружены. Нами была определена значимая положительная корреляция между количеством витков селезёночной артерии и её диаметром, а также более слабая положительная корреляция между количеством витков и возрастом.

Так как в нашем исследовании изучались особенности анатомии почечных артерий, в ходе анализа ангиограмм было отмечено и описано наличие добавочных/аберрантных почечных артерий как ветвей брюшной аорты. Добавочные почечные артерии были обнаружены в 16,5% всех наблюдений. Чаще всего отмечалось наличие одной добавочной правой почечной артерии (39,5% из обнаруженных добавочных ветвей). Согласно данным литературы, частота встречаемости добавочных почечных артерий варьирует в пределах от 9% до 34,7% случаев [8, 22, 24, 110, 126].

Морфометрические параметры аорты и её крупных висцеральных ветвей в нашем исследовании рассматривались в половом, возрастном, и возрастнополовом аспектах. Согласно полученным данным, можно заключить, что значения всех морфометрических параметров различны для мужчин и женщин, кроме угла отхождения правой почечной артерии. Для возрастных групп, независимо от пола, статистически значимые различия были обнаружены у параметров брюшной аорты (ДА, ДА5ПА, ДА5Биф), что говорит об увеличении диаметров аорты на разных уровнях с возрастом. Морфометрические параметры диаметров висцеральных ветвей не имели столь выраженного линейного увеличения, однако отмечалось их увеличение к более старшему возрастному периоду. Исключением стал диаметр селезёночной артерии, который имел наибольшие значения в 1 возрастной группе, уменьшаясь с возрастом. Это может быть связано с описанным В.Г. Бычковым и соавт. [11] уменьшением внутреннего диаметра селезёночной артерии в возрасте старше 60 лет. Полученные данные подтверждаются рядом исследований [9, 82, 145]. В.С. Барсуков [7] отмечает, что для артерий эластического типа, таких как аорта, с возрастом характерно нарастание атрофии эластического каркаса стенок с одновременной коллагенизацией. Данная особенность впоследствии становится причиной дилатации сосуда, т.е. увеличения его диаметра. В свою очередь, А.А. Ефимов [25] утверждает, что для артерий меньшего калибра (мышечно-эластического и мышечного типов) такая тенденция может прослеживаться неотчетливо, либо быть обратной. В исследовании О.А. Жирновой и соавт. [27] увеличение диаметра и удлинение сосудов с возрастом связывают с накоплением гладкомышечных клеток и соединительной ткани в стенке сосуда, приводящему к утолщению интимы. Данные изменения влекут к постепенному снижению эластичности и повышению ригидности сосудов, являясь причиной их расширения. Ю.Э. Терегулов и соавт. [46] отмечают, что при перерастяжении сосуда коллаген сосудистой стенки полностью принимает нагрузку на себя и сокращение гладких мышц не изменяет жесткость стенки, поскольку модуль упругости сократившихся гладких мышц меньше модуля упругости коллагена. Данное явление позволяет объяснить, почему у пожилых пациентов расширение аорты сопровождается

высокой жесткостью. Также во всех возрастных группах статистически значимо различался параметр АМР, что может быть связано с увеличением доли абдоминальной клетчатки с возрастом ввиду уменьшения физической активности [86].

При сравнении морфометрических параметров разных возрастных групп внутри обоих полов также была отмечена тенденция к увеличению диаметров брюшной аорты с возрастом у каждого пола. Диаметры висцеральных ветвей закономерного увеличения или уменьшения не имели. Диаметр чревного ствола статистически значимо различался только у мужчин в молодом возрасте, имея большие значения, что говорит об уменьшении диаметра ЧС с возрастом. У женщин, при наличии единичных статистически значимых различий внутри групп, четкой закономерности изменения диаметров не выявлено.

При сравнении между одинаковыми возрастными группами разных полов, значения всех измеряемых диаметров аорты, значения диаметров всех её висцеральных ветвей, а также некоторых отдельных параметров (УголВБА, АМР) имели статистически значимые различия по полу во всех возрастных группах с большими значениями у мужчин. Параметры, связанные с длиной аорты, а также диаметр общей печёночной артерии в 1-й возрастной группе у мужчин и женщин не отличались, отмечены значимые различия во 2-й и 3-й группах. Е.А. Улубиева и соавт. [49] отмечают, что у мужчин атеросклеротические изменения в сосудистой стенке могут наблюдаться уже к 30-35 годам, тогда как у женщин при сохраненной менструальной функции подобные изменения могут отсутствовать вплоть до наступления менопаузы. Однако после быстро прогрессируют, и к 65 годам женщины не уступают мужчинам по степени выраженности и распространенности атеросклеротических изменений сосудистой стенки [49].

Кластеризация, как метод классификации, позволяющий разделить объединённый массив данных по группам со схожими параметрами, в современных анатомических исследованиях встречается редко. Были обнаружены единичные случаи, где описано применение данного метода в группировке анатомических параметров [72, 138]. Результатом проведённого исследования

стала возможность разделить на кластерные группы по морфометрическим параметрам брюшной аорты с формированием 4 кластерных групп, внутри которых морфометрические параметры поддаются закономерному распределению, т.е. полученная классификация позволит рассматривать и относить каждое морфометрическое исследование к определённой группе, а дальнейшее углублённое изучение кластерных групп позволит прогнозировать возможные изменения морфометрических параметров аорты при переходе из одного кластера в другой.

Кластеризация по параметрам чревного ствола и его ветвей позволила разделить имеющийся массив данных на 3 кластера со статистически значимой разницей по каждому из параметров в каждом кластере.

Параметры остальных измеряемых ветвей БА были подвергнуты двум кластеризациям. Первая включала морфометрические параметры (диаметры), вторая топографические (углы отхождения и АМР). Результатом первой и второй кластеризации стало формирование 3 кластерных групп, однако состав кластеров был различен. По всем параметрам во всех кластерных группах отмечались статистически значимые различия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день прижизненные методы визуализации сосудистого русла брюшной аорты являются неотъемлемой частью предоперационного планирования, а также лечебно-диагностических манипуляций на органах брюшной полости. Возрастающее количество исследований, направленных на изучение вариантной анатомии артериальных сосудов, подтверждает актуальность изысканий в данном направлении, в первую очередь, в области нормальной анатомии человека.

В результате проведённого исследования были получены данные, расширяющие и дополняющие знания о вариантной анатомии брюшной аорты и её висцеральных ветвей. Так, согласно полученным данным о топографических особенностях ветвей аорты в половом и возрастных аспектах, было описано более проксимальное расположение устьев крупных сосудов у женщин, что ранее также наблюдалось другими отечественными авторами [9]. Нами впервые было отмечено, что у женщин в возрасте до 35 лет устья непарных висцеральных ветвей брюшной аорты чаще располагались в топографических промежутках выше, чем в старших возрастных группах, в то время как для мужчин такой четкой возрастной разницы по частоте встречаемости не отмечается.

Полученные нами данные о вариантной анатомии чревного ствола определяют частоту встречаемости возможных вариаций в 10,3%, что соответствует многим исследованиям, проведённым ранее [92, 117, 128]. Однако нами был отмечен и описан вариант ветвления, не встречавшийся ранее в литературе – наличие печёочно-селезёночного ствола и левой желудочной артерии как самостоятельных ветвей брюшной аорты, при этом нижняя диафрагмальная артерия брала начало от верхней полуокружности ЛЖА (ПСС и ЛЖА+НДА).

Существующие данные о вариантной анатомии селезёночной артерии также были дополнены классификацией, созданной на основании количества её витков.

Была обнаружена положительная корреляция между возрастом, диаметром и количеством витков селезёночной артерии, что ранее не описывалось в научной литературе.

Также были зафиксированы достоверные статистически значимые возрастные и половые различия для морфометрических параметров среди мужчин и женщин в одинаковых возрастных группах. Было отмечено, что диаметры просвета брюшной аорты увеличиваются с возрастом, причем у женщин эти показатели сильнее коррелируют с возрастом, чем у мужчин.

Впервые в изучении морфометрических параметров аорты был использован метод кластеризации. Полученные результаты говорят о возможности создания классификации, основанной на морфометрических параметрах сосудов, что не встречалось в проводимых ранее исследованиях. Были определены группы параметров, на основании которых возможна кластеризация и создание кластерных групп, учитывающих параметры непосредственно аорты, её крупных висцеральных ветвей, а также углов отхождения этих ветвей. Данное открытие даёт возможность в будущем при создании программ на основе искусственного интеллекта, позволяющих автоматически измерять изучаемые параметры аорты, относить каждое ангиографическое исследование в определённую кластерную группу с дальнейшим изучением возможных изменений архитектоники каждого сосуда.

## ВЫВОДЫ

1. Установлены типичные топографические интервалы аортального отверстия диафрагмы (от средней трети ThXII позвонка до верхней трети LI позвонка в 84,6% случаев), бифуркации аорты (от верхней трети LIV до верхней трети LV позвонка в 93% случаев), устья чревного ствола (от нижней трети ThXII до нижней трети LI позвонка в 91,1% случаев), верхней брыжеечной артерии (от верхней трети LI до верхней трети LII позвонка в 96,3%), нижней брыжеечной артерии (от верхней трети LIII до верхней трети LIV позвонка в 92,3% случаев), левой почечной артерии (от нижней трети LI до нижней трети LII позвонка в 93,6% случаев) и правой почечной артерии (от нижней трети LI до средней трети LII позвонка в 84,9% случаев).

2. Значения всех морфометрических параметров различны для мужчин и женщин, кроме угла отхождения правой почечной артерии. Для возрастных групп, независимо от пола, статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) были обнаружены у параметров брюшной аорты, что говорит об увеличении диаметров аорты на разных уровнях с возрастом, тогда как диаметр висцеральных ветвей изменяется менее выражено. Исключением стал диаметр селезёночной артерии, диаметр которой уменьшался с возрастом.

3. У мужчин топографические параметры аорты имеют большую вариабельность в старшей возрастной группе, с тенденцией к смещению аортального отверстия краниально, а бифуркации каудально. Диаметр чревного ствола у мужчин в молодом возрасте больше, чем в старших возрастных группах ( $p \leq 0,05$ ). У женщин наблюдается расширение интервалов расположения аортального отверстия и бифуркации аорты с возрастом. Устья непарных висцеральных ветвей брюшной аорты имеют тенденцию к смещению дистально в старших возрастных группах у обоих полов ( $p \leq 0,05$ ).

4. Типичная анатомия чревного ствола отмечалась в 89,7% случаев, частота остальных атипичных вариантов составила 10,3%. Обнаружен новый

анатомический вариант: раздельное отхождение печёночно-селезёночного ствола и левой желудочной артерии от брюшной аорты, при котором от последней отходила одна нижняя диафрагмальная артерия. Разработана классификация селезёночной артерии на основании количества её витков. Выявлена положительная корреляция её диаметра и количеством витков с возрастом.

5. В ходе исследования разработана инновационная 4-кластерная модель распределения морфометрических параметров брюшной аорты. Для чревного ствола и его ветвей выделено 3 кластера. Для других висцеральных ветвей проведена двойная кластеризация: 1) по морфометрическим параметрам (3 кластера); 2) по топографическим характеристикам (3 кластера). Кластеры демонстрируют статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) по всем ключевым параметрам. Внутри каждого кластера параметры распределяются по определённым закономерностям. Модель позволяет классифицировать новые наблюдения, относящиеся к нормальным показателям, отличать патологию, не входящую в интервалы нормальных значений, а также прогнозировать переход между классами при возрастных изменениях.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Частота встречаемости атипичных вариантов архитектоники чревного ствола требует тщательной предоперационной подготовки с обязательным проведением МСКТ-ангиографии в подготовительных процедурах перед проведением оперативного вмешательства.

2. Для изучения вариантной анатомии и топографических особенностей висцеральных ветвей брюшной аорты целесообразно использовать 3D-рендеринг и МIP-реконструкции.

3. Для измерения морфометрических параметров сосудов брюшной аорты требуются измерения во всех проекциях для фиксации точного диаметра и длины сосуда.

4. Возможности кластеризации, как метода классификации, позволяют находить закономерности и определять типы анатомии брюшной аорты и её ветвей. Использование данного метода с большими базами данных позволит создать новые и дополнить существующие классификации.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

**АМР** – аорто-мезентериальное расстояние

**БА** – брюшная аорта

**ВБА** – верхняя брыжеечная артерия

**ГДА** – гастродуоденальная артерия

**ДА** – диаметр аорты на уровне отхождения чревного ствола

**ДА5ПА** – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения почечных артерий или одной из почечных артерий

**ДА5Биф** – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации

**ДВБА** – диаметр верхней брыжеечной артерии

**ДВБА5ПОА** – диаметр верхней брыжеечной артерии на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии

**ДНБА** – диаметр нижней брыжеечной артерии

**ДЛЖА** – диаметр левой желудочной артерии

**ДлинБА** – длина брюшной аорты

**ДлинЧС** – длина чревного ствола

**ДЛПА** – диаметр левой почечной артерии

**ДОП** – диаметр общей печёночной артерии

**ДопППА** – добавочная правая почечная артерия

**ДопЛПА** – добавочная левая почечная артерия

**ДППА** – диаметр правой почечной артерии

**ДСА** – диаметр селезёночной артерии

**ДЧС** – диаметр чревного ствола

**ЗПА** – замещающая печеночная артерия

**ЛЖА** – левая желудочная артерия

**ЛНДА** – левая нижняя диафрагмальная артерия

**ЛПА** – левая печеночная артерия

**МСКТ** – мультиспиральная компьютерная томография

**НДА** – нижняя диафрагмальная артерия

**ПБС** – печёчно-брыжеечный ствол

**ПНДА** – правая нижняя диафрагмальная артерия

**ППА** – правая печёчная артерия

**ОНДА** – общая нижняя диафрагмальная артерия

**ОПА** – общая печеночная артерия

**РВБАНБА** – расстояние между центрами устьев верхней и нижней брыжеечных артерий

**РНБАБиф** – расстояние между центром устья нижней брыжеечной артерии и бифуркации аорты

**РЧСВБА** – расстояние между центрами устьев чревного ствола и верхней брыжеечной артерии

**СА** – селезёночная артерия

**СПА** – собственная печеночная артерия

**УголЧС** – угол отхождения чревного ствола

**УголВБА** – угол отхождения верхней брыжеечной артерии

**УголППА** – угол отхождения правой почечной артерии

**УголЛПА** – угол отхождения левой почечной артерии

**ЦМС** – целиако-мезентериальный ствол

**ЧС** – чревный ствол

**L1-LV** – поясничные позвонки

**МIP** – проекции максимальной интенсивности (maximum intensity projection)

**MPR** – мультипланарная реконструкция (multiplanar reconstruction)

**ThI-XII** – грудные позвонки

**T-SNE** – t-распределенное стохастическое соседнее встраивание (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding)

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика в задачах и упражнениях / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – Москва: Юнити-Дана, 2001. – 270 с. – ISBN 5-238-00303-X. – Текст : непосредственный.
2. Алдобаев, В.Н. Исследование поведения классических критериев множественных сравнений, на ненормальных неоднородных распределениях, методом Монте-Карло / В.Н. Алдобаев, А.Д. Артемьева, А.А. Масликов // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 72-80. – Текст : непосредственный.
3. Анисимова, Е.А. Сравнительный анализ морфотопометрических параметров структур поясничного отдела позвоночного столба в норме и при дегенеративно-дистрофических изменениях / Е.А. Анисимова, О.Л. Емкужев, Д.И. Анисимов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2015. – Т. 11, № 4. – С. 515-520.
4. Ахмедов, К.М. Обзор методов единой кластеризации / К.М. Ахмедов, Э.Т. Дзидзава // Вестник магистратуры. – 2021. – № 1-1(112). – С. 23-25.
5. Балахнин, П. В. Варианты артериальной анатомии печени по данным 1511 ангиографий / П.В. Балахнин, П.Г. Таразов, А.А. Поликарпов [и др.] // Анналы хирургической гепатологии. – 2004. – Т. 9, № 2. – С. 14-21.
6. Баран, Е.А. Хирургическая анатомия внеорганных почечных сосудов человека / Е.А. Баран, А.С. Переверзев // Урология: республиканский Межвуз. сборник. – Киев, 1974. – № 8. – С. 13-17.
7. Барсуков, В.С. Морфометрия аорты в определении возраста неопознанного умершего / В.С. Барсуков, А.М. Лобанов, В.А. Попов // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2012. – Т. 6, № 1. – С. 198-201.
8. Бокерия, Л. А. История хирургии аорты в России / Л. А. Бокерия, В. С. Аракелян // Анналы хирургии. – 2014. – №2. – С. 47-57.
9. Быков, П.М. Половые и типовые особенности прижизненных морфометрических параметров брюшной аорты и ее непарных ветвей у взрослого

человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01 / Быков Петр Михайлович. – СПб, 2020. – 24 с.

10. Быков, П.М. Сравнительная характеристика морфометрических параметров брюшной аорты и ее непарных ветвей у мужчин с различным типом телосложения / П.М. Быков, И.В. Гайворонский, М.Г. Гайворонская [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 15-21.

11. Бычков, В.Г. Морфометрические параметры селезеночной артерии как топографо-анатомическая основа безопасности эндоваскулярных вмешательств / В.Г. Бычков, В.Н. Дьяченко // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 6. – URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=13403> (дата обращения: 15.03.2024).

12. Введенский, Д.В. Морфометрические особенности непарных ветвей брюшной аорты в возрастном и половом аспектах. / Д.В. Введенский, В.Ю. Гришечкин, В.Н. Жданович // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2020. – Т. 18, № 6. – С. 687-691.

13. Верещагина, Л.Н. Почки. Топографо-анатомические особенности новорожденного / Л.Н. Верещагина; под ред. проф. Е.М. Маргорина. – Л.: Медицина, 1977. – С. 182-187.

14. Гайворонский, И.В. Анатомия человека, 2-е изд. / И.В. Гайворонский, Г.И. Ничипорук, А.И. Гайворонский. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – Т. 2. – 480 с. – ISBN 978-5-9704-4267-8

15. Гайворонский, И.В. Сравнительная характеристика возрастных, половых и типовых морфометрических параметров непарных ветвей брюшной аорты взрослого человека / И.В. Гайворонский, П.М. Быков, М.Г. Гайворонская [и др.] // Морфологические ведомости. – 2019. – Т. 27, № 2. – С. 13-18.

16. Гайворонский, И.В. Сравнительная характеристика морфометрических параметров брюшной аорты и ее непарных ветвей у женщин с различным типом телосложения / И.В. Гайворонский, П.М. Быков, М.Г. Гайворонская [и др.] // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2019. – №1. – С. 93-102.

17. Гайворонский, И.В. Хирургическое значение особенностей топографии и морфометрических характеристик чревного ствола и его ветвей при их типичной и атипичной архитектонике / И.В. Гайворонский, Л.М. Железнов, Н.А. Коваленко [и др.] // Вятский медицинский вестник. – 2021. – № 2 (70). – С. 14-20.
18. Гржибовский, А.М. Анализ трех и более независимых групп количественных данных / А.М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – №3. – С. 50-58.
19. Гришечкин, В.Ю. Топографические особенности непарных висцеральных ветвей брюшной аорты в возрастном и половом аспектах / В.Ю. Гришечкин, Д.В. Введенский, В.Н. Жданович // Проблемы здоровья и экологии. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 81-88.
20. Гуца, А.Л. Хроническая артериомезентериальная компрессия, осложненная механической желтухой / А.Л. Гуца, С.В. Тарасенко // Хирургия. – 1990. – № 1. – С. 82-83.
21. Дианова, Е.В. Количественные данные по почечной артерии человека / Е.В. Дианова // Сб. науч. работ по анатомии кровеносной системы. – Волгоград, 1964. – С. 259-264.
22. Докаева, Т.С. Топографическая анатомия добавочных артерий почек человека / Т.С. Докаева, И.У. Вагабов, Э.С. Кафаров [и др.] // Вестник медицинского института. – 2020. – №1 – С. 40-46.
23. Егоров, В.И. Артериальные целиако-мезентериальные абберрации: сравнение операционных данных и КТ-ангиографии / В.И. Егоров, Н.И. Яшина, А.В. Федоров [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2009. – №11. – С. 4-9.
24. Еремеев, С.Г. Артериальные сегменты почек. Автореферат дисс....канд. мед. наук / Еремеев С.Г. – Воронеж, 1962. – 17 с.
25. Ефимов, А.А. Количественная оценка возрастных изменений морфологических показателей крупных артерий / А.А. Ефимов, Л.М. Курзин, В.В. Буров [и др.] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 1. – С. 350-352.

26. Жерко, Л. В. Анатомические и ультразвуковые параллели в диагностике патологии аорты / Л. В. Жерко, Л. А. Давыдова // Молодой ученый. – 2015. – № 11 (91). – С. 640-646.
27. Жирнова, О.А. Неинвазивная диагностика нарушения эластических свойств артериальных сосудов / О.А. Жирнова, Н.Ф. Берестень, О.Р. Пестовская [и др.] // Электронный журнал Ангиология.ру. – 2011. – №1. – С. 27-42. URL: [http://angiologia.ru/specialist/journal\\_angiologia/001\\_2011/05/index.pdf](http://angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2011/05/index.pdf) (дата обращения 15.03.2024).
28. Коваленко, Н.А. Вариантная анатомия ветвей чревного ствола, корней и притоков воротной вены и ее прикладное значение в хирургии гастропленопанкреатодуоденальной зоны: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01; 14.01.17 / Коваленко Николай Александрович. – С-Пб, 2019. – 13 с.
29. Комаров, Н.И. Артериомезентериальная непроходимость двенадцатиперстной кишки / Н.И. Комаров, Ф.И. Шарафисламов // Казанский медицинский журнал. – 1968. – № 3. – С. 70-74.
30. Корнеев, А.А. Условия применимости критериев Стьюдента и Манна–Уитни. / А.А. Корнеев, А.Н. Кричевец // Психологический журнал. – 2011. – Т. 32, № 1. – С. 97-110.
31. Краев, А.В. Анатомия человека: Учебное пособие в 2 т. – Т.2 – М.: Медицина, 1978. – 352 с.
32. Лященко, С.Н. Новые данные по компьютерно-томографической анатомии и топографии магистральных сосудов забрюшинного пространства / С.Н. Лященко, С.В. Чемезов, П.В. Нагорнов // Совр. технологии в медицине. – 2011. – №1. – С. 38-41.
33. Маркосян, А.А. Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков. – М.: Медицина, 1969. – 575с.
34. Михайлов, С.С. Анатомия человека / Ю.В. Гренадеров, Л.В. Кузнецова; под ред. С.С. Михайлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1984. – 704 с., ил.
35. Нурмеев, И. Диагностика и хирургическое лечение левосторонних хронических окклюзирующих поражений почечных и подвздошных вен у

- подростков / И. Нурмеев, Л. Рашитов // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7, № 3. – С. 38-42.
36. Парфенов, И.П. Инфраренальная транспозиция верхней брыжеечной артерии при синдроме Wilkie (клиническое наблюдение) / И.П. Парфенов, Ф.Ф. Хамитов, Е.А. Маточкин [и др.] // Московский хирургический журнал. – 2021. – №3. – С. 46-50.
37. Парфенович, М.Б. Вариантная анатомия почечных артерий / М.Б. Парфенович // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. – №4. – С. 23-27.
38. Привес, М.Г. Анатомия человека: учебник / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович. – 13-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 896 с. – ISBN 978-5-9704-6286-7. – Текст : непосредственный.
39. Пронин, Н.А. Селезеночная артерия: происхождение, морфометрия, топография сосуда по отношению к поджелудочной железе, основные панкреатические ветви / Н.А. Пронин // Сибирский научный медицинский журнал. – 2022. – Т. 42, № 6. – С.15-28.
40. Самусев, Р.П. Атлас анатомии человека: Учеб. Пособие для студентов учреждений сред. профессион. образования / Р.П. Самусев – 7-е изд., перераб. – М.: ООО «Издательство «Мир и Образование»: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство Оникс», 2011. – 544 с. – ISBN 5-329-00774-7. – Текст : непосредственный.
41. Сапин, М.Р. Анатомия человека: учебник в 2 т. / М.Р. Сапин, В.Н. Николенко, Д.Б. Никитюк, С.В. Чава – Т. 2. – Москва: ГЕОТАР-Медиа, 2021. – 464с. – ISBN 978-5-9704-5286-8. – Текст : непосредственный.
42. Сапин, М.Р. Атлас нормальной анатомии человека: Учебн. пособие: / М.Р. Сапин, Д.Б. Никитюк, Э.В. Шевцов. 4-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – 632 с., ил. – ISBN 5-98322-262-7. – Текст : непосредственный.
43. Семиошко, Н.В. Вариантная анатомия ветвления чревного ствола и прилежащих к нему лимфатических узлов / Н.В. Семиошко // Педиатрический вестник Южного Урала. – 2015. – № 1. – С. 37-42.

44. Семиошко, Н.В. Вариантная анатомия чревного ствола / Н.В. Семиошко // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации: мат. 69-й науч. сессии сотр. универс. – Витебск, 2014. – С. 129.
45. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека, 7 изд./ Р.Д. Синельников, Я.Р. Синельников, А.Я. Синельников. Учеб. пособие: В 4 т. – Т.3 – перераб. – М.: РИА «Новая волна»: Издатель Умеренков, 2019. – 216с. – ISBN 978-5-7864-0343-6. – Текст : непосредственный.
46. Терегулов, Ю.Э. Изменения эластических свойств артерий и гемодинамические процессы / Ю.Э. Терегулов, С.Д. Маянская, Е.Т. Терегулова // Практическая медицина. – 2017. – Т. 103, № 2. – С. 14-20.
47. Тимербулатов, Ш.В. Артериомезентериальная дуоденальная компрессия / Тимербулатов Ш.В., Тимербулатов В.М., Абдуллин Р.С. [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2017. – Т. 12, № 4 (70). – С. 126-133.
48. Тихон, Н.М. Синдром верхней брыжеечной артерии. Клинический случай в педиатрической практике / Н.М. Тихон, М.П. Волкова, А.В. Хмеленко [и др.] // Вестник ВГМУ. – 2016. – Т. 15, № 6. – С. 63-73.
49. Улубиева, Е.А. Морфофункциональные изменения артерий в зависимости от возраста и курения у мужчин и женщин / Е.А. Улубиева, А.Г. Автандилов, Н.Х. Габитова [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – №4. – С. 2-12. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-4/2-12.pdf> (дата обращения 15.03.2024).
50. Шведавченко, А.И. К анатомии чревного ствола / А.И. Шведавченко, В.А. Кудряшова, Т.Л. Русских [и др.] // Учёные записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 166-167.
51. Adachi, B. Anatomie der Japaner I. Das Arteriensystem der Japaner. / B. Adachi // Kaiserlich-Japanischen Universitatzu Kyoto. Maruzen Publishing Co. – 1928. – Vol. 2. – P. 20-71.
52. Akgul, E. Portal venous variations. Prevalence with contrast-enhanced helical CT / E. Akgul, M. Inal, S. Soyupak [et al.] // Acta radiologica. – 2002. – № 43. – P. 315-319.

53. Anson, B.J. The topographical positions and the mutual relations of the visceral branches of the abdominal aorta. A study of 100 consecutive cadavers / B.J. Anson, C.B. McVay // *Anat. Rec.* – 1936. – №67. – P. 7-15.
54. Appaji, C. Level of bifurcation of aorta and iliocaval confluence and its clinical relevance / C. Appaji, R. Kulkarni, S.B. Pai // *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences.* – 2014. – Vol. 13, № 7. – P. 56-60.
55. Araujo Neto, S.A. Anatomical variations of the celiac trunk and hepatic arterial system: an analysis using multidetector computed tomography angiography / S.A. Araujo Neto, H.A. Franca, C.F. De Mello Júnior [et al.] // *Radiologia Brasileira.* – 2015. – Vol. 48 , № 6. – P. 358-362.
56. Aslaner, R. Variations in the origin of inferior phrenic arteries and their relationship to coeliac axis variations on CT angiography / R. Aslaner, Y. Pekcevik, H. Sahin [et al.] // *Korean Journal of Radiology.* – 2017. – Vol. 18, № 2. – P. 336.
57. Bae, E. Endovascular Repair of Concomitant Celiac and Splenic Artery Aneurysms Using a Combination of Coil Embolization and Aortic Cuff Stent Graft / E. Bae, T.D. Vo // *Annals of Vascular Surgery.* – 2017. – Vol. 42. – P. 62. e1-62. e4.
58. Balcerzak, A. Classification of the superior mesenteric artery / A. Balcerzak, R.S. Tubbs, A. Waśniewska-Włodarczyk [et al.] // *Clinical Anatomy.* – 2022. – №35. – P. 501-511.
59. Bergel, D.H. The static elastic properties of the arterial wall. / D.H. Bergel // *Journal Physiol.* – 1961. – №156. – P. 445–457.
60. Bergman, R.A. Compendium of human variations: catalogue, atlas, and world literature / R.A. Bergman, S.A. Thompson, A.K. Afifi [et al.] // Baltimore, MD: Urban & Schwarzenberg. – 1988. – P.79.
61. Bhivate, V. Study of diameter, length, tortuosity of splenic artery and its branches with its clinical implications / V. Bhivate, R. Suresh, R. Kharate [et al.] // *Journal of Research in Medical and Dental Science.* – 2014. – Vol. 2, № 4. – P. 22-26.
62. Cauldwell, E.W. The visceral branches of the abdominal aorta: topographical relationships / Cauldwell, E.W., Anson B.J. // *American Journal of Anatomy.* – 1943. – № 73. – P. 27-57.

63. Chi, F. Superior Mesenteric and Inferior Mesenteric Artery Diameters in Colorectal Cancer / F. Chi, X. Wang, Y. Lan [et al.] // Journal of College of Physicians and Surgeons Pakistan. – 2020. – Vol. 30, № 11. – P. 1161-1165.
64. Chithriki, M. The anatomical relationship of the aortic bifurcation to the lumbar vertebrae: a MRI study / M. Chithriki, M. Jaibaji, R. Steele // Surgical and Radiologic Anatomy. – 2002. – Vol. 24, № 5. – P. 308-312.
65. Chitra, R. Clinically relevant variations of the coeliac trunk / R. Chitra // Singapore Med Journal. – 2010. – Vol. 51, № 3. – P. 216.
66. Daisy Sahni, A. Branches of the splenic artery and splenic arterial segments / A. Daisy Sahni, B. Indar Jit, C.N. Gupta [et al.] // Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists. – 2003. – Vol. 1, № 5. – P. 371-377.
67. Dilli Babu, E. Coeliac trunk variations: review with proposed new classification / E. Dilli Babu, P. Khrab // International journal of anatomy and research. – 2013. – Vol. 1, № 3. – P. 165-170.
68. Ekingen, A. Distance measurements and origin levels of the coeliac trunk, superior mesenteric artery, and inferior mesenteric artery by multiple-detector computed tomography angiography / A. Ekingen, E.S. Hatipoğlu, C. Hamidi // Anatomical Science International. – 2021. – Vol. 96, № 1. – P. 132-141.
69. Ethiraj, D. Newly proposed classification of celiac artery variations based on embryology and correlation with computed tomography angiography. / D. Ethiraj, S. Kalyanasundaram, V. Indiran // Polish Journal of Radiology. – 2022. – Vol. 87. – P. e563.
70. Fataftah, J. Variation in the vertebral levels of the origins of the abdominal aorta branches: a retrospective imaging study / J. Fataftah, J. Amarin, H.H. Suradi [et al.] // Anatomy & Cell Biology. – 2020. – Vol. 53, № 3. – P. 279-283.
71. Forsdahl, S.H. Risk factors for abdominal aortic aneurysms: a 7-year prospective study: the Tromsø Study, 1994-2001 / S. H. Forsdahl, K. Singh, S. Solberg [et al.] // Circulation. – 2009. – Vol. 119, № 16. – P. 2202-2208.
72. Gárate-Escamilla, A.K. Cluster Analysis: a new approach for identification of underlying risk factors and demographic features of first trimester pregnancy women /

- A.K. Gárate-Escamilla, E. Garza-Padilla, A. Carvajal Rivera [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2020. – Vol. 9, № 7. – P. 2247.
73. George, R. Topography of the unpaired visceral branches of the abdominal aorta. / R. George // *The Journal of Anatomy*. – 1935. – №69. – P. 92-96.
74. Grant, J.C.B. *Method of Anatomy* / J.C.B. Grant // Baltimore, M.D., Ed.; Williams & Wilkins: Philadelphia, USA. – 1937. – 158 p.
75. Han, H.C., Longitudinal strain of canine and porcine aortas. / H.C. Han, Y.C. Fung // *Journal of biomechanics*. – 1995. – Vol. 28, № 5. – P. 637–641.
76. Hansen, N.J. *Computed Tomographic Angiography of the Abdominal Aorta* / N.J. Hansen // *Radiologic Clinics*. – 2016. – Vol. 54, № 1. – P. 35-54.
77. Heidsieck, E. Zur Skeletopie der grossen Ästeder Bauchorta / E. Heidsieck // *Anat. Anz.* – 1928. – Vol. 66, № 6. – P. 6-24.
78. Hemamalini, H. Variations in the branching pattern of the celiac trunk and its clinical significance / H. Hemamalini // *Anatomy and Cell Biology*. – 2018. – Vol. 51, № 3. – P. 143-149.
79. Hiatt, J.R. Surgical anatomy of the hepatic arteries in 1000 cases / J.R. Hiatt, J. Gabbay, R.W. Busuttil // *Ann. Surg.* – 1994. – Vol. 220, № 1. – P. 50-52.
80. Iannaccone, R. Multislice CT angiography of mesenteric vessels / R. Iannaccone, A. Laghi, R. Passariello // *Abdominal imaging*. – 2004. – Vol. 29. – P. 146-152.
81. Jeffrey, R.B. CT angiography of the abdominal and thoracic aorta / R.B. Jeffrey // *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. – 1998. – Vol. 19, № 5. – P. 405-412.
82. Joh, J.H. Reference diameters of the abdominal aorta and iliac arteries in the Korean population / J.H. Joh, H–J. Ahn, H–C. Park // *Yonsei medical journal*. – 2013. – Vol. 54, № 1. – P. 48
83. Kahn, P. Abrams H. L. Inferior mesenteric arterial patterns: an angiographic study / P. Kahn, H.L. Abrams // *Radiology*. – 1964. – Vol. 82, № 3. – P. 429-442.
84. Kao, G.D. Anatomy of the celiac axis and superior mesenteric artery and its significance in radiation therapy / G.D. Kao, R. Whittington, L. Coia // *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. – 1993. – Vol. 25, № 1. – P. 131-134.

85. Kawahara, N. Cadaveric Vascular Anatomy for Total En Bloc Spondylectomy in Malignant Vertebral Tumors / N. Kawahara, K. Tomita, H. Baba [et al.] // *Spine*. – 1996. – Vol. 21, № 12. – P. 1401-1407.
86. Kay, S. J. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature / S. J. Kay, M. A. Fiatarone Singh // *Obesity Reviews*. – 2006. – Vol. 7, № 2. – P. 183-200.
87. Ke, J. Anatomic variations of inferior mesenteric artery and left colic artery evaluated by 3-dimensional CT angiography: Insights into rectal cancer surgery—A retrospective observational study / J. Ke, J. Cai, X. Wen [et al.] // *International Journal of Surgery*. – 2017. – Vol. 41. – P. 106-111.
88. Keen, E. N. Origin of renal arteries from the aorta / E. N. Keen // *Cells Tissues Organs*. – 1981. – Vol. 110, № 4. – P. 285-286.
89. Keough, N. The thoracic surface anatomy of adult black South Africans: a reappraisal from CT scans / N. Keough, S.A. Mirjalili, F.E. Suleman [et al.] // *Clinical Anatomy*. – 2016. – Vol. 29, № 8. – P. 1018-1024.
90. Khamanarong, K. Aortic bifurcation: a cadaveric study of its relationship to the spine / K. Khamanarong, S. Sae-Jung, C. Supa-adirek [et al.] // *Medical journal of the Medical Association of Thailand*. – 2009. – Vol. 92, № 1. – P. 47-49.
91. Komutrattananont, P. Morphology of the human aorta and age-related changes: anatomical facts / P. Komutrattananont, P. Mahakkanukrauh, S. Das // *Anatomy & cell biology*. – 2019. – Vol. 52, № 2. – P. 109-114.
92. Koshariya, M. Anomalous anatomical variations of coeliac trunk: a cadaveric study / M. Koshariya, V. Khare, M. C. Songra [et al.] // *Cureus*. – 2021. – Vol. 13, № 10.
93. Kot, A. Morphometric analysis of the lumbar vertebrae and intervertebral discs in relation to abdominal aorta: CT-based study / A. Kot, J. Polak, T. Klepinowski [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2022. Vol. 44. № 3. – P. 431-441.
94. Van der Maaten, L. Visualizing data using t-SNE / L. Van der Maaten, G. Hinton // *Journal of machine learning research*. – 2008. – Vol. 9, № 11. – P. 2579-2605.

95. Laleye, C.M. Anatomical variants of the celiac trunk / C.M. Laleye, P.Y. Ahouansou, S.E.D. Hounton [et al.] // *Morphologie*. – 2021. – Vol. 105, № 350. – P. 227-236.
96. Lauder, L. Renal artery anatomy assessed by quantitative analysis of selective renal angiography in 1000 patients with hypertension / L. Lauder, S. Ewen, A.R. Tzafiri [et al.] // *EuroIntervention: journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. –2018. – Vol. 14, № 1. – P. 121-128.
97. Laughlin, G.A. Abdominal aortic diameter and vascular atherosclerosis: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis / G.A. Laughlin, M.A. Allison, N.E. Jensky [et al.] // *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. – 2011. –Vol. 41, № 4. – P. 481-487.
98. Learoyd, B.M. Alterations with age in the viscoelastic properties of human arterial walls / B.M. Learoyd, M.G. Taylor // *Circulation research*. –1966. – Vol. 18, № 3. – P. 278-292.
99. Lederle, F.A. Prevalence and associations of abdominal aortic aneurysm detected through screening / F.A. Lederle, G. R. Johnson, S.E. Wilson [et al.] // *Annals of internal medicine*. – 1997. – Vol. 126, № 6. – P. 441-449.
100. Lei, Y. The ratio of superior mesenteric artery diameter to superior mesenteric vein diameter based on non-enhanced computed tomography in the early diagnosis of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection / Y.L. Lei, W.X. Song, Y. Lin [et al.] // *World Journal of Emergency Medicine*. – 2022. – Vol. 13, № 3. – P. 202-207.
101. Liddington, M.I. The relationship between aortic diameter and body habitus / M.I. Liddington, B.P. Heather // *European journal of vascular surgery*. – 1992. – Vol. 6, № 1. – P. 89-92.
102. Lipshutz, B.B. A composite study of the coeliac axis artery / B.B. Lipshutz // *Annals of surgery*. –1917. – Vol. 65, № 2. – P. 159-169.
103. Lucarotti, M.E. Distribution of aortic diameter in a screened male population / M.E. Lucarotti, E. Shaw, B.P. Heather // *Journal of British Surgery*. – 1992. – Vol. 79, № 7. – P. 641-642.

104. Malnar, D. Properties of the celiac trunk—anatomical study / D. Malnar, G. Klasan, D. Miletić [et al.] // *Collegium antropologicum*. – 2010. – Vol. 34, № 3. – P. 917-921.
105. Mazzaccaro, D. Variability of origin of splanchnic and renal vessels from the thoracoabdominal aorta / D. Mazzaccaro, G. Malacrida, G. Nano // *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. – 2015. – Vol. 49, № 1. – P. 33-38.
106. Michels, N.A. The variational anatomy of the spleen and splenic artery / N.A. Michels // *American Journal of Anatomy*. – 1942. – Vol. 70, № 1. – P. 21-72.
107. Michels, N.A. The hepatic, cystic and retroduodenal arteries and their relations to the biliary ducts: with samples of the entire celiacal blood supply / N.A. Michels // *Annals of Surgery*. – 1951. – Vol. 133, № 4. – P. 503-524.
108. Mu, G.C. Clinical research in individual information of celiac artery CT imaging and gastric cancer surgery / G.C. Mu, Y. Huang, Z.M. Liu [et al.] // *Clinical and Translational Oncology*. – 2013. – Vol. 15. – P. 774-779.
109. Nakayama, Y. Positional relationships of abdominal aortic branches for contrast radiography of the inferior mesenteric artery using the coeliac trunk and superior mesenteric artery as landmarks / Y. Nakayama, S. Hayashi, K. Takeuchi [et al.] // *Okajimas folia anatomica Japonica*. – 2017. – Vol. 93, № 4. – P. 139-145.
110. Natsis, K. A morphometric study of multiple renal arteries in Greek population and a systematic review / K. Natsis, G. Paraskevas, E. Panagouli [et al.] // *Rom J Morphol Embryol*. – 2014. – Vol. 55, № 3. – P. 1111-1122.
111. Negoï, I. Surgical anatomy of the superior mesenteric vessels related to pancreaticoduodenectomy: a systematic review and meta-analysis / I. Negoï, M. Beuran, S. Hostiuç [et al.] // *Journal of Gastrointestinal Surgery*. – 2018. – Vol. 22, № 5. – P. 802-817.
112. Niscoveanu, C. Morphological characteristics of origin of superior arterial mesenteric trunk / C. Niscoveanu, P. Bordei, R. Baz // *ARS Medica Tomitana*. – 2016. – Vol. 22, № 3. – P. 145-152.
113. Norman, P.E. The cardiovascular and prognostic significance of the infrarenal aortic diameter / P.E. Norman, J. Muller, J. Golledge // *Journal of vascular surgery*. – 2011. – Vol. 54, № 6. – P. 1817-1820.

114. Panagouli, E. A morphometric study concerning the branching points of the main arteries in humans: relationships and correlations / E. Panagouli, E. Lolis, D. Venieratos // *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. – 2011. – Vol. 193, № 2. – P. 86-99.
115. Pennington, N. The anterior visceral branches of the abdominal aorta and their relationship to the renal arteries / N. Pennington, R.W. Soames // *Surgical and radiologic anatomy*. – 2005. – Vol. 27. – P. 395-403.
116. Pleumeekers, H.J. Aneurysms of the abdominal aorta in older adults: the Rotterdam Study / H.J. Pleumeekers, A.W. Hoes, E. Van der Does [et al.] // *American journal of epidemiology*. – 1995. – Vol. 142, № 12. – P. 1291-1299.
117. Prakash, I. Coeliac trunk and its branches: anatomical variations and clinical implications / I. Prakash, T. Rajini, V. Mokhasi [et al.] // *Singapore Med Journal*. – 2012. – Vol. 53, № 5. – P. 329-331.
118. Qutub, A.A. Elongation, proliferation & migration differentiate endothelial cell phenotypes and determine capillary sprouting / A.A. Qutub, A.S. Popel // *BMC systems biology*. – 2009. – Vol. 3. – P. 1-24.
119. Rogers, I.S. Distribution, determinants, and normal reference values of thoracic and abdominal aortic diameters by computed tomography (from the Framingham Heart Study) / I.S. Rogers, J.M. Massaro, Q.A. Truong [et al.] // *The American journal of cardiology*. – 2013. – Vol. 111, № 10. – P. 1510-1516.
120. Rusu, M.C. Aortic origins of the celiac trunk and superior mesenteric artery / M.C. Rusu, A.M. Jianu, B.A. Manta [et al.] // *Diagnostics*. – 2021. – Vol. 11, № 6. – P. 1111.
121. Sakalihan, N. Abdominal aortic aneurysm / N. Sakalihan, R. Limet, O.D. Defawe // *The Lancet*. – 2005. – Vol. 365, № 9470. – P. 1577-1589.
122. Saldarriaga, B. Morphological characteristics of the left gastric, common hepatic and splenic arteries. A descriptive study in human cadaveric specimens / B. Saldarriaga, O. Larrotta, L. Ballesteros // *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. – 2023. – Vol. 50. – P. e20233403.
123. Selvaraj, L. Study of normal branching pattern of the coeliac trunk and its variations using CT angiography / L. Selvaraj, I. Sundaramurthi // *Journal of Clinical and Diagn. Research*. – 2015. – Vol. 9, № 9. – P. 1-4.

124. Shen, X.H. A reappraisal of adult thoracic and abdominal surface anatomy via CT scan in Chinese population / X.H. Shen, B.Y. Su, J.J. Liu [et al.] // *Clinical anatomy*. – 2016. – Vol. 29, № 2. – P. 165-174.
125. Silveira, L.A. Arterial diameter of the celiac trunk and its branches: anatomical study / L.A. Silveira, F.B.C. Silveira, V.P.S. Fazan // *Acta cirurgica brasileira*. – 2009. – Vol. 24, № 1. – P. 43-47.
126. Skowerski, T. Angio-computed tomography reveals differences in the anatomy of renal arteries in resistant hypertension patients qualified for renal denervation versus pseudo-resistant hypertensive subjects / T. Skowerski, M. Skowerski, A. Kułach [et al.] // *Cardiology Journal*. – 2023. – Vol. 30, № 3. – P. 379-384.
127. Sommer, G. Biaxial mechanical properties of intact and layer-dissected human carotid arteries at physiological and suprphysiological loadings / G. Sommer, P. Regitnig, L. Költringer [et al.] // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. – 2010. – Vol. 298, № 3. – P. 898-912.
128. Song, S.Y. Celiac axis and common hepatic artery variations in 5002 patients: systematic analysis with spiral CT and DSA / S.Y. Song, J. Wook Chung, Y.H. Yin [et al.] // *Radiology*. – 2010. – Vol. 255, № 1. – P. 278-288.
129. Standring, S. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice* / S. Standring, N.R. Borley, P. Collins [et al.] // Elsevier. – 2008. – 1551p.
130. Sylvester, P.A. Tortuosity of the human splenic artery / P. A. Sylvester, R. Stewart, H. Ellis // *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*. – 1995. – Vol. 8, № 3. – P. 214-218.
131. Szewczyk, B. Types of inferior phrenic arteries: a new point of view based on a cadaveric study / B. Szewczyk, P. Karauda, Ł. Olewnik [et al.] // *Folia Morphologica*. – 2021. – Vol. 80, № 3. – P. 567-574.
132. Takahashi, T. Positional relationships among the celiac trunk, superior mesenteric artery, and renal artery observed from the intravascular space / T. Takahashi, K. Takeuchi, T. Ito [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2013. – Vol. 35. – P. 411-417.

133. Takahashi, T. Positional relationships of abdominal aorta landmarks for angiography: observations from the intravascular space / T. Takahashi, K. Takeuchi, T. Ito [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2014. – Vol. 36, № 7. – P. 681-688.
134. Tandler, J. Über die Varietäten der Arteria coeliaca und deren Entwicklung / J. Tandler // *Anatomische Hefte*. – 1904. – Vol. 25, № 2. – P. 473-500.
135. Uflacker, R. Atlas of vascular anatomy: an angiographic approach / R. Uflacker // *Veins of the head and neck, veins of the thorax*. – 1997. – 881p.
136. Venieratos, D. A morphometric study of the celiac trunk and review of the literature / D. Venieratos, E. Panagouli, E. Lolis [et al.] // *Clinical anatomy*. – 2013. – Vol. 26, № 6. – P. 741-750.
137. Wazzan, M. Reference for normal diameters of the abdominal aorta and common iliac arteries in the Saudi population / M. Wazzan, A. Abduljabbar, A. Ajlan [et al.] // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, № 10. – P. e30695.
138. Wiharto, W. The analysis effect of cluster numbers on fuzzy c-means algorithm for blood vessel segmentation of retinal fundus image / W. Wiharto, E. Suryani // 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), IEEE. – 2019. – P. 106-110.
139. Woźniak, W.T. Origin of the renal arteries from sides of aorta / W.T. Woźniak // *Folia Morphologica*. – 1999. – Vol. 58, № 4. – P. 259-261.
140. Yahel, J. Arensburg B. The topographic relationships of the unpaired visceral branches of the aorta / J. Yahel, B. Arensburg // *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*. – 1998. – Vol. 11, № 5. – P. 304-309.
141. Yakan, S. Superior mesenteric artery syndrome: a rare cause of intestinal obstruction. Diagnosis and surgical management / S. Yakan, C. Caliskan, H. Kaplan [et al.] // *Indian Journal of Surgery*. – 2013. – Vol. 75. – P. 106-110.
142. Yan, H. Relationship of the celiac and superior mesenteric arteries to the vertebral bodies and its clinical relevance / H. Yan, M. Kaneko, T. Kato [et al.] // *Radiation medicine*. – 1994. – Vol. 12, № 3. – P. 105-109.

143. Yan, W. Multidetector computed tomography in the diagnosis of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection: changes in diameter on nonenhanced scan and stent treatment follow-up / W. Yan, R. Huang, Q. Shi [et al.] // *Journal of International Medical Research*. – 2019. – Vol. 47, № 12. – P. 6139-6148.
144. Yang, H. The renal artery-aorta angle associated with renal artery plaque: a retrospective analysis based on CT / H. Yang, R. Yang // *BMC Medical Imaging*. – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 42.
145. Zhu, F. Sex-specific normal values and determinants of infrarenal abdominal aortic diameter among non-aneurysmal elderly population / F. Zhu, B. Arshi, M.A. Ikram [et al.] // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 17762.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение А.** Схема изучения морфометрических параметров брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей

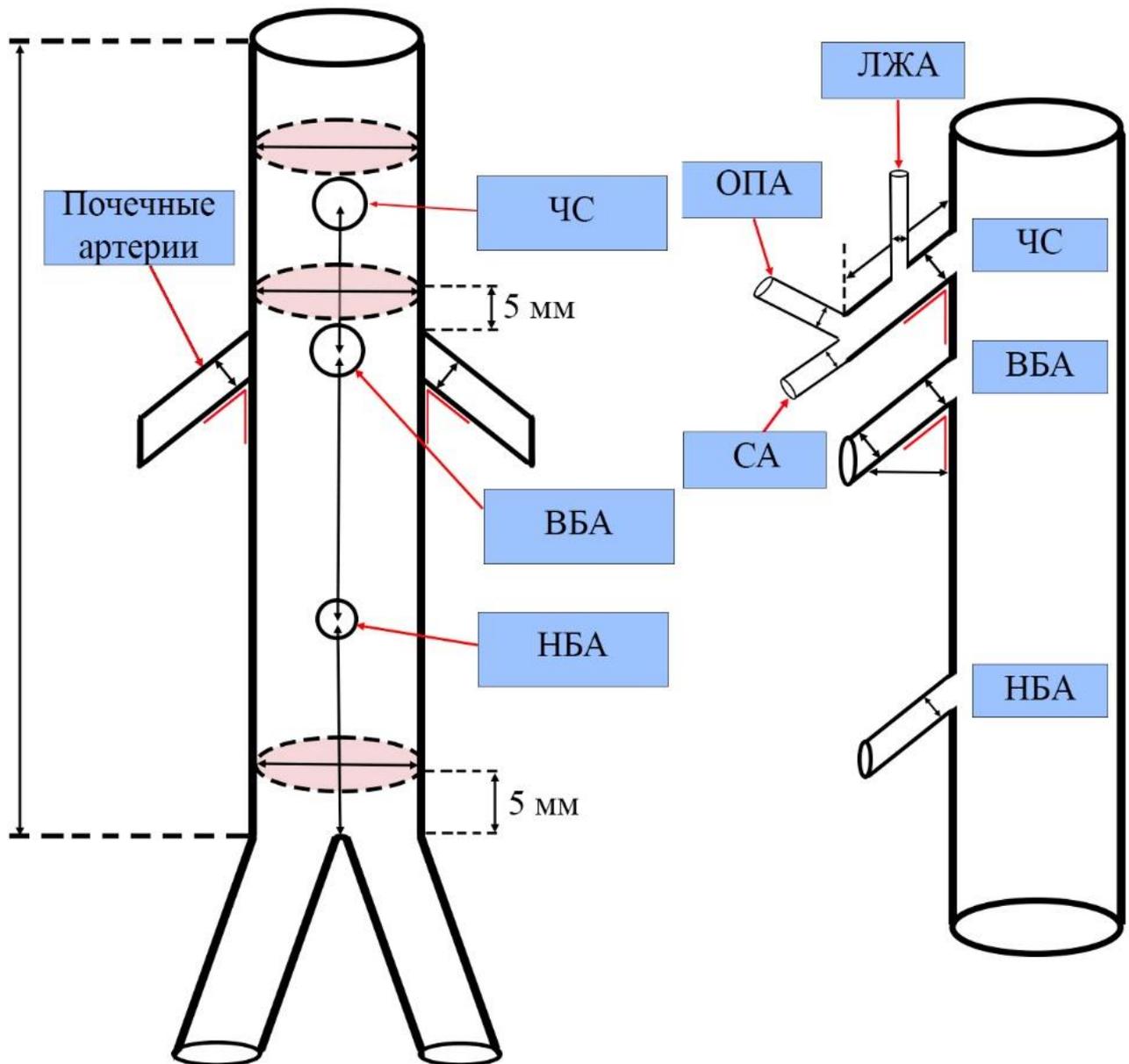


Рисунок А1 – Схема изучения морфометрических параметров брюшной аорты и её крупных висцеральных ветвей

## Приложение Б. Гистограммы распределения всех измеряемых параметров

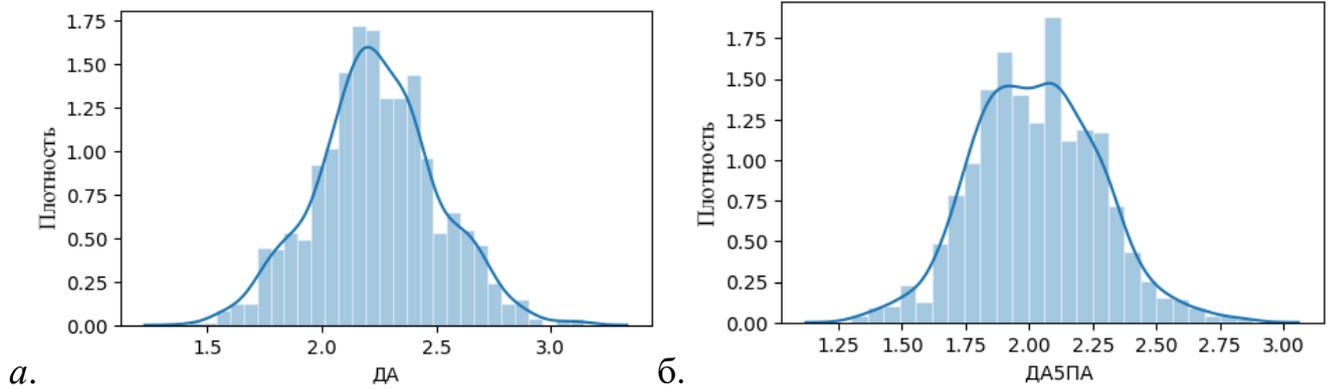


Рисунок Б1 – Гистограммы распределения для параметров аорты: *а* – для параметра ДА; *б* – для параметра ДА5ПА. ДА – диаметр аорты на уровне отхождения чревного ствола, ДА5ПА – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения почечных артерий

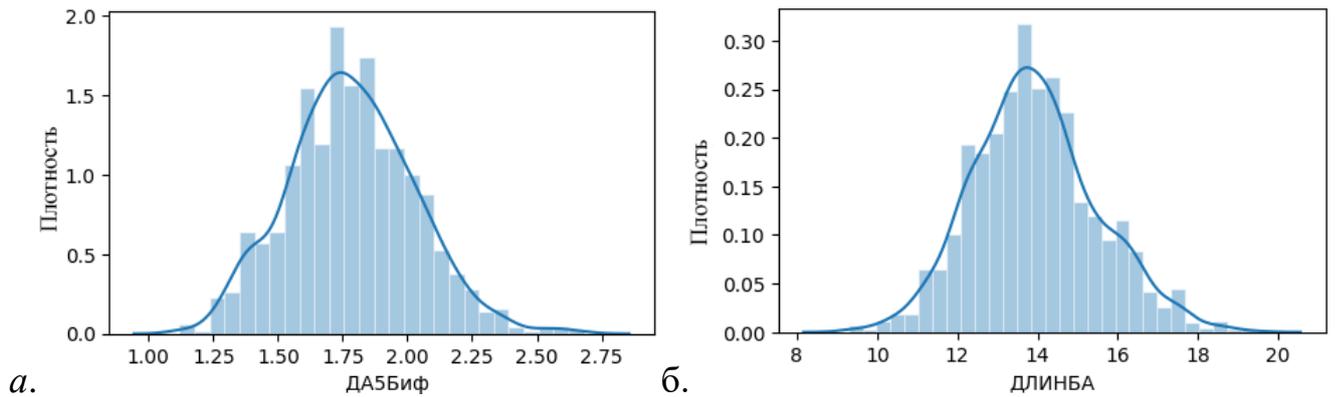


Рисунок Б2 – Гистограммы распределения для параметров аорты: *а* – для параметра ДА5Биф; *б* – для параметра ДлинБА. ДА5Биф – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации, ДлинБА – длина аорты

## Продолжение приложения Б

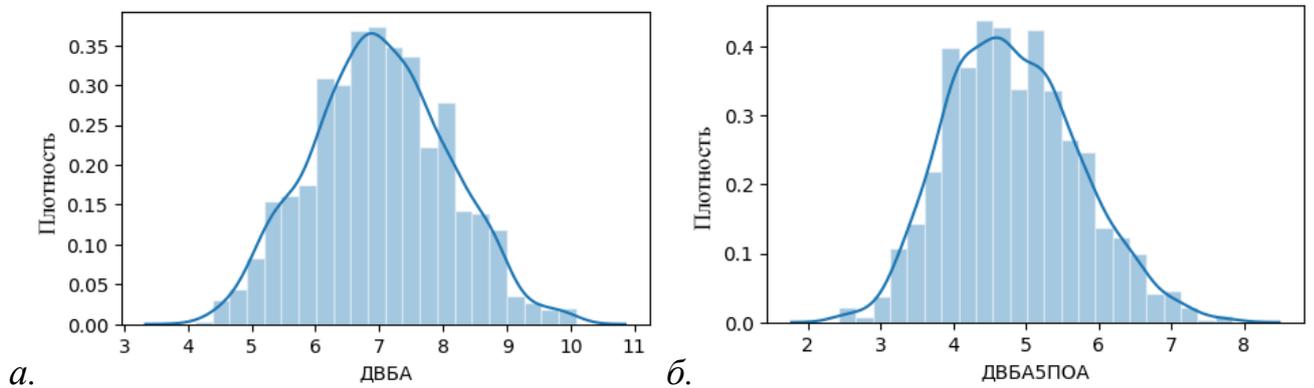


Рисунок Б3 – Гистограммы распределения для параметров висцеральных ветвей аорты: *a* – для параметра ДВБА; *б* – для параметра ДВБА5ПОА. ДВБА – диаметр верхней брыжеечной артерии, ДВБА5ПОА – диаметр верхней брыжеечной артерии на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии

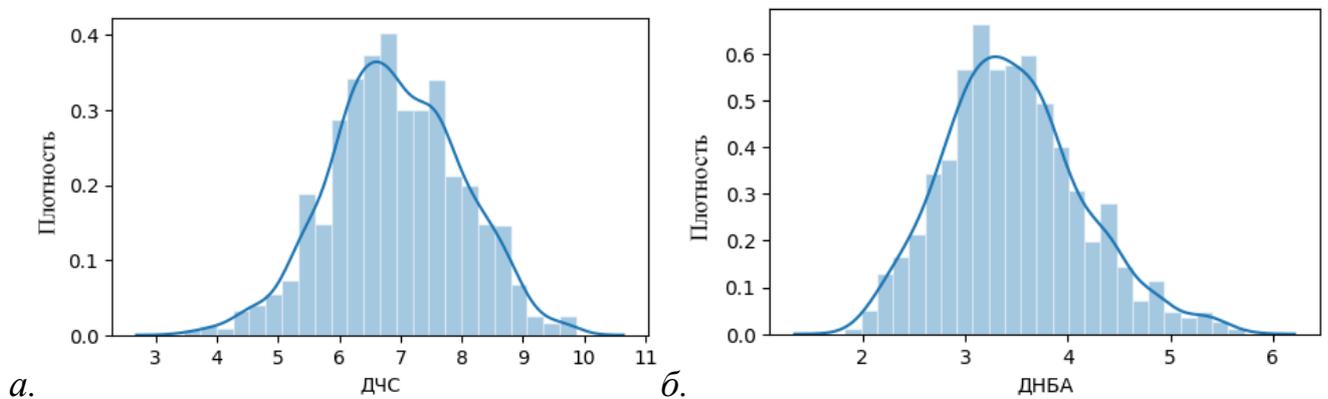


Рисунок Б4 – Гистограммы распределения для параметров висцеральных ветвей аорты: *a* – для параметра ДЧС; *б* – для параметра ДНБА. ДЧС – диаметр чревного ствола, ДНБА – диаметр нижней брыжеечной артерии

## Продолжение приложения Б

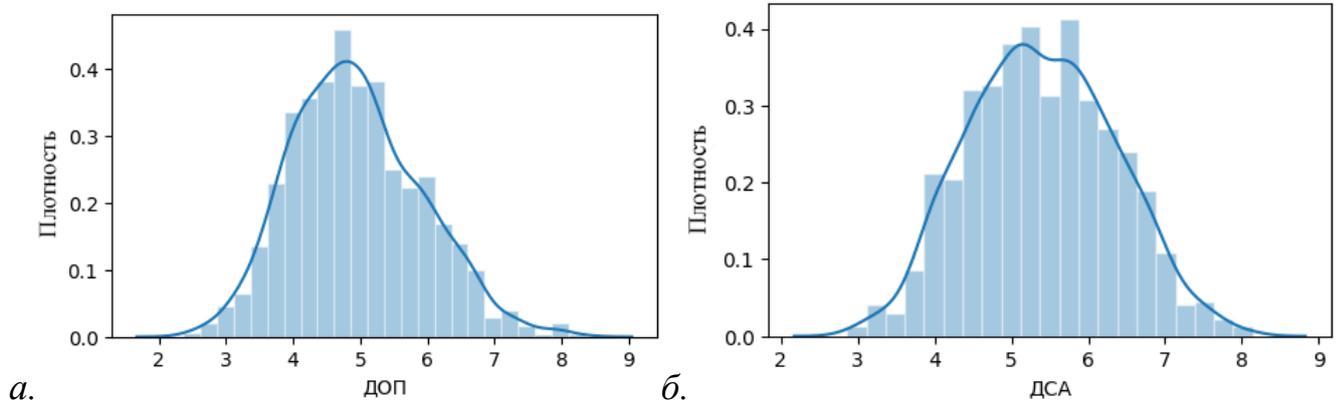


Рисунок Б5 – Гистограммы распределения для параметров ветвей чревного ствола: *а* – для параметра ДОП; *б* – для параметра ДСА. ДОП – диаметр общей печёночной артерии, ДСА – диаметр селезёночной артерии

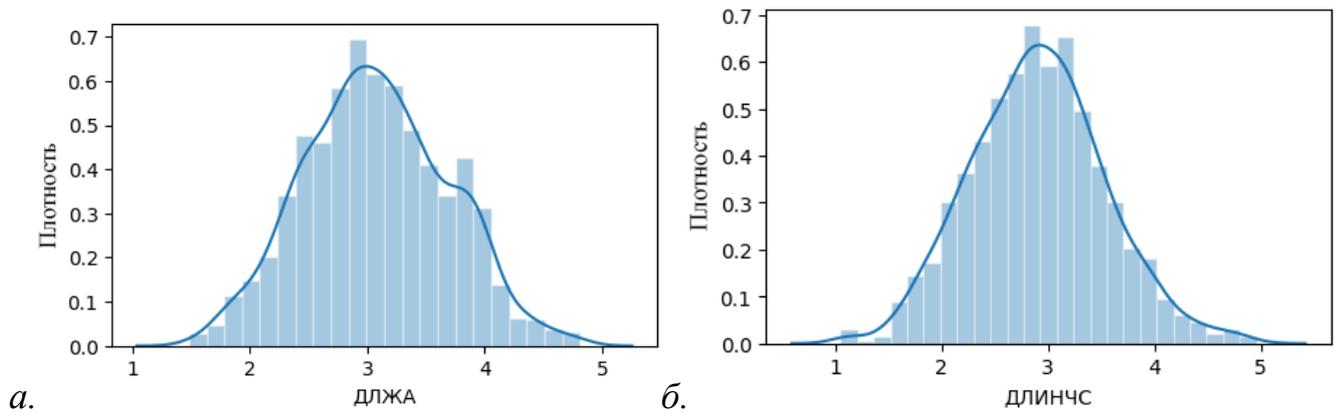


Рисунок Б6 – Гистограммы распределения для параметров чревного ствола и его ветвей: *а* – для параметра ДЛЖА; *б* – для параметра ДлинЧС. ДЛЖА – диаметр левой желудочной артерии, ДлинЧС – длина чревного ствола

## Продолжение приложения Б

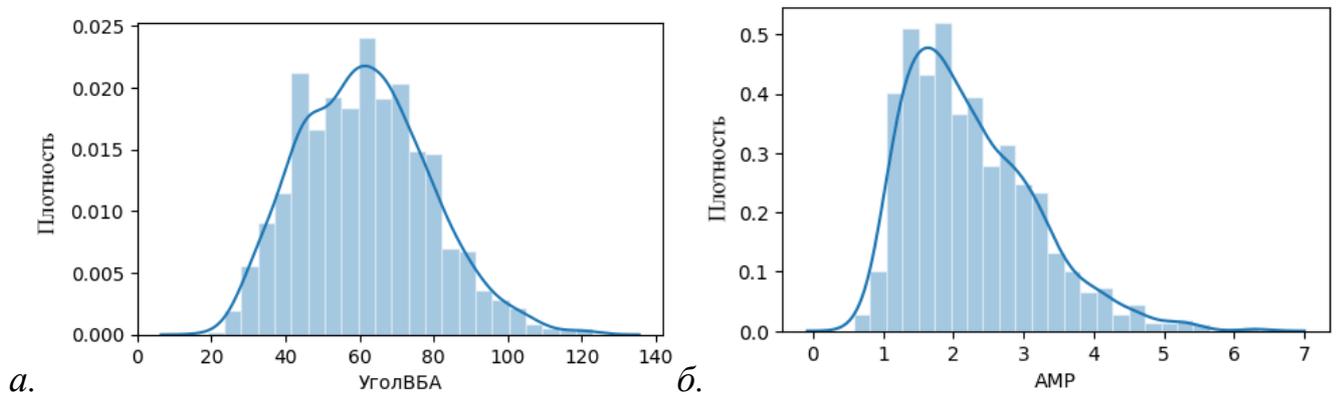


Рисунок Б7 – Гистограммы распределения для параметров висцеральных ветвей брюшной аорты: *а* – для параметра УголВБА; *б* – для параметра АМР. УголВБА – угол отхождения верхней брыжеечной артерии, АМР – аорто-мезентериальное расстояние

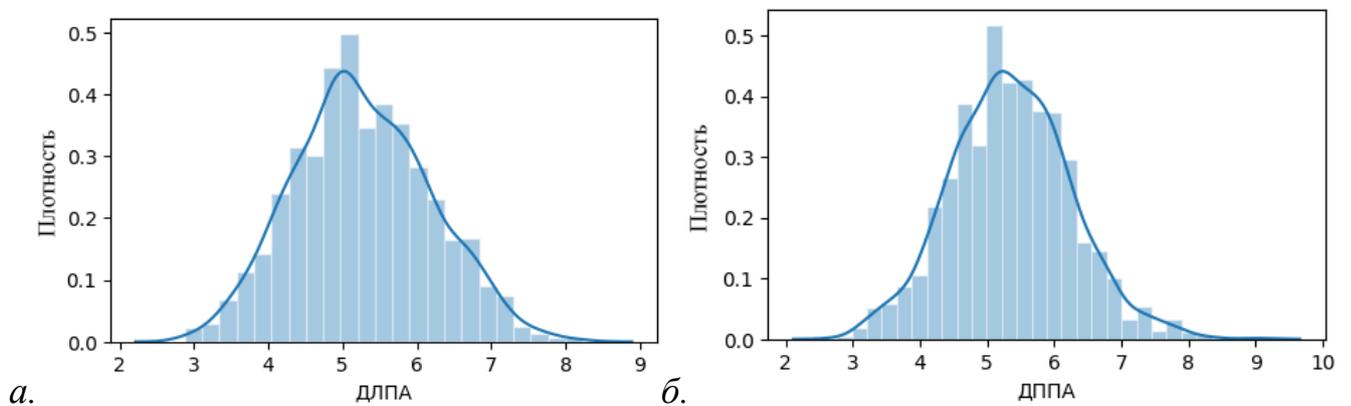


Рисунок Б8 – Гистограммы распределения для параметров висцеральных ветвей брюшной аорты: *а* – для параметра ДЛПА; *б* – для параметра ДППА. ДЛПА – диаметр левой почечной артерии, ДППА – диаметр правой почечной артерии

## Продолжение приложения Б

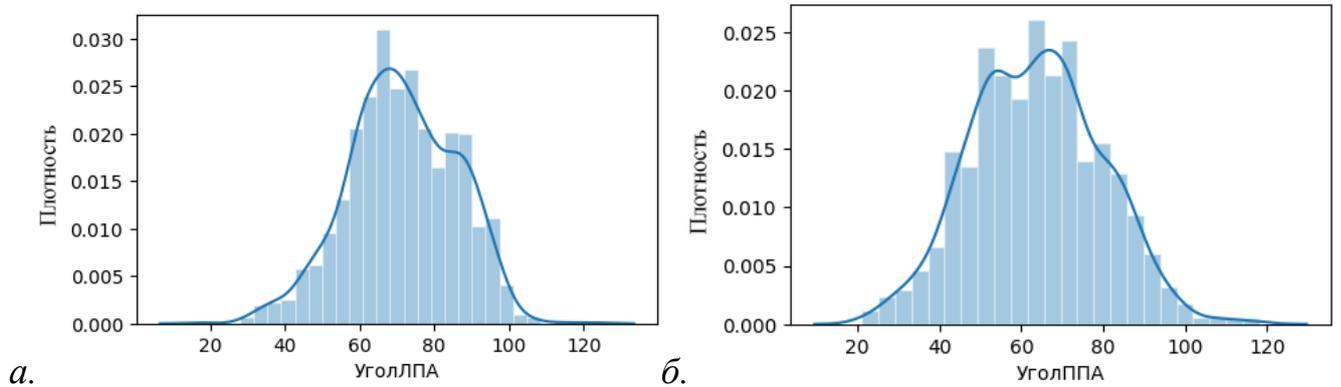


Рисунок Б9 – Гистограммы распределения для параметров висцеральных ветвей брюшной аорты: *а* – для параметра УголЛПА; *б* – для параметра УголППА.

УголППА – угол отхождения правой почечной артерии, УголЛПА – угол отхождения левой почечной артерии

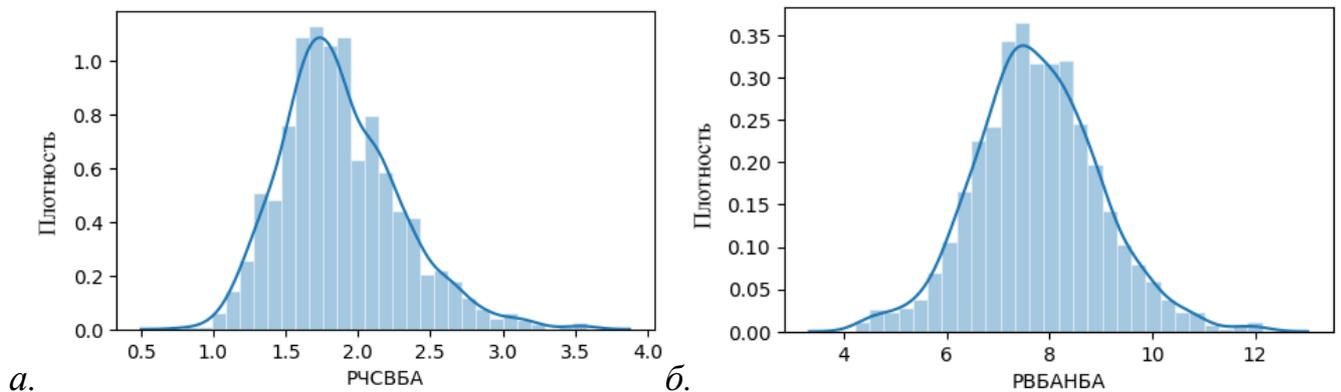


Рисунок Б10 – Гистограммы распределения для параметров брюшной аорты: *а* – для параметра РЧСВБА; *б* – для параметра РВБАНБА. РЧСВБА – расстояние между центрами устьев чревного ствола и верхней брыжеечной артерии, РВБАНБА – расстояние между центрами устьев верхней и нижней брыжеечных артерий

## Продолжение приложения Б

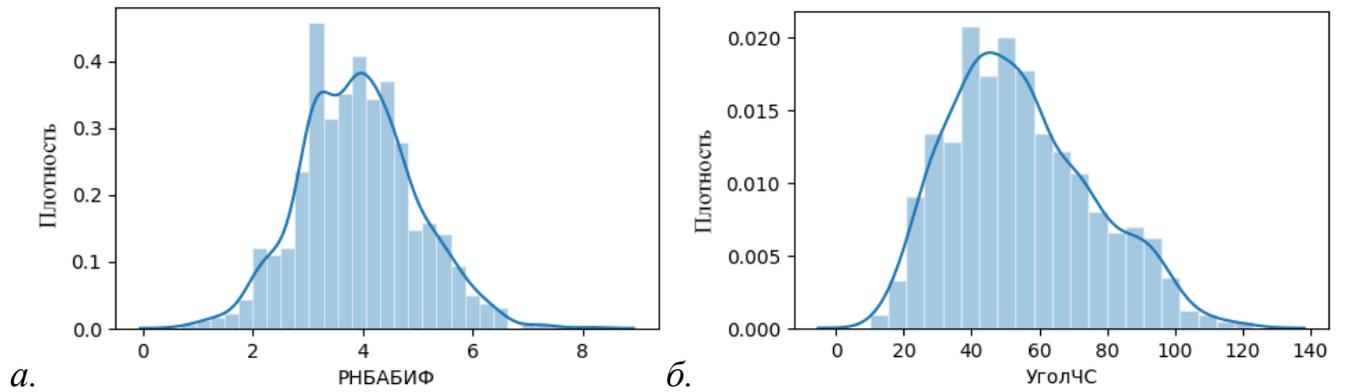


Рисунок Б11 – Гистограммы распределения для параметров брюшной аорты и ее висцеральных ветвей: *а* – для параметра РНБАБиф; *б* – для параметра УголЧС.

РНБАБиф – расстояние между центром устья нижней брыжеечной артерии и бифуркации аорты, УголЧС – угол отхождения чревного ствола

**Приложение В. Проверка гипотез о равенстве средних по всем параметрам**

Таблица В1 – Проверка гипотез о равенстве средних по полу

Параметр	t-критерий	U-критерий
ДА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 16,352</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 232597,0</b>
ПДА5ПА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 15,943</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 229677,5</b>
ПДА5Биф, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 11,952</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 211283,5</b>
ДЛИНБА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 10,913</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 205187,5</b>
ДЧС, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,782</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 182670,0</b>
ДЛИНЧС, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,746</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 177003,0</b>
ДЛЖА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,337</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 184548,5</b>
ДСА, мм	<b>p = 0,001</b> <b>t = 3,303</b>	<b>p = 0,004</b> <b>U = 165341,0</b>
ДОП, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,407</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 182936,0</b>
ДВБА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 15,136</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 222994,0</b>
ДВБА5ПОА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 10,526</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 202602,5</b>
ДНБА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 9,506</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 197329,0</b>
ДППА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 10,819</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 203023,5</b>
ДЛПА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 9,178</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 193390,5</b>
РЧСВБА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,831</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 178980,5</b>
РВБАНБА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,790</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 183999,5</b>
РНБАБИФ, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,657</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 175321,0</b>
УголЧС, градус	<b>p = 0,087</b> <b>t = -1,711</b>	<b>p = 0,018</b> <b>U = 135298,0</b>
УголВБА, градус	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,175</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 177787,0</b>
АМР, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 16,223</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 217825,0</b>

## Продолжение таблицы В1

УголППА, градус	p = 0,068 t = 1,826	p = 0,111 U = 157034,5
УголЛПА, градус	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,398</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 165285,0</b>

Примечание к таблицам В1 – В5: ДА – диаметр аорты на уровне отхождения чревного ствола; ДА5ПА – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм отхождения почечных артерий или одной из почечных артерий; ДА5Биф – диаметр аорты на уровне проксимальнее 5 мм бифуркации; ДлинБА – длина брюшной аорты; ДЧС – диаметр чревного ствола; ДлинЧС – длина чревного ствола; ДЛЖА – диаметр левой желудочной артерии; ДСА – диаметр селезеночной артерии; ДОП – диаметр общей печёночной артерии; ДВБА – диаметр верхней брыжеечной артерии; ДВБА5ПОА – диаметр верхней брыжеечной артерии на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии; ДНБА – диаметр нижней брыжеечной артерии; ДППА – диаметр правой почечной артерии; ДЛПА – диаметр левой почечной артерии; РЧСВБА – расстояние между центрами устьев чревного ствола и верхней брыжеечной артерии; РВБАНБА – расстояние между центрами устьев верхней и нижней брыжеечных артерий; РНБАБиф – расстояние между центром устья нижней брыжеечной артерии и бифуркации аорты; АМР – аорто-мезентериальное расстояние; УголЧС – угол отхождения чревного ствола; УголВБА – угол отхождения верхней брыжеечной артерии; УголППА – угол отхождения правой почечной артерии; УголЛПА – угол отхождения левой почечной артерии.

Таблица В2 – Проверка гипотез о равенстве средних в разных возрастных группах обоих полов, t-критерий, U-критерий

Параметр	Сравнение между группами		
	1 и 2	1 и 3	2 и 3
ДА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -11,799</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -18,656</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -12,511</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 9434,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 4328,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 99934,0</b>
ПДА5ПА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -9,759</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -15,475</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -10,648</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 11466,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 6667,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 108932,5</b>
ПДА5Биф, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -6,400</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -12,693</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -10,453</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 16275,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 10018,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 109915,0</b>

## Продолжение таблицы В2

ДЛИНБА, см	p = 0,027 t = -2,234	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -6,783</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,667</b>
	p = 0,024 U = 22089,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 17378,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 124866,0</b>
ДЧС, мм	p = 0,961 t = 0,048	p = 0,364 t = -0,909	p = 0,109 t = -1,600
	p = 0,658 U = 26498,5	p = 0,364 U = 26688,5	p = 0,133 U = 154777,0
ДЛИНЧС, см	p = 0,091 t = -1,699	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,919</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -6,008</b>
	p = 0,170 U = 23473,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 19666,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 130393,5</b>
ДЛЖА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -5,589</b>	<b>p = 0,009</b> <b>t = -2,614</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,152</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 18252,5</b>	p = 0,041 U = 24031,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 186719,0</b>
ДСА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,333</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,333</b>	p = 0,124 t = -1,536
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 34351,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 34204,0</b>	p = 0,107 U = 156082,5
ДОП, мм	p = 0,045 t = 2,017	p = 0,044 t = 2,029	p = 0,984 t = 0,0018
	p = 0,024 U = 29576,5	p = 0,019 U = 31842,5	p = 0,895 U = 165854,0
ДВБА, мм	p = 0,361 t = -3,473	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,473</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,659</b>
	p = 0,351 U = 24293,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 21647,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 140061,0</b>
ДВБА5ПОА, мм	p = 0,099 t = -1,659	<b>p = 0,001</b> <b>t = -3,220</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,502</b>
	p = 0,023 U = 22051,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 21201,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 145800,0</b>
ДНБА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,757</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,495</b>	p = 0,224 t = -1,215
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 20257,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 21213,5</b>	p = 0,590 U = 161006,5
ДППА, мм	p = 0,740 t = -0,332	p = 0,092 t = -1,695	p = 0,034 t = -2,114
	p = 0,842 U = 25474,0	p = 0,096 U = 24534,0	<b>p = 0,013</b> <b>U = 150132,0</b>
ДЛПА, мм	p = 0,275 t = 1,095	p = 0,265 t = 1,117	p = 0,971 t = 0,035
	p = 0,224 U = 27788,5	p = 0,219 U = 29507,0	p = 0,923 U = 163412,0
РЧСВБА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,885</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -5,061</b>	p = 0,076 t = -1,775
	<b>p = 0,004</b> <b>U = 21052,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 20709,5</b>	p = 0,088 U = 153418,0

## Продолжение таблицы В2

РВБАНБА, см	p = 0,201 t = -1,282	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,002</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,585</b>
	p = 0,148 U = 23390,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 20996,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 140078,5</b>
РНБАБИФ, см	p = 0,368 t = -0,901	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,698</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,264</b>
	p = 0,394 U = 24384,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 21827,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 140250,0</b>
УголЧС, градус	p = 0,903 t = 0,121	p = 0,773 t = 0,288	p = 0,781 t = 0,276
	p = 0,888 U = 25994,5	p = 0,601 U = 28216,5	p = 0,680 U = 164892,0
УголВБА, градус	<b>p = 0,006</b> <b>t = -2,806</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,983</b>	p = 0,034 t = -2,116
	<b>p = 0,007</b> <b>U = 21320,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 21128,0</b>	p = 0,068 U = 154061,5
АМР, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,418</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -9,844</b>	<b>p = 0,001</b> <b>t = -3,223</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 16730,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 15323,5</b>	<b>p = 0,002</b> <b>U = 147743,5</b>
УголППА, градус	p = 0,057 t = -1,915	p = 0,055 t = -1,932	p = 0,949 t = -0,062
	p = 0,091 U = 22984,5	p = 0,128 U = 24789,5	p = 0,907 U = 164653,5
УголЛПА, градус	p = 0,048 t = -1,992	p = 0,072 t = -1,807	p = 0,771 t = 0,290
	p = 0,035 U = 22249,0	p = 0,090 U = 24357,5	p = 0,597 U = 165816,5

Таблица В3 – Проверка гипотез о равенстве средних в разных возрастных группах у мужчин

Параметр	Сравнение между группами		
	1 и 2	1 и 3	2 и 3
ДА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -6,806</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -10,856</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -8,929</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 3299,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 2225,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 63702,5</b>
ПДА5ПА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,870</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -8,071</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,695</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 4356,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 3588,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 68306,0</b>
ПДА5Биф, см	<b>p = 0,004</b> <b>t = -3,020</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -6,755</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,892</b>
	<b>p = 0,008</b> <b>U = 5600,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 4671,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 67185,0</b>

## Продолжение таблицы В3

ДЛИНБА, см	p = 0,061 t = -1,914	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,646</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -5,963</b>
	p = 0,031 U = 5940,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 5845,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 74747,0</b>
ДЧС, мм	<b>p = 0,007</b> <b>t = 2,820</b>	<b>p = 0,008</b> <b>t = 2,738</b>	p = 0,846 t = -0,193
	<b>p = 0,007</b> <b>U = 9408,0</b>	<b>p = 0,011</b> <b>U = 11820,5</b>	p = 0,881 U = 92711,0
ДЛИНЧС, см	p = 0,650 t = -0,455	p = 0,028 t = -2,266	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,296</b>
	p = 0,787 U = 7272,0	p = 0,045 U = 7649,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 77860,5</b>
ДЛЖА, мм	<b>p = 0,003</b> <b>t = -9,775</b>	p = 0,942 t = -0,072	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,784</b>
	<b>p = 0,004</b> <b>U = 5420,0</b>	p = 0,989 U = 9600,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 81042,0</b>
ДСА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,804</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,299</b>	p = 0,333 t = -0,968
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 10513,0</b>	<b>p = 0,001</b> <b>U = 12637,5</b>	p = 0,247 U = 90592,0
ДОП, мм	p = 0,089 t = 1,734	p = 0,019 t = 2,419	p = 0,151 t = 1,434
	p = 0,069 U = 8810,5	<b>p = 0,014</b> <b>U = 11874,0</b>	p = 0,096 U = 100844,5
ДВБА, мм	p = 0,137 t = 1,511	p = 0,411 t = 0,829	p = 0,084 t = -1,725
	p = 0,055 U = 8904,0	p = 0,166 U = 10850,0	p = 0,144 U = 89092,5
ДВБА5ПОА, мм	p = 0,200 t = 1,299	p = 0,400 t = 0,848	p = 0,133 t = -1,502
	p = 0,063 U = 8859,0	p = 0,176 U = 10841,0	p = 0,135 U = 89155,5
ДНБА, мм	p = 0,099 t = -1,682	p = 0,135 t = -1,521	p = 0,688 t = 0,401
	p = 0,175 U = 6518,5	p = 0,412 U = 8766,0	p = 0,321 U = 97610,0
ДППА, мм	p = 0,037 t = 2,132	p = 0,020 t = 2,398	p = 0,644 t = 0,461
	p = 0,052 U = 8920,5	p = 0,070 U = 11240,0	p = 0,997 U = 94505,5
ДЛПА, мм	p = 0,086 t = 1,751	<b>p = 0,011</b> <b>t = 2,628</b>	p = 0,073 t = 1,792
	p = 0,099 U = 8688,5	<b>p = 0,015</b> <b>U = 11701,0</b>	p = 0,056 U = 100521,5

## Продолжение таблицы В3

РЧСВБА, см	p = 0,035 t = -2,160	<b>p = 0,013</b> <b>t = -2,563</b>	p = 0,408 t = -0,827
	p = 0,065 U = 6147,0	p = 0,041 U = 7602,5	p = 0,422 U = 90172,5
РВБАНБА, см	p = 0,457 t = -0,749	p = 0,027 t = -2,281	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,623</b>
	p = 0,248 U = 6648,0	p = 0,020 U = 7387,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 82225,5</b>
РНБАБИФ, см	p = 0,279 t = -1,092	<b>p = 0,003</b> <b>t = -3,050</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,361</b>
	p = 0,420 U = 6901,0	p = 0,027 U = 7494,0	<b>p = 0,001</b> <b>U = 82202,0</b>
УголЧС, градус	p = 0,230 t = 1,213	p = 0,211 t = 1,266	p = 0,944 t = 0,070
	p = 0,168 U = 8468,0	p = 0,148 U = 10771,5	p = 0,998 U = 92871,0
УголВБА, градус	p = 0,221 t = -1,241	p = 0,049 t = -2,020	p = 0,043 t = -2,024
	p = 0,207 U = 6588,5	p = 0,045 U = 7698,0	p = 0,069 U = 87396,5
АМР, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,725</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,689</b>	p = 0,092 t = -1,683
	<b>p = 0,003</b> <b>U = 5373,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 6190,0</b>	p = 0,106 U = 88708,5
УголППА, градус	p = 0,996 t = 0,004	p = 0,942 t = -0,072	p = 0,848 t = -0,191
	p = 0,471 U = 8033,5	p = 0,571 U = 10096,0	p = 0,973 U = 94641,0
УголЛПА, градус	p = 0,163 t = 1,416	p = 0,113 t = 1,613	p = 0,657 t = 0,443
	p = 0,186 U = 8449,0	p = 0,147 U = 10821,0	p = 0,547 U = 95719,5

Таблица В4 – Проверка гипотез о равенстве средних в разных возрастных группах у женщин

Параметр	Сравнение между группами		
	1 и 2	1 и 3	2 и 3
ДА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -8,213</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -21,489</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,014</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1718,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 658,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 4659,0</b>
ПДА5ПА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,044</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -10,188</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -5,191</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 2068,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 646,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 5434,0</b>

## Продолжение таблицы В4

ПДА5Биф, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,731</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -7,590</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -5,051</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 3243,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1052,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 5596,5</b>
ДЛИНБА, см	p = 0,510 t = 0,660	p = 0,221 t = -1,227	p = 0,021 t = -2,327
	p = 0,385 U = 4979,5	p = 0,317 U = 2485,0	p = 0,029 U = 7343,0
ДЧС, мм	p = 0,734 t = -0,340	p = 0,157 t = -1,422	p = 0,172 t = -1,369
	p = 0,763 U = 4491,0	p = 0,160 U = 2376,5	p = 0,135 U = 7779,0
ДЛИНЧС, см	p = 0,380 t = -0,880	<b>p = 0,001</b> <b>t = -3,337</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,586</b>
	p = 0,452 U = 4303,5	<b>p = 0,003</b> <b>U = 1976,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 6499,0</b>
ДЛЖА, мм	p = 0,043 t = -2,039	p = 0,0017 t = -2,410	p = 0,422 t = -0,804
	p = 0,222 U = 4108,0	p = 0,055 U = 2239,5	p = 0,351 U = 8133,0
ДСА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,899</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,391</b>	p = 0,846 t = -0,194
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 6173,5</b>	<b>p = 0,001</b> <b>U = 3601,5</b>	p = 0,861 U = 8526,0
ДОП, мм	<b>p = 0,004</b> <b>t = 2,941</b>	p = 0,019 t = 2,365	p = 0,611 t = -0,508
	<b>p = 0,002</b> <b>U = 5874,0</b>	<b>p = 0,014</b> <b>U = 3412,0</b>	p = 0,365 U = 8150,0
ДВБА, мм	p = 0,522 t = 0,641	p = 0,023 t = -2,297	<b>p = 0,001</b> <b>t = -3,283</b>
	p = 0,390 U = 4975,5	p = 0,034 U = 2185,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 6611,5</b>
ДВБА5ПОА, мм	<b>p = 0,013</b> <b>t = -2,508</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,983</b>	p = 0,031 t = -2,169
	<b>p = 0,010</b> <b>U = 3556,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1819,0</b>	p = 0,036 U = 7402,5
ДНБА, мм	p = 0,200 t = -1,287	p = 0,038 t = -2,086	p = 0,330 t = -0,975
	p = 0,240 U = 4127,0	p = 0,049 U = 2225,5	p = 0,397 U = 8186,5
ДППА, мм	p = 0,355 t = 0,927	p = 0,073 t = -1,804	<b>p = 0,003</b> <b>t = -2,934</b>
	p = 0,348 U = 4979,5	p = 0,140 U = 2310,0	<b>p = 0,008</b> <b>U = 6858,5</b>
ДЛПА, мм	<b>p = 0,008</b> <b>t = 2,667</b>	p = 0,053 t = 1,946	p = 0,611 t = -0,509
	<b>p = 0,003</b> <b>U = 5814,0</b>	p = 0,036 U = 3284,0	p = 0,437 U = 8100,0

Продолжение таблицы В4

РЧСВБА, см	p = 0,111 t = -1,603	p = 0,105 t = -1,628	p = 0,744 t = -0,326
	p = 0,149 U = 4015,0	p = 0,135 U = 2353,0	p = 0,682 U = 8462,5
РВБАНБА, см	p = 0,789 t = 0,267	p = 0,488 t = -0,694	p = 0,279 t = -1,085
	p = 0,671 U = 4794,5	p = 0,467 U = 2558,5	p = 0,162 U = 7840,0
РНБАБИФ, см	p = 0,646 t = 0,460	p = 0,472 t = -0,721	p = 0,146 t = -1,458
	p = 0,931 U = 4653,5	p = 0,512 U = 2577,5	p = 0,230 U = 7963,5
УголЧС, градус	p = 0,172 t = -1,375	p = 0,157 t = -1,421	p = 0,805 t = -0,246
	p = 0,071 U = 3865,5	p = 0,109 U = 2324,5	p = 0,807 U = 8567,0
УголВБА, градус	p = 0,060 t = -1,897	p = 0,273 t = -1,098	p = 0,536 t = 0,619
	p = 0,103 U = 3938,5	p = 0,670 U = 2639,5	p = 0,308 U = 9363,5
АМР, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -4,350</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = -3,562</b>	p = 0,962 t = -0,046
	<b>p = 0,002</b> <b>U = 3373,0</b>	p = 0,027 U = 2162,5	p = 0,684 U = 8977,5
УголППА, градус	p = 0,018 t = -2,384	p = 0,110 t = -1,608	p = 0,594 t = 0,533
	p = 0,019 U = 3618,0	p = 0,121 U = 2290,5	p = 0,663 U = 8770,0
УголЛПА, градус	<b>p = 0,001</b> <b>t = -3,267</b>	<b>p = 0,014</b> <b>t = -2,465</b>	p = 0,618 t = 0,498
	<b>p = 0,001</b> <b>U = 3283,0</b>	p = 0,017 U = 2095,0	p = 0,549 U = 8958,5

Таблица В5 – Проверка гипотез о равенстве средних в одинаковых возрастных группах у мужчин и женщин

Параметр	Сравнение внутри групп разных полов		
	1	2	3
ДА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,669</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 12,091</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,340</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1690,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 51186,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 34593,5</b>

## Продолжение таблицы В5

ПДА5ПА, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,145</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 10,823</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,758</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1626,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 49918,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 34758,5</b>
ПДА5Биф, см	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,007</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,420</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,845</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1502,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 45590,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1879,5</b>
ДЛИНБА, см	p = 0,355 t = 0,929	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,028</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,024</b>
	p = 0,697 U = 1103,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 44688,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 33832,0</b>
ДЧС, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,174</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,798</b>	<b>p = 0,003</b> <b>t = 2,956</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1640,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 40539,5</b>	<b>p = 0,015</b> <b>U = 28607,0</b>
ДЛИНЧС, см	p = 0,096 t = 1,681	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,519</b>	<b>p = 0,043</b> <b>t = 2,029</b>
	p = 0,135 U = 1245,0	<b>p = 0,001</b> <b>U = 38471,0</b>	p = 0,062 U = 27689,0
ДЛЖА, мм	<b>p = 0,010</b> <b>t = 2,616</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,508</b>	p = 0,373 t = 0,892
	<b>p = 0,020</b> <b>U = 1351,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 45655,5</b>	p = 0,392 U = 26493,5
ДСА, мм	<b>p = 0,039</b> <b>t = 2,091</b>	<b>p = 0,008</b> <b>t = 2,639</b>	<b>p = 0,008</b> <b>t = 2,652</b>
	p = 0,078 U = 1279,5	<b>p = 0,033</b> <b>U = 36636,0</b>	<b>p = 0,016</b> <b>U = 28656,0</b>
ДОП, мм	p = 0,051 t = 1,972	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,966</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,611</b>
	p = 0,058 U = 1296,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 29951,0</b>	<b>p = 0,002</b> <b>U = 29951,0</b>
ДВБА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,950</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 11,236</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,806</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1767,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 50202,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 34305,5</b>
ДВБА5ПОА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,907</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,111</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,250</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1610,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 44132,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 31257,0</b>
ДНБА, мм	<b>p = 0,021</b> <b>t = 2,367</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,877</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,754</b>
	<b>p = 0,023</b> <b>U = 1344,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 44420,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 31279,0</b>

Продолжение таблицы В5

ДППА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 6,307</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 8,987</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,938</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1724,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 46851,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 30369,5</b>
ДЛПА, мм	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,709</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 7,810</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,775</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1476,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 45163,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 31122,5</b>
РЧСВБА, см	p = 0,258 t = 1,141	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 5,076</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,386</b>
	p = 0,433 U = 1154,0	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 38693,0</b>	<b>p = 0,001</b> <b>U = 29580,0</b>
РВБАНБА, см	p = 0,283 t = 1,079	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,075</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,865</b>
	p = 0,640 U = 1113,5	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 40072,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 30382,5</b>
РНБАБИФ, см	p = 0,947 t = 0,065	<b>p = 0,008</b> <b>t = 2,664</b>	<b>p = 0,009</b> <b>t = 2,643</b>
	p = 0,368 U = 1169,0	<b>p = 0,004</b> <b>U = 37785,0</b>	<b>p = 0,013</b> <b>U = 28756,0</b>
УголЧС, градус	p = 0,196 t = 1,303	p = 0,132 t = -1,508	p = 0,119 -1,565
	p = 0,079 U = 1278,5	<b>p = 0,042</b> <b>U = 29209,0</b>	p = 0,057 U = 21772,0
УголВБА, градус	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,756</b>	<b>p = 0,024</b> <b>t = 2,253</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 3,539</b>
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 17688,5</b>	<b>p = 0,028</b> <b>U = 36736,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 30920,5</b>
АМР, см	<b>p = 0,001</b> <b>t = 3,460</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 9,832</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 9,871</b>
	<b>p = 0,001</b> <b>U = 1469,0</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 46184,5</b>	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 36551,5</b>
УголППА, градус	p = 0,069 t = 1,846	p = 0,681 t = 0,411	p = 0,300 t = 1,038
	<b>p = 0,010</b> <b>U = 1380,0</b>	p = 0,912 U = 32916,5	p = 0,451 U = 25721,5
УголЛПА, градус	<b>p &lt; 0,001</b> <b>t = 4,457</b>	p = 0,145 t = 1,461	p = 0,135 t = 1,500
	<b>p &lt; 0,001</b> <b>U = 1571,5</b>	p = 0,192 U = 34905,5	p = 0,215 U = 26516,0

