

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 611.712:611.717.1

doi:10.18499/2225-7357-2024-13-1-42-50

3.3.1 – анатомия человека



## Изменение оптической плотности первого ребра и клювовидного отростка лопатки у мужчин в зависимости от возраста и формы грудной клетки по данным компьютерной томографии

К. В. Ладыгин<sup>1</sup>, И. Н. Яшина<sup>1</sup>, С. В. Ключкова<sup>2</sup>, А. И. Ладыгина<sup>3</sup>, Ф. Д. Яшин<sup>1</sup>✉<sup>1</sup>Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия<sup>3</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Аннотация.** Цель исследования – изучение динамики изменения оптической плотности костной ткани первого ребра и основания клювовидного отростка лопатки у мужчин разных возрастов в зависимости от формы грудной клетки без признаков остеопороза. **Материал и методы.** Исследование выполнено на томограммах органов грудной клетки 191 мужчины в возрасте от 20 до 70 лет. Измерения на томограммах проводились в аксиальной плоскости с помощью программы RadiAnt. На сканах измерялись оптическая плотность бугорка первого ребра, дистального конца костной части первого ребра, основания клювовидного отростка лопатки. Все измерения были проведены у мужчин, которые были рандомизированы по возрасту и по форме грудной клетки. Результаты остеометрии обрабатывались статистическими методами. **Результаты.** Форма грудной клетки детерминирует возрастные изменения оптической плотности костной ткани. У лиц, обладающих промежуточной и трансверсальной формами грудной клетки, снижение оптической плотности костной ткани в основании клювовидного отростка лопатки начинает проявляться в возрасте 30–50 лет. Эти изменения наиболее выражены для основания клювовидного отростка лопатки не зависимо от формы грудной клетки в возрасте старше 50 лет. Снижение оптической плотности бугорка первого ребра проявляется в возрасте старше 50 лет у лиц с промежуточной и трансверсальной формами грудной клетки. У лиц, обладающих грацильной формой грудной клетки, показатели оптической плотности костной структуры более стабильны. Бугорок первого ребра наряду с основанием клювовидного отростка лопатки может служить прогностической областью при диагностике системного остеопороза у лиц с трансверсальной и промежуточной формами грудной клетки. **Заключение.** Детерминированный подход к описанным показателям изменений оптической плотности костной ткани первого ребра и лопатки у лиц с разными типами грудной клетки, по данным СКТ-томограмм, объективно помогает спрогнозировать, а в последующем – верифицировать проявления остеопороза. Выявленные нами зависимости изменения плотности костной ткани и изменения структуры корреляций между исследуемыми параметрами первого ребра и клювовидного отростка лопатки свидетельствуют о выраженной соматотипической изменчивости, что необходимо учитывать при разработке восстановительного лечения и прогнозирования течения ортопедических заболеваний у лиц разных возрастов.

**Ключевые слова:** первое ребро; клювовидный отросток лопатки; формы грудной клетки; количественная компьютерная денситометрия

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Ладыгин К.В., Яшина И.Н., Ключкова С.В., Ладыгина А.И., Яшин Ф.Д. Изменение оптической плотности первого ребра и основания клювовидного отростка лопатки у мужчин в зависимости от возраста и формы грудной клетки по данным компьютерной томографии // Журнал анатомии и гистопатологии. 2024. Т. 13, №1. С. 42–50. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-1-42-50>

## ORIGINAL ARTICLES

Original article

## Changes in the Optical Density of the First Rib and the Coracoid Process of Scapula in Men Depending on Age and Chest Shape According to Computed Tomography

K. V. Ladygin<sup>1</sup>, I. N. Yashina<sup>1</sup>, S. V. Klochkova<sup>2</sup>, A. I. Ladygina<sup>3</sup>, F. D. Yashin<sup>1</sup>✉<sup>1</sup>Kursk State Medical University, Kursk, Russia<sup>2</sup>Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia<sup>3</sup>Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Abstract.** The purpose of the study was to evaluate the dynamics of changes in the optical density of bone tissue of the first rib and the base coracoid process of scapula in men of different ages without signs of osteoporosis depending on chest shape. **Material and methods.** The study was performed on tomograms of the chest of 191 men aged from 20 to 70 years. Measurements on tomograms were carried out in the axial plane using the RadiAnt program. The scans measured the optical density of the first rib tubercle, the distal bony part of the first rib, and the base of scapula coracoid process. All measurements were taken in men randomized by age and chest shape. The results of osteometry were processed by statistical methods. **Results.** The chest shape determines age-related changes in the optical density of bone tissue. In individuals with intermediate and transverse chest shapes, a decrease in the optical density of bone tissue at the base of scapula coracoid process begins to appear at the age of 30–50 years. These changes are most pronounced for the base of coracoid process, regardless of the chest shape, at the age of over 50 years. A decrease in the optical density of the first rib tubercle manifests over the age of 50 years in individuals with intermediate and transverse chest shape. In individuals with a gracile chest shape, the optical density of the bone structure is more stable. The tubercle of the first rib, along with the base of coracoid process, can serve as a prognostic area in the diagnosis of systemic osteoporosis in individuals with transverse and intermediate chest shape. **Conclusion.** A deterministic approach to the described indicators of changes in the optical density of bone tissue of the first rib and scapula in individuals with different chest shapes, according to SCT tomograms, objectively helps to predict and subsequently verify the manifestations of osteoporosis. The dependences we have identified on changes in bone tissue density and in the structure of correlations between the studied parameters of the first rib and the coracoid process indicate pronounced somatotypic variability, which must be taken into account when developing restorative treatment and predicting the course of orthopedic diseases in people of different age.

**Keywords:** first rib; coracoid process of the scapula; chest shapes; quantitative computer densitometry

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Ladygin K.V., Yashina I.N., Klochkova S.V., Ladygina A.I., Yashin F.D. Changes in the optical density of the first rib and the coracoid process of scapula in men depending on age and chest shape according to computed tomography. Journal of Anatomy and Histopathology. 2024. V. 13, №1. P. 42–50. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-1-42-50>

## Введение

Костная ткань является динамической системой, где в течение всей жизни происходят процессы ремоделирования, в которых запрограммирована определенная последовательность событий, косвенно отражающаяся изменением оптической плотности костной ткани. Несмотря на достаточно большое количество исследований, изучающих оптическую плотность плечевых, бедренных, подвздошных костей, костей предплечья, позвонков, челюстей, ученые до сих пор находятся в поиске оптимальных зон скелета для прогнозирования процессов возрастной потери костной массы, процессов восстановления скелета после травм, послеоперационных изменений [13, 17]. В настоящее время двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) и количественная компьютерная томография (ККТ) являются двумя методами, наиболее широко используемыми для этой цели в клинических и научных исследованиях [12, 18]. При ранней диагностике и лечении остеопороза определение минеральной плотности костной ткани на основе ККТ считается более эффективным, чем при ДРА [14]. КУКТ – это трехмерный процесс, позволяющий различать компактное и губчатое костные вещества и отдельно измерять трабекулярную плотность [10, 15].

И.Г. Пашкова с соавт. (2016) указывают на наличие зависимости между соматотипом и плотностью костной ткани поясничных позвонков с пиковыми значениями костной массы в 21–23 года и снижением ее после 60 лет [5]. И.И. Дедов и соавт. (1999) отмечают, что с 35–40 лет начинается возрастная физиологи-

ческая потеря массы кости со скоростью 0,3–0,5% в год, при этом у мужчин «ассоциированная с возрастом остеопения» составляет 15–20% в компактном веществе кости и 20–30% в губчатом веществе [1]. По данным О.М. Лесняка (2017), у мужчин остеопения менее выражена, чем у женщин, что, по его мнению, связано с более продолжительным и длительным пубертатным и репродуктивным периодами [3].

Большинство из известных исследований динамики потери плотности костной ткани не сопровождается изучением изначальных отличий уровня минеральной плотности контрлатеральных костей, что должно вызывать несомненный интерес с учетом различий в функционировании противоположных сторон скелета человека. Кроме того, ДРА минеральной плотности костной ткани используется по показаниям, и не учитывает популяцию условно здоровых людей, таким образом искажается информация, которая могла бы отразить реальную возрастную соматотипическую и функционально асимметричную динамику изменения оптической плотности костной ткани в популяции. Широкое применение компьютерной томографии грудной клетки в последние годы, связанное с пандемией COVID-19, позволяет проанализировать рентгеноденситометрические характеристики костных структур на большой по объему выборке лиц, не страдающих патологией опорно-двигательного аппарата, что дает возможность объективно судить о состоянии трабекулярной и компактной костной ткани у людей различного возраста и соматотипа. Рентгеноденситометрические исследования в дальнейшем могут помочь в разработке объектив-

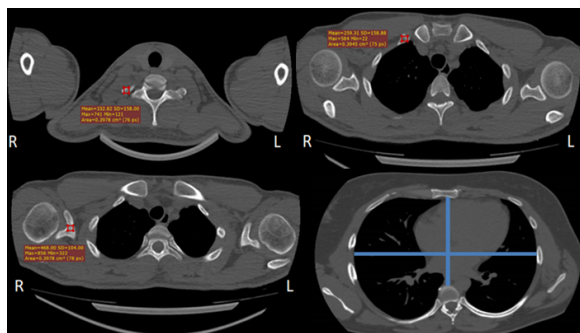


Рис. 1. Измерение оптической плотности бугорка первого ребра, дистального конца костной части первого ребра, основания клювовидного отростка лопатки. Измерение составляющих индекса грудной клетки на уровне нижней трети тела грудины и межпозвоночного диска Th7-8.

Fig. 1. Measurement of the optical density of the first rib tubercle, the distal bony part of the first rib, the base of coracoid process of the scapula. Measurement of the components of the chest index at the level of the lower third of sternal body and intervertebral disc Th7-8.

ных критериев в развитии рентгенологической стадийности остеопорозных изменений.

Первое ребро является частью каркаса грудной клетки. Функциональные нагрузки должны отражаться на величине оптической плотности костной структуры бугорка и дистального конца костной части первого ребра, основания клювовидного отростка лопатки. Ранее мы изучали линейные размеры структур верхней апертуры грудной клетки и первого ребра у лиц мужского пола первого периода зрелого возраста, и отметили, что присутствуют множественные асимметричные корреляционные связи между возрастом, размерами первого ребра и грудины [2], однако типы грудной клетки не учитывались. Первое ребро активно вовлечено в различные биомеханические акты. Оно участвует в дыхательных движениях за счет работы лестничных и межреберных мышц, движениях позвоночного столба, стабилизирует подключичный сосудисто-нервный комплекс.

Целью нашей работы явилось изучение динамики изменения оптической плотности костной ткани первого ребра и основания клювовидного отростка лопатки у мужчин в разных возрастных группах без признаков остеопороза с различными типами грудной клетки.

### Материал и методы исследования

Исследование выполнено на томограммах органов грудной клетки 191 мужчины в возрасте от 20 до 70 лет, с периодизацией 20–30 лет, 31–50 лет, 51–70 лет. Исследование было одобрено региональным этическим комитетом при ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России (протокол № 10 от 9.11.2020 г.) Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Отбор то-

мограмм СКТ проводился на основании отсутствия признаков заболеваний опорно-двигательного аппарата, в том числе сколиоза, деформации грудной клетки, подтвержденной остеопении. Томограммы пациентов были деперсонифицированы.

Томограммы получены на КТ-аппарате Aquilion 16 TSX-101A (Япония) с толщиной среза 1 мм, индексом реконструкции 5 мм. Оборудование для компьютерной томографии было заранее откалибровано с использованием асинхронного фантома контроля качества. Исследование проводилось по аналогичным методикам других авторов [11]. Измерения на томограммах проводили в аксиальной плоскости с помощью программы RadiAnt.

На сканах (рис. 1) измеряли оптическую плотность бугорка первого ребра (БПР), дистального конца костной части первого ребра, основания клювовидного отростка лопатки в аксиальной (горизонтальной) плоскости с обеих сторон.

Для изменения оптической плотности костной ткани использовался инструмент ROI. Согласно методическим рекомендациям по остеоденситометрии, ККТ минеральной плотности кости определяется как значение содержания кальция в миллиграммах на кубический сантиметр объема костной ткани, что эквивалентно ДРА [6]. Исследуемые участки костей были оценены в цифровом формате с использованием шкалы Хаунсфилда. По данным базового руководства по компьютерной томографии, губчатое вещество кости имеет плотность от +100 HU до +350 HU, компактное вещество – от +200 HU и выше [7].

Все измерения были проведены на томограммах грудных клеток мужчин с учетом возраста и формы грудной клетки. Для определения формы грудной клетки использовался индекс Галлера, представляющий отношение поперечного к сагиттальному размеру грудной клетки на уровне нижней трети тела грудины и межпозвоночного диска Th7–8 в аксиальной плоскости (рис. 1). После вычисления индекса грудной клетки (ИГК), исследуемый материал был разделен в зависимости от его величины на три группы. В первую группу вошли лица с грацильной грудной клеткой при значениях ИГК меньше 1,9; во вторую – лица с промежуточной формой грудной клетки (ИГК 1,9–2,25); в третью – лица с трансверзальной формой грудной клетки (ИГК более 2,25). Распределение материала представлено в табл. 1.

Результаты остеометрии обрабатывались статистическими методами с помощью пакета Statistika 13.0. Нормальность распределения оценивали по критериям Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса. В связи с тем, что распределение данных в выборках отличалось от нормального, использовали непараметрические статистики. Значения показав-

Таблица 1 / Table 1

**Распределение томограмм грудной клетки мужчин в зависимости от возраста  
и величины индекса грудной клетки**  
**Distribution of chest tomograms of men depending on age and chest index value**

Форма грудной клетки	Возраст			Всего
	1-я группа 20–30 лет	2-я группа 31–50 лет	3-я группа 51–70 лет	
Грацильная	7	37	27	71 (37,2%)
Промежуточная	11	40	18	69 (36,1%)
Трансверзальная	14	23	14	51 (26,7%)
Всего в группах	32 (16,8%)	100 (52,3%)	59 (30,9%)	
Общее количество исследуемых томограмм	191			

Таблица 2 / Table 2

**Значения критерия Краскела–Уоллиса с нулевой гипотезой независимости исследуемых  
параметров от возраста между формами грудной клетки**  
**Values of the Kruskal–Wallis criterion with the null hypothesis of independence of the studied  
parameters from the age between the shapes of the chest**

Форма грудной клетки	Плотность бугорка первого ребра		Плотность дистального конца первого ребра		Плотность основания клюво- видного отростка лопатки	
	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева
Грацильная (n=71)	H=7,61* p=0,053	H=6,59* p=0,05	H=1,80 p=0,40	H=1,06 p=0,58	H=6,96* p=0,03	H=9,0* p=0,01
Промежуточная (n=69)	H=9,91* p=0,007	H=5,84* p=0,05	H=2,87 p=0,23	H=1,71 p=0,42	H=9,91* p=0,007	H=5,84* p=0,05
Трансверзальная (n=51)	H=16,73* p=0,0002	H=15,99* p=0,003	H=12,43* p=0,002	H=11,56* p=0,003	H=13,93* p=0,0009	H=9,63* p=0,008

Примечание: знаком «\*» отмечены случаи, подтверждающие наличие зависимости от возраста.

телей представлены в виде медиан и интерквартильного размаха. Для множественного сравнения групп применялся дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса с последующим попарным сравнением с помощью критерия Манна–Уитни. Для установления взаимосвязи между изучаемыми показателями проводился корреляционный анализ Спирмена. Критический уровень значимости соответствовал  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

После вычисления ИГК, выявлено, что независимо от возраста грацильная форма выявлялась в 37,2%, промежуточная – в 36,1% и трансверзальная форма грудной клетки – в 26,7% случаев.

Для достижения заявленной цели дальнейшего исследования проводилось с учетом возраста мужчин. При сравнении распределений в независимых выборках использовался критерий Краскела–Уоллиса с нулевой гипотезой независимости исследуемых параметров от возраста. Результаты анализа представлены в табл. 2.

В дальнейшем проводился анализ критерия Манна–Уитни для сравнения степени выраженности параметров. Результаты представлены в табл. 3–4.

В нашем исследовании диапазон оптической плотности БПР у лиц, обладающих разными типами грудных клеток, принадлежащих к разным возрастным группам, варьи-

ровал от +63,25HU до +522HU. В ходе работы выявлено влияние формы грудной клетки на величину оптической плотности костной ткани БПР в разных возрастных группах. Так, у мужчин в 1-й возрастной группе (20–30 лет) с трансверзальной формой грудной клетки оптическая плотность костной ткани БПР превышала аналогичные показатели у лиц того же возраста, обладающих грацильной формой грудной клетки. У мужчин 3-й возрастной группы (старше 50 лет) с трансверзальной формой грудной клетки выявлено максимальное уменьшение оптической плотности костной ткани БПР. Данные значения были меньше показателей плотности БПР у лиц того же возраста, но обладающих грацильной и промежуточной формами грудной клетки. Между грацильной и промежуточной формами таких различий не выявлено.

При сравнении возрастной динамики уменьшения плотности костной ткани внутри групп лиц с одной формой грудной клетки обнаружена асимметрия снижения плотности костной ткани БПР. У лиц с грацильной формой грудной клетки плотность костной ткани БПР слева с возрастом не изменялась, а справа ее уменьшение выявлялось у лиц старше 50 лет (табл. 3).

У мужчин с промежуточной формой грудной клетки старше 50 лет плотность костной ткани БПР была меньше, чем у молодых до 30 лет, независимо от принадлежности к стороне тела. При данной форме грудной клетки выявлялась асимметрия уменьшения

Таблица 3 / Table 3

**Значения оптической плотности бугорка первого ребра в зависимости от формы грудной клетки, HU (Me; Q1–Q3)**  
**Values of the optical density of the first rib tubercle depending on the chest shape, HU (Me; Q1–Q3)**

Возрастная группа	Форма грудной клетки					
	Грацильная (n=71)		Промежуточная (n=69)		Трансверзальная (n=51)	
	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева
1-я	292,0; 263,0-339,5	289,0; 240,0-322,5	374,0; 193,0-450,5	334,0; 273,0-428,5	348,5; 291,5-500,0*	401,5; 333,0-522,0*
2-я	280,0; 193,5-362,0	290,0; 230,5-387,0	280,5; 208,25-337,25	279,0; 209,75-381,5*	302,0; 216,0-406,5*	330,0; 236,0-459,0*
3-я	256,0; 173,0-315,0*	233,0; 156,0-358,0	251,0; 175,5-350,25*	268,5; 241,0-320,0 *,**	178,0; 97,0-233,5 *,**,*	151; 63,25-148,0 *,**,*

Примечание: статистически значимые различия \* – для каждой из форм грудной клетки при сравнении с 1-й группой (20–30 лет), \*\* – при сравнении со 2-й группой (31–50 лет); • – при сравнении показателей с грацильной формой грудной клетки в одной возрастной группе, •• – при сравнении показателей с промежуточной формой грудной клетки в одной возрастной группе. Критерий Манна–Уитни, уровень критической значимости  $p < 0,05$ .

Таблица 4 / Table 4

**Значения оптической плотности дистального конца костной части первого ребра в зависимости от формы грудной клетки, HU (Me; Q1–Q3)**  
**Values of the optical density of distal bony part of the first rib depending on the chest shape, HU (Me; Q1–Q3)**

Возрастная группа	Форма грудной клетки					
	Грацильная (n=71)		Промежуточная (n=69)		Трансверзальная (n=51)	
	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева
1-я	160,0; 100,0-176,5	118,0; 87,0-207,0	169,0; 117,0-189,5	187,0; 153,0-195,0*	187,5; 153,25-211,5*	206,5; 184,5-253,25 •
2-я	150,0; 94,0-190,0	129,0; 99,0-220,0	120,5; 74,75-222,75	143,5; 87,75-211,5	170,0; 107,0-210,0	164,0; 116,0-202,0*
3-я	117,0; 71,0-153,0	114,0; 79,0-185,0	129,0; 79,75-174,25	163,0; 116,25-193,5	111,0; 58,0-132,5	99,5; 63,25-148,0

Примечание: статистически значимые различия \* – для каждой из форм грудной клетки при сравнении с 1-й группой (20–30 лет), • – при сравнении показателей с грацильной формой грудной клетки в одной возрастной группе. Критерий Манна–Уитни, уровень критической значимости  $p < 0,05$ .

плотности костной ткани: слева ее значения снижались в каждой последующей возрастной группе.

У лиц с трансверзальной формой грудной клетки выявлено достоверное уменьшение оптической плотности костной ткани БПР независимо от принадлежности к стороне тела в каждой последующей возрастной группе (табл. 3).

Костная ткань дистального конца первого ребра показывает меньшие значения оптической плотности по сравнению с бугорком (табл. 3–4). Однако, на оптическую плотность дистального конца ребра также влияет форма грудной клетки. В первой возрастной группе (20–30 лет) обнаружено увеличение плотности дистального конца ребра у лиц с трансверзальной формой грудной клетки по сравнению с грацильной.

Возрастные изменения оптической плотности костной ткани были выявлены только у лиц с трансверзальной формой грудной клетки, и выражались в снижении ее величины у I ребра слева в возрасте 30–50 лет.

В основании клювовидного отростка лопатки характеристики оптической плотно-

сти измерялись в диапазоне от +65,5HU до +404HU вне зависимости от возраста и формы грудной клетки.

При делении по формам грудной клетки в группе 31–50 лет выявлены меньшие значения оптической плотности костной ткани при сравнении грацильной и промежуточной, грацильной и трансверзальной форм грудной клетки. Среди лиц старше 50 лет, в третьей возрастной группе отмечаются статистически значимо меньшие показатели оптической плотности костной ткани основания клювовидного отростка лопатки у лиц с трансверзальной формой ГК при сравнении с грацильной и промежуточной формами.

Возрастные различия между первой и второй группами определяются у лиц с промежуточной и трансверзальной формами грудной клетки. Наблюдалось статистически значимое уменьшение оптической плотности костной ткани с обеих сторон. У лиц с грацильной формой ГК возрастные изменения выявлены только при сравнении молодых мужчин и мужчин старше 50 лет. Для мужчин с трансверзальной формой ГК характерны статистически значимые различия оптической плотности основания клювовидного отростка

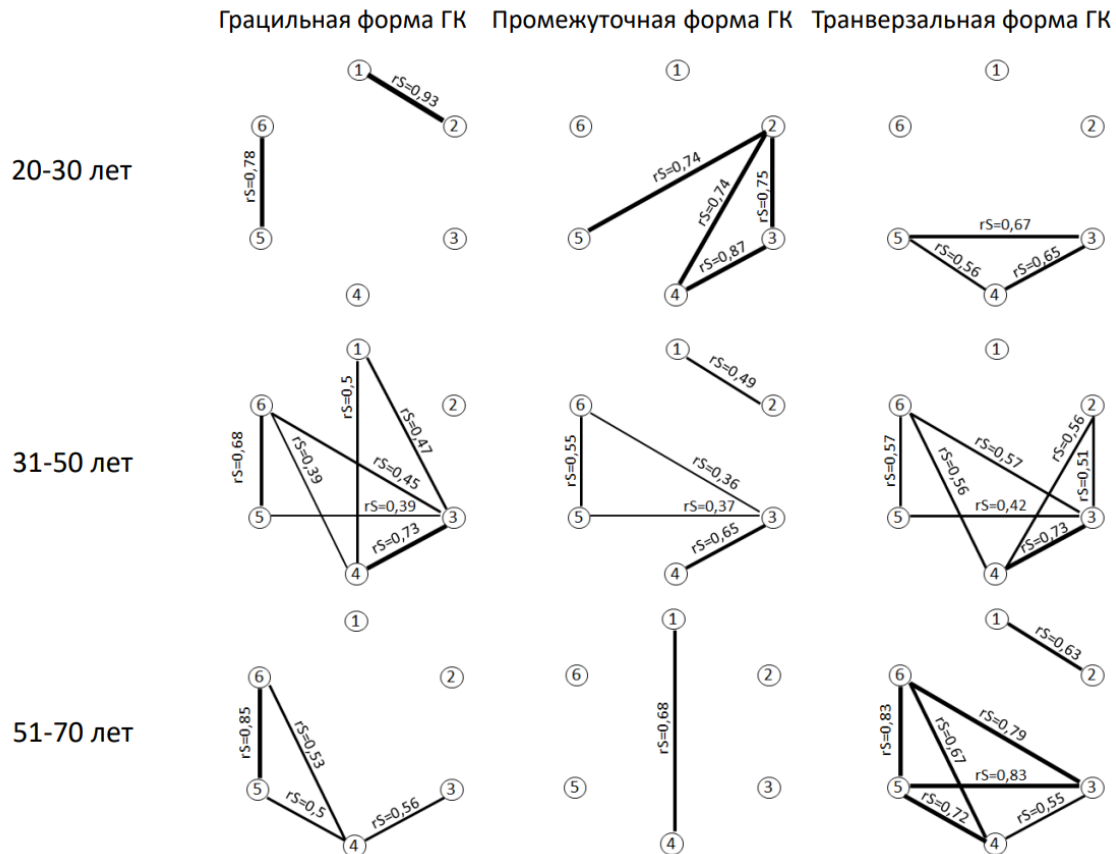


Рис. 2. Результаты корреляционного анализа Спирмена в зависимости от формы грудной клетки и возраста ( $p < 0,05$ ). Обозначения: 1 – основание клювовидного отростка правой лопатки, 2 – основание клювовидного отростка левой лопатки, 3 – бугорок первого правого ребра, 4 – бугорок первого левого ребра, 5 – дистальный конец костной части правого первого ребра, 6 – дистальный конец костной части левого первого ребра.

Fig. 2. The results of Spearman's correlation analysis depending on the chest shape and age ( $p < 0,05$ ). Designations: 1 – base of the coracoid process of the right scapula, 2 – base of the coracoid process of the left scapula, 3 – tubercle of the right first rib, 4 – tubercle of the left first rib, 5 – distal end of the bony part of the right first rib, 6 – distal end of the bony part of the left first rib.

Таблица 5 / Table 5

**Значения оптической плотности основания клювовидного отростка лопатки  
в зависимости от формы грудной клетки, HU (Me; Q1–Q3)  
Values of the optical density of coracoid process depending on the chest shape,  
HU (Me; Q1–Q3)**

Возрастная группа	Форма грудной клетки					
	Грацильная (n=71)		Промежуточная (n=69)		Трансверзальная (n=51)	
	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева
1-я	273,0; 213,0-341,0	300; 242,0-367,0	324,0; 253,0-404,0	270,0; 225,0-361,5	298,5; 253,5-387,5	265,5; 196,25-361,25
2-я	310,0; 225,0-397,0	283,0; 200,0-357,0	215,0; 155,5-288,75 *•	263,0; 149,25-322,25 *•	248,0; 210,0-309,5 *•	300,0; 176,0-339,5 *•
3-я	196,0; 170,0-297,5*	218,0; 117,0-264,0*	223,0; 161,5-290,0*	187,0; 157,25-267,5*	118,0; 65,5-227,5 *•••••	172,0; 149,75-201,5 *•••••

Примечание: статистически значимые различия \* – для каждой из форм грудной клетки при сравнении с 1-й группой (20–30 лет), \*\* – при сравнении со 2-й группой (31–50 лет); • – при сравнении показателей с грацильной формой грудной клетки в одной возрастной группе, •• – при сравнении показателей с промежуточной формой грудной клетки в одной возрастной группе. Критерий Манна–Уитни, уровень критической значимости  $p < 0,05$ .

лопатки при сравнении второй и третьей возрастных групп, с достоверным уменьшением значений у лиц старшего возраста.

Исходя из данных таблиц 3–5, статистически значимых различий плотности кост-

ной ткани контрлатеральных исследуемых структур не было обнаружено ни в одной возрастной группе. Хотя ряд авторов, исследующих минеральную плотность костной ткани различных сегментов скелета, у пациентов

ортопедического профиля, указывают на различия показателей минеральной плотности костей противоположных сторон [4, 8], что в принципе может быть обусловлено снижением нагрузок на травмированные отделы скелета. В нашем исследовании лица с патологией, травмами в анамнезе не участвовали. Большая вариабельность показателей оптической плотности исследованных областей скелета в различные возрастные периоды, демонстрирует различную скорость возрастной потери минеральной плотности костной ткани связанную с неодинаковой функциональной нагрузкой на данные области, у обладателей разных форм грудной клетки, что подтверждается исследованиями в области спортивной морфологии [9, 16].

С целью выявления особенностей изменения оптической плотности костной ткани первого ребра и основания клювовидного отростка лопатки у представителей различных типов грудной клетки с возрастом мы провели корреляционный анализ Спирмена (рис. 2).

Корреляционный анализ Спирмена выявил отличия структуры связей и их силы между параметрами внутри возрастных групп с различными типами грудной клетки (рис. 2). Так, у лиц с грациальной формой грудной клетки наибольшее количество корреляционных связей выявлено в возрастном промежутке от 31 до 50 лет – 7, с последующим снижением их числа в третьей возрастной группе до 4. В возрастном промежутке 20–30 лет корреляционные связи обнаруживались между показателями дистальных концов первых ребер, оснований клювовидных отростков лопаток. Во второй возрастной группе в структуру корреляционных связей включались показатели БПР, что свидетельствовало об активной перестройке системной организации скелета. В возрастной группе 51–70 лет количество связей между ними асимметрично уменьшалось, преимущественно для структур, расположенных справа.

У лиц с промежуточной формой грудной клетки в молодом возрасте установлены 4 корреляционные зависимости, среди которых присутствовали связи между показателями обоих БПР и основанием клювовидного отростка левой лопатки. Во второй возрастной группе число корреляций увеличивалось до 5, снижалась сила связей и изменялась их структура. Корреляции присутствовали между показателями БПР справа и дистальных концов обоих ребер. В третьей возрастной группе установлена только 1 связь между показателями основания клювовидного отростка правой лопатки и БПР слева.

У лиц с трансверсальной формой грудной клетки наблюдалось максимальное количество корреляций: в первой возрастной группе – 3, во второй – 7 и в третьей – 7. Их сила увеличивалась с возрастом. У молодых мужчин значения показателей бугорков обоих

ребер коррелировали между собой, а также с показателями дистального конца правого первого ребра. В возрастной группе 31–50 лет возникали связи между бугорками и дистальными концами первых ребер. При этом дистальный конец первого левого ребра показывал корреляции с бугорками обоих ребер, а правого – только с соименным. Так же ассиметричны корреляции между показателями основания клювовидного отростка лопатки: справа они отсутствовали, а слева коррелировали с показателями бугорков обеих ребер. В старшей возрастной группе отсутствовали связи с основанием клювовидного отростка лопатки, а сила связей между бугорками и дистальными концами ребер возрастала.

## Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о том, что форма грудной клетки определяет темпы снижения оптической плотности костной ткани у здоровых людей. У лиц, обладающих промежуточной и трансверсальной формами грудной клетки, снижение оптической плотности костной ткани в основании клювовидного отростка лопатки начинает проявляться в возрасте 30–50 лет. Максимально ярко эти изменения проявляются независимо от формы грудной клетки в возрасте старше 50 лет. Снижение оптической плотности бугорка первого ребра у обладателей трансверсальной формы грудной клетки проявляется в возрасте 30–50 лет, а у лиц с промежуточной формой и трансверсальной формами грудной клетки – старше 50 лет. Поэтому первого ребра наряду с основанием клювовидного отростка лопатки может служить прогностической областью при диагностике системного остеопороза у лиц с трансверсальной и промежуточной формами грудной клетки. Лица, обладающие грациальной формой грудной клетки, имеют более стабильные значения оптической плотности костной структуры и менее подвержены ее снижению.

Выявленные нами зависимости изменения плотности костной ткани и изменения структуры корреляций между исследуемыми параметрами первого ребра и клювовидного отростка лопатки свидетельствуют о выраженной соматотипической изменчивости, что необходимо учитывать при разработке восстановительного лечения и прогнозирования течения ортопедических заболеваний у лиц разных возрастов.

## Список источников / References

1. Дедов И.И. Сахарный диабет в Российской Федерации; проблемы и пути решения. Сахарный диабет. 1999;1:7–18.  
Dedov II. Sakharnyi diabet v Rossiiskoi Federatsii; problemy i puti resheniya. Sakharnyi diabet. 1999;1:7–18 (In Russ.).

2. Ладыгин К.В., Яшина И.Н., Ключкова С.В., Ладыгина А.И., Яшин Ф.Д. Анатомические особенности верхней апертуры грудной клетки у мужчин первого периода зрелого возраста. Современные проблемы науки и образования. 2021;6:157.  
Ladygin KV, Yashina IN, Klochkova SV, Ladygina AI, Yashin FD. Anatomical Features of the Upper Aperture of the Thorax in Men of the First Period of Adulthood. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniâ*. 2021 Jan 1;6:114–4 (In Russ.). doi: 10.17513/spno.31321
3. Лесняк О.М. Актуальные вопросы диагностики и лечения остеопороза у мужчин в амбулаторной практике. Российский семейный врач. 2017;21(1):39–44.  
Lesnyak OM. Current issues of diagnosis and treatment of osteoporosis in men in general practice. *Russian Family Doctor*. 2017 Feb 15;21(1):39–44 (In Russ.). doi: 10.17816/RFD2017139-44
4. Минасов Т.Б., Гафаров И.Р., Гиноян А.О., Файзуллин А.А., Минасов И.Б. Оценка параметров минеральной плотности костной ткани различных сегментов скелета у пациентов ортопедического профиля. Медицинский вестник Башкортостана. 2014;9(6):61–3.  
Minasov TB, Gafarov IR, Hynoyan AO, Faizullin AA, Minasov IB. Assessment of Bone Mineral Density Parameters in Orthopedic Patients. *Bashkortostan Medical Journal*. 2014;9(6):61–3 (In Russ.).
5. Пашкова И.Г., Гайворонский И.В., Корнев М.А., Гайворонский И.Н. Соматотипологические особенности минеральной плотности костной ткани у мужчин, проживающих в северо-западных регионах России. Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016;3(55):26–9.  
Pashkova IG, Gaivoronsky IV, Kornev MA, Gaivoronsky IN. Somatotypological characteristics of bone mineral density at men from the Northwest regions of Russia. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2016;3(55):26–9 (In Russ.).
6. Петрайкин А.В., Низовцова Л.А., Артюкова З.Р., Ахмад Е.С., и др. Остеоденситометрия: методические рекомендации. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». М.; 2020.  
Petrayaikin A.V., Nizovtsova L.A., Artyukova Z.R., Akhmad E.S., i dr. Osteodensitometriya: metodicheskie rekomendatsiya. Seriya «Luchshie praktiki luchevoi i instrumental'noi diagnostiki». M.; 2020 (In Russ.).
7. Хофер М. Компьютерная томография. Базовое руководство. 2-е изд. 2008. Перевод с английского. М.: «МЕДпресс-информ»; 2009.  
Khofer M. Komp'yuternaya tomografiya. Bazovoe rukovodstvo. 2-e izd. 2008. Perevod s angliiskogo. Moscow: «MEDpress-inform»; 2009 (In Russ.).
8. Яшина И.Н., Иванов А.В., Ключкова С.В. К вопросу гомологии в структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей человека. Курский научно-практический вестник Человек и его здоровье. 2019;1:83–92.  
Yashina IN, Ivanov AV, Klochkova SV. To the question of homology in the structural organization of bones of human limb proximal segments. *Kursk Scientific and Practical Bulletin «Man and His Health»*. 2019;(1):83–92 (In Russ.). doi: 10.21626/vestnik/2019-1/10
9. Egan E, Reilly T, Giacomoni M, Redmond L, Turner C. Bone mineral density among female sports participants. *Bone*. 2006 Feb;38(2):227–33. doi: 10.1016/j.bone.2005.08.024
10. Engelke K, Adams JE, Armbrrecht G, Augat P, Bogado CE, Bouxsein ML, et al. Clinical Use of Quantitative Computed Tomography and Peripheral Quantitative Computed Tomography in the Management of Osteoporosis in Adults: The 2007 ISCD Official Positions. *Journal of Clinical Densitometry*. 2008 Jan;11(1):123–62. doi: 10.1016/j.jocd.2007.12.010
11. Kaesmacher J, Liebl H, Baum T, Kirschke JS. Bone Mineral Density Estimations From Routine Multidetector Computed Tomography. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2017;41(2):217–23. doi: 10.1097/rct.0000000000000518
12. Link TM. Osteoporosis Imaging: State of the Art and Advanced Imaging. *Radiology*. 2012 Apr;263(1):3–17. doi: 10.1148/radiol.12110462
13. Liu Z, Zhang Y, Liu Z, Kong J, Huang D, Zhang X, et al. Dual-Energy Computed Tomography Virtual Noncalcium Technique in Diagnosing Osteoporosis: Correlation With Quantitative Computed Tomography. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2021 May;45(3):452–7. doi: 10.1097/rct.0000000000001168
14. Löffler MT, Jacob A, Valentinitisch A, Rienmüller A, Zimmer C, Ryang YM, et al. Improved prediction of incident vertebral fractures using opportunistic QCT compared to DXA. *European Radiology*. 2019 Feb 21;29(9):4980–9. doi: 10.1007/s00330-019-06018-w
15. Luo Y, Yang H. Comparison of femur stiffness measured from DXA and QCT for assessment of hip fracture risk. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*. 2018 Apr 18;37(2):342–50. doi: 10.1007/s00774-018-0926-z
16. Rector RS, Rogers R, Ruebel M, Hinton PS. Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men. *Metabolism*. 2008 Feb;57(2):226–32. doi: 10.1016/j.metabol.2007.09.005
17. Summers RM, Baecher N, Yao J, Liu J, Pickhardt PJ, Choi JR, et al. Feasibility of Simultaneous Computed Tomographic Colonography and Fully Automated Bone Mineral Densitometry in a Single Examination. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 2011 Mar;35(2):212–6. doi: 10.1097/rct.0b013e3182032537
18. Shepherd JA, Schousboe JT, Broy SB, Engelke K, Leslie WD. Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development Conference on Advanced Measures From DXA and QCT: Fracture Prediction Beyond BMD. *Journal of Clinical Densitometry*. 2015 Jul;18(3):274–86. doi: 10.1016/j.jocd.2015.06.013

#### Информация об авторах

Ладыгин Константин Владимирович – аспирант кафедры анатомии человека Курского государственного медицинского университета;  
<https://orcid.org/0009-0007-2737-1871>

#### Information about the authors

Konstantin V. Ladygin – postgraduate student of the department of human anatomy of the Kursk State Medical University;  
<https://orcid.org/0009-0007-2737-1871>

SPIN 8320-2982

Яшина Ирина Николаевна – д-р. мед. наук, доцент, профессор кафедры анатомии человека Курского государственного медицинского университета;

bik2709@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6235-2309>

SPIN 8324-3610

Клочкова Светлана Валерьевна – д-р. мед. наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека медицинского института Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы;

swetlana.chava@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>

SPIN 1528-6250

Ладыгина Аделина Игоревна – студентка Белгородского государственного национального исследовательского университета; adelina\_ladigina@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-3967-6315>

✉ Яшин Федор Денисович – студент Курского государственного медицинского университета; ул. Карла Маркса, 3, Курск, 305041, Россия; fedaryashin@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4876-4275>

SPIN 7150-4285

SPIN 8320-2982

Irina N. Yashina – Doct. Sci. (Med.), associate professor, professor of the department of human anatomy of the Kursk State Medical University;

bik2709@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6235-2309>

SPIN 8324-3610

Svetlana V. Klochkova – Doct. Sci. (Med.), professor, professor of the human anatomy department of Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia;

swetlana.chava@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2041-7607>

SPIN 1528-6250

Adelina I. Ladygina – student of the Belgorod State National Research University;

adelina\_ladigina@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-3967-6315>

✉ Fedor D. Yashin – student of the Kursk State Medical University; ul. Karla Marksa, 3, Kursk, 305041, Russia;

fedaryashin@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4876-4275>

SPIN 7150-4285

---

Статья поступила в редакцию 8.02.2024; одобрена после рецензирования 24.03.2024; принята к публикации 29.03.2024.  
Submitted 8.02.2024; Revised 24.03.2024; Accepted 29.03.2024.

---