

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto631685>

# Объём жирового тела Гоффа у пациентов с остеоартритом коленного сустава: зависимость от индекса массы тела

В.А. Атоян, А.С. Золотов, Е.А. Зинькова, А.М. Садковский

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Гонартроз является наиболее распространённым типом остеоартрита (ОА), в патогенезе которого центральную роль играет хроническое низкоинтенсивное воспаление. Ожирение играет важную роль в развитии гонартроза — этому также способствует наличие достаточно большого жирового депо в коленном суставе — инфрапателлярного жирового тела (ИЖТ), которое выделяет провоспалительные цитокины и вызывает локальное воспаление в коленном суставе. Существуют противоречивые данные о взаимосвязи между объёмом ИЖТ, индексом массы тела (ИМТ) и стадией гонартроза. Учитывая значительное распространение ОА среди населения и ограниченные возможности его эффективного лечения, представляется актуальным более подробное изучение роли ИЖТ в патогенезе гонартроза, что в дальнейшем может способствовать разработке новых целевых терапевтических стратегий.

**Цель.** Оценить взаимосвязи объёма ИЖТ, ИМТ и стадии гонартроза для повышения эффективности профилактического консультирования и возможности дальнейшей разработки новых подходов к лечению.

**Материалы и методы.** Ретроспективно проанализированы данные магнитно-резонансной томографии коленных суставов, выполненной 32 пациентам, страдающим гонартрозом, в период с 2022 по 2023 г. в Центре лучевой диагностики Медицинского центра ДВФУ (г. Владивосток, Приморский край). Пациенты разделены на две группы в зависимости от ИМТ.

**Результаты.** Средний объём ИЖТ среди всех пациентов обеих групп составил  $33,01 \pm 8,79$  см<sup>3</sup>. При анализе объёма ИЖТ у мужчин и женщин выявлены статистически значимые различия. При проведении линейного корреляционного анализа связи объёма жирового тела Гоффа и стадии ОА в группе женщин продемонстрированы наличие умеренной обратной связи и статистическая значимость. Многомерный статистический анализ показал, что объёмы ИЖТ и ИМТ наиболее тесно связаны между собой по сравнению с другими переменными. Не выявлено статистически значимых различий в объёме ИЖТ между группами с нормальным и повышенным ИМТ. Обнаружена умеренная отрицательная корреляция между объёмом ИЖТ и стадией ОА у пациентов с избыточным весом. Объём ИЖТ коррелировал с ИМТ у пациентов без ожирения и слабоотрицательно — у лиц с ожирением.

**Заключение.** В настоящем исследовании больший объём ИЖТ наблюдался в группе пациентов с избыточным весом и ожирением в сравнении с лицами с нормальным ИМТ, однако статистически данные различия незначимы. У пациентов с гонартрозом объём ИЖТ связан с сопутствующим ожирением, полом, возрастом, ростом и весом. Эти данные могут быть полезны при разработке индивидуальных подходов к профилактике и лечению ОА.

**Ключевые слова:** остеоартрит; гонартроз; жировое тело Гоффа; индекс массы тела; ожирение; МРТ.

## Как цитировать:

Атоян В.А., Золотов А.С., Зинькова Е.А., Садковский А.М. Объём жирового тела Гоффа у пациентов с остеоартритом коленного сустава: зависимость от индекса массы тела // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 1. С. 127–135. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto631685>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto631685>

# Hoffa's infrapatellar fatty body volume in patients with knee osteoarthritis: dependence on body mass index

Varsik A. Atoian, Alexandr S. Zolotov, Ekaterina A. Zinkova, Alexey M. Sadkovskii

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Gonarthrosis is the most common form of osteoarthritis (OA) and chronic low-grade inflammation plays a central role in its pathogenesis. Obesity plays an important role in the development of gonarthrosis — it is also favoured by the presence of a relatively large fat depot in the knee joint — the infrapatellar fat pad (IPFP) — which releases pro-inflammatory cytokines and causes local inflammation in the knee joint. There is conflicting data on the relationship between IPFP volume, body mass index (BMI) and stage of gonarthrosis. Given the significant prevalence of OA in the population and the limited options for its effective treatment, it seems relevant to further investigate the role of BMI in the pathogenesis of gonarthrosis, which may further contribute to the development of new targeted therapeutic strategies.

**AIM:** To evaluate the relationship between IPFP volume, BMI and stage of gonarthrosis in order to improve the effectiveness of preventive counselling and the possibility of further development of new treatment approaches.

**MATERIALS AND METHODS:** We retrospectively analysed the data of magnetic resonance imaging of the knee joints performed on 32 patients with gonarthrosis in 2022–2023 at the Centre for Radiological Diagnostics of the FEFU Medical Centre (Vladivostok, Primorsky Krai). The patients were divided into two groups according to their BMI.

**RESULTS:** The mean IPFP volume for all patients in both groups was  $33.01 \pm 8.79 \text{ cm}^3$ . Statistically significant differences were found when analysing the IPFP volume in men and women. Linear correlation analysis of the relationship between Hoffa's fat pad volume and OA stage in the female group showed a moderate inverse relationship and statistical significance. Multivariate statistical analysis showed that IPFP volume and BMI were most closely related to each other compared to other variables. No statistically significant differences in IPFP volume were found between the normal and increased BMI groups. A moderate negative correlation was found between BMI volume and OA stage in overweight patients. IPFP volume correlated with BMI in non-obese patients and weakly negatively in obese patients.

**CONCLUSIONS:** In the present study, greater IPFP volume was observed in overweight and obese patients compared to those with normal BMI, but these differences were not statistically significant. In patients with gonarthrosis, IPFP volume was associated with comorbid obesity, gender, age, height and weight. These data may be useful in developing individualised approaches to the prevention and treatment of OA.

**Keywords:** osteoarthritis; gonarthrosis; Hoffa's fat pad; body mass index; obesity; MRI.

## To cite this article:

Atoian VA, Zolotov AS, Zinkova EA, Sadkovskii AM. Hoffa's infrapatellar fatty body volume in patients with knee osteoarthritis: dependence on body mass index. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(1):127–135. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto631685>

Received: 05.05.2024

Accepted: 10.10.2024

Published online: 17.02.2025

## ОБОСНОВАНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2019 году во всём мире остеоартритом (ОА) страдали около 528 миллионов человек, что на 113% больше, чем в 1990 году [1]. Гонартроз является наиболее распространённым типом остеоартрита, однако точная его этиология до сих пор неизвестна [2]. Патологические изменения при ОА разнообразны и включают синовит, дегенерацию хряща, утолщение субхондральной кости, образование остеофитов, дегенерацию связок, повреждение менисков и структурные изменения в окружающих мышцах [3]. Хроническое низкоинтенсивное («low-grade») воспаление играет центральную роль в патогенезе ОА, инициируя и поддерживая патологические процессы, даже в отсутствие значительных механических повреждений [4]. Принципиальное значение в развитии ОА придаётся системным метаболическим нарушениям, таким как ожирение и сахарный диабет, ведь метаболический синдром сам по себе является постоянным источником воспалительной активности [2]. Рядом исследователей продемонстрировано, что провоспалительные цитокины, вырабатываемые жировой тканью (адипокины), могут оказывать катаболическое влияние на хрящ, способствуя развитию воспалительных и дегенеративных заболеваний суставов [3]. Ожирение и ОА — это две взаимосвязанные проблемы, затрагивающие значительную часть взрослого населения во всём мире. С. Reyes и соавт. (2016) провели когортное исследование среди 1 764 061 пациента и обнаружили, что риск развития ОА коленного сустава у лиц с ожирением в три раза выше, чем у людей без ожирения [5].

N. Zeng и соавт. (2020) утверждают: помимо того, что ожирение играет важную роль в развитии гонартроза, этому также способствует и наличие достаточно большого жирового депо в коленном суставе — инфрапателлярного жирового тела (ИЖТ) [6]. В настоящее время данное анатомическое образование привлекает к себе всё больше внимания исследователей [7, 8]. Инфрапателлярное жировое тело Гоффа играет важную роль в функционировании коленного сустава и является интракапсулярной, экстрасиновиальной структурой, увеличивающей площадь синовиальной поверхности, способной к изменению своей конфигурации при движениях. Тем самым ИЖТ обеспечивает механическую амортизацию и облегчает распределение синовиальной жидкости. ИЖТ хорошо васкуляризировано и состоит из жировой ткани, сходной с подкожно-жировой клетчаткой (ПЖК), с каркасом из фиброзных тяжей. Но в отличие от ПЖК жировое тело содержит плюрипотентные клетки, которые могут дифференцироваться в остеобласты и хондроциты [9]. Отмечается богатая иннервация данного анатомического образования ветвями бедренного, общего малоберцового и подкожных нервов, поэтому любые изменения жирового тела могут являться источником возникновения болей в переднем отделе

коленного сустава [10]. Кроме того, жировое тело обладает эндокринными свойствами и локально высвобождает проангиогенные факторы и многочисленные адипокины, такие как интерлейкин (IL) 6, IL-1, фактор некроза опухоли (TNF- $\alpha$ ), лептин, вызывая локальный воспалительный процесс в коленном суставе, взаимодействуя с хрящом, субхондральной костью и синовиальной оболочкой, тем самым способствуя развитию и прогрессированию ОА коленного сустава [6, 11].

В последние годы всё большее внимание в патогенезе ОА уделяется не только общей избыточной массе тела, но и размеру ИЖТ. Существует предположение, что увеличение размера ИЖТ, обусловленное избыточным отложением жировой ткани, может способствовать усилению воспалительных реакций в коленном суставе, что, в свою очередь, ускоряет дегенеративные изменения. Однако на сегодняшний день данные о взаимосвязи объёма жирового тела, индекса массы тела (ИМТ) и стадии гонартроза противоречивы, и нет единого мнения об их корреляции. Результаты исследований В. Chuckraiwong и соавт. (2010) и А. J. De Jong и соавт. (2017) указывают на отсутствие существенных различий в объёме ИЖТ у пациентов с ОА в зависимости от ИМТ [11, 12]. А. В. Burda и соавт. (2017) утверждают, что объём ИЖТ тесно коррелирует с ИМТ [13]. Е. Steidle-Kloc и соавт. (2018) в своём исследовании продемонстрировали, что ИЖТ реагирует на потерю массы тела, но не на её увеличение [14]. А. Е. Ragab и соавт. (2021) утверждают, что больший объём ИЖТ выполняет защитную роль, действуя как местный амортизатор, и препятствует разрушению хряща и прогрессированию ОА коленного сустава [15].

Механизмы взаимодействия между изменениями в ИЖТ и дегенеративными процессами в коленном суставе остаются недостаточно изученными. Учитывая значительное распространение ОА среди населения и ограниченные возможности его эффективного лечения, представляется актуальным более подробное изучение роли ИЖТ в патогенезе гонартроза, что в дальнейшем может способствовать разработке новых целевых терапевтических стратегий.

**Цель исследования** — оценка взаимосвязи объёма инфрапателлярного жирового тела Гоффа, индекса массы тела и стадии развития остеоартрита коленного сустава для повышения эффективности профилактического консультирования и возможности дальнейшей разработки новых подходов к лечению.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Ретроспективно проанализированы результаты магнитно-резонансной томографии (МРТ) коленных суставов, выполненной 32 пациентам, страдающим гонартрозом.

Среди обследованных пациентов преобладали женщины — 20 человек (62,5%), мужчин было 12 (37,5%). Стадия гонартроза оценивалась с использованием шкалы

Kellgren-Lawrence. ИМТ рассчитывался как отношение веса в килограммах к квадрату роста в метрах ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ). Степень первичного ожирения пациентов определялась согласно классификации ожирения по ИМТ [16]. В зависимости от ИМТ пациенты были разделены на две группы. Первую группу составили 7 пациентов (21,88%) с нормальным ИМТ (18,5–24,9  $\text{кг}/\text{м}^2$ ), вторую группу — 25 пациентов с избыточной массой тела (ИМТ 25–29,9  $\text{кг}/\text{м}^2$ ), ожирением I (ИМТ 30,0–34,9  $\text{кг}/\text{м}^2$ ) и II степени (ИМТ 35–39,9  $\text{кг}/\text{м}^2$ ).

### Условия проведения

Исследования проводились в Центре лучевой диагностики Медицинского центра ДВФУ (г. Владивосток, Приморский край).

### Продолжительность исследования

Проанализированы результаты МРТ коленного сустава, выполненной в период с апреля 2022 по апрель 2023 г.

### Критерии соответствия

Были приняты следующие *критерии исключения*: предшествующие травмы коленных суставов, операции; повреждение связочного аппарата, системные и инфекционные заболевания суставов, опухоли.

Группы участников демонстрируют сходство по основным демографическим и клиническим характеристикам, включая возраст, пол, стадию артроза. Исследуемые данные соответствуют нормальному распределению согласно тесту Шапиро–Уилка.

### Описание медицинского вмешательства

Всем участникам исследования выполнена МРТ коленного сустава на магнитно-резонансном томографе Achieva

фирмы Philips с индукцией магнитного поля 3 Тл с использованием 16-канальной катушки по стандартной методике с помощью взвешенностей T1, T2 и PD в трёх проекциях с толщиной среза 4 мм, с применением алгоритма жироподавления или без него. Полученные МРТ-изображения использовались для определения объёма ИЖТ в программном обеспечении Radiant (рис. 1). Объём ИЖТ вычисляли по уравнению эллипсоидального приближения, которое в своём исследовании предложили использовать В. Chuckraiwong и соавт. (2010) [11]:

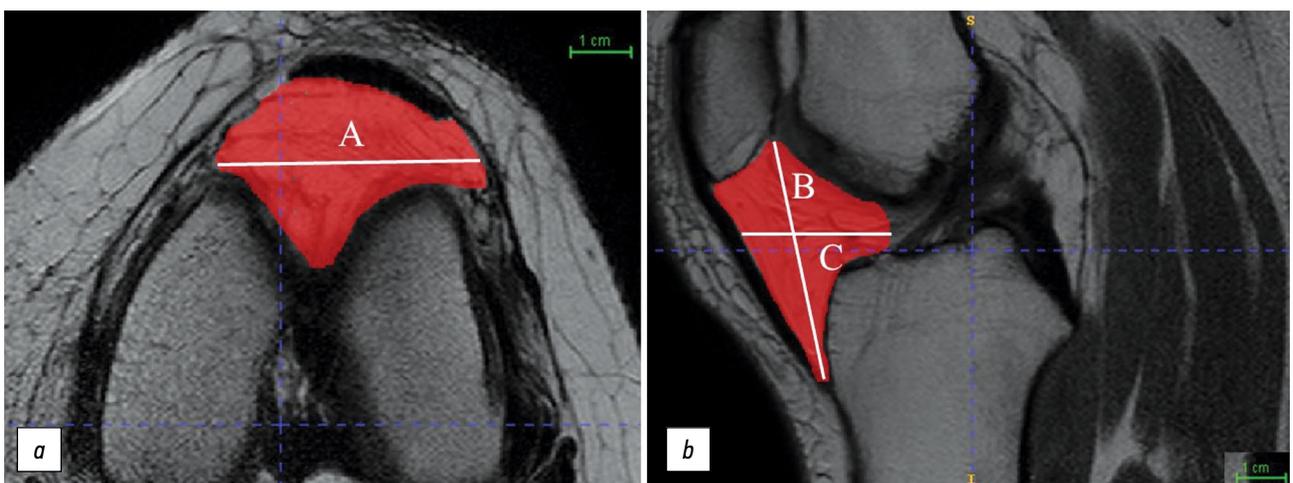
$$\text{Эллипсоидальный объём} = \left( \left( \frac{\text{высота ИЖТ}}{2} \right) \times \left( \frac{\text{ширина ИЖТ}}{2} \right) \times \left( \frac{\text{длина ИЖТ}}{2} \right) \right) \times \frac{4}{3} \times \pi.$$

### Статистический анализ

Статистический анализ полученных результатов осуществлялся с использованием программ Microsoft Excel и SPSS Statistics. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью среднего (M) и стандартного отклонения (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). Корреляционный анализ между ИМТ, объёмом ИЖТ и стадией ОА проводился с применением коэффициента корреляции Пирсона для количественных переменных. Расчёт t-критериев Стьюдента использовался для сравнения групп с нормальным распределением, при этом  $p < 0,05$  считалось статистически значимым.

### Этическая экспертиза

Все пациенты дали письменное добровольное информированное согласие на обработку персональных



**Рис. 1.** Контур инфрапателлярного жирового тела Гоффа (ИЖТ) (красный) по данным МРТ коленного сустава, исследование № 17. Пациентка X, 59 лет. Деформирующий остеоартроз II стадии по шкале Kellgren-Lawrence. Индекс массы тела 36,7  $\text{кг}/\text{м}^2$ . Объём ИЖТ 28  $\text{см}^3$ . *a* — поперечный срез, *b* — сагиттальный срез (A — ширина ИЖТ, B — высота ИЖТ, C — длина ИЖТ).

**Fig. 1.** Contour of Hoffa's infrapatellar fat pad (IPFP) (red) according to MRI of the knee joint, study No. 17. The patient is 59 years old. Deforming osteoarthritis is stage 2 on the Kellgren-Lawrence scale. The body mass index is 36.7  $\text{кг}/\text{м}^2$ . The volume of the IPFP is 28  $\text{см}^3$ . *a* — cross section, *b* — sagittal section (A — width of the IPFP, B — height of the IPFP, C — length of the IPFP).

**Таблица 1.** Результаты сравнения объёма инфрапателлярного жирового тела в зависимости от пола

**Table 1.** Results of comparing the volume of the infrapatellar fat pad depending on gender

Пол	Объём ИЖТ (см <sup>3</sup> )		n (%)
	M±SD	95% ДИ	
Женский	30,63±7,44	27,37–33,89	20 (62,5)
Мужской	36,99±9,72	31,49–42,49	12 (37,5)

данных, участие в исследовании и публикацию его результатов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний объём ИЖТ среди всех пациентов обеих групп составил  $33,01 \pm 8,79$  см<sup>3</sup> (от 18,02 до 56,04 см<sup>3</sup>). При анализе объёма ИЖТ у мужчин и женщин выявлены статистически значимые различия ( $p=0,046$ ) (табл. 1).

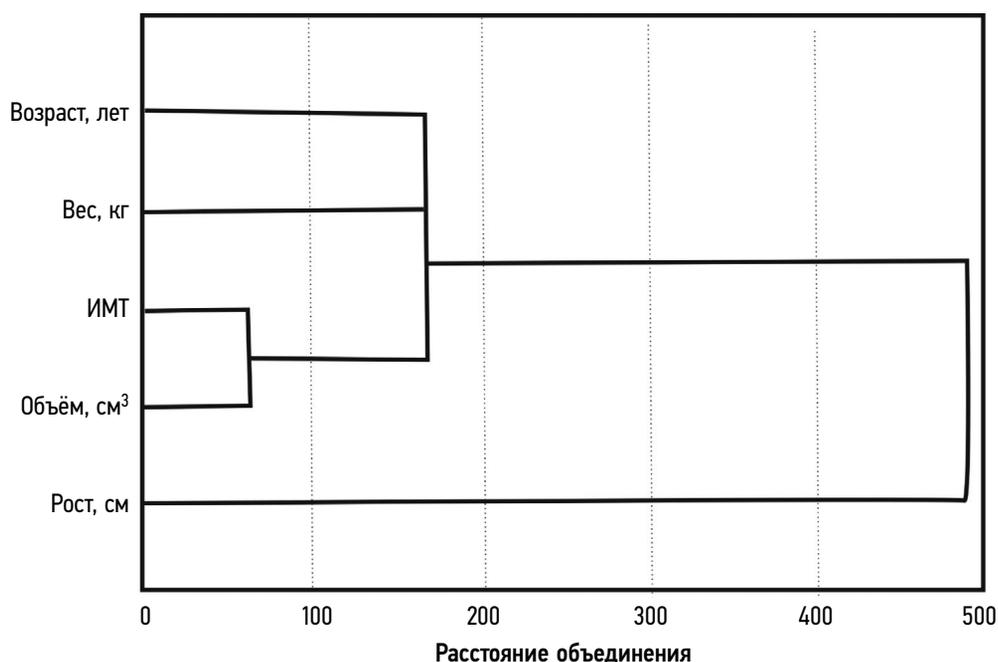
При проведении линейного корреляционного анализа связи объёма жирового тела Гоффа и стадии ОА не удалось установить статистически значимых различий у мужчин ( $r=-0,12$ ;  $p=0,719$ ). Однако в группе женщин продемонстрированы наличие умеренной обратной связи ( $r=-0,46$ ) и статистическая значимость на уровне 5% ( $p=0,043$ ).

Средний возраст пациентов составил  $56,97 \pm 14,02$  года (от 20 до 77 лет), средний ИМТ —  $29,29 \pm 4,85$  кг/м<sup>2</sup> (от 21,6 до 39,04 кг/м<sup>2</sup>).

Многомерный статистический анализ показал, что объёмы ИЖТ и ИМТ наиболее тесно связаны между собой по сравнению с другими переменными (рис. 2).

При сравнении двух групп пациентов с гонартрозом выявлены статистически незначимые различия в объёме жирового тела Гоффа ( $p=0,549$ ). Средний объём ИЖТ в группе 1 (с нормальным ИМТ) составляет  $31,57 \pm 6,17$  см<sup>3</sup> (от 21,91 до 37,3 см<sup>3</sup>), а в группе 2 (с избыточной массой тела, ожирением I и II степени) —  $33,41 \pm 9,45$  см<sup>3</sup> (от 18,02 до 56,04 см<sup>3</sup>).

Проанализированы клинические и антропометрические данные мужчин и женщин различных групп (табл. 2). Между группами мужчин наблюдается различие в объёме ИЖТ: мужчины с избыточной массой тела и ожирением имеют более высокий средний объём жирового тела ( $38,21 \pm 10,92$  см<sup>3</sup>) по сравнению с мужчинами с нормальным ИМТ ( $33,33 \pm 4,05$  см<sup>3</sup>), однако статистически данные различия незначимы ( $p=0,287$ ). Кроме того, разброс значений в группе 2 также значительно больше, чем в группе 1, что указывает на большую изменчивость этого параметра среди мужчин с избыточной массой тела. В отличие от мужчин, различия в объёме ИЖТ между женщинами обеих групп незначительны ( $p=0,918$ ). Средние значения почти одинаковы, а стандартные отклонения указывают на схожую изменчивость этого



**Рис. 2.** Дендрограмма, иллюстрирующая результат иерархического кластерного анализа пяти переменных: объёма инфрапателлярного жирового тела, возраста, веса, индекса массы тела и роста. Метод одиночной связи. Евклидово расстояние.

*Примечание.* ИМТ — индекс массы тела.

**Fig. 2.** The dendrogram illustrating the results of a hierarchical cluster analysis of five variables: the volume of the infrapatellar fat pad, age, weight, body mass index and height. The method of single communication. The Euclidean distance.

*Note.* ИМТ — body mass index.

**Таблица 2.** Результаты сравнения антропометрических и клинических параметров у мужчин и женщин в группе 1 (с нормальным индексом массы тела) и группе 2 (с избыточной массой тела, ожирением I и II степени)

**Table 2.** The results of comparing anthropometric and clinical parameters in men and women in group 1 with normal body mass index and in group 2 with overweight, obesity of 1st and 2nd degree

Пол	Группа	n (%)	Возраст, лет	Вес, кг	Рост, см	Объём ИЖТ, см <sup>3</sup>	Степень артроза
Мужчины	1	3 (25)	54,67±6,66	73±6,08	175±4,58	33,33±4,05	1,33±0,58
	2	9 (75)	53,44±11,33	86,56±10,11	175,11±7,89	38,21±10,92	1±0
	<i>p</i>		0,827	0,031	0,977	0,287	0,428
Женщины	1	4 (20)	43,25±25,15	63±8,08	166,25±8,05	30,25±7,74	1±0
	2	16 (80)	62,81±10,5	84,75±11,58	161,19±5,58	30,72±7,62	2,06±1,12
	<i>p</i>		0,218	0,0038	0,305	0,918	0,0018

*Примечание.* ИЖТ — интрапателлярное жировое тело.

*Note.* ИЖТ — infrapatellar fat pad.

показателя в обеих группах. Следует учитывать ограничения исследования, такие как небольшой размер выборки в группах и большие различия в возрасте между группами женщин.

Линейный корреляционный анализ продемонстрировал заметную связь объёма ИЖТ с ИМТ в группе пациентов без ожирения ( $r=0,592$ ), а во второй группе корреляция показала слабой тесноты отрицательную связь ( $r=-0,283$ ). Обнаружена умеренная корреляция объёма ИЖТ и возраста в первой группе ( $r=0,342$ ), во второй — связь умеренная отрицательная ( $r=-0,441$ ). Тем не менее при оценке корреляции объёма ИЖТ с весом обнаружена высокая связь у пациентов с нормальным ИМТ ( $r=0,788$ ) и слабая связь у пациентов с ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup> ( $r=0,174$ ). Умеренная отрицательная связь между размером ИЖТ и стадией ОА выявлена в группе лиц с избыточной массой тела и ожирением ( $r=-0,318$ ), а у пациентов с нормальным ИМТ нет связи ( $r=-0,064$ ) (табл. 3).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Современное представление об ожирении заключается в том, что это системный воспалительный процесс низкой степени интенсивности. Основывается данное мнение на исследованиях, демонстрирующих повышенные уровни маркеров воспаления и провоспалительных медиаторов (IL-1, IL-6, TNF- $\alpha$ , лептин) [3]. На основании этого можно предположить, что связь между ожирением и ОА может быть не только механической, но и отражать влияние местных и системных адипокинов [17]. В исследованиях предшественников доказано, что клетки ИЖТ высвобождают различные факторы роста и адипокины, такие как основной фактор роста фибробластов, фактор роста эндотелия сосудов, TNF- $\alpha$  и IL-6, которые индуцируют местную воспалительную реакцию и потенциально связаны с ОА [6].

В данном исследовании особый интерес представляет сравнение объёмов ИЖТ у пациентов с различным

**Таблица 3.** Корреляция объёма интрапателлярного жирового тела, измеренного с помощью МРТ, с антропометрическими и клиническими параметрами и стадией остеоартрита

**Table 3.** Correlation of the volume of the infrapatellar fat pad measured by MRI with anthropometric and clinical parameters and the stage of osteoarthritis

Переменная	Коэффициент корреляции в группе 1 ( <i>r</i> )	Теснота связи по шкале Чеддока	<i>p</i>	Коэффициент корреляции в группе 2 ( <i>r</i> )	Теснота связи по шкале Чеддока	<i>p</i>
Возраст	0,342	Умеренная	0,453	-0,441	Умеренная	0,027
ИМТ	0,592	Заметная	0,161	-0,283	Слабая	0,170
Рост	0,847	Высокая	0,016	0,526	Заметная	0,007
Вес	0,788	Высокая	0,035	0,174	Слабая	0,406
Стадия ОА	-0,064	Нет связи	0,890	-0,318	Умеренная	0,121

*Примечание.* ИМТ — индекс массы тела, ОА — остеоартрит.

*Note.* ИМТ — body mass index, ОА — osteoarthritis.

ИМТ. На основании многомерного кластерного анализа выявлена тесная связь между объёмом ИЖТ и ИМТ (см. рис. 2), что может указывать на патофизиологические механизмы, связанные с распределением жировой ткани в организме, которые влияют на состояние коленных суставов и окружающих тканей и повышают риск развития остеоартроза.

В группе лиц с нормальным ИМТ (менее 25 кг/м<sup>2</sup>) средний объём ИЖТ равен 31,57±6,17 см<sup>3</sup>, тогда как у пациентов с избыточным весом и ожирением он увеличивался до 33,41±9,45 см<sup>3</sup>, однако данные различия не являются статистически значимыми. Тем не менее это указывает на наличие связи между увеличением массы тела и объёмом ИЖТ, что подтверждается и данными линейного корреляционного анализа.

В результате линейного корреляционного анализа (см. табл. 3) выявлена заметная связь между объёмом ИЖТ и ИМТ у пациентов без ожирения ( $r=0,592$ ), в то время как у пациентов с избыточным весом эта связь была слабой и отрицательной ( $r=-0,283$ ). Это может указывать на различное воздействие массы тела на объём ИЖТ в зависимости от её начального уровня. Возможно, у пациентов без ожирения объём ИЖТ адаптируется к увеличению массы тела до определённого порога. Объём ИЖТ способен уменьшаться с увеличением ИМТ у лиц с ожирением — это может свидетельствовать о том, что в условиях избыточного веса изменяется структура или функция этого тела, возможно, из-за механических или метаболических изменений в коленном суставе или окружающих тканях.

Ранее опубликованные данные В. Chuckpaiwong и соавт. (2010) и А. J. De Jong и соавт. (2017) не выявили взаимосвязи между размером ИЖТ и ИМТ [11, 12]. E. Steidle-Kloc и соавт. (2018) провели исследование, в котором продемонстрировали, что объём ИЖТ снижался при потере массы тела, но при увеличении ИМТ оставался прежним [14]. Эти данные свидетельствуют о том, что системные метаболические нарушения, вероятно, не обязательно влияют на объём ИЖТ. Тем не менее отсутствие увеличения ИЖТ при ожирении может быть связано с его локализацией внутри капсулы коленного сустава, что может сильно ограничивать его рост [12]. Однако не ясно, каким образом ИЖТ справляется с метаболическим стрессом (то есть перегрузкой питательными веществами), который сопровождает ожирение.

Кроме того, обнаружена высокая корреляция объёма ИЖТ с весом у пациентов с нормальным ИМТ ( $r=0,788$ ). Это ещё раз подтверждает значимость нормализации массы тела для уменьшения рисков, связанных с увеличением объёма ИЖТ, что может быть эффективной стратегией контроля прогрессирования ОА. Возможен комбинированный подход, включающий коррекцию ИМТ и воздействие на ИЖТ (например, физические упражнения, модификация питания), который может оказать

более выраженный эффект на замедление прогрессирования ОА.

Выявлена высокая связь объёма ИЖТ с ростом у пациентов с нормальным ИМТ ( $r=0,847$ ) и заметная корреляция у лиц с избыточной массой тела ( $r=0,526$ ). Данные результаты демонстрируют статистически значимые различия ( $p=0,046$ ) среднего объёма ИЖТ у женщин (30,63±7,44 см<sup>3</sup>) и у мужчин (36,99±9,72 см<sup>3</sup>) (см. табл. 1). При анализе различий, связанных с полом в двух группах (табл. 2), выявлен больший объём ИЖТ у мужчин с избыточной массой тела, однако у женщин средний объём ИЖТ практически не изменялся в зависимости от ИМТ, что может указывать на гендерные различия в распределении жира и его влиянии на коленные суставы. Вероятно, это обусловлено тем, что высокие люди обычно имеют больший объём тела, включая жировые отложения в различных анатомических областях. Это может быть связано с общим распределением массы тела и потребностью в дополнительной поддержке или амортизации в коленном суставе у высоких людей [18].

Отдельно следует отметить умеренную отрицательную связь между объёмом ИЖТ и стадией ОА у пациентов с избыточным весом ( $r=-0,318$ ), что подтверждается статистически ( $p=0,027$ ) и указывает на то, что между переменными есть вероятная связь, не объяснимая случайностью. Уменьшение объёма ИЖТ при увеличении стадии ОА может быть связано с тем, что в процессе прогрессирования заболевания происходят деструктивные изменения не только в хрящевой, но и в окружающих мягких тканях. Они включают изменения в жировой ткани, которая может уменьшаться из-за воспаления или ухудшения кровоснабжения в области сустава. Кроме того, уменьшение объёма жирового тела может быть адаптивной реакцией на хроническое воспаление, что вызывает уменьшение количества продуцируемых воспалительных цитокинов или, наоборот, приводит к снижению защитной и амортизирующей функций жировой ткани, усугубляя состояние сустава.

Выявлена умеренная связь объёма ИЖТ и возраста в группе пациентов с ОА и нормальным ИМТ ( $r=0,342$ ), однако  $p=0,453$ , в связи с чем корреляция считается незначимой. Это означает, что у нас недостаточно оснований утверждать о наличии связи между переменными в генеральной совокупности на основе данной выборки. Увеличение объёма ИЖТ с возрастом может объясняться влиянием местных цитокиновых факторов, связанных с гонартрозом. ИЖТ содержит мультипотентные стволовые клетки, способные образовывать волокнистые или хрящевые ткани и провоцировать фиброз, что является одной из причин частичного удаления его во время операции эндопротезирования коленного сустава [9]. Показано [19], что адипокины усиливают выработку коллагена и гиалуроновой кислоты фибробластами, что вызывает пролиферацию или дифференцировку фибробластов. С другой стороны, выявленная

корреляция может свидетельствовать о том, что пациенты, у которых объём ИЖТ увеличивается с возрастом, более склонны к ОА [11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании большой объём инфрапателлярного жирового тела Гоффа наблюдался в группе лиц с избыточным весом и ожирением в сравнении с пациентами с нормальным ИМТ, однако статистически данные различия незначимы. В ходе исследования выявлен и ряд других закономерностей.

Установлено, что у пациентов, страдающих ОА, с нормальным ИМТ (18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup>) объём ИЖТ увеличивается с возрастом, что может быть связано с воспалительными процессами, наличием ОА и указывает на потенциальную роль ИЖТ как источника воспалительных медиаторов в развитии ОА. Показанная высокая корреляция между объёмом ИЖТ и ИМТ оказалась достаточно выраженной, что подтверждает значимость нормализации массы тела для уменьшения рисков. Обнаружены значимые различия между полом и объёмом ИЖТ. Выявлена умеренная отрицательная корреляция между объёмом ИЖТ и стадией ОА у пациентов с избыточной массой тела, что может быть связано с деструктивными изменениями, воспалением и ухудшением кровоснабжения в области сустава.

Таким образом, результаты исследования пациентов с гонартрозом выявили связь объёма тела Гоффа с сопутствующим ожирением, а также полом, возрастом, ростом и весом. Эти данные могут оказаться полезными при разработке индивидуальных подходов к профилактике и лечению остеоартрита.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Вклад авторов.** А.С. Золотов — концепция и дизайн исследования; В.А. Атоян — сбор и обработка материалов;

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Osteoarthritis [Internet]. *World Health Organization* [cited 19 November 2023]. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/osteoarthritis>
2. Grassel S, Muschter D. Recent advances in the treatment of osteoarthritis. *F1000Research*. 2020;9:325. doi: 10.12688/f1000research.22115.1
3. Wei G, Lu K, Umar M, et al. Risk of metabolic abnormalities in osteoarthritis: a new perspective to understand its pathological mechanisms. *Bone Research*. 2023;11(1):63. doi: 10.1038/s41413-023-00301-9
4. Knights AJ, Redding SJ, Maerz T. Inflammation in osteoarthritis: the latest progress and ongoing challenges. *Current opinion in rheumatology*. 2023;35(2):128–134. doi: 10.1097/BOR.0000000000000923

Е.А. Зинькова — анализ полученных данных, написание текста; А.М. Садковский — статистическая обработка данных. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Источники финансирования.** Отсутствуют

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFO

**Author contribution.** A.S. Zolotov — concept and research design; V.A. Atoyán — collection and processing of materials; E.A. Zinkova — analysis of the data obtained, writing the text; A.M. Sadkovskii — statistical data processing. Thereby, all authors provided approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

**Funding source.** No funding.

**Disclosure of interests.** The authors declare the absence of relationships, activities and interests (personal, professional or financial) related to third parties (commercial, non-profit, private), whose interests may be affected by the content of the article, as well as other relationships, activities and interests over the past three years, which must be reported.

**Provenance and peer-review.** This paper was submitted to the journal on an initiative basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board and the scientific editor of the publication participated in the review.

5. Reyes C, Leyland KM, Peat G, et al. Association Between Overweight and Obesity and Risk of Clinically Diagnosed Knee, Hip, and Hand Osteoarthritis: A Population-Based Cohort Study. *Arthritis & Rheumatology*. 2016;68(8):1869–1875. doi: 10.1002/art.39707
6. Zeng N, Yan ZP, Chen XY, et al. Infrapatellar Fat Pad and Knee Osteoarthritis. *Aging and Disease*. 2020;11(5):1317–1328. doi: 10.14336/AD.2019.1116
7. Zolotov AS, Zinkova EA, Atoian VA. Hoffa's fat pad, Hoffa's disease, Hoffa's fracture: the history of eponyms. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2023;30(3):367–374. (In Russ.). doi: 10.17816/vto409584
8. Korneva YuS, Borisenko MB. Role of Infrapatellar Fat Tissue in the Pathogenesis of Knee Osteoarthritis: A Review. *Traumatology*

and *Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):147–155. (In Russ.). doi: 10.17816/2311-2905-15999

9. Wickham MQ, Erickson GR, Gimble JM, et al. Multipotent stromal cells derived from the infrapatellar fat pad of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;(412):196–212. doi: 10.1097/01.blo.0000072467.53786.ca

10. Gavriljuk VV. Ultrasound signs of Hoffa's disease of the knee joint. *Actual problems of the humanities and natural sciences*. 2012;2:255–259. (In Russ.). EDN: OWZKNP

11. Chuckpaiwong B, Charles HC, Kraus VB, et al. Age-associated increases in the size of the infrapatellar fat pad in knee osteoarthritis as measured by 3T MRI. *Journal of Orthopaedic Research*. 2010;28(9):1149–1154. doi: 10.1002/jor.21125

12. De Jong AJ, Klein-Wieringa IR, Andersen SN, et al. Lack of high BMI-related features in adipocytes and inflammatory cells in the infrapatellar fat pad (IFP). *Arthritis Res Ther*. 2017;19(1):186. doi: 10.1186/s13075-017-1395-9

13. Burda B, Steidle-Kloc E, Dannhauer T, et al. Variance in infrapatellar fat pad volume: Does the body mass index matter? — Data from osteoarthritis initiative participants without symptoms or signs of knee disease. *Annals of Anatomy — Anatomischer Anzeiger*. 2017;213:19–24. doi: 10.1016/j.aanat.2017.04.004

14. Steidle-Kloc E, Dannhauer T, Wirth W, et al. Responsiveness of Infrapatellar Fat Pad Volume Change to Body Weight Loss or Gain: Data from the Osteoarthritis Initiative. *Cells Tissues Organs*. 2018;205:53–62. doi: 10.1159/000485833

15. Ragab E, Serag D. Infrapatellar fat pad area on knee MRI: does it correlate with the extent of knee osteoarthritis? *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2021;52(2). doi: 10.1186/s43055-020-00383-z

16. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894(I–XII):1–253.

17. Roemer FW, Jarraya M, Felson DT, et al. Magnetic resonance imaging of Hoffa's fat pad and relevance for osteoarthritis research: a narrative review. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2016;24(3):383–397. doi: 10.1016/j.joca.2015.09.018.

18. Valiullin DR. *Morphology of the fatty body of the knee joint in mature people and its development in prenatal ontogenesis* [dissertation]. Ufa; 2003. Available from: <https://www.dissercat.com/content/morfologiya-zhirovogo-tela-kolennogo-sustava-u-lyudei-zrelogo-vozrasta-i-ego-razvitie-v-pren>. (In Russ.). EDN: NHMFBB

19. Ezure T, Amano S. Adiponectin and leptin up-regulate extracellular matrix production by dermal fibroblasts. *Biofactors*. 2007;31(3–4):229–236. doi: 10.1002/biof.5520310310

## ОБ АВТОРАХ

\* **Атоян Варсик Арамовна**, аспирант;  
адрес: Россия, 690922, г. Владивосток, остров Русский,  
п. Аякс, д. 10, корпус М;  
ORCID: 0000-0002-2259-8950;  
eLibrary SPIN: 5219-9183;  
e-mail: atoian.va@dvfu.ru

**Золотов Александр Сергеевич**, д-р мед. наук, профессор;  
ORCID: 0000-0002-0045-9319;  
eLibrary SPIN: 3925-9025;  
e-mail: dalexpk@gmail.com

**Зинькова Екатерина Александровна**, студент;  
ORCID: 0000-0003-0873-1505;  
eLibrary SPIN: 1531-4964;  
e-mail: k762000@mail.ru

**Садковский Алексей Михайлович**, студент;  
ORCID: 0009-0006-8651-5727;  
eLibrary SPIN: 9549-5093;  
e-mail: lehasadkowskij2000@gmail.com

## AUTHORS' INFO

\* **Varsik A. Atoian**, postgraduate student;  
address: 10, building M, Ajax settlement, Russian Island, 690922  
Vladivostok, Russia;  
ORCID: 0000-0002-2259-8950;  
eLibrary SPIN: 5219-9183;  
e-mail: atoian.va@dvfu.ru

**Aleksandr S. Zolotov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;  
ORCID: 0000-0002-0045-9319;  
eLibrary SPIN: 3925-9025;  
e-mail: dalexpk@gmail.com

**Ekaterina A. Zinkova**, student;  
ORCID: 0000-0003-0873-1505;  
eLibrary SPIN: 1531-4964;  
e-mail: k762000@mail.ru

**Alexey M. Sadkovskii**, student;  
ORCID: 0009-0006-8651-5727;  
eLibrary SPIN: 9549-5093;  
e-mail: lehasadkowskij2000@gmail.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author