

В. В. Степанов¹, Ю. А. Березина¹, О. Ю. Беспятых^{1,2}, А. С. Сюткина¹, М. С. Кибардин¹, И. А. Домский¹

Корреляционный анализ антропометрических показателей и макроморфологии лимфоидной ткани кишечника у самок сеголетков рыси (*Lynx lynx*)

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова² Вятский государственный университет

Рекомендации для цитирования:

Степанов В. В. Корреляционный анализ антропометрических показателей и макроморфологии лимфоидной ткани кишечника у самок сеголетков рыси (*Lynx lynx*) / В. В. Степанов, Ю. А. Березина, О. Ю. Беспятых, А. С. Сюткина, М. С. Кибардин, И. А. Домский // Генетика и разведение животных. — 2025. — № 2. — С. 77–85. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-2-77-85>

For citation:

Stepanov V., Berezina Yu., Bespyatykh O., Syutkina A., Kibardin M., Donskiy I. Correlation analysis of anthropometric parameters and macromorphology of intestinal lymphoid tissue in female lynx (*Lynx lynx*) juveniles. 2025;(2):77–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-2-77-85>

Поступила в редакцию: 13.05.2025;
Received: 13.05.2025.

© Stepanov V., Berezina Yu., Bespyatykh O., Syutkina A., Kibardin M., Donskiy I., 2025

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest:

the authors declare that they have no conflict of interest.

Аннотация.

Цель: изучение взаимосвязи между морфометрическими параметрами лимфоидной ткани кишечника и антропометрическими показателями (масса, длина тела) у молодых самок евразийской рыси (*Lynx lynx*).

Материалы и методы. В анализ включены данные 12 особей, добытых в рамках законной охоты и научного отстрела в 2023–2024 гг. на территории Кировской области и сопредельных регионов. Для изучения морфометрии кишечника лимфоидной ткани использовались образцы тонкого и толстого кишечника, в которых проводились измерения количества, размеров и пространственного распределения лимфоидных узелков и бляшек. Антропометрические параметры (масса тела с точностью до 5 г, длина тела) регистрировали до разделки туш.

Результаты исследования выявили ряд значимых закономерностей. Во-первых, подтверждена общебиологическая связь между массой и длиной тела ($p=0,800$, $p=0,002$). Во-вторых, обнаружена сильная корреляция между площадью двенадцатиперстной кишки и массой тела ($p=1,000$, $p<0,01$). При этом выявлены отрицательные корреляции: масса тела связана с уменьшением количества лимфоидных узелков в двенадцатиперстной кишке ($p=-0,800$, $p=0,002$), а длина тела — с сокращением площади подвздошной кишки ($p=-0,800$, $p=0,002$). Возрастная динамика лимфоидных структур у рыси проявляется в снижении количества узелков ($p=-0,800$) и бляшек ($p=-0,775$) в двенадцатиперстной кишке на фоне увеличения расстояния между ними ($p=0,800$). Видовая специфика рыси проявляется в пространственном распределении лимфоидных структур: в тощей кишке обнаружена положительная корреляция площади узелков ($p=0,800$) и количества бляшек ($p=0,632$) с метаболической активностью, что характерно для адаптации к антигенной нагрузке в дикой среде. Морфометрический анализ выявил структурную реорганизацию лимфоидной ткани: уменьшение расстояния между узелками ($p=-0,600$) при одновременном росте их количества ($p=0,600$) указывает на уплотнение и оптимизацию пространственного расположения иммунных структур. Доминирование лимфоидных бляшек в двенадцатиперстной кишке ($p=0,949$, $p<0,001$) аналогично данным по псовым, у которых они составляют до 70 % лимфоидной массы проксимальных отделов.

Ключевые слова: евразийская рысь; лимфоидная ткань кишечника; масса; длина тела; самки; сеголетки.

Введение. Евразийская рысь (обыкновенная) (*Lynx lynx*) является одним из ключевых хищников в экосистемах Европы и Азии, играя важную роль в поддержании баланса популяций копытных и других видов животных. Однако, несмотря на их экологическую значимость, популяции рысей сталкиваются с многочисленными угрозами, включая потерю местообитаний,

фрагментацию ландшафтов, браконьерство и конфликты с человеком [1–3]. В последние десятилетия усилия по сохранению этого вида привели к реинтродукции рысей в ряд регионов, где они ранее были истреблены, а также к разработке программ мониторинга и реабилитации [4]. Актуальность исследований, посвященных евразийской рыси, обусловлена необходимостью по-

нимания экологии, здоровья и поведения этого вида для разработки эффективных стратегий его сохранения. В частности, изучение паразитарных инфекций, анатомических особенностей, динамики популяций и общественного восприятия рысей позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на их выживание и устойчивость популяций [5–8].

Несмотря на значительные усилия по сохранению популяций евразийской рыси, многие аспекты физиологии и здоровья этого вида остаются недостаточно изученными. Одним из ключевых факторов, влияющих на выживаемость и адаптацию рысей, является состояние их иммунной системы, важнейшим компонентом которой выступает лимфоидная ткань кишечника. Эта ткань играет решающую роль в защите организма от патогенов, особенно в условиях дикой природы, где животные подвергаются воздействию различных инфекционных агентов.

Изучение лимфоидной ткани кишечника у рысей позволяет не только оценить состояние их иммунитета, но и выявить возможные патологии, связанные с паразитарными и бактериальными инфекциями, а также последствия изменений в рационе и среде обитания. Данные исследования особенно важны в контексте реинтродукции и реабилитации рысей, так как они помогают прогнозировать риски заболеваний и разрабатывать эффективные стратегии ветеринарного контроля и охраны здоровья популяций.

Цель исследования: изучить взаимосвязь морфометрических параметров лимфоидной ткани кишечника (размеры, плотность узелков, площадь фолликулов) с антропометрическими показателями (масса, длина тела) у молодых самок рыси евразийской (*Lynx lynx*) для оценки влияния физического развития на состояние иммунной системы и адаптационные возможности особей в условиях дикой природы.

Материалы и методы. Материал собран в период 2023–2024 гг. на территории Кировской обл. и сопредельных территориях (25 районов Кировской обл. и 5 сопредельных регионов). Весь биоматериал был получен от рысей (12 особей), добытых согласно действующему законодательству, по разрешениям на любительско-спортивную охоту и в результате научного отстрела.

Исследования по изучению лимфоидной ткани кишечника проводили в ФГБНУ ВНИИОЗ лаборатории ветеринарии. Весовые параметры добытых животных определялись взвешиванием на электронном безмене, жестко зафиксированном, с точностью до 5 граммов. Измерения параметров тела проведены по общепринятым методикам с использованием мерной ленты с ценой

деления 1 мм. Все измерения осуществлялись до начала разделки, без снятия шкуры.

Для исследования лимфоидной ткани использовались образцы тонкой и толстой кишки самок молодых рысей. В этих образцах изучались макроморфологические характеристики одиночных лимфоидных узелков и их групп, расположенных в стенках тонкого и толстого кишечника. Кишечник расправляли, измеряли длину каждой кишки, разрезали вдоль брыжеечного края и определяли ширину. Затем изготавливали плоскостные тотальные препараты по методике Т. Гелльмана (1921) [9]. Кишечник промывали в проточной воде в течение 30–40 минут и окрашивали 1 % раствором гематоксилина Гарриса. После дифференцировки в 2–3 % растворе уксусной кислоты проводили дальнейшие исследования. На тотальных препаратах кишечника в проходящем свете определяли общее количество одиночных лимфоидных узелков, расположенных как в собственной пластинке слизистой оболочки, так и в подслизистой основе и лимфоидных бляшках. Также оценивали их количество на поверхности слизистой оболочки и в лимфоидных бляшках, размеры, форму и расстояние между пейеровыми бляшками. Все измерения проводились с помощью миллиметровой линейки и микроштангенциркуля. Подсчет количества одиночных лимфоидных узелков выполнялся не менее чем в одиннадцати полях зрения.

Все данные были обработаны с использованием программного обеспечения MS Excel 2019 (Microsoft, США) и IBM SPSS Statistics 26 (IBM, США). Корреляционный анализ проведен с использованием коэффициента Спирмена (Spearman's ρ) — непараметрического метода, оценивающего монотонную связь между переменными. Данный метод не требует нормальности распределения или линейности связи, что критично для биологических показателей (выбросы, асимметрия, нелинейные тренды), анализ рангов минимизирует влияние экстремальных значений (аномальные площади/количество структур) и артефактов измерений. Силу корреляционных связей интерпретировали согласно общепринятым критериям: $|\rho| < 0,3$ — слабая; $0,3 \leq |\rho| < 0,7$ — умеренная; $|\rho| \geq 0,7$ — сильная корреляция.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования были выявлены достоверные корреляционные связи между различными морфологическими и физиологическими параметрами кишечника и организма в целом. Всего зафиксировано 26 значимых положительных и 20 значимых отрицательных корреляций (табл. 1).

Обнаружена сильная корреляционная связь между массой тела и длиной 0,800 ($p=0,002$).

Таблица 1. Корреляционный анализ морфометрических показателей лимфоидной ткани и антропометрических показателей евразийской рыси (*Lynx lynx*)

Table 1. Correlation analysis of morphometric parameters of lymphoid tissue and anthropometric parameters of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*)

Параметр 1	Параметр 2	Коэффициент корреляции	p-значение
Масса тела	Длина тела	0,800	0,002
	S 12—перстной кишки	1,000	<0,001
	S прямой кишки	0,800	0,002
	Количество узелков в бляшке 12—перстной кишки	-0,800	0,002
	Количество бляшек в 12—перстной кишке	-0,775	0,003
	Соотношение числа лимфоидных узелков в бляшках к S 12—перстной кишки	-1,000	<0,001
	Среднее расстояние между бляшками в 12—перстной кишке	0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S бляшек в 12—перстной кишки	-0,800	0,002
	Тощая кишка (S узелков)	0,600	0,039
	Количество узелков в полосовидной бляшке	0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S полосовидной бляшки	0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к площади S подвздошной кишки	0,600	0,039
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S прямой кишки	-0,600	0,039
	S двенадцатиперстной кишки	0,800	0,002
	S подвздошной кишки	-0,800	0,002
Длина тела	S слепой кишки	0,800	0,002
	S толстой кишки	0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков в бляшках к S 12—перстной кишки	-0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S бляшек в 12—перстной кишке	-0,600	0,039
	Тощая кишка (площадь узелков)	0,800	0,002
	Количество узелков в бляшках тощей кишки	0,800	0,002
	Количество бляшек в тощей кишке	0,632	0,027
	Соотношение числа лимфоидных узелков в бляшках к S тощей кишки	0,800	0,002
	Соотношение S всех бляшек к S тощей кишки	0,949	<0,001
	Среднее расстояние между бляшками тощей кишки	-0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к площади бляшек тощей кишки	-0,800	0,002
	Количество узелков в полосовидной бляшке	0,600	0,039
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S полосовидной бляшки	1,000	<0,001
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S подвздошной кишки	0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S прямой кишки	-0,800	0,002
S всех отделов	S узелков в 12—перстной кишке	0,800	0,002
	Расстояние между бляшками в 12—перстной кишке	-0,600	0,039
	Количество узелков в бляшках 12—перстной кишки	0,600	0,039
	Соотношение S всех бляшек к S 12—перстной кишки	0,949	0,001
	Среднее расстояние между бляшками в 12—перстной кишке	-0,600	0,039
	S бляшек в тощей кишке	0,800	0,002
	Расстояние между бляшками в тощей кишке	1,000	—
	Соотношение S всех бляшек к S тощей кишки	0,632	0,027
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S всех бляшек в тощей кишке	-0,800	0,002
	S полосовидной бляшки	-0,800	0,002
	Расстояние до полосовидной бляшки	-0,800	0,002
	Соотношение S полосовидной бляшки к S подвздошной кишки	-0,800	0,002
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S полосовидной бляшки	0,800	0,002
	S прямой кишки	-1,000	—
	Соотношение числа лимфоидных узелков к S прямой кишки	-0,800	0,002

Примечание: S – площадь

Данный результат подтверждает общебиологическую закономерность, согласно которой у особей одного вида и возрастной группы масса тела увеличивается пропорционально длине тела. Этот процесс связан с ростом организма, изменением костно-мышечного аппарата и отложением энергетических резервов. Сильная положительная корреляция указывает на тесную взаимосвязь между этими параметрами у млекопитающих, включая кошачьих. С физиологической точки зрения это объясняется тем, что рост длины тела сопровождается пропорциональным увеличением массы, отражая гармоничное развитие скелетно-мышечной системы и накопление тканей.

Подобные закономерности наблюдаются у различных видов животных. Например, в исследовании, посвященном красной лисице (*vulpes vulpes*), была установлена зависимость между длиной и массой тела в процессе роста и развития зверей [10]. Хотя это исследование относится к лисицам, аналогичные корреляции между длиной и массой тела наблюдаются и у других млекопитающих. Например, в исследовании, посвященном изучению морфометрических параметров обыкновенной рыси (*Lynx lynx*) в Амурской области, автором были систематизированы данные, позволяющие оценить биометрические особенности местной популяции. Установлено, что такие показатели, как длина тела, окружность грудной клетки и высота в холке, тесно коррелируют с массой особи. Это подтверждает, что увеличение длины тела сопровождается соответствующим увеличением массы [11]. Кроме того, в исследовании, посвященном генетическому контролю регуляции соматического роста у млекопитающих, обсуждаются системные и локальные механизмы, влияющие на рост и развитие организма. Авторы отмечают, что масса тела взрослых млекопитающих может значительно варьироваться, что связано с генетическими и физиологическими факторами [12]. Таким образом, выявленная корреляция подтверждает общую биологическую закономерность, согласно которой увеличение длины тела сопровождается пропорциональным увеличением массы, отражая сбалансированный рост и развитие организма.

Сильная корреляционная связь между площадью двенадцатиперстной кишки и массой тела 1,000 ($p < 0,01$). Двенадцатиперстная кишка играет ключевую роль в процессах пищеварения, обеспечивая начальные этапы расщепления и всасывания питательных веществ. Увеличение её площади у более крупных особей может быть обусловлено потребностью в более интенсивной переработке пищи и адаптацией к возросшему метаболическому спросу. Подтверждение данной

зависимости можно найти в исследованиях, посвященных анатомии и физиологии млекопитающих. В частности, известно, что у млекопитающих общая длина кишечника всегда превышает длину тела, и это соотношение варьирует в зависимости от вида и массы тела. Например, у хищника ласки длина кишечника превышает длину тела в 2,5 раза, а у травоядной овцы — в 29 раз [13]. Это свидетельствует о том, что с увеличением массы тела происходит пропорциональное увеличение размеров кишечника, включая двенадцатиперстную кишку, для обеспечения эффективного пищеварения и метаболизма.

Таким образом, выявленная корреляция подтверждает, что увеличение площади двенадцатиперстной кишки у более крупных млекопитающих является адаптивным механизмом, направленным на удовлетворение повышенных потребностей в переработке пищи и поддержании энергетического баланса организма.

Отрицательные корреляции между массой тела и количеством лимфоидных узелков в бляшках двенадцатиперстной кишки ($r = -0,800$, $p = 0,002$) могут отражать компенсаторную реорганизацию GALT (лимфоидной ткани, ассоциированной с кишечником), аналогичную процессам у грызунов, где с возрастом происходит укрупнение лимфоидных структур при снижении их плотности [14]. Также у мышей, например, воздействие невесомости приводит к снижению пролиферативной активности клеток в пейеровых бляшках, что подтверждает зависимость лимфоидной ткани от физиологических и экологических факторов [15].

Отрицательная корреляция между длиной тела и площадью подвздошной кишки ($r = -0,800$, $p = 0,002$) может быть связана с редукцией этого отдела у облигатных плотоядных, что аналогично наблюдениям у морских хищников (ластоногих, калана), у которых адаптация к животной диете сопровождается укорочением кишечника [16].

Возрастная динамика лимфоидных структур у рыси, включая снижение бляшек ($-0,775$, $0,003$) и количества узелков в бляшках ($-0,800$, $0,002$) на фоне увеличения расстояния между ними ($0,800$, $0,002$) в двенадцатиперстной кишке с увеличением массы тела, соответствует общим закономерностям, описанным у человека и домашних животных. Например, у детей количество лимфоидных узелков в тонкой кишке превышает 5000, но с возрастом их число сокращается, а размеры увеличиваются [17].

У мышей после 30-дневного космического полета отмечается исчезновение герминативных центров в пейеровых бляшках, что подчеркивает роль внешних стрессоров в модуляции иммунной

функции [15]. Эти данные подтверждают универсальность принципов организации лимфоидной ткани у млекопитающих, несмотря на видовые различия в анатомии и экологии.

Пространственное распределение лимфоидных структур у рыси демонстрирует видовую специфичность: длина тела коррелирует с количеством бляшек ($r=0,632$, $p=0,027$) и площадью узелков в тощей кишке ($r=0,800$, $p=0,002$), что характерно для иммунной адаптации к антигенной нагрузке. Подобные закономерности описаны у разных видов животных, где пейеровы бляшки содержат до 350 фолликулов, обеспечивая локальный иммунный ответ [18].

Морфометрический анализ кишечника самок сеголеток рыси выявил значимые корреляционные связи между общей площадью (S) всего кишечника и параметрами лимфоидных структур, отражающие аллометрические и функциональные адаптации. Соотношение S всех бляшек к S двенадцатиперстной кишки демонстрирует сильную положительную корреляцию с S всех отделов ($r=0,949$, $p=0,001$), что согласуется с аллометрическим ростом GALT (gut-associated lymphoid tissue), увеличение всасывающей поверхности сопровождается пролиферацией лимфоидной ткани [19].

Уменьшение расстояния между бляшками в двенадцатиперстной кишке ($r=-0,600$, $p=0,039$) при одновременном росте их количества ($r=0,600$, $p=0,039$) указывает на структурную реорганизацию лимфоидной ткани, при которой происходит уплотнение и оптимизация пространственного расположения иммунных структур. Этот феномен направлен на повышение функциональной эффективности иммунного ответа за счет снижения межклеточных расстояний между иммунными клетками, что ускоряет их взаимодействие. А также увеличения плотности клеточных популяций в единице объема ткани, что усиливает локальную концентрацию цитокинов и антигенов, формирования специализированных зон (например, герминативных центров в фолликулах), где происходит селекция В-лимфоцитов и синтез высокоаффинных антител. Аналогичный механизм описан у крыс Вистар в постнатальном онтогенезе. Исследования показали, что возрастное снижение плотности пейеровых бляшек компенсируется их укрупнением и компактизацией, что связано с переходом от генерализованного к специализированному иммунному ответу [20]. У рыси данный процесс, вероятно, отражает адаптацию к антигенному давлению среды, характерную для молодых особей в период активного роста и перехода на взрослый рацион.

Доминирование бляшек в двенадцатиперстной

кишке подтверждается экстремальным соотношением их площади к S всего кишечника ($r=0,949$, $p<0,001$), что соответствует данным по псовым, у которых бляшки составляют до 70 % лимфоидной массы проксимальных отделов [21].

Исследование McGrosky и др. (2016) представляет собой ключевой вклад в понимание морфометрии кишечника хищных млекопитающих. Анализ данных по 36 видам *Carnivora* выявил, что морские хищники (ластоногие и калан) обладают более длинным кишечником относительно массы и длины тела по сравнению с наземными видами. Это связано с адаптацией к перевариванию крупной добычи (например, рыбы) в условиях ограниченного времени кормления [16]. Для рыси, как наземного облигатного хищника, характерно соответствие длины кишечника аллометрическому паттерну (экспонента $>0,33$), что подтверждается строгой корреляцией массы тела с площадью двенадцатиперстной кишки ($r=1,000$, $p<0,001$). Такая зависимость отражает необходимость синхронного роста пищеварительного тракта для обеспечения эффективного усвоения питательных веществ у молодых особей, что характерно и для других *Felidae* [22].

У видов с растительными компонентами в диете, таких как домашняя собака, наблюдается удлинение слепой кишки, что связано с необходимостью ферментации клетчатки [16]. В отличие от них у рыси слепая кишка редуцирована, что соответствует её специализации на животной пище. Однако отрицательные корреляции между массой тела и количеством лимфоидных узелков в двенадцатиперстной кишке ($r=-0,800$, $p=0,002$) могут указывать на компенсаторное увеличение размеров иммунных структур, что согласуется с данными о реорганизации лимфоидной ткани у других хищников в процессе роста.

Филогенетическая сигнатура играет значительную роль в морфологии кишечника. Например, у рыси сохранены черты, характерные для *Felidae*, такие как высокая плотность лимфоидных бляшек, но с видовой специфичностью в их распределении [16]. Это подтверждается крупномасштабными исследованиями, где учёт филогении существенно улучшает интерпретацию данных. При этом экологические факторы, такие как засушливость, также влияют на морфологию: у млекопитающих аридных зон длина толстой кишки увеличивается для усиления реабсорбции воды. Однако эта закономерность не универсальна: у грызунов зависимость между длиной кишечника и осадками выражена слабее, что подчеркивает роль трофической ниши [22–23].

Исследования на приматах и жвачных показывают, что длина кишечника часто не коррели-

рует с диетой при учёте филогении [24–25]. Это согласуется с данными McGrosky и др. (2016), где у морских хищников удлинение кишечника объясняется экологией, а не диетой. Для рыси подобные адаптации могут проявляться в популяциях, обитающих в аридных регионах, где увеличение длины толстой кишки компенсирует дефицит воды [16].

Заключение. Морфология лимфоидной ткани кишечника у рыси тесно связана с физическим развитием, что отражает адаптацию иммунной системы к метаболическим потребностям и усло-

виям среды. Наблюдаемые корреляции подтверждают аллометрический рост GALT и реорганизацию иммунных структур, аналогичную другим видам, но с видовой спецификой (доминирование бляшек в проксимальных отделах). Результаты подчеркивают важность интеграции морфометрических и физиологических данных для понимания адаптационных механизмов у диких хищников. Исследование вносит вклад в экологическую иммунологию, расширяя знания о взаимосвязи физического развития и иммунокомпетентности у животных в естественной среде.

Литература

1. Соловей И. Пространственная структура и плотность популяции рыси *Lynx lynx* в Беларуси по данным анкетного опроса 2022 года / И. Соловей, В. Шакун, А. Ларчанка // Вестник зоологии. — 2023. — С. 150–154.
2. Palmero S. Demography of a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population within a strictly protected area in Central Europe / S. Palmero, L. Bufka, M. Gahbauer et al. // Scientific Reports. — 2021. — V. 11. — № 1. — P. 1–11. doi: 10.1038/s41598-021-99337-2.
3. Kubala J. Monitoring of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in the Vepor Mountains and its importance for the national and European management and species conservation / J. Kubala, N. Guimarrès, J. Brndiar et al. — 2019. — P. 1–21. doi: 10.13140/RG.2.2.23429.17125.
4. Najera F. Disease Surveillance during the Reintroduction of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*) in Southwestern Spain / F. Najera, R. Grande-Gymez, J. Peca et al. // Animals. — 2021. — V. 11. — № 2. — P. 547. doi: 10.3390/ani11020547.
5. Filip-Hutsch K. Endoparasites of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) (Linnaeus, 1758) from an enclosure of Western Pomeranian Nature Society in Jablonowo / K. Filip-Hutsch, A. Demiaszkiewicz // Annals of Parasitology. — 2017. — V. 63. — № 1. — P. 33–36. doi: 10.17420/ap6301.82.
6. Valdmann H. Lynx (*Lynx lynx*) and wolf (*Canis lupus*) in the Baltic region: diets, helminth parasites and genetic variation / H. Valdmann // Tartu: Tartu University Press, 2007.
7. Stenseth N.C. Common dynamic structure of Canada lynx populations within three climatic regions / N. C. Stenseth, K. S. Chan, H. Tong et al // Science. — 1999. — V. 285. — № 5430. — P. 1071–1073. doi: 10.1126/science.285.5430.1071.
8. Карбасников А. А. Динамика численности рыси и зайца в Верховажском районе Вологодской области / А. А. Карбасников, Е. Б. Карбасникова, Е. С. Байдаков // Новые импульсы развития: во-
- просы научных исследований. — 2021. — № 2. — С. 118–122.
9. Панфилов А.Б. Топография лимфоидной ткани стенки тонкой кишки крупного рогатого скота и лосей / А. Б. Панфилов // Иппология и Ветеринария. — 2015. — № 1 (15). — С. 57–62.
10. Березина Ю. А. Интенсивность роста щенков красной лисицы типа огневка вятская / Ю. А. Березина, М. А. Кошурникова, О. Ю. Беспярых, и др. // Генетика и разведение животных. — 2023. — № 2. — С. 20–27. doi: 10.31043/2410-2733-2023-2-20-27.
11. Чикачев Р. А. Морфометрические показатели популяции рыси обыкновенной в Амурской области / Р. А. Чикачев, И. Е. Гусакова // Дальневосточный аграрный вестник. — 2021. — № 1 (57). — С. 61–69. doi: 10.24412/1999-6837-2021-1-61-69.
12. Романов Д. Е. Генетический контроль регуляции соматического роста у млекопитающих / Д.Е. Романов // Успехи современной биологии. — 2020. — Т. 140. — № 6. — С. 565–573. doi: 10.31857/S004213242006006X.
13. Калашников И. Н. Филогенез систем органов хордовых животных / И. Н. Калашников, Т. Г. Щербатюк — 2017. — 130 с.
14. McDonald K. G. Aging impacts isolated lymphoid follicle development and function / K. G. McDonald, M. R. Leach, C. Huang et al. // Immun Ageing. — 2011. — V. 8(1):1. doi: 10.1186/1742-4933-8-1.
15. Булекбаева Л. Э. Микроструктура лимфоидных узелков тонкого кишечника мышей после космического полета и экспериментов / Л. Э. Булекбаева, Е. А. Ильин, Г. А. Демченко и др. // Международный журнал экспериментального образования. — 2015. — № 11–1. — С. 102–103.
16. McGrosky A. Gross intestinal morphometry and allometry in Carnivora / A. McGrosky, A. Navarrete, K. Isler et al // Eur J Wildl Res. — 2016. — V. 62. — P. 395–405. doi: 10.1007/s10344-016-1011-3.
17. Абдукаримова Н. У. Морфометрическая характеристика лимфоидных узелков (пейеровых бляшек) тонкой кишки в онтогенезе / Н. У. Абдука-

- римова, Х. А. Ганиева, Г. М. Сафарова и др // Universum: медицина и фармакология: электрон. научн. журн. — 2020. — № 2–3 (66).
18. Хасанов Б. Б. Современные представления о структурно-функциональных особенностях пейеровых бляшек / Б. Б. Хасанов // Достижения науки и образования. — 2022. — № 5 (85). — С. 78–87.
 19. Morbe U. M. Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function / U. M. Morbe, P. B. Jorgensen, T. M. Fenton et. al // Mucosal Immunol. — 2021. — V. 14. — № 4. — P. 793–802. doi: 10.1038/s41385-021-00389-4.
 20. Тихонов Е. А. Структурные изменения пейеровых бляшек у самцов крыс Вистар в постнатальном онтогенезе / Е. А. Тихонов, Е. А. Пономаренко, В. А. Мхитаров и др // Морфологические ведомости. — 2014. — Т. 22. — № 1. — С. 85–94. doi: 10.20340/mv-mn.2014.0(1):85-94.
 21. Жданова О. Б. Новые методологические решения в патоморфологии гельминтозов / О. Б. Жданова, С. П. Ашихмин, Е. С. Ключкина и др // Российский паразитологический журнал. — 2010. — № 4. — С. 74–82.
 22. Duque-Correa M. J. Mammalian intestinal allometry, phylogeny, trophic level and climate / M. J. Duque-Correa, D. Codron, C. Meloro et al // Proc Biol Sci. — 2021. — V. 288 (1944). doi: 10.1098/rspb.2020.2888.
 23. Lovegrove B. G. The allometry of rodent intestines / B. G. Lovegrove // J. Comp. Physiol. B. — 2010. — V. 180. — P. 741–755. doi: 10.1007/s00360-009-0437-2.
 24. McGrosky A. Gross intestinal morphometry and allometry in primates / A. McGrosky, C. Meloro, A. Navarrete et.al // Am J Primatol. — 2019. — V. 81. — № 8. doi: 10.1002/ajp.23035.
 25. Cain J. W. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates / J. W. Cain, P. R. Krausman, S. S. Rosenstock et. al // Wildlife Society Bulletin. — 2006. — V. 34. — P. 570–581. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[570:MOTAWB]2.0.CO;2.

Stepanov V.¹, Berezinza Yu.¹, Bespyatykh O.^{1,2}, Syutkina A.¹, Kibardin M.¹, Domskiy I.¹

Correlation analysis of anthropometric parameters and macromorphology of intestinal lymphoid tissue in female lynx (*Lynx lynx*) juveniles

¹ Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming

² Vyatka State University

Abstract.

Purpose: to study the relationship between morphometric parameters of intestinal lymphoid tissue and anthropometric indicators (weight, body length) in young female Eurasian lynx (*Lynx lynx*).

Materials and Methods. The analysis included data from 12 individuals harvested during legal hunting and scientific shooting in 2023–2024 in the Kirov Region and adjacent regions. To study the intestinal morphometry of lymphoid tissue, small and large intestinal samples were used, in which the number, size, and spatial distribution of lymphoid nodules and plaques were measured. Anthropometric parameters (body weight accurate to the nearest 5 g, body length) were recorded before butchering.

The study **results** revealed a number of significant patterns. First, a general biological relationship between body weight and body length was confirmed ($p=0,800$, $p=0,002$). Secondly, a strong correlation was found between the duodenum area and body weight ($p=1.000$, $p<0.01$). However, negative correlations were also revealed: body weight was associated with a decrease in the number of lymphoid nodules in the duodenum ($p=-0,800$, $p=0,002$), while body length was associated with a decrease in the area of the ileum ($p=-0,800$, $p=0,002$). Age-related dynamics of lymphoid structures in lynxes is manifested in a decrease in the number of nodules ($p=-0,800$) and plaques ($p=-0,775$) in the duodenum against the background of an increase in the distance between them ($p=0,800$). The species-specific characteristics of the lynx are reflected in the spatial distribution of lymphoid structures: in the jejunum, a positive correlation was found between the area of nodules ($p=0,800$) and the number of plaques ($p=0,632$) and metabolic activity, which is characteristic of adaptation to an antigen load in the wild. Morphometric analysis revealed a structural reorganization of the lymphoid tissue: a decrease in the distance between nodules ($p=-0.600$) with a simultaneous increase in their number ($p=0,600$), indicating compaction and optimization of the spatial arrangement of immune structures. The predominance of lymphoid plaques in the duodenum ($p=0,949$, $p<0,001$) is similar to data for canids, in which they constitute up to 70 % of the lymphoid mass of the proximal sections.

Keywords: Eurasian lynx; intestinal lymphoid tissue; body weight; body length; females; fingerlings.

References

- Solovey I. Spatial structure and population density of the lynx *Lynx lynx* in Belarus according to the 2022 questionnaire survey / I. Solovey et al. // Bulletin of Zoology. — 2023. — P. 150–154.
- Palmero S. Demography of a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population within a strictly protected area in Central Europe / S. Palmero, L. Bufka et al. // Scientific Reports. — 2021. — V. 11. — № 1. — P. 1–11.
- Kubala J. Monitoring of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in the Vepor Mountains and its importance for the national and European management and species conservation / J. Kubala, N. Guimarras, J. Brndiar et al. — 2019. — P. 1–21.
- Najera F. Disease Surveillance during the Reintroduction of the Iberian Lynx (*Lynx pardinus*) in South-western Spain / F. Najera, R. Grande-Gymez, J. Peca et al. // Animals. — 2021. — V. 11. — № 2. — P. 547.
- Filip-Hutsch K. Endoparasites of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) (Linnaeus, 1758) from an enclosure of Western Pomeranian Nature Society in Jablonowo / K. Filip-Hutsch, A. Demiaszkiewicz // Annals of Parasitology. — 2017. — V. 63. — № 1. — P. 33–36.
- Valdmann H. Lynx (*Lynx lynx*) and wolf (*Canis lupus*) in the Baltic region: diets, helminth parasites and genetic variation / H. Valdmann // Tartu: Tartu University Press, 2007.
- Stenseth N. C. Common dynamic structure of Canada lynx populations within three climatic regions / N. C. Stenseth, K. S. Chan, H. Tong et al // Science. — 1999. — V. 285. — № 5430. — P. 1071–1073.
- Karbasnikov A. A. Dynamics of the lynx and hare population in the Verkhovazhsky district of the Vologda region / A. A. Karbasnikov, E. B. Karbasnikova, E. S. Baidakov // New impulses for development: issues of scientific research. — 2021. — № 2. — P. 118–122.
- Panfilov A. B. Topography of the lymphoid tissue of the small intestinal wall of cattle and elk / A. B. Panfilov // Ippology and Veterinary Science. — 2015. — № 1 (15). — P. 57–62.
- Berezina Yu. A. Growth intensity of red fox puppies of the Vyatka moth type / Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova, O. Yu. Bespyatykh, et al. // Genetics and animal breeding. — 2023. — № 2. — P. 20–27.
- Chikachev R. A. Morphometric parameters of the Eurasian lynx population in the Amur Region / R. A. Chikachev, I. E. Gusakova // Far Eastern Agrarian Bulletin. — 2021. — № 1 (57). — P. 61–69.
- Romanov D. E. Genetic control of somatic growth regulation in mammals / D. E. Romanov // Advances in Modern Biology. — 2020. — Vol. 140. — № 6. — P. 565–573. doi: 10.31857/S004213242006006X.
- Kalashnikov I. N. Phylogenesis of organ systems of chordate animals / I. N. Kalashnikov, T. G. Shcherbatyuk — 2017. — 130 p.
- McDonald K. G. Aging impacts isolated lymphoid follicle development and function / K. G. McDonald, M. R. Leach, C. Huang et al. // Immun Ageing. — 2011. — V. 8(1):1. doi: 10.1186/1742-4933-8-1.
- Bulekbaeva L. E. Microstructure of lymphoid nodules of the small intestine of mice after space flight and experiments / L. E. Bulekbaeva, E. A. Ilyin, G. A. Demchenko, et al. // International Journal of Experimental Education. — 2015. — № 11–1. — P. 102–103.
- McGrosky A. Gross intestinal morphometry and allometry in Carnivora / A. McGrosky et al. // Eur J Wildl Res. — 2016. — V. 62. — P. 395–405.
- Abdukarimov N. U. Morphometric characteristics of lymphoid nodules (Peyer's patches) of the small intestine in ontogenesis / N. U. Abdukarimov, Kh. A. Ganieva, G. M. Safarova, et al. // Universum: medicine and pharmacology: electronic. scientific journal. — 2020. — № 2–3 (66).
- Khasanov B. B. Modern concepts of the structural and functional features of Peyer's patches / B. B. Khasanov // Achievements of science and education. — 2022. — № 5 (85). — P. 78–87.
- Morbe U. M. Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function / U. M. Morbe, P. B. Jorgensen, T. M. Fenton et. al // Mucosal Immunol. — 2021. — V. 14. — № 4. — P. 793–802. doi: 10.1038/s41385-021-00389-4.
- Tikhonov E. A. Structural changes in Peyer's patches in male Wistar rats during postnatal ontogenesis / E. A. Tikhonov, E. A. Ponomarenko, V. A. Mkhitarov, et al. // Morphological statements. — 2014. — Vol. 22. — №1. — P. 85–94. doi: 10.20340/mv-mn.2014.0(1):85-94.
- Zhdanova O. B. New methodological solutions in the pathomorphology of helminthiasis / O. B. Zhdanova, S. P. Ashikhmin, E. S. Klyukina, et al. // Russian parasitological journal. — 2010. — № 4. — P. 74–82.
- Duque-Correa M. J. Mammalian intestinal allometry, phylogeny, trophic level and climate / M. J. Duque-Correa, D. Codron, C. Meloro et al // Proc Biol Sci. — 2021. — V. 288 (1944). doi: 10.1098/rspb.2020.2888.
- Lovegrove B. G. The allometry of rodent intestines / B. G. Lovegrove // J. Comp. Physiol. B. — 2010. — V. 180. — P. 741–755.
- McGrosky A. Gross intestinal morphometry and allometry in primates / A. McGrosky, C. Meloro, A. Navarrete et.al // Am J Primatol. — 2019. — V. 81. — № 8. doi: 10.1002/ajp.23035.
- Cain J. W. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates / J. W. Cain, P. R. Krausman et. al // Wildlife Society Bulletin. — 2006. — V. 34. — P. 570–581. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[570:MOTAWB]2.0.CO;2.

Сведения об авторах:

Степанов Валерий Вячеславович – младший научный сотрудник отдела охотничьего ресурсоведения и экологии животных; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; ORCID 0009-0002-1553-3670.

Березина Юлия Анатольевна – кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории ветеринарии; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; e-mail: uliya180775@bk.ru; ORCID 0000-0001-5082-716X.

Беспярых Олег Юрьевич – доктор биологических наук, доцент, кафедра медико-биологических дисциплин; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»; Россия, 610002, г. Киров, ул. Орловская, 12; e-mail: oleg.-b@mail.ru; ORCID 0000-0002-4539-7385.

Сюткина Анна Сергеевна – кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории ветеринарии; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; e-mail: annasiutkina@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3234-8602.

Кибардин Михаил Сергеевич – младший научный сотрудник лаборатории ветеринарии; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; ORCID 0009-0007-4344-6570.

Домский Игорь Александрович – доктор ветеринарных наук, профессор, директор института; ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; Россия, 610000, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79; e-mail: vniioz43@mail.ru; ORCID 0000-0003-1633-1341.

Authors:

Stepanov Valery Vyacheslavovich – Junior Researcher, Department of Game Resource Studies and Animal Ecology; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov Region, Preobrazhenskaya St., 79; ORCID 0009-0002-1553-3670.

Berezina Yulia Anatolyevna – PhD (Vet. Sci.), Senior Researcher, Veterinary Laboratory; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov Region, Preobrazhenskaya St., 79; e-mail: uliya180775@bk.ru; ORCID 0000-0001-5082-716X.

Bespyatykh Oleg Yuryevich – Dr Habil. (Biol. Sci.), Associate Professor, Department of Medical and Biological Disciplines; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov (reg.), st. Preobrazhenskaya, 79; Vyatka State University; Russia, 610002, Kirov, st. Orlovskaya, 12; e-mail: oleg.-b@mail.ru; ORCID 0000-0002-4539-7385.

Syutkina Anna Sergeevna – PhD (Vet. Sci.), senior researcher at the veterinary laboratory; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov (reg.), st. Preobrazhenskaya, 79; e-mail: annasiutkina@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3234-8602.

Kibardin Mikhail Sergeevich – junior researcher at the veterinary laboratory; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov (reg.), st. Preobrazhenskaya, 79; ORCID 0009-0007-4344-6570.

Domsky Igor Aleksandrovich – Dr Habil. (Vet. Sci.), Professor, Director of the Institute; Prof. B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Russia, 610000, Kirov (reg.), st. Preobrazhenskaya, 79; e-mail: vniioz43@mail.ru; ORCID 0000-0003-1633-1341.