



ДАННЫЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА О СТРУКТУРЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ CANIS FAMILIARIS ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Безденежных А.В., Гончаров В.В.

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия, e-mail: anatom33pimu@pimunn.net

Для цитирования:

Безденежных А.В., Гончаров В.В. Данные факторного анализа о структуре щитовидной железы *Canis familiaris* при различных параметрах окружающей среды. *Морфологические ведомости*. 2025.33(1).931. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(1\).931](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(1).931)

Резюме. Использование факторного анализа при построении математических моделей позволяет выявить скрытые взаимосвязи изучаемых переменных. Структурная организация щитовидной железы характеризуется гистотопографическими особенностями взаимоотношений функционального (фолликулы) и регуляторного (С-тироциты, тучные клетки) звеньев отдельных зон органа и их динамической пластичностью у животных под воздействием сезонных, гелиомагнитных и геомагнитных влияний. Цель исследования - оценить гистотопографическую организацию структурных элементов щитовидной железы собак (*Canis Familiaris*) под воздействием различных условий годовых сезонов окружающей среды. Объект исследования послужили оцифрованные поперечные срезы центральной части правой доли щитовидной железы домашних собак-самцов (n=16). Для исследования влияния метеорологических факторов на структуру железы получение материала осуществляли в зимний и летний сезоны года по 8 животных на каждый. Гистологическому анализу подвергались срезы, окрашенные различными методами (гематоксилином и эозином, азуром-II-эозином), включая иммуногистохимические (С-тироциты, фибронектин, PCNA - proliferating cell nuclear antigen, тиреоглобулин, фактор фон Виллебранда). В программе ImageJ после предварительной геометрической и фотометрической калибровки измеряли площадь и оптическую плотность клеточных и тканевых структур щитовидной железы, в том числе, относительно центра во всех ее зонах. Исследовалось 67 переменных, объединенных в группы экзогенных, эндогенных организменных и эндогенных органных признаков. Было выделено 10 факторов, оказывающих влияние на 77% общей дисперсии анализируемых параметров. Состав факторов представлен следующим образом: фактор 1 включает количественные показатели С-тироцитов (16,7% общей дисперсии). Фактор 2 представлен количественными и функциональными показателями тучных клеток (13,7% дисперсии). Фактор 3 характеризует состояние функционального звена органа – фолликулов (12,9% дисперсии); четвертым фактором является степень насыщенности гранулами С-тироцитов (7,69% дисперсии). Наконец, сезонные влияния окружающей среды (продолжительность светового дня, среднесуточная температура вместе с индексом пролиферативной активности клеток формируют пятый фактор (5,85% дисперсии признаков).

Ключевые слова: щитовидная железа, собака, гистология, морфометрия, окружающая среда, сезонные факторы

Статья поступила в редакцию 06 февраля 2024

Статья принята к публикации 20 марта 2025

THE FACTOR ANALYSIS DATA ABOUT THE STRUCTURE OF CANIS FAMILIARIS THYROID GLAND UNDER DIFFERENT SEASONAL ENVIRONMENTAL PARAMETERS Bezdenzhnykh AV, Goncharov VV

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: anatom33pimu@pimunn.net

For the citation:

Bezdenzhnykh AV, Goncharov VV. The factor analysis data about the structure of *Canis Familiaris* thyroid gland under different seasonal environmental parameters. *Morphologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter*. 2025.33(1).916. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(1\).916](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(1).916)

Summary. The use of factor analysis in constructing mathematical models allows us to identify hidden relationships between the variables under study. The structural organization of the thyroid gland is characterized by histological and topographic features of the relationship between the functional (follicles) and regulatory (C-thyocytes, mast cells) links of the different zones of the organ and their dynamic plasticity in animals under the influence of exogenous seasonal, heliomagnetic and geomagnetic influences. The aim of the study was to evaluate the histological and topographic organization of the structural elements of the thyroid gland of dogs (*Canis familiaris*) under the influence of various conditions of the annual environmental seasons. The object of the study was digitized transverse histological sections of the central part of the right lobe of the thyroid gland of domestic male dogs (n = 16). To study the influence of meteorological factors on the structure of the gland, the material was obtained in the winter and summer seasons of the year, 8 animals each. Histological analysis was performed on sections stained by various methods (hematoxylin and eosin, azure II-eosin), including immunohistochemical (C-thyocytes, fibronectin, PCNA - proliferating cell nuclear antigen, thyroglobulin, von Willebrand factor). In the ImageJ program, after preliminary geometric and photometric calibration, the area and optical density of cellular and tissue structures of the thyroid gland were measured, including relative to the center in all its zones. A total of 67 variables were studied, combined into groups of exogenous, endogenous organismic and endogenous organ characteristics. 10 factors were identified that influenced 77% of the total variance of the analyzed parameters. The composition of the factors is presented as follows: factor 1 includes quantitative indicators of C-thyocytes (16.7% of the total variance). Factor 2 is represented by quantitative and functional indicators of mast cells (13.7% of the variance). Factor 3 characterizes the state of the functional link of the organ - follicles (12.9% of the variance); the fourth factor is the degree of saturation of C-thyocytes with granules (7.69% of the variance). Finally, seasonal environmental influences (daylight hours, average daily temperature together with the index of proliferative activity of cells form the fifth factor (5.85% of the variance of the signs).

Keywords: thyroid gland, dog, histology, morphometry, environment, seasonal influence

Article received 06 February 2024

Article accepted 20 March 2025

Введение. Математическое моделирование позволяет выявить механизмы адаптации на уровне функциональных единиц органа (фолликулов) и регуляторного звена щитовидной железы (далее - ЩЖ) [1], нарушение которых приводит к развитию патологии органа [2]. Среди методов математического моделирования перспективным является использование факторного анализа [3-5], позволяющего выявить скрытые связи изучаемых переменных и оценить степень их взаимного влияния. В связи с закладкой железы из нескольких источников и особенностями онтогенеза она имеет выраженные структурные и функциональные особенности организации на уровне долей, отдельных тканевых компартментов органа, структурно-функциональных единиц, в том числе в пределах одного фолликула, и при этом активно реагирует на воздействие экзогенных факторов сезона года, гелиомагнитной и геомагнитной активности [6]. В настоящем исследовании приведены данные о степени влияния экзогенных и эндогенных (на уровне функциональных единиц и регуляторного звена) факторов у интактных домашних собак.

Цель исследования - оценить гистотопографическую организацию структурных элементов щитовидной железы собак (*Canis Familiaris*) под воздействием различных условий годовых сезонов окружающей среды.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на 16 беспородных половозрелых собаках-самцах, которых подбирали по возрасту (1,5–2,5 года), массе ($15,7 \pm 2,8$ кг) и содержали в условиях вивария со стандартным рационом питания сроком не менее одного месяца. Для исследования влияния метеорологических факторов на состояние ЩЖ в зимний и летний сезоны года анализировались: средняя продолжительность светового дня, среднесуточная температура – данные ВНИИГ-МИ-МЦД для станции ВМО 27553.

Эксперименты над животными проводились в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. о защите животных, используя

щихся для научных целей, с ФЗ-498 27.12.2018 (ред. от 27.12.2019) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также с учетом рекомендаций этического комитета ПИМУ № 313 от 21.12.18. В работе использован архивный материал. Взятие материала осуществляли под внутривенным наркозом (2% рометар, золетил-50) и управляемым внешним дыханием в стандартное время суток – 10-12 часов дня.

Анализу подвергались поперечные срезы парафин-целлоидиновых блоков (фиксатор 10% нейтральный формалин) средней части правой доли ЩЖ толщиной 3 мкм, изготовленные с помощью роторного микротомы (ERM-230L) и окрашенные различными методами (гематоксилином и эозином, азуром-П-эозином), включая иммуногистохимические (С-тироциты, фибронектин, PCNA (proliferating cell nuclear antigen), тиреоглобулин, фактор фон Виллебранда). Захват кадров (микроскоп «Leika DMLS», камера «CCB Camera DIGITAL Kocom», ув. x400) проводился с учетом топографии всего среза относительно его геометрического центра в центральной, промежуточной и периферических зонах [7]. Ряд параметров (площадь, занимаемая фибронектином, фактором фон Виллебранда, количество клеток с положительной реакцией PCNA, тиреоглобулина, высота фолликулярного эпителия, количество резорбционных вакуолей) анализировали на всей поверхности среза (общее увеличение 600 раз). Измерения морфологических параметров осуществляли в программе ImageJ после геометрической и фотометрической калибровки.

Анализируемые переменные представлены 67 показателями: экзогенными – сезон (забор материала в зимний и летний период), продолжительность светового дня (мин), среднесуточная температура (°C), число Вольфа солнечных пятен (R), Dst-индекс геомагнитной активности; эндогенными, организменными – сила сердечных сокращений (далее – ЧСС), уровень трийодтиронина в периферической крови (пмоль/л), вес животного (кг), масса ЩЖ (мг); эндогенными органами без

учета топографии среза – площадь (мкм²) коллоида, эпителия, стромы, площадь (мкм²) фибронектин-позитивной реакции, абсолютная (мкм²) и относительная площадь реакции фактора фон Виллебранда, индекс секреторной и пролиферативной активности (отношение тиреоглобулин- и PCNA-позитивных клеток к изученным клеткам), соотношение количества резорбционных вакуолей к общему количеству и тиреоглобулин-позитивным клеткам, высота фолликулярного эпителия (мкм); эндогенными органами с учетом гистотопографии среза – площадь (мкм²) фолликулов, коллоида, эпителия, количество (ед.), площадь (мкм²), интегрированная оптическая плотность (усл. ед.) тучных клеток (мастоцитов, ТК) и С-тироцитов (С-клеток, парафолликулярных клеток, кальцитониноцитов), включая единичные клетки и их группы в центральной, промежуточной и периферических зонах органа. Руководствуясь рекомендациями [4, 8, 10] математический анализ проводили в программе Statistica Ultimate Academic 13 for Windows Ru сетевая версия серийный

номер: JPZ009K288811CNETACD-V, лицензия ПИМУ Минздрава России.

Результаты и обсуждение. При анализе исходных данных для 67 переменных 16 наблюдений полученная корреляционная матрица была сингулярна и, вследствие вырожденности, не могла быть обращена. Для выделения главных факторов использовался метод итеративной общности (MINRES), первоначально предложенный Harman и Jones (1966) [5]. После проведения факторного анализа изначальное количество факторов с минимальным собственным значением 0,1 составило 15. Редукцию количества первично выделенных общих факторов проводили, опираясь на критерий «каменистой осыпи» Р. Кеттелла и метод отбора главных компонент по правилу Кайзера (значения объясненной дисперсии больше 1), до 10 (рис. 1), что позволяет объяснить 76,60% суммарной дисперсии модели [5, 9]. Методом вращения факторов был выбран Varimax исходных значений [5, 10], значимыми считали нагрузки, превышающие или равные 0,6.

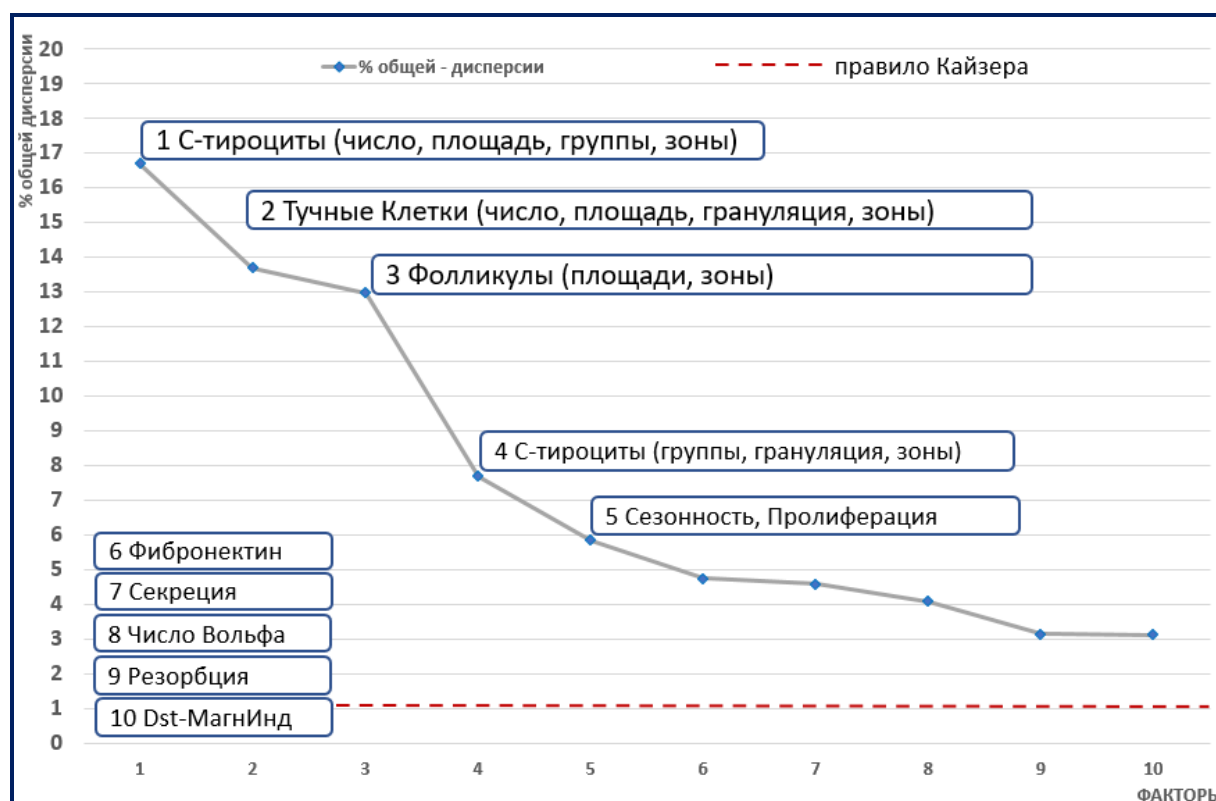


Рис. 1. Критерий «каменистой осыпи» и правило Кайзера при выделении факторов, обуславливающих дисперсии совокупности параметров гистотопографической организации щитовидной железы

Настоящее исследование показало, что, фактором 1 являются местные гуморальные регуляторы – С-тироциты, точнее их общее количество, площадь, занимаемая ими, распределение единичных клеток и их групп по всем зонам железы, ведущая переменная – количество групп С-клеток. Фактором 2 являются другие местные гуморальные регуляторы – тучные клетки, точнее – их общее количество, представительство во всех зонах органа, площадь, занимаемая ими в центральной и периферических зонах, насыщенность гранулами (все зоны), ведущая переменная – оптическая плотность тучных клеток в центральной зоне. Фактор 3 – это состояние функционального звена – фолликулов ЩЖ – их площади, площади, занимаемой коллоидом, эпителием и их представительства во всех зонах, ведущая переменная – площадь коллоида. Фактор 4 формирует функциональный показатель С-клеток, т.е. насыщенность гранулами единичных С-тироцитов и их групп, распределенных по всем зонам, ведущая переменная – оптическая плотность единичных кальцитониноцитов. Фактор 5 – сезонные влияния – продолжительность светового дня (ведущая переменная), среднесуточная температура, индекс пролиферативной активности. Обращают на себя внимание «пограничные» значения нагрузок для ЧСС (0,59) и высоты фолликулярного эпителия (0,55) при средних абсолютных значениях величины нагрузки этого фактора 0,17. Фактор 6 – площадь фибронектина и количество единичных С-тироцитов в центральной зоне (ведущая переменная). Фактор 7 – индекс секреторной активности (ведущая переменная) и площадь, занимаемая единичными С-клетками и тучными клетками. Фактор 8 – относительное число (Вольфа) солнечных пятен (ведущая переменная) и площадь, занимаемая группами кальцитониноцитов. Фактор 9 – соотношение количества

резорбционных вакуолей к общему числу тироцитов, в т.ч. тиреоглобулин-продуцирующих (ведущая переменная). Наконец, фактор 10 представлен одной значимой переменной – Dst магнитным индексом.

Закключение. Таким образом, в группе интактных животных в естественных условиях гистотопографические особенности строения характерны для всех (центральной, промежуточной, периферическим) зон щитовидной железы. Это справедливо, как в отношении функционального (фолликулы), так и регуляторного (С-тироциты, тучные клетки) звена. Согласно критерию «каменистой осыпи» абсолютные значения (более 5%) объясненной дисперсии выявлены в отношении пяти факторов.

Ведущий первый фактор объясняет 16,7% общей дисперсии и включает показатели количества, площади единичных клеток и групп С-тироцитов. Фактор 2 (13,7% дисперсии) включает количество, площадь, функциональное состояние другого местного регулятора – тучных клеток. Следует отметить, что за счет воздействия на микроциркуляторное русло «область влияния» тучных клеток является более обширной. Фактором 3 (12,9% дисперсии) является состояние функционального звена органа – фолликулов. Фактор 4 (7,69% дисперсии) – это функциональное состояние (оптическая плотность гранул) С-тироцитов. Фактор 5 (5,85% дисперсии) – это совокупность экзогенных (сезонных) и эндогенных органных влияний (индекс пролиферативной активности).

Взаимоотношения между выделенными экзогенными и эндогенными факторами, включающими функциональное и регуляторное звенья органа, будут исследованы нами далее посредством моделирования структурными уравнениями в последующих работах.

Литература References

1. Abduvaliev A, Saydalieva M, Hidirova M et al. Mathematical Modeling of the Thyroid Regulatory Mechanisms. Am J Med Sci Med. 2015;3(3):28-32. <https://doi.org/10.12691/ajmsm-3-3-1>
2. Kolpak EP, Terekhina EI. Matematicheskaya model' funktsionirovaniya shchitovidnoy zhelezy. Molodoy ucheny. 2018;4(190):1-7. In Russian

3. Kalmin OV, Kalmin OO. Mathematical Modeling of Morphometric Parameters of Thyroid Gland Structure. Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2020 - Proceedings, Moscow, 11-13 marta 2020 goda. – Moscow. 2020;9067485. <https://doi.org/10.1109/MWENT47943.2020.9067485>
4. Borovikov VP. Populyarnoe vvedenie v sovremenny analiz dannykh i mashinnoe obuchenie na STATISTICA. Moskva: Goryachaya liniya-Telekom. 2024. – 354s. In Russian
5. Howard MC. A systematic literature review of exploratory factor analyses in management. J Bus Res. 2023;164(1):113969. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113969>
6. Bezdenezhnykh AV, Goncharov VV. Faktornaya model' strukturnoy organizatsii shchitovidnoy zhelezy pri dlitel'nom bege. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2025;1. In Russian. <https://doi.org/10.17513/spno.33895>
7. Bezdenezhnykh AV, Petrova NI. Metodika topicheskoy diagnostiki morfologicheskikh parametrov shchitovidnoy zhelezy. Morfologiya. 2000;114(4):91-94. In Russian
8. Kulaichev AP. Metody i sredstva kompleksnogo statisticheskogo analiza dannykh: uchebnoe posobie. 5-e izd., pererab. i dop. M.: INFRA-M. 2022. – 484s. In Russian
9. Trendafilov N, Hirose K. Exploratory factor analysis. In book: In International Encyclopedia of Education (Fourth Edition). Elsevier Science. 2023;600-606. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.10015-6>
10. Fávero LP, Belfiore P. Principal Component Factor Analysis. In book: Data Science for Business and Decision Making. Academic Press. 2019;383-438. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811216-8.00012-4>

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бездenezhных Андрей Вячеславович, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры нормальной анатомии, Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия;
e-mail: anatom33pimu@pimunn.net

Гончаров Виталий Викторович, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия;
e-mail: goncharov_vv@pimunn.net

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey V. Bezdenezhnykh, Docent, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Privolzhsky Research Medical University Department of Normal Anatomy, Nizhny Novgorod, Russia;
e-mail: anatom33pimu@pimunn.net

Vitaliy V. Goncharov, Docent, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Privolzhsky Research Medical University Department of Informational Technologies, Nizhny Novgorod, Russia;
e-mail: goncharov_vv@pimunn.net