

УДК 611.441
© А. В. Безденежных, 2018
<https://doi.org/10.18499/2225-7357-2018-7-1-27-32>

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАФОЛЛИКУЛЯРНЫХ КЛЕТОК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ СОБАК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

А. В. Безденежных

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России,
Ниžний Новгород, Россия

Цель – изучить влияние физических нагрузок на интратиреоидные гуморальные регуляторы щитовидной железы (ЩЖ) – парафолликулярные клетки (С-тироциты).

Материал и методы. Исследовали животных интактной (12 собак-самцов) и двух экспериментальных групп (по 11 животных в каждой), которые в качестве двигательной активности (бег на ленте тредмилла) получали различные виды нагрузок: тренирующие (при длительном беге – 1-я группа) и стартовые (дававшиеся после цикла тренирующих нагрузок – 2-я группа). На всей поверхности поперечных срезов правой доли ЩЖ после иммуногистохимической окраски поликлональными антителами к кальцитонину, используя топографический и зональный принципы, анализировались С-тироциты. После качественного описания С-клеток (положение клеток или их объединений относительно фолликулов: интра-, интер- и парафолликулярное) измеряли диаметр фолликула, полуколичественным (количество гранул) и количественным (площадь сечения) методами характеризовали их функциональное состояние.

Результаты. Среднее количество С-клеток, занимаемая ими площадь и их численность в группах у экспериментальных животных достоверно уменьшились ($p < 0.05$), причем при стартовых нагрузках нередко встречались и единичные С-клетки. Чаще всего кальцитонинocyты находились около малых фолликулов, что в свою очередь, возможно, было связано с механизмами их пассивного перемещения в органе за счет образования новых фолликулов.

Заключение. Выявлено, что адаптационные изменения органа тесно связаны с индивидуальными особенностями и характером двигательных нагрузок и приводят к количественным и качественным структурным преобразованиям популяций С-тироцитов, регулирующих морфофункциональное состояние железы и ее компонентов.

Ключевые слова: С-клетки, С-тироциты, парафолликулярные клетки, кальцитонинocyты, щитовидная железа, двигательная активность, эндокринная система.

© А. В. Bezdenzhnykh, 2018

Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia

Morphofunctional Characteristic of Parafollicular Cells of Thyroid Gland in Dogs at Various Kinds of Physical Activity

The aim was to study the influence of physical exertion on intrathyroid humoral regulators of the thyroid gland (TG) – parafollicular cells (C-thyrocytes).

Material and methods. The animals of the intact group (12 male dogs) and two experimental groups (11 dogs in each) were studied. As their motor activity (running on the treadmill tape) various types of loads were received: training (before long duration of run – 1st group) and starting (given after training loads – 2nd group). On the entire surface of the transverse sections of the right lobe of the thyroid gland, after immunohistochemical staining with polyclonal antibodies to calcitonin, C-thyrocytes were analyzed using topographic and zonal principles. After qualitative description of C-cells (the position of cells or their associations to follicles: intra-, inter- and parafollicular) diameter was measured, their functional state was characterized with help of semiquantitative (the number of granules) and quantitative (cross-sectional area) methods.

Results. The average quantity of the C-cells, the space occupied by them and their quantity in groups at experimental animals were decreased ($p < 0.05$), and at loadings of starting character there were quite often individual

C-cells. Calcitoninocytes were more often located about small follicles, probably, it has been connected with mechanisms of their passive moving in gland due to formation of new follicles.

Conclusions. It has been revealed, that adaptable changes of TG are closely connected with specific features and character of loads and lead to quantitative and qualitative structural exchanges of parafollicular cells, regulating a morphofunctional condition of the gland and its components.

Keywords: C-cells, C-thyrocytes, parafollicular cells, calcitoninocytes, thyroid gland, physical (motor) activity, endocrine system.

Введение

Щитовидная железа (ЩЖ) является звеном эндокринной системы, принимающим участие в адаптационных реакциях организма, как при мышечной активности [10], так и

ее ограничении [7]. Как многократные, так и стартовые нагрузки оказывают существенное воздействие на функциональную активность и строение ЩЖ [2]. В регуляции органа традиционно выделяют центральный, нервный и интраорганный уровни [3, 15]. Внутриорган-

ный уровень поддержания гомеостаза ЩЖ наиболее интересен и включает сложные отношения между клеточными популяциями С-тироцитов (С-клеток, парафолликулярных клеток – ПК) и тучных клеток (ТК), а также соединительной ткани и сосудов. С-клетки выделяют широкий спектр биологически активных веществ, что позволяет рассматривать их как короткодистантный фолликулярный регулятор, обязательный компонент структурно-функциональной единицы (СФЕ) органа [14]. Именно ПК определяют функциональную активность отдельного фолликула, активируют СФЕ и влияют на состояние железы в целом [4]. Другой компонент интраорганного уровня тиреоидного гомеостаза – ТК, обеспечивающие интеграцию фолликулов и оказывающие как активирующее, так и тормозящее действие на тироциты, которое осуществляется паракринно или опосредованно через С-тироциты.

В последние годы пристальное внимание уделяется местному тканевому гомеостазу, осуществляющему интеграцию на тканевом уровне, клеточном уровне и уровне СФЕ [1]. Именно с локальными нарушениями тканевого гомеостаза [13] исследователи связывают широкий спектр заболеваний ЩЖ, в том числе формирование гипо- и гипертиреоидного состояния органа.

Цель исследования – дать морфофункциональную характеристику структурным преобразованиям популяции парафолликулярных клеток (С-клеток) ЩЖ собак при различных режимах индивидуально дозированных двигательных нагрузок (ИДДН).

Материал и методы исследования

Работа выполнена на 34 беспородных половозрелых собаках-самцах, которых подбирали по возрасту (1.5–2.5 года), массе (15.7 ± 2.8 кг) и содержали в стандартных условиях вивария.

Животные были представлены тремя группами: контрольной (12 особей) и двумя экспериментальными (по 11 собак в каждой). У экспериментальных животных в процессе бега на ленте тредмила (со скоростью 15 км/ч) регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и частоту дыхания (ЧД). В первой экспериментальной группе проводили 16–20 ИДДН, с длительностью бега от 15 мин в начале и до одного часа и более в конце опыта (среднее время бега – 40.82 ± 2.84 мин). Во второй группе экспериментальных животных после достижения времени бега более одного часа осуществляли еще 7 стартовых нагрузок (время бега – 11.89 ± 2.25 мин). Продолжительность и количество ИДДН соответствовали методу определения адаптации организма к физической нагрузке (а.с. №665888) и спо-

субу физической тренировки организма (а.с. №733641).

Исследования на животных проводили в соответствии с приказами Минвуза СССР № 742 от 13.11.84 «Об утверждении правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» и № 48 от 23.01.85 «О контроле за проведением работ с использованием экспериментальных животных».

Взятие материала осуществляли под тиопенталовым наркозом в условиях управляемого дыхания в утренние часы. Анализу подвергались поперечные срезы парафин-целлоидиновых блоков (фиксатор – 10% раствор нейтрального формалина) средней части правой доли ЩЖ толщиной 3 мкм, изготовленных с помощью роторного микротомы (ERM-230L).

Для выявления С-тироцитов первичными антителами использовали поликлональные антитела к кальцитонину («Diagnostic Biosystems», США) и наборы реактивов фирмы Dako Cytomation (Швеция) по общепринятой методике современных руководств по иммуногистохимической технике [6, 7] и соответствующим рекомендациям фирм-производителей первичных антител и системы визуализации.

Парафин-целлоидиновые срезы ЩЖ толщиной 3 мкм на предметных стеклах, обработанных L-полизином («Menzel-Glaser», Германия), очищали в ксилоле и спиртах с дополнительной обработкой в этоксизтан-этанол в соотношении 1:1 и 100% этаноле по 15 мин для удаления целлоидина. Блокаду эндогенной пероксидазы в течение 10 мин осуществляли 3% раствором H_2O_2 . Демаскировку антигенов кальцитонина на срезах проводили в цитратном буфере (pH 9.0) двукратной тепловой обработкой по 3 мин при мощности 800W ($92^\circ C$) в микроволновой печи. После охлаждения предметные стекла помещали в фосфатно-солевой буфер (pH 7.6) с добавлением 0.05% твина-20 («Биолот», СПб), и обрабатывали сывороточным альбумином для предотвращения неспецифического окрашивания фона, а затем инкубировали при комнатной температуре в увлажненной камере в течение 1 часа с первичными поликлональными кроличьими антителами к кальцитонину в разведении, готовом к использованию («Diagnostic Biosystems», США). Для визуализации продуктов иммунной реакции использовали стрептовидин-биотиновый комплекс (LSAB+ Detection, «Dako», Швеция), в качестве красящего соединения применяли раствор 3,3-диаминобензидина (DAB+, «Dako»), ядра контрастно окрашивали гематоксилином Майера. Маркером ПК считалась специфическая коричневая окраска гранул кальцитонина в цитоплазме клеток.

Измерениям (захват кадров микроскоп

Таблица 1

Среднее количество С-клеток и занимаемая ими площадь на поперечном срезе щитовидной железы, $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Группа	Среднее количество, ед.	Площадь в поле зрения, %	Площадь в поле зрения, мкм ²
Контроль	4.63±0.67	0.0429±0.009	4.27±0.97
1-я экспериментальная группа	3.51±0.34*	0.0308±0.006*	2.99±0.54
2-я экспериментальная группа	3.51±0.44*	0.0260±0.004*	2.56±0.35*

Примечание: * – различия по сравнению с контролем значимы при $p < 0.05$.

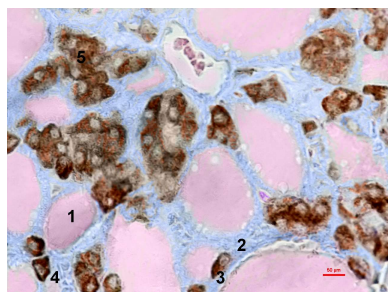


Рис. 1. Малые и большие скопления парафолликулярных клеток ЩЖ животных контрольной группы.

Комбинированная окраска: иммуногистохимическая окраска поликлональными антителами к кальцитонину, азур-эозин. Ув. 640. Обозначения: 1 – полость фолликула, заполненная коллоидом; 2 – межфолликулярная прослойка соединительной ткани. Локализация С-клеток: 3 – интрафолликулярная; 4 – парафолликулярная; 5 – интерфолликулярная. Масштабный отрезок – 50 мкм.

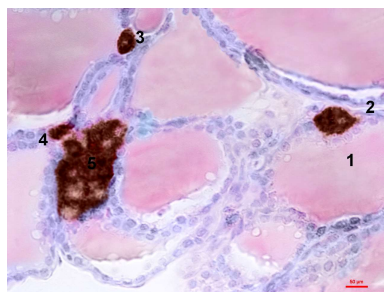


Рис. 2. Небольшие и средние скопления С-клеток в ЩЖ животных первой экспериментальной группы.

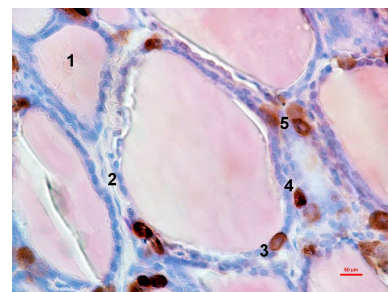


Рис. 3. Небольшие группы и единичные С-тироциты в ЩЖ животных второй экспериментальной группы.

«Leika DMLS», камера «CCB Camera DIGITAL Косом», ув. 640) предшествовало качественное описание С-клеток: положение клеток или их объединений относительно фолликулов (интра-, интер- и парафолликулярное), анализ скоплений клеток (минимальное, среднее и максимальное число клеток в группе); полуколичественным методом (0 – отсутствие окрашивания, 1 – слабое окрашивание, 2 – умеренное окрашивание, 3 – сильное, 4 – очень сильное окрашивание) в кальцитониниоцитах определялось количество гранул (степень дегрануляции), что отражало их функциональное состояние.

Морфометрию С-тироцитов и их групп (общую и относительную площадь клеток в поле зрения) осуществляли в программе Image Tools 3.0 после геометрической калибровки. По формуле:

$$L = \pi D$$

(где D – диаметр фолликула) рассчитывали длину окружности фолликула, определяли количество прилежащих к фолликулу С-клеток и вычисляли коэффициент встречаемости С-клеток (КВ Сс) для данной длины окружности фолликула.

Для оценки морфологических параметров железы применяли топографический и зональный принципы. С этой целью измеряли всю площадь среза, разбитую на поля размером 720×720 мкм относительно геометрического центра, что позволило проанализировать центральную, промежуточную и периферическую зоны и 6 зон в удаленности от центра на 10, 30, 50, 70 и 90%. Количество зон

измерений составляло от 145 до 354. Для оценки топографического соотношения зон в препарате выделяли участки с отсутствием С-клеток (0 значение) и зоны, количество клеток в которых на +σ превышало среднее значение по срезу.

Данные обрабатывались статистическими методами в программе «AnalystSoft Inc., StatPlus», версия 6 (www.analystsoft.com).

Результаты и их обсуждение

У животных всех групп С-тироциты выглядели как интенсивно окрашенные клетки округлой или удлиненной формы, с просветленным ядром, темной гранулированной цитоплазмой с различной степенью дегрануляции. Наблюдалось три варианта расположения С-клеток относительно фолликулов: интра-, пара- и межфолликулярное, последнее наиболее характерно для единичных ПК. Близко расположенные клетки, как правило, контактировали друг с другом и формировали группы (малые по 2–4 и средние – по 9–13 клеток), встречались поля зрения, практически целиком заполненные ПК (большие скопления).

В группе контроля (рис. 1) среднее количество С-клеток составило 4.63±0.67 (табл. 1).

Большее количество С-клеток (36.8%) выявлено в центре и центральной зоне препарата и меньшее (28.5%) – на периферии. У всех животных количество клеток в промежуточной зоне являлось средним между зна-

Таблица 2

Зависимость частоты встречаемости С-клеток (ед./мкм) от длины окружности фолликула

Группа	Длина окружности фолликула, мкм					Диапазон фолликулов с максимальными значениями частоты встречаемости Сс, мкм	Частота встречаемости Сс возле данных фолликулов, ед./мкм
	50–100	100–150	150–200	200–300	300–800		
Контроль	0.16	0.14	0.11	0.08	0.05	73.19–188.81	0.50–0.77
1-я экспериментальная группа	0.18	0.11	0.08	0.07	0.04	56.96–114.8	0.45–0.70
2-я экспериментальная группа	0.30	0.15	0.10	0.07	0.04	60.45–82.19	0.84–1.04

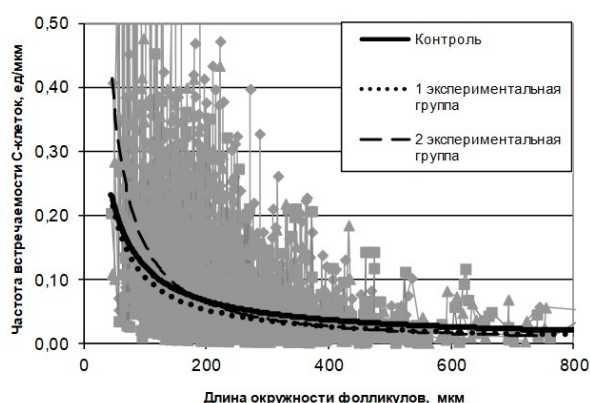


Рис. 4. Частота встречаемости С-клеток в зависимости от диаметра прилежащего фолликула.

чениями в центральной и периферической зонах. Совпадение зон большого количества С-тироцитов с геометрическим центром объекта составило в группе контроля 16.7%, в то же время в 25.0% случаев в геометрическом центре среза ПК отсутствовали.

У животных первой экспериментальной группы среднее количество С-клеток снижено ($p < 0.05$) и составляет 3.51 ± 0.34 (табл. 1). Клетки располагались преимущественно интер- и парафолликулярно в виде малых скоплений или «цепочек» (рис. 2). Единичные клетки встречались редко.

Большее количество С-тироцитов выявлено на периферии (31.1%), при этом в центре и центральной зоне отмечались более низкие показатели. У всех животных, как и в группе контроля, количество клеток промежуточной зоны являлось средним между центром и периферией.

Совпадение зон большого количества ПК с геометрическим центром объекта в первой экспериментальной группе составило 18.2%, в 9.1% в геометрическом центре среза ПК отсутствовали.

У животных с максимальной продолжительностью бега (87.73 ± 10.74 мин) наряду с уменьшением количества С-клеток возросла гетерогенность их распределения на срезе ЩЖ. При этом зоны с отсутствием С-тироцитов выявлены в 8.38% случаев (5.57%

в контроле), зоны с высокой концентрацией («очаги концентрации») составили 40.57% (38.0% в контроле). Мы считаем, что меньшее количество ПК и формирование «очагов концентрации» регуляторных элементов могло быть обусловлено увеличением локального функционального напряжения ЩЖ.

Во второй группе экспериментальных животных среднее количество С-клеток составило 3.51 ± 0.44 (табл. 1). Эта группа характеризовалась интер- и парафолликулярно расположенными единичными С-тироцитами (рис. 3). Парафолликулярно расположенные клетки формировали небольшие скопления или клеточные тяжи.

В этой группе ПК сохраняли сходную с первой экспериментальной группой тенденцию распределения – в 31.0% случаев клеток больше на периферии, в центре и центральной зоне выявлены более низкие показатели. Совпадение зон большого количества С-клеток с геометрическим центром объекта во второй экспериментальной группе составило 10.0%, в то же время в 20.0% случаев клетки не выявлены.

В ЩЖ животных, получавших стартовые нагрузки после длительного бега (2-я экспериментальная группа), при общей тенденции к снижению среднего количества С-клеток выявлено увеличение гетерогенности их распределения: зоны с отсутствием ПК составляли 9.98% (5.57% в контроле), зоны с большими концентрациями С-тироцитов – 42.19% (38.0% в контроле).

Феномен группирования С-тироцитов и «полей зрения, заполненных С-клетками» подтвержден многими исследователями [9, 11]. Во всех группах, изученных нами, выявлялись малые (2–4) и средние (9–13) скопления ПК в пара- и интерфолликулярной областях. В интактной группе встречались конгломераты, содержащие до 111 клеток. В экспериментальных группах число объединенных ПК в первой серии не превышало 35, а во второй – 28. Во второй экспериментальной группе чаще встречались единичные С-тироциты. Таким образом, различные режимы ИДДН

оказывали существенное влияние на качественное и количественное состояние популяции С-клеток.

Для всех групп животных характерна общая тенденция расположения ПК ЩЖ и их скоплений преимущественно возле мелких фолликулов (табл. 2, рис. 4).

Этот факт, с одной стороны, подтверждает гипотезу о С-тироците как универсальном регуляторе отдельной СФЕ ЩЖ на уровне фолликула [12], а с другой – позволяет предположить механизм перемещения ПК в пределах органа. Известно, что первичная локализация С-клеток в центральной части ЩЖ связана с особенностями гистогенеза [8], дальнейшее их распределение по железе зависит от других факторов, так как в цитоплазме кальцитониноцитов отсутствуют собственные сократительные элементы. Вновь образующиеся «локусы» функциональной активности железы, определяемые характером ИДДН, приводят к формированию новых фолликулов, разделяющих большие группы ПК на более мелкие, что в свою очередь вызывает «пассивное» перемещение С-клеток в органе.

Заключение

Таким образом, С-клетки выступают как системообразующий элемент внутриорганной интеграции, обеспечивающий активность отдельных структурно-функциональных единиц щитовидной железы. Их количественный и качественный состав зависит от индивидуальных особенностей и характера двигательной активности животных, при этом среднее количество и площадь С-тироцитов в экспериментальных группах достоверно уменьшаются по сравнению с контролем. Выявлена зависимость частоты встречаемости небольших групп и единичных парафолликулярных клеток от диаметра прилежащего фолликула.

Двигательные нагрузки определяют преимущественно периферическое расположение парафолликулярных клеток, при этом более низкие показатели выявляются в центре и центральной зоне органа.

При двигательной активности более часто встречаются фолликулы небольшого диаметра и малые группы или единичные С-клетки, расположенные рядом. Полученные данные позволяют предложить гипотезу пассивного перемещения С-тироцитов внутри органа за счет неофолликулогенеза, приводящего впоследствии к их диффузному распространению по всей железе.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Анашкина Е. Н. Гистофизиология популяций тканевых базофилов щитовидной и околощитовидных желез крыс: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ярославль; 2001. 20.

2. Безденежных А. В. Математическая модель реакции щитовидной железы собак на индивидуально дозированную двигательную нагрузку. Нижегородский медицинский журнал. 2004; 3: 88–92.
3. Быков В. Л. Щитовидная железа. В кн.: Данилов Р. К., Быков В. Л. Руководство по гистологии: учебное пособие для студ. мед. вузов и фак.: в 2-х т. Т. 2. СПб.: СпецЛит; 2001: 453–476.
4. Виноградов С. Ю., Погорелов Ю. В. Функциональная морфология нейромедиаторного биоаминового обеспечения щитовидной железы в условиях адаптации. Вестник Ивановской медицинской академии. 1997; 2 (3): 6–14.
5. Коржеский Д. Э., Гуляров А. В. Основы гистологической техники. СПб.: СпецЛит; 2010. 95.
6. Семченко В. В., Баращикова С. А., Ноздрин В. Н. и др. Гистологическая техника: Учебное пособие. Омск Орел: Омская областная типография; 2006. 290.
7. Шадлинский В. Б., Рустамова С. М. Изменения, наблюдаемые в щитовидной железе крыс в эксперименте на фоне гипокинезии. Журнал анатомии и гистопатологии. 2014; 3 (2): 56–59.
8. Fagman H., Nilsson M. Morphogenesis of the thyroid gland. Molecular and Cellular Endocrinology. 2010; 323(1): 35–54.
9. Gibson W. C., Peng T. C., Croker B. P. C-cell nodules in adult human thyroid. A common autopsy finding. Am J Clin Pathol. 1981; 75 (3): 347–350.
10. Hulbert A. J. Thyroid hormones and their effects: a new perspective. Biol Rev Camb Philos Soc. 2000; 75 (4): 519–631.
11. Kameda Y. Immunohistochemical study of C cell follicles in dog thyroid glands. Anat Rec. 1982; 204 (1): 55–60.
12. Toda S., Watanabe K., Yokoi F. et al. A new organotypic culture of thyroid tissue maintains three-dimensional follicles with C-cells for a long term. Biochem Biophys Res Commun. 2002; 294 (4): 906–911.
13. Nikiforov Y., Biddinger P. W., Thompson L. D. R. Diagnostic pathology and molecular genetics of the thyroid. Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 436.
14. Usenko V. S., Gerbilsky L. V., Kornilovskaja I. N. The epitheliomeral concept of the thyroid gland's structural organization. Anat. Rec. 1996; 224 (2): 214–224.
15. Zbucki R. L., Winnicka M. M., Sawicki B. et al. Alteration of parafollicular (C) cells activity in the experimental model of hypothyroidism in rats. Folia Histochemica et Cytobiologica. 2007; 45 (2): 115–121.

References

1. Anashkina E. N. Gistofiziologiya populyatsiy tkanevykh bazofilov shchitovidnoy i okoloschitovidnykh zhelez krys: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Histophysiology of populations of tissue basophils of thyroid and parathyroid glands of rats: abs. dis... cand. biol. sci.]. Yaroslavl'; 2001. 20 (in Russian).
2. Bezdenezhnykh A. V. Matematicheskaya model' reaktsii shchitovidnoy zhelezy sobak na individual'no dozirovannuyu dvigatel'nyuyu nagruzku [A mathematical model of the reaction of the thyroid

- gland dogs individually dosed physical load]. Nizhegorodskiy meditsinskiy zhurnal. 2004; 3: 88-92 (in Russian).
3. Bykov V.L. Shchitovidnaya zheleza [Thyroid gland]. V kn.: Danilov R.K., Bykov V.L., red. Rukovodstvo po gistologii: uchebnoe posobie dlya stud. med. vuzov i fak.: v 2-kh t. [In the book.: Danilov R. K., Bykov V. L. Guide to histology: a study guide for the student. medical universities and faculties: in 2 vols.]. Vol. 2. Saint-Petersburg: SpetsLit; 2001: 453-476 (in Russian).
 4. Vinogradov S.Yu., Pogorelov Yu.V. Funktsional'naya morfologiya neyromediatornogo bioaminovogo obespecheniya shchitovidnoy zhelezy v usloviyakh adaptatsii [Functional morphology of neurotransmitter bioamine support of thyroid gland in conditions of adaptation]. Bulletin of the Ivanovo Medical Academy. 1997; 2 (3): 6-14 (in Russian).
 5. Korzhevskiy D.E., Gilyarov A.V. Osnovy gistologicheskoy tekhniki [Basics of histological technique]. Saint-Petersburg: SpetsLit; 2010. 95.
 6. Semchenko V.V., Barashkova S.A., Nozdrin V.N., et al. Gistologicheskaya tekhnika: Uchebnoe posobie [Histological technique: Textbook]. Omsk Orel: Omsk regional printing house; 2006. 290 (in Russian).
 7. Shadlinskiy V.B., Rustamova S.M. Izmeneniya, nablyudaemye v shchitovidnoy zheleze krysa v eksperimente na fone gipokinezii [The Observed Changes of the Rat Thyroid Gland after Experimental Hypokinesia]. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2014; 3 (2): 56-59 (in Russian).
 8. Fagman H., Nilsson M. Morphogenesis of the thyroid gland. Molecular and Cellular Endocrinology. 2010; 323(1), 35-54.
 9. Gibson W.C., Peng T.C., Croker B.P. C-cell nodules in adult human thyroid. A common autopsy finding. Am J Clin Pathol. 1981; 75 (3): 347-350.
 10. Hulbert A.J. Thyroid hormones and their effects: a new perspective. Biol Rev Camb Philos Soc. 2000; 75 (4): 519-631.
 11. Kameda Y. Immunohistochemical study of C cell follicles in dog thyroid glands. Anat Rec. 1982: 204 (1): 55-60.
 12. Toda S., Watanabe K., Yokoi F. et al. A new organotypic culture of thyroid tissue maintains three-dimensional follicles with C-cells for a long term. Biochem Biophys Res Commun. 2002; 294 (4): 906-911.
 13. Nikiforov Y., Biddinger P.W., Thompson L.D.R. Diagnostic pathology and molecular genetics of the thyroid. Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. 436.
 14. Usenko V.S., Gerbil'sky L.V., Kornilovskaya I.N. The epitheliomeral concept of the thyroid gland's structural organization. Anat. Rec. 1996; 224 (2): 214-224.
 15. Zbucki R.L., Winnicka M.M., Sawicki B. et al. Alteration of para-follicular (C) cells activity in the experimental model of hypothyroidism in rats. Folia Histochemica et Cytobiologica. 2007; 45 (2): 115-121.

Сведения об авторе

Безденежных Андрей Вячеславович – канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной анатомии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России. 603126, г. Нижний Новгород, ул. Родионова, 190а. E-mail: natom311@gmail.com

Поступила в редакцию 12.06.2017 г.

Для цитирования: Безденежных А.В. Морфофункциональная характеристика парафолликулярных клеток щитовидной железы собак при различных видах двигательной активности. Журнал анатомии и гистопатологии. 2018; 7(1): 27-32. doi: 10.18499/2225-7357-2018-7-1-27-32

For citation: Bezdenezhnykh A.V. Morphofunctional characteristic of para-follicular cells of thyroid gland in dogs at various kinds of physical activity. Journal of Anatomy and Histopathology. 2018; 7(1): 27-32. doi: 10.18499/2225-7357-2018-7-1-27-32