

уравнений для определения окружности головки и шейки бедренной кости по их размерам, доступным для измерений на рентгенограммах.

Конфликт интересов. Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России «Изучение конструкционной изменчивости и биомеханических свойств скелетной, кровеносной систем, органов чувств. Медицинская антропология». Номер государственной регистрации 0203042330329.

References (Литература)

1. Karjakina EV, Persova EA. Aseptic instability of the hip endoprosthesis in patients with coxarthrosis. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2009; 5 (3): 375–378. Russian (Карякина Е. В., Персова Е. А. Асептическая нестабильность эндопротеза тазобедренного сустава у больных коксартрозом. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2009; 5 (3): 375–378.)
2. Zagorodnij NV, Il'in AA, Karpov VN, et al. Titanium alloys in total hip replacement. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N. N. Priorova* 2000; (1): 49–53. Russian (Загородний Н. В., Ильин А. А., Карпов В. Н. и др. Титановые сплавы в эндопротезировании тазобедренного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова* 2000; (1): 49–53.)
3. Akhatyamov IF. About succession in surgical treatment of dysplastic coxarthrosis. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N. N. Priorova* 2005; (2): 70–75. Russian (Ахтямов И. Ф. К вопросу о преемственности в хирургическом лечении диспластического коксартроза. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова* 2005; (2): 70–75.)
4. Makarov SA, Makarov MA, Pavlov VP. Changes of bone mineral density around endoprosthesis after uncemented total hip arthroplasty in pts with rheumatic diseases. *Science-practical Rheumatology* 2006; (1): 63–67. Russian (Макаров С. С., Макаров М. А., Павлов В. П. Изменение минеральной плотности костной ткани вокруг эндопротеза у больных с ревматическими заболеваниями после операции бесцементного тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. *Научно-практическая ревматология* 2006; (1): 63–67.)
5. Sokolov VA. Multiple and associated injuries. *Moscow, 2006; 512 p.* Russian (Соколов В. А. Множественные и сочетанные травмы. М., 2006; 512 с.)
6. Khmara AD, Norkin IA, Khmara TG. Modern techniques in treatment of chest and extremity polytraumas. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2012; 8 (4): 982–988. Russian (Хмара А. Д., Норкин И. А., Хмара Т. Г. Тактика лечения при сочетанной травме груди и сегментов конечностей. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2012; 8 (4): 982–988.)
7. Petrov AB, Kovalyova ID, Ruzanov VI. Surgical correction of hip joint at dysplasia: history of development and present state of the problem. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2010; 6 (1): 150–154. Russian (Петров А. Б., Ковалева И. Д., Рузанов В. И. Хирургическая коррекция диспластического тазобедренного сустава: история развития и современное состояние вопроса. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2010; 6 (1): 150–154.)
8. Artem'ev JeV. Surgical treatment of dysplastic coxarthrosis. *PhD abstract. SPb., 2001; 13 p.* Russian (Артемьев Э. В. Хирургическое лечение диспластического коксартроза: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2001; 13 с.)
9. Alekseev VP. *Osteometriya. Moscow: Nauka, 1966; 249 p.* (Алексеев В. П. *Остеометрия*. М.: Наука, 1966; 249 с.)
10. Nikolenko VN, Fomicheva OA, Zhmurko RS, et al. Individual and typological morphogeometric features of the proximal of femoral bone. *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2010; 6 (1): 36–39. Russian (Николенко В. Н., Фомичева О. А., Жмурко Р. С., и др. Индивидуально-типологические особенности морфогометрии проксимального отдела бедренной кости. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2010; 6 (1): 36–39.)
11. Anisimov DI, Zhmurko RS, Jusupov KS, et al. Individually-typological variability of bone structures and nutritional holes proximal femoral epiphysis. In: *Macro-and micromorphology. Saratov: Izd-vo Sarat. med. un-ta, 2011: 175–178.* Russian (Анисимов Д. И., Жмурко Р. С., Юсупов К. С. и др. Индивидуально-типологическая изменчивость костных структур и питательных отверстий проксимального эпифиза бедренной кости. В кн.: *Макро- и микроморфология: межвуз. сб. науч. работ. Саратов: Изд-во Саратов. мед. ун-та, 2011: 175–178.*)
12. Popryga DV, Anisimov DI, Zhmurko RS, et al. Bilateral dissymmetry of the long bones of the lower limbs of human. In: *Problems in biomedical science of the third millennium: Mater. II All-Russia. scientific. conf. young scientists. SPb., 2012: 32–34.* Russian (Попрыга Д. В., Анисимов Д. И., Жмурко Р. С. и др. Билатеральная диссимметрия длинных трубчатых костей нижних конечностей человека. В кн.: *Проблемы биомедицинской науки третьего тысячелетия: матер. II Всерос. науч. конф. молодых ученых. СПб., 2012: 32–34.*)

УДК 616.441

Оригинальная статья.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ТИРЕОИДНОЙ ПАТОЛОГИИ

О. В. Калмин — ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки РФ, заведующий кафедрой анатомии человека, профессор, доктор медицинских наук; **О. О. Калмин** — ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» Минобрнауки РФ, ассистент кафедры клинической морфологии и судебной медицины с курсом онкологии.

MATHEMATICAL MODELING OF STRUCTURAL INDICES OF THYROID GLAND IN THYROID PATHOLOGY

O. V. Kalmin — *Penza State University, Head of Department of Human Anatomy, Professor, Doctor of Medical Science*; **O. O. Kalmin** — *Penza State University, Department of Clinical Morphology and Forensic Medicine with a Course of Oncology, Assistant.*

Дата поступления — 16.12.2013 г.

Дата принятия в печать — 3.03.2014 г.

Калмин О. В., Калмин О. О. Математическое моделирование показателей структуры щитовидной железы при тиреоидной патологии. Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10(1) 38–44.

Цель: комплексный анализ морфологических параметров щитовидной железы при различных формах тиреоидной патологии методами математического моделирования. **Материал и методы.** Гистологическими методами изучены операционные образцы щитовидных желез 199 больных обоего пола в возрасте от 21 до 74 лет, подвергнутых хирургическому лечению. Экспериментальные данные изучены методами факторного и дискри-

минантного анализа. *Результаты.* При факторном анализе 60 экспериментальных параметров выделены 14 главных факторов, которые свидетельствуют о 14 вероятных тенденциях в динамике структуры щитовидной железы в связи с увеличением степени тяжести патологических процессов. Дискриминантный анализ показал, что при исследовании только количественных показателей структуры щитовидной железы возможны случаи ошибочного отнесения вариантов в теоретических группах, однако при исследовании всей совокупности показателей наблюдалось 100%-е правильное распределение случаев по группам патологии. *Заключение.* В результате факторного анализа исходная система из 60 морфологических показателей щитовидной железы при различных формах патологии была минимизирована до 14 новых некоррелирующих параметров (главных факторов), отражающих основные закономерности изменений морфологии органа при патологии. В результате проведения дискриминантного анализа морфологических параметров щитовидной железы при различных видах ее патологии выявлена важность полуколичественных параметров тиреоидной структуры.

Ключевые слова: щитовидная железа, морфометрия, факторный анализ, дискриминантный анализ.

Kalmin OV, Kalmin OO. Mathematical modeling of structural indices of thyroid gland in thyroid pathology. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2014; 10(1): 38–44.

Purpose: the complete analysis of the morphological parameters of the thyroid gland in various forms of thyroid pathology by methods of mathematical modeling. *Material and Methods.* Histologically examined samples of operating thyroid glands of 199 patients of both sexes aged 21 to 74 years, were treated surgically. Experimental data were studied by factorial and discriminant analysis. *Results.* When the factor analysis of 60 experimental parameters were identified 14 major factors that indicate 14 main trends in the dynamics of the structure of the thyroid gland due to an increase in severity of pathological processes. Discriminant analysis showed that the study of quantitative structure of the thyroid gland there may be cases of erroneous inclusion in the theoretical option groups, however, the study of the entire set of indicators observed a 100% correct distribution of cases by groups of pathology. *Conclusion.* As a result, the factor of the original system of 60 morphological parameters of thyroid pathology in various forms has been minimized to 14 new uncorrelated parameters (main factors), reflecting changes in the morphology of the basic laws of the pathology of the gland. As a result of the discriminant analysis of morphological parameters of the thyroid gland in different types of its pathology the importance of semi-quantitative parameters of thyroid structure has been revealed.

Key words: thyroid gland, morphometry, factor analysis, discriminant analysis.

Введение. Современные морфологические исследования все в большей степени опираются не только на описательные, но и на морфометрические и экспериментальные методы, что в конечном счете приводит к увеличению объема количественных показателей, которые требуют объективного математического анализа и интерпретации. Наиболее часто для этого используются методы вариационной статистики, но они не всегда позволяют комплексно изучить биологические явления, многие параметры которых обладают выраженной мультиколлинеарностью. Все это затрудняет проведение статистического анализа и математического моделирования, а регрессионная модель, применяемая наиболее часто, становится неадекватной [1].

Решение этой задачи возможно при применении метода главных компонент и факторного анализа. Они позволяют описать объект исследований минимальным числом некоррелированных характеристик; на основе стохастической связи первоначальных признаков с главными компонентами или факторами объективно выбрать минимальное число показателей, обладающих наибольшей информативностью в определенной системе координат; выявить основные закономерности изучаемого процесса [2].

Факторный анализ более удобен при изучении динамики и закономерностей биологического процесса, чем метод главных компонент. Если каждая главная компонента связана примерно одинаково с большим количеством первоначальных экспериментальных параметров и несет информацию о поведении всех этих показателей, то каждый главный фактор содержит максимальную информацию об одном или нескольких сходных экспериментальных параметрах и минимальную информацию обо всех других. Следовательно, достигается высокая степень дифференцированности главных факторов, когда каждый фак-

тор отражает всего одну закономерность изучаемого процесса [2].

Но это только один аспект проблемы комплексного анализа экспериментальных данных. Другой аспект — классификация наблюдений и определенные критерии, по которым возможно определить групповую принадлежность нового экспериментального объекта. Эту задачу решает дискриминантный анализ. Он дает возможность получить так называемое решающее правило, которое позволяет на основании набора признаков правильно отнести новое наблюдение к одной из экспериментальных групп с минимальной вероятностью ошибки. В результате дискриминантного анализа находят новые линейные фиктивные признаки, называемые дискриминантными функциями, так, чтобы каждый из них разделял анализируемые группы с достижением минимальной трансгрессии. Величина трансгрессии может служить основой для оценки вероятности ошибки при отнесении некоторого наблюдения к одной из групп [3–5].

Цель: проведение комплексного анализа морфологических параметров щитовидной железы при различных формах тиреоидной патологии методами математического моделирования.

Материал и методы. Материалом исследования послужили операционные образцы щитовидных желез 199 больных обоего пола в возрасте от 21 до 74 лет, подвергнутых хирургическому лечению.

Материал исследования был разделен на 6 групп по гистологической картине: 1) макромикрофолликулярный коллоидный нетоксический зоб (ММФНТЗ) (70 случаев), 2) макромикрофолликулярный коллоидный токсический зоб (ММФТЗ) (20 случаев), 3) диффузный токсический зоб (ДТЗ) (48 случаев), 4) аутоиммунный тиреоидит (АТ) (21 случай), 5) аденома щитовидной железы (А) (23 случая), 6) рак щитовидной железы (Р) (17 случаев).

Парафиновые срезы толщиной 7–8 мкм окрашивали гематоксилином-эозином. При помощи микроскопа Leica DM1000 и цифровой фотонасадки Nikon с каждого гистологического препарата было получено

по 5 репрезентативных фотографий. Всего было изучено 2700 микрофотографий.

На микрофотографиях с помощью программного пакета Digitizer v.4.2.0.0 изучали следующие количественные и полуквантитативные параметры: размеры эпителиальных клеток и ядер, ядерно-цитоплазматический индекс, форму А- и В- клеток, расположение и форму ядер в клетках, состояние ядра и цитоплазмы, наличие многоядерных клеток, степень и характер пролиферации эпителия, наличие кист, наличие псаммозных телец, наличие солидных и тубулярных структур, состояние коллоида, характер лимфоидной инфильтрации, наличие кровоизлияний. Всего было изучено 60 параметров.

Полученные морфометрические параметры изучены с помощью факторного анализа методом главных компонент и дискриминантного анализа в программном пакете IBM SPSS v22.

Результаты. В целях математического моделирования применен факторный анализ методом главных компонент. Оптимизация полученной факторной модели проведена с помощью 24 вращений методом «varimax» с нормализацией Кайзера, в результате чего получены коэффициенты влияния (коэффициенты корреляции) экспериментальных параметров на главные факторы, характеризующие относительный вклад каждого показателя в формирование главных факторов.

При анализе полученных 60 экспериментальных параметров выделены 14 главных факторов. Первый фактор объяснял 22,8% совокупной дисперсии признаков, второй фактор — 8,8%, третий — 7,8%,

четвертый — 6,4%, пятый — 4,9%, шестой — 4,5%, седьмой — 3,5%, восьмой — 2,9%, девятый — 2,9%, десятый — 2,7%, одиннадцатый — 2,6%, двенадцатый — 2,6%, тринадцатый — 2,5%, четырнадцатый — 2,2%. В совокупности эти факторы объясняли 77,1% общей дисперсии признаков.

Наибольшее влияние на формирование первого главного фактора оказали высота и ширина клетки, высота и ширина ядра, объем клетки, объем ядра, наличие полиморфных А-клеток, многоядерных клеток, отличий строения узла от нормальной ткани, наличие папиллярных структур с короткими, длинными, широкими и ветвящимися сосочками. На второй главный фактор в наибольшей степени влияли наличие оксифильной цитоплазмы, наличие В-клеток и мономорфное строение узла. Третий главный фактор сильно коррелировал только с наличием сетчатого и плотного коллоида. Четвертый фактор — с наличием вытянутого и округлого ядра В-клеток. На пятый фактор наибольшее влияние оказывало наличие плоских и кубических А-клеток. На шестой фактор наибольшее влияние оказывало наличие округлой формы В-клеток. Седьмой фактор сильно коррелировал только с наличием диффузной лимфоидной инфильтрации, восьмой — с наличием гомогенного коллоида, девятый — с объемом цитоплазмы, десятый — с наличием пенистого коллоида, одиннадцатый — с наличием плоскоклеточной метаплазии, двенадцатый — с наличием псаммозных телец, тринадцатый — с наличием кровоизлияний и четырнадцатый — с наличием зернистой цитоплазмы (табл. 1).

Таблица 1

Весовые нагрузки главных факторов

Параметры	Главные факторы													
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й
Высота эпителия	0,792	0,347	-0,083	0,009	0,241	-0,134	0,038	-0,061	-0,097	0,137	0,049	-0,029	0,193	0,064
Ширина эпителия	0,805	0,251	-0,091	0,207	0,103	-0,185	0,052	-0,115	-0,119	0,166	0,030	-0,015	0,220	0,053
Объем клетки	0,884	0,210	-0,054	0,096	0,171	-0,147	0,021	-0,059	-0,070	0,145	0,037	-0,038	0,192	0,065
Высота ядра	0,786	0,388	-0,111	0,001	0,213	-0,101	0,002	-0,075	-0,013	0,097	0,055	0,003	0,153	0,059
Ширина ядра	0,748	0,405	-0,185	0,136	0,045	-0,136	0,075	-0,192	0,053	0,169	0,022	0,067	0,207	0,079
Объем ядра	0,886	0,249	-0,083	0,053	0,154	-0,104	0,011	-0,078	0,093	0,132	0,033	-0,002	0,175	0,089
Объем цитоплазмы	0,038	-0,171	0,132	0,206	0,089	-0,209	0,048	0,089	-0,763	0,068	0,019	-0,168	0,091	-0,110
Ядерно-цитоплазматическое отношение	0,463	0,098	0,044	0,043	0,080	-0,015	-0,029	-0,038	0,667	-0,009	0,175	-0,010	0,306	0,049
Плоские А-клетки	-0,157	-0,145	-0,238	0,153	-0,820	0,007	-0,050	0,027	0,020	0,042	-0,030	0,031	-0,041	0,075
Цилиндрические А-клетки	-0,051	0,101	-0,109	0,019	0,172	-0,044	-0,208	-0,074	0,041	-0,075	-0,077	0,589	-0,204	0,085
Кубические А-клетки	-0,009	0,109	-0,103	0,068	0,819	0,047	-0,095	0,138	-0,023	-0,017	-0,035	0,207	0,067	0,031
Полиморфные А-клетки	0,889	-0,038	0,186	-0,019	0,035	0,104	-0,055	0,033	0,134	-0,106	0,229	-0,045	0,024	0,064
Округлое ядро А-клеток	0,153	0,601	0,126	-0,137	0,343	-0,160	-0,196	0,050	0,131	-0,157	0,054	-0,302	-0,092	-0,014
Овальное ядро А-клеток	0,068	0,278	0,131	0,038	0,147	0,167	0,180	-0,137	-0,341	0,519	-0,041	0,132	0,115	0,172
Вытянутое ядро А-клеток	-0,245	-0,624	0,024	0,092	-0,518	-0,162	0,133	0,119	-0,061	-0,106	0,015	0,055	0,031	-0,023
Неправильная форма клеток	0,681	-0,072	0,172	-0,073	-0,088	0,098	-0,043	0,084	-0,206	-0,025	0,078	0,285	-0,209	-0,179
Нормохромные ядра	-0,424	0,217	0,127	0,056	-0,491	0,000	0,070	0,378	0,050	-0,091	0,008	0,101	0,113	-0,017
Гипохромные ядра	-0,099	-0,327	-0,028	0,237	-0,228	0,280	-0,042	0,423	0,117	-0,107	0,038	0,351	0,069	0,264

Продолжение табл 1

Параметры	Главные факторы													
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й
Гиперхромные ядра	0,696	-0,008	-0,204	0,062	0,469	-0,064	0,083	-0,198	-0,013	0,168	0,050	-0,126	0,007	0,035
Базофильная цитоплазма	0,237	-0,662	-0,328	0,016	0,071	-0,069	0,334	-0,120	0,015	0,000	0,136	-0,028	-0,110	0,088
Оксифильная цитоплазма	0,024	0,796	0,350	0,243	-0,046	0,133	-0,105	0,044	0,034	0,017	0,017	0,046	0,016	-0,074
Вакуолированная цитоплазма	0,112	0,376	0,154	0,281	-0,097	-0,238	-0,050	-0,210	-0,231	-0,108	0,380	0,008	0,181	0,237
Многоядерные клетки	0,725	-0,088	0,192	-0,013	-0,055	0,040	-0,055	0,090	0,215	-0,008	0,219	0,155	-0,081	0,163
Интрафолликулярная пролиферация	0,644	-0,240	-0,351	0,145	0,185	-0,063	0,263	0,004	-0,072	0,079	0,061	-0,037	0,041	0,102
Очаговая пролиферация	-0,042	0,382	-0,384	0,594	0,064	-0,001	0,224	0,020	-0,041	0,113	-0,072	-0,081	-0,032	-0,085
Диффузная пролиферация	0,643	-0,042	-0,387	-0,230	0,200	-0,119	0,244	-0,030	0,037	0,089	0,067	0,037	0,038	0,119
Наличие В-клеток	-0,164	-0,736	-0,228	-0,154	-0,060	-0,003	0,008	0,065	-0,001	-0,001	-0,005	-0,133	-0,030	-0,020
Округлая форма В-клеток	-0,029	-0,110	-0,486	0,214	0,057	0,685	-0,066	0,094	0,071	-0,076	0,052	-0,053	0,049	0,058
Овальная форма В-клеток	0,350	-0,003	0,695	0,292	-0,034	-0,174	-0,041	0,069	-0,197	-0,017	0,057	-0,021	0,143	-0,036
Эозинофильная цитоплазма	0,167	0,010	0,377	0,698	0,208	0,257	-0,053	-0,055	0,004	0,119	0,085	-0,097	-0,020	-0,051
Зернистая цитоплазма	0,352	-0,041	0,131	-0,016	-0,020	0,069	-0,053	0,023	0,121	-0,006	-0,034	-0,091	-0,079	0,794
Округлое ядро В-клеток	0,121	0,114	-0,176	-0,824	0,210	-0,012	-0,068	0,022	-0,038	0,022	-0,011	-0,027	0,058	0,077
Овальное ядро В-клеток	-0,089	-0,369	-0,075	0,284	-0,012	-0,506	-0,040	-0,031	0,054	0,311	0,015	-0,118	-0,101	-0,165
Вытянутое ядро В-клеток	0,058	0,069	0,000	0,745	-0,038	-0,017	0,051	-0,069	-0,141	-0,128	-0,083	-0,007	0,088	0,161
Нормохромные ядра В-клеток	0,135	0,156	0,139	0,249	0,000	0,609	-0,475	-0,228	0,177	0,082	0,033	0,157	-0,052	-0,055
Гипохромные ядра В-клеток	-0,097	-0,413	-0,283	-0,271	-0,042	-0,396	0,048	0,421	-0,141	0,029	-0,132	-0,099	0,247	0,127
Гиперхромные ядра В-клеток	0,487	-0,183	0,118	0,114	0,211	0,157	-0,032	-0,451	0,032	0,137	0,043	-0,011	-0,047	-0,018
Наличие С-клеток	-0,240	-0,119	0,397	0,654	-0,023	0,313	-0,090	0,248	-0,121	0,119	0,023	0,002	0,104	-0,011
Мономорфное строение узла	0,059	0,833	-0,216	-0,209	0,086	0,006	0,034	-0,126	0,134	0,059	-0,027	0,141	-0,016	0,019
Отличие узла от ткани	0,708	0,128	-0,485	-0,219	0,096	-0,010	0,152	0,059	0,163	0,095	0,033	0,026	-0,007	0,044
Наличие кист	0,528	0,252	-0,071	-0,149	-0,116	0,205	-0,088	-0,058	-0,084	-0,072	0,185	0,172	-0,290	0,104
Наличие псаммозных телец	0,226	0,149	0,086	-0,170	-0,010	0,086	0,066	-0,047	0,114	-0,002	0,130	0,641	0,141	-0,266
Наличие тубулярных структур	0,421	0,095	-0,254	0,083	0,214	-0,303	-0,096	0,000	-0,099	0,294	0,199	-0,253	0,050	0,112
Наличие папиллярных структур	0,915	-0,065	0,253	-0,050	-0,019	0,158	-0,040	0,036	0,122	-0,100	0,068	0,029	0,006	0,004
Короткие сосочки	0,863	-0,063	0,244	-0,063	0,013	0,186	-0,020	0,019	0,078	-0,116	0,083	-0,015	0,002	0,073
Длинные сосочки	0,822	-0,023	0,187	-0,070	-0,101	0,194	-0,082	0,036	-0,103	-0,108	0,029	-0,013	-0,110	0,005
Узкие сосочки	0,529	-0,073	0,162	-0,060	0,011	0,023	-0,030	0,017	0,099	0,019	0,636	0,103	-0,008	0,179
Широкие сосочки	0,811	-0,042	0,238	-0,068	0,019	0,178	-0,025	-0,003	0,114	-0,107	0,168	-0,054	0,052	0,037
Ветвящиеся сосочки	0,746	-0,050	0,176	-0,042	-0,124	0,113	-0,067	-0,001	-0,029	-0,096	-0,126	-0,008	-0,042	-0,210
Плоскоклеточная метаплазия	0,413	-0,032	0,042	-0,051	0,009	0,097	-0,006	0,009	0,059	-0,037	0,795	-0,042	-0,037	-0,191
Гомогенный коллоид	-0,161	0,291	-0,305	0,003	-0,209	0,088	0,080	-0,673	0,156	-0,073	-0,034	0,207	-0,063	0,036
Плотный коллоид	-0,060	-0,048	-0,707	-0,200	-0,174	-0,107	0,218	0,026	-0,038	-0,023	-0,001	0,023	0,154	-0,035
Сетчатый коллоид	0,047	0,236	0,766	0,093	-0,012	-0,020	0,087	0,132	-0,025	-0,011	0,089	0,031	0,063	0,137
Слоистый коллоид	-0,094	0,275	0,387	0,440	0,048	-0,003	0,059	0,373	0,092	0,050	-0,028	-0,152	-0,386	-0,063

Параметры	Главные факторы													
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й
Пенистый коллоид	0,019	-0,040	-0,029	-0,037	-0,047	-0,032	-0,090	0,030	0,015	0,838	-0,025	-0,083	0,003	-0,053
Глыбчатый коллоид	0,110	0,301	0,574	-0,033	-0,059	0,154	0,270	-0,011	0,010	-0,037	0,084	-0,046	0,011	0,021
Краевая вакуолизация коллоида	-0,472	0,207	-0,057	-0,234	-0,082	0,286	-0,620	0,064	0,036	0,002	-0,004	0,186	-0,077	0,047
Очаговая лимфоидная инфильтрация	0,303	0,077	0,303	0,159	0,047	0,592	-0,059	-0,116	0,091	0,174	0,045	-0,037	0,057	0,006
Диффузная лимфоидная инфильтрация	-0,120	-0,125	-0,003	0,074	-0,123	-0,030	0,875	-0,020	-0,023	-0,048	-0,042	-0,018	-0,086	-0,046
Кровоизлияния	0,187	0,054	0,026	0,022	0,043	0,063	-0,049	0,082	0,036	0,029	-0,011	-0,052	0,750	-0,056

Таким образом, в результате факторного анализа методом главных компонент была минимизирована исходная система 60 морфологических показателей щитовидной железы при различных формах патологии до 14 новых некоррелирующих параметров, отражающих основные закономерности изменений морфологии органа при патологии.

В целях поиска объективных критериев морфологической диагностики тиреоидной патологии был применен дискриминантный анализ полученных морфометрических параметров.

При исследовании только количественных показателей структуры щитовидной железы группировка объектов исследования методом дискриминантного анализа показала достоверность различий между исследованными группами по данным показателям с точностью более 95% ($P < 0,05$). Однако наблюдались случаи ошибочного отнесения случаев между группами ММФНТЗ и ММФТЗ, ДТЗ и АТ, А и Р (табл. 2, рис. 1).

При исследовании всей совокупности количественных и полуколичественных показателей структуры щитовидной железы группировка объектов исследования показала достоверность различий между исследованными группами по данным показателям с точностью более 99,9% ($P < 0,001$). Наблюдалось 100%-е правильное распределение экспери-

ментальных случаев по группам патологии (табл. 2, рис. 2).

В результате анализа рассчитаны 6 дискриминантных уравнений, позволяющих классифицировать новые случаи тиреоидной патологии в 6 групп, соответствующих изучаемым. Полученные дискриминантные уравнения можно представить в следующем виде:

$$W_j = \sum_{i=1}^{10} (A_{i,j} \cdot X_i) + C_j,$$

где W_j — значение дискриминантной функции ($j=1..6$); $A_{i,j}$ — коэффициент j -й дискриминантной функции при i -м морфометрическом показателе; X_i — морфометрический параметр ($i=1..60$); C_j — постоянная j -й дискриминантной функции.

Подстановка экспериментальных морфометрических параметров во все шесть уравнений дает 6 величин W_1-W_6 . Наибольшее значение j -й дискриминантной функции W_j определяет принадлежность данного объекта к этой группе.

Пошаговый дискриминантный анализ методом расчета коэффициента (лямбды) Уилкса позволил выделить 25 параметров структуры щитовидной же-

Таблица 2

Распределение материала исследования по теоретическим группам методом дискриминантного анализа

	ММФНТЗ	ММФТЗ	ДТЗ	АТ	А	Р	Итого
Исследование количественных параметров							
ММФНТЗ	84,3	14,3	0	1,4	0	0	100,0
ММФТЗ	30,0	70,0	0	0	0	0	100,0
ДТЗ	0	0	83,3	16,7	0	0	100,0
АТ	4,8	0	42,9	52,4	0	0	100,0
А	0	0	4,3	4,3	87,0	4,3	100,0
Р	0	0	0	0	17,6	82,4	100,0
Исследование количественных и полуколичественных параметров							
ММФНТЗ	100,0	0	0	0	0	0	100,0
ММФТЗ	0	100,0	0	0	0	0	100,0
ДТЗ	0	0	100,0	0	0	0	100,0
АТ	0	0	0	100,0	0	0	100,0
А	0	0	0	0	100,0	0	100,0
Р	0	0	0	0	0	100,0	100,0



Рис. 1. Группировка материала исследования по количественным параметрам методом дискриминантного анализа (1 — ММФНТЗ, 2 — ММФТЗ, 3 — ДТЗ, 4 — АТ, 5 — А, 6 — Р)

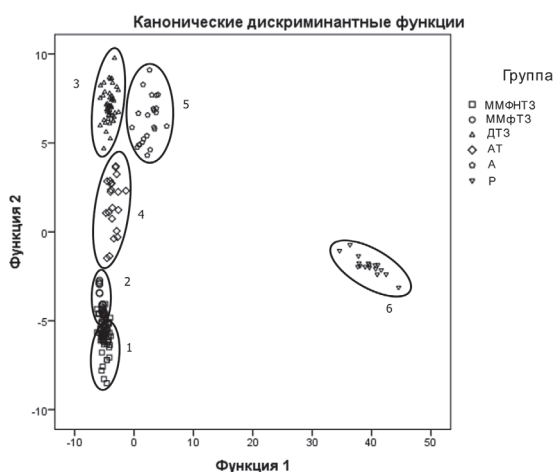


Рис. 2. Группировка материала исследования по количественным и полуколичественным параметрам методом дискриминантного анализа (1 — ММФНТЗ, 2 — ММФТЗ, 3 — ДТЗ, 4 — АТ, 5 — А, 6 — Р)

лезы, наиболее значимых для классификации случаев патологии: ширина эпителия, ширина ядра, объем ядра, наличие плоских А-клеток, вытянутого ядра, гиперхромных ядер, многоядерных клеток, очаговой и диффузной интрафолликулярной пролиферации эпителия, наличие овальных В-клеток, нормохромных гипо- и гиперхромных ядер, мономорфное строение узла, наличие тубулярных и папиллярных структур, коротких, узких сосочков, гомогенного, плотного и сетчатого коллоида, краевой вакуолизации коллоида и наличие диффузной лимфоидной инфильтрации (табл. 3).

Данные дискриминантные уравнения позволяют объективно дифференцировать по морфологическим параметрам щитовидной железы новые случаи тиреоидной патологии с высокой степенью достоверности.

Обсуждение. Результаты факторного анализа методом главных компонент показал, что первый главный фактор можно считать в данной системе фактором папиллярной трансформации и размера клеток, второй — мономорфности патологического узла и наличия В-клеток, третий, восьмой и десятый — факторами состояния коллоида, четвертый — фактором, характеризовавшим ядро В-клеток, пятый фактор определял форму А-клеток, шестой — форму В-клеток, седьмой, двенадцатый и тринадцатый факторы описывали тканевые изменения щитовидной железы, девятый и четырнадцатый факторы отражали состояние цитоплазмы, одиннадцатый — метапластические изменения.

Выделение четырнадцати главных факторов свидетельствует о 14 вероятных тенденциях в динамике структуры щитовидной железы в связи с увеличением степени тяжести патологических процессов.

Высокий процент совокупной дисперсии показателей, описываемый первым главным фактором, дает право считать динамику и уравнение множественной регрессии первого фактора отражением основной закономерности патологического процесса в щитовидной железе.

Дискриминантный анализ показал, что использование только количественных параметров структуры щитовидной железы не позволяет провести абсолютно достоверную дифференциальную диагностику

Таблица 3

Коэффициенты дискриминантных функций

Параметры	Экспериментальные группы					
	ММФНТЗ	ММФТЗ	ДТЗ	АТ	А	Р
Ширина эпителия	50,335	47,760	37,681	47,537	45,087	56,920
Ширина ядра	-25,886	-32,304	-11,917	-15,522	-19,569	-55,575
Объем ядра	-0,162	-0,119	-0,141	-0,213	-0,035	0,415
Плоские А-клетки	9,797	5,234	8,321	6,334	5,317	16,598
Полиморфные А-клетки	1,262	-8,991	-3,775	2,860	10,100	60,365
Вытянутое ядро А-клеток	5,364	-2,099	-4,677	-4,240	-1,948	6,200
Гиперхромные ядра	8,402	10,319	6,452	6,699	13,008	21,335
Многоядерные клетки	-3,724	-0,518	-5,903	13,937	-16,250	-70,404
Интрафолликулярная пролиферация	-6,896	-0,021	-1,524	-5,907	-3,158	-10,129
Очаговая пролиферация	0,138	-1,878	1,008	-0,790	5,458	0,939
Диффузная пролиферация	5,418	1,072	7,928	14,895	16,688	22,360

Параметры	Экспериментальные группы					
	ММФНТЗ	ММФТЗ	ДТЗ	АТ	А	Р
Овальная форма В-клеток	-3,878	-11,123	-13,542	-12,668	8,298	9,768
Нормохромные ядра В-клеток	35,819	53,769	55,229	24,086	46,645	53,643
Гипохромные ядра В-клеток	20,285	18,490	18,394	6,114	23,901	27,179
Гиперхромные ядра В-клеток	-4,679	-1,292	-2,312	-10,899	6,758	10,758
Мономорфное строение узла	16,747	19,575	42,077	43,947	43,354	36,485
Наличие тубулярных структур	-2,461	3,929	4,380	-2,676	19,645	-3,292
Наличие папиллярных структур	14,678	17,059	15,731	14,662	17,174	277,779
Короткие сосочки	8,298	6,432	7,653	-8,217	18,433	170,237
Узкие сосочки	12,103	7,611	6,305	-2,167	13,196	204,925
Гомогенный коллоид	11,933	5,217	17,518	15,287	13,471	11,651
Плотный коллоид	5,430	5,468	14,718	9,139	19,264	11,994
Сетчатый коллоид	6,410	3,741	2,751	9,417	0,891	8,630
Краевая вакуолизация коллоида	-1,540	8,189	5,594	-6,630	-5,734	-11,938
Диффузная лимфоидная инфильтрация	-7,407	-9,748	-11,687	24,024	-21,230	-24,326
Постоянная функции	-190,499	-202,343	-268,000	-247,133	-311,035	868,135

тиреоидной патологии. Только совокупность количественных и полуколичественных параметров со 100%-й достоверностью позволяет классифицировать новые случаи тиреоидной патологии. Выделение же статистически значимых для классификации параметров позволяет сократить объем исследования и ускорить процесс дифференциальной диагностики.

Заключение. Таким образом, в результате факторного анализа исходная система из 60 морфологических показателей щитовидной железы при различных формах патологии была минимизирована до 14 новых некоррелирующих параметров (главных факторов), отражающих основные закономерности изменений морфологии органа при патологии. В результате проведения дискриминантного анализа морфологических параметров щитовидной железы при различных видах ее патологии выявлена важность полуколичественных параметров тиреоидной структуры. Эти показатели необходимо оценивать при диагностике и использовать как главные критерии при дифференцировке случаев патологии щитовидной железы. Использование только количественных параметров структуры щитовидной железы

не позволяет провести абсолютно достоверную дифференциальную диагностику тиреоидной патологии.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках приоритетного направления научно-исследовательской деятельности Пензенского государственного университета на 2011–2015 гг. № 4 «Биомедицинский кластер».

References (Литература)

1. Dubrov AM. Processing of statistical data by principal components. Moscow: Statistika, 1978; 135 p. Russian (Дубров А. М. Обработка статистических данных методом главных компонент. М.: Статистика, 1978; 135 с.)
2. Afifi A, Jezen S. Statistical analysis. Moscow: Mir, 1982; 488 p. Russian (Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. пер. с англ. М.: Мир, 1982; 488 с.)
3. Computer biometrics. V.N. Nosova eds.. Moscow: IZD-VO MGU, 1990; 232 p. Russian (Компьютерная биометрика. под ред. В. Н. Носова. М.: Изд-во МГУ, 1990; 232 с.)
4. Lakin GF. Biometrics. Moscow: Vyssh. shk., 1990; 352 p. Russian (Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990; 352 с.)
5. Nasledov AD. SPSS: Computer analysis of data in psychology and social sciences. SPb: Piter, 2005; 416 p. Russian (Наследов А. Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. СПб.: Питер, 2005; 416 с.)

УДК 611.018.51+612.111.6

Оригинальная статья.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ БИОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ В ЭРИТРОЦИТСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

И. М. Ламзин — ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, институт медицины, экологии и физической культуры, кафедра анатомии человека, аспирант;
Р. М. Хайруллин — ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, институт медицины, экологии и физической культуры, заведующий кафедрой анатомии человека, профессор, доктор медицинских наук.