

СИСТЕМНЫЙ СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТИМУСА НАЗЕМНЫХ
ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА: ПОСТРОЕНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В.Я. ЮРЧИНСКИЙ

ФГБОУ ВПО Смоленский государственный университет (СмоЛГУ),
ул. Нормандия-Неман, 21, Смоленск, 214030, e-mail: Zool72@mail.ru

Аннотация. У представителей четырех классов наземных позвоночных (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves*, *Mammalia*, включая человека) изучен ряд макро- и микроморфологических параметров тимуса: индекс массы тимуса, корково-мозговой индекс, индекс длины, ширины и толщины долей тимуса, относительная площадь кровеносного русла, количество и размеры тимусных телец, количество тимоцитов коры и мозгового вещества тимуса. С использованием дискриминантного анализа построены математические модели, отражающие конструктивные особенности тимуса как на макро- так и на микроморфологическом уровне у всех представителей сравнительно-морфологического ряда. Впервые определен характер взаимовлияния различных морфологических параметров тимуса. Установлена степень влияния каждого морфологического показателя на морфологическую структуру тимуса в целом. На основе полученных дискриминантных моделей появляется возможность определить масштабы различий и сходств в строении тимуса у позвоночных животных, отличающихся уровнем организации, особенностями биологии, степенью специализации к различным условиям среды обитания. Выявлено, что повышение емкости энергетического обмена и развитие теплокровности оказывает наиболее существенное влияние на морфологию тимуса позвоночных животных и человека. Показано, что по изученным морфологическим параметрам тимус человека отличается от данного органа позвоночных животных, обитающих в естественной экологически чистой среде, что связано с влиянием на здоровье человека экстремальных условий антропогенного характера.

Ключевые слова: позвоночные животные, тимус, макро- микроморфология, дискриминантный анализ.

SYSTEMATIC COMPARATIVE ANATOMICAL ANALYSIS OF THE THYMUS OF TERRESTRIAL
VERTEBRATE ANIMALS AND HUMAN: BUILDING A DISCRIMINANT
MATHEMATICAL MODEL

V. Ja. YURCHINSKIY

Smolensk State University, st. Normandie-Niemen, 21, Smolensk, 214030, e-mail: Zool72@mail.ru

Abstract. The number of macro- and micro-morphological thymus parameters of specimen of four classes of vertebrate animals (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves*, *Mammalia*, including a human) were: the mass index of thymus, the cortico-medulare index, the index of length, width and thickness of thymus, the total area of blood vessels of thymus, the number and the overall dimensions of Hassle's corpuscles, the number of cortical thymocytes and the medullary substance of thymus. The mathematical models were constructed by means of discriminant analysis. These mathematical models have shown the features of macro- and micro-morphological parameters of thymus of vertebrate animals and human. This research has shown how morphological parameters of thymus influence each other. The work also presents a level of impact of each morphological parameter on morphological structure of thymus. The discriminant mathematical models have revealed the similarities and the differences in the structure of thymus gland of vertebrate animals which are remarkable for the organization level, biological features and for their adaptation to the habitat. The dependence of the morphology of the thymus on the capacity of energy metabolism of the organism was shown in article. The article presents the results of the anthropogenic environment influence on the morphology of human thymus.

Key words: vertebrate animals, thymus, macro- and micro-morphological parameters, discriminant analysis.

Изучая морфологию тимуса позвоночных животных и человека, большинство исследователей приходит к выводу о сходстве его строения у представителей различных таксонов [2, 14-16]. Причиной такого сходства считается тождественность функций [2, 10]. С другой стороны дистанция, разделяющая позвоночных животных, относящихся к разным классам и даже отрядам – значительна, что объясняется

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

серьезными отличиями уровня организации, степенью специализации к конкретным условиям жизни, постепенным развитием тканевых и клеточных механизмов иммунитета [9, 11]. В этих условиях у представителей разных таксонов типа Хордовые неизбежно должны появляться отличия строения тимуса. В силу дефицита сравнительно-морфологических исследований в этой области окончательных выводов о масштабах и характере подобных отличий нет, что сужает наше понимание механизмов становления морфофункциональной организации лимфоидной системы по мере развития наземных позвоночных.

Цель исследования – определение степени сходств и отличий морфологии тимуса позвоночных животных и человека по средством сравнительного изучения различных свойств его дискриминантной морфологической модели.

Материалы и методы исследования. Исследование тимуса проводилось на примере четырех классов неполовозрелых позвоночных (табл. 1). Возраст животных определялся с использованием общепринятых методик [6]. Отлов животных осуществлялся на территории национального природного парка «Смоленское Поозерье», экосистемы которого не затронуты антропогенным влиянием. Для исследования тимуса человека использовался материал, набранный на базе отделения клинической патологии детского возраста при Смоленском областном институте патологии. С целью исключения причин смерти, которые могли бы повлиять или резко изменить структуру тимуса, весь секционный материал тщательно отбирался по анамнезу. Эвтаназию животных осуществляли передозировкой эфирным наркотиком (ЗАО Вектон) в соответствии с требованиями Министрства здравоохранения Российской Федерации к работе экспериментально-биологических клиник, а также «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в научных целях» (г. Страсбург, 1986). Тимус, изъятый сразу после эвтаназии, взвешивался и измерялся. Изучали следующие макроморфологические параметры долей тимуса: индексы массы, длины, ширины, толщины и объем. Индексы рассчитывали как отношение параметра органа к величине соответствующего параметра тела в целом (табл. 1). Коровомозговой индекс рассчитывали как отношение площади коры к площади мозгового вещества. Доли тимуса фиксировали 10% нейтральным формалином, обезжовивали и заливали в парафин по стандартной методике [1]. Срезы тимуса толщиной 5 мкм выполняли в горизонтальной и сагиттальной плоскостях, проходящих через срединную ось органа. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином, пикрофуксином по Ван-Гизону, альдегид-фуксином и смесью *Halmi* по Габу-Дыбану. Изучение микроскопического строения тимуса проводили при помощи бинокулярного микроскопа МБС-9 и МБР-3 (ЛОМО, СССР). Микрофотографии получали с использованием цифрового аппарата *Nikon CoolPix 7900* (*Nikon*, Япония). На фото изображениях с помощью программы *ImageJ 1.38* (*National Institutes of Health, Bethesda*, США, свободный доступ в интернете) проводили измерение относительной площади кровеносного русла и *тимусных телец* (ТТ). Определение относительной площади названных морфологических параметров определяли в процентах от площади всего среза. Измерение площади коркового и мозгового вещества тимуса проводилось при увеличении окуляра $\times 8$, объектива $\times 2$ (МБС-9), а также окуляра $\times 7$ и объектива $\times 8$ (МБР-3). Измерение площади кровеносного русла проводилось при увеличении окуляра $\times 15$, и объективов $\times 20$ и $\times 40$ (МБР-3). На условной единице площади среза ($0,1 \text{ мм}^2$) осуществляли подсчет количества ТТ, а также общего количества тимоцитов в корковом и мозговом веществе тимуса (окуляр $\times 15$, объектив – $\times 60$ и $\times 90$, под масляной иммерсией). На каждом препарате осуществляли по десять измерений. Результаты обрабатывали статистически. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05. Значимость различий между сравниваемыми группами оценивали методами параметрической и непараметрической статистики (*t*-критерий Стьюдента, *U*-критерий Манна-Уитни и тест Краскела-Уоллиса). Анализ распределения признаков на нормальность проводили с использованием критериев Лиллиефорса и Шапиро-Уилка, а условие равенства дисперсий выборок проверяли по критерию Левена. Использование *дискриминантного анализа* (ДА) основано на том, что данный метод учитывает несколько переменных одновременно и способен оценить морфологию органа как систему взаимосвязанных параметров. ДА характеризуется минимальной трудоемкостью и повышенной степенью чувствительности к отличиям, что позволяет адекватно разделять группы. Данная методика дает возможность определять удельный вес влияния каждого отдельного показателя на структуру целого органа. Перечисленные свойства данного метода позволяют широко применять его в медико-биологических исследованиях [7].

Результаты и их обсуждение. В обеих моделях (макро- и микро-) уровень *F*-критерия равен 0,0, что свидетельствует о значимости имеющихся различий. Величина статистики лямбда Уилка оказалась равна для макро- и микроморфологической модели соответственно 0,007 и 0,019, что свидетельствует о хорошей дискриминации, в рамках которой, обнаружены существенные различия между представителями сравнительно-морфологического ряда, включая человека. Высокое качество полученной *дискриминантной модели* (ДМ) прослеживается по результатам работы классификационной функции, которая показывает, что классификация предсказанная системой, соответствует реальной классификации на 90-98%, что является надежным критерием работоспособности *дискриминантного анализа* (ДА).

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

Морфологические характеристики тимуса неполовозрелых наземных позвоночных животных и человека

Таблица 1

Таксон	Возраст и половозрелых	Индекс массы тимуса % (т органа/т тела)	Индекс длины тимуса % (l органа/l тела)	Индекс ширины тимуса % (w органа/w тела)	Индекс толщины тимуса % (t органа/t тела)	Корково-мозговой индекс (S коры/S мозгового вещества)	Количество зрелых тимусных тел (0,1 мм ² S среза)	Относительная площадь зрелых тимусных тел (%) по отношению к S среза)	Кровеносного русла	Количество тимопитов коры (0,1 мм ² S среза)	Количество тимопитов мозгового вещества (0,1 мм ² S среза)
Класс Эвномовонные (Amphibia)											
Лягушка прудовая <i>Rana esculenta</i>	36 1-2 года	0,06±0,01	6,3±0,4	4,1±0,3	2,9±0,2	2,48±0,43	0,17±0,03	0,054±0,004	0,69±0,19	308,1±29,9	139,5±21,6
Лягушка травяная <i>Rana temporaria</i>	36 1-2 года	0,10±0,01	8,4±0,8	5,1±0,7	3,1±0,5	2,12±0,39	0,15±0,04	0,049±0,003	0,85±0,22	327,4±31,6	128,6±19,3
Тритон обыкновенный <i>Triturus cristatus</i>	28 1-2 года	0,08±0,02	6,4±0,5	3,7±0,4	2,7±0,2	2,30±0,4	0,18±0,02	0,051±0,001	0,73±0,20	294,5±22,2	142,1±20,0
Класс Пресмыкающиеся (Reptilia)											
Ящерица прыткая <i>Lacerta agilis</i>	36 1-2 года	0,15±0,04	5,7±0,4	3,5±0,3	2,7±0,2	2,82±0,4	0,15±0,04	0,062±0,003	0,79±0,14	466,7±34,8	267,4±27,6
Веретеница дождевая <i>Anguis fragilis</i>	32 1-2 года	0,04±0,01	2,0±0,1	1,0±0,09	0,8±0,1	2,65±0,5	0,16±0,03	0,065±0,004	0,74±0,12	412,6±29,8	234,8±21,4
Тадпока обыкновенная <i>Vireta bellii</i>	24 1-2 года	0,15±0,02	2,0±0,2	0,9±0,2	0,7±0,1	2,48±0,5	0,06±0,01	0,018±0,001	0,83±0,12	402,4±25,6	240,5±25,3
Уж обыкновенный <i>Natrix natrix</i>	36 1-2 года	0,10±0,02	1,9±0,2	0,6±0,09	0,5±0,09	2,57±0,4	0,05±0,01	0,019±0,001	0,98±0,15	445,8±34,5	258,1±25,9
Класс Птицы (Aves)											
Голубь сизый <i>Columba livia</i>	36 1-3 года	0,29±0,09	33,1±3,0	2,8±0,3	1,4±0,2	3,56±0,5	0,10±0,01	0,024±0,001	2,12±0,87	652,9±48,2	338,9±38,27
Тайга обыкновенная <i>Coturnix coturnix</i>	12 1-3 года	0,21±0,07	34,3±5,0	2,7±0,2	1,4±0,1	3,12±0,4	0,04±0,01	0,025±0,002	1,73±0,64	600,3±54,2	320,8±42,0
Мушкетер серый <i>Muscicora striata</i>	16 1-3 года	0,3±0,04	30,8±1,3	3,6±0,3	2,1±0,2	3,49±0,5	0,04±0,01	0,022±0,002	1,88±0,25	643,2±43,1	306,8±25,7
Класс Млекопитающие (Mammalia)											
Брызгушка обильная <i>Sorex araneus</i>	36 1-2 месяца	0,65±0,08	19,2±1,2	8,7±1,2	2,4±0,5	7,22±0,8	0,16±0,03	0,018±0,001	1,79±0,33	759,9±54,5	356,3±35,4
Брызгушка средняя <i>S. caeciliens</i>	24 1-2 месяца	0,60±0,05	20,0±1,9	9,5±1,4	2,3±0,4	6,93±1,0	0,14±0,03	0,019±0,001	1,84±0,29	743,9±51,9	382,9±43,3
Рыжая полевка <i>Clethrionomys glareolus</i>	46 1-2 месяца	0,37±0,05	12,4±1,5	7,1±0,9	2,4±0,5	4,15±0,6	0,10±0,02	0,022±0,001	1,48±0,30	644,7±54,5	318,33±29,3
Мышь домовая <i>Mus musculus</i>	24 1-2 месяца	0,20±0,01	9,0±0,2	4,2±0,6	2,1±0,1	3,68±0,4	0,11±0,02	0,021±0,002	1,33±0,37	621,4±47,6	325,7±22,9
Мышь лесная <i>Arvicolia talpaeus</i>	32 1-3 месяца	0,36±0,05	9,5±0,4	5,5±0,7	2,3±0,6	4,12±0,5	0,10±0,02	0,019±0,001	1,54±0,31	639,5±44,1	314,57±20,0
Норка американская <i>Myxodonta vison</i>	20 1-1,5 года	0,04±0,01	10,2±0,3	2,1±0,1	0,75±0,1	2,91±0,4	0,13±0,03	0,018±0,001	1,72±0,40	621,30±54,0	300,23±24,2
Человек <i>Homo sapiens</i>	65 30-40 лет	0,06±0,01	15,7±1,7	4,5±0,8	2,2±0,3	2,87±0,3	0,10±0,02	0,040±0,005	1,56±0,33	679,95±46,9	403,61±18,9

Примечание: *m* – масса, *l* – длина, *w* – ширина, *t* – толщина, *S* – площадь

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medstu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

Выше приведенные характеристики указывают на состоятельность полученной морфологической модели в целом как таковой. Для определения степени значимости конкретных макро- и микроморфологических параметров тимуса были рассчитаны статистические критерии: частная лямбда Уилка, *F*-критерий Фишера, коэффициент детерминации и толерантность. Согласно полученным результатам, все использованные морфологические параметры оказываются информативными и значимыми для разделения объектов сравнительно-морфологического ряда на классы. Однако использованные признаки морфологии обладают разными свойствами, что, с точки зрения ДА, позволяет разбить их на две группы. В первую группу относятся такие характеристики тимуса, которые находятся в сильной зависимости от других морфологических параметров этого же органа: индекс массы, количество тимоцитов коркового и мозгового вещества тимуса. Для них свойственны повышенные значения Лямбда Уилка и *F*-критерия Фишера (в 2-10 раз выше, чем у параметров второй группы), что свидетельствует о существенном «ухудшении» классификации в случае исключения этих параметров из процедуры дискриминации.

Ко второй группе относятся морфологические характеристики тимуса, обладающие повышенной степенью независимости от состояния остального морфологического окружения: индексы длины, толщины, ширины тимуса, корково-мозговой индекс, относительная площадь кровеносного русла и планиметрические показатели ТТ. Для этих параметров характерны высокие значения толерантности и пониженные показатели коэффициента детерминации, что свидетельствует о повышенной автономности и способности в значительной степени определять состояние других морфологических признаков тимуса. Морфологические параметры выше названных групп по-разному влияют на формирование морфологии тимуса позвоночных. Для определения роли каждой характеристики в отдельности в рамках ДА используются линейные классифицирующие функции (табл. 2).

Таблица 2

Классифицирующие дискриминантные функции морфологических параметров тимуса позвоночных

	<i>Amphibia</i>	<i>Reptilia</i>	<i>Aves</i>	<i>Mammalia</i>	<i>H. sapiens</i>
Макроморфология					
Индекс массы	-48,372	13,348	1,738	46,153	-69,535
Индекс длины	0,493	0,199	3,345	0,727	1,056
Индекс ширины	1,722	0,467	-1,488	2,039	1,975
Индекс толщины	4,558	1,776	2,448	1,907	1,750
Корково-мозговой индекс	1,033	1,1494	1,681	1,629	2,212
Микроморфология					
<i>S</i> кровеносного русла (%)	0,350	0,126	0,622	0,612	0,609
Площадь тимусных телец	42,490	-47,785	33,068	-144,132	1266,097
Количество тимусных телец	80,852	61,099	94,187	50,645	123,733
Количество тимоцитов коры	0,087	0,132	0,185	0,181	0,189
Количество тимоцитов мозгового вещества	0,074	0,119	0,184	0,169	0,224

Отличия между сравниваемыми группами позвоночных животных получены по всем изучаемым параметрам строения тимуса. ДА свидетельствует о существовании двукратных различий по всем макроморфологическим характеристикам тимуса между земноводными и пресмыкающимися. Сопоставление микроморфологических параметров этих же групп позвоночных, свидетельствует о сокращении дистанции между ними в среднем до 1,5 кратных различий. Вместе с этим, величины коэффициентов корково-мозгового индекса и площади ТТ низших позвоночных оказываются и вовсе сходными.

По мере сравнения теплокровных и холоднокровных позвоночных между собой удалось установить, что в большинстве своем тимус данных животных отличается именно по микроморфологическим параметрам. Значительными отличия величин коэффициентов оказываются по корково-мозговому индексу, относительной площади сосудистого русла, площади ТТ, количеству тимоцитов коркового и мозгового вещества. Менее значительными по количеству ТТ. Наряду с этим, по макроморфологии между всеми сравниваемыми парами теплокровных и холоднокровных позвоночных различия стабильно сохраняются только по индексу длины тимуса. Теплокровные позвоночные также отличаются друг от друга по большинству макро- и морфологических характеристик, за исключением относительной площади кровеносного русла и количества тимоцитов коркового и мозгового вещества (табл. 2).

Величины полученных коэффициентов свидетельствуют о специфичности морфофункциональной организации тимуса человека. Особенно ярко отличия человека от представителей разных классов по-

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

звоночных животных, в том числе и млекопитающих животных, прослеживаются на примере индекса массы, корково-мозгового индекса, характеристик ТТ. В целом, с точки зрения степени отличий морфологического строения тимуса между представленными группами позвоночных, наиболее информативными оказываются объем и индекс массы, а также количество и площадь ТТ (табл. 2).

Морфологическую картину тимуса у представителей сравнительно-морфологического ряда можно оценить на основе интегральных характеристик ДМ, что в рамках классического метода отражено в значениях табличных коэффициентов (табл. 3), тогда как канонический анализ опирается на функции, называемые корнями (рис. 1, 2).

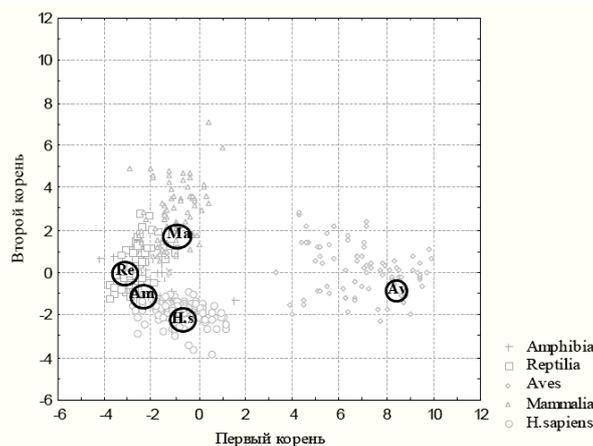


Рис. 1. Результаты канонического анализа макроморфологии тимуса позвоночных животных и человека

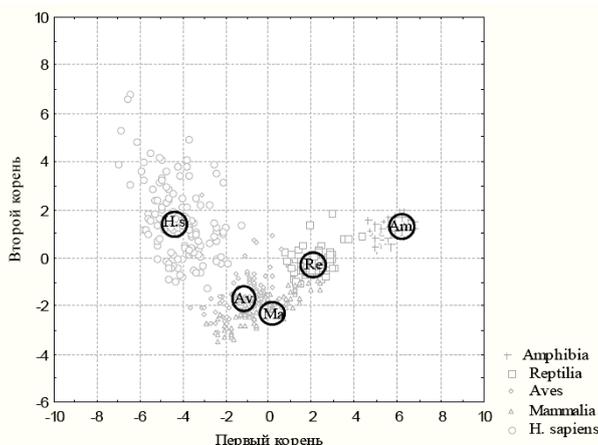


Рис. 2. Результаты канонического анализа микроморфологии тимуса позвоночных животных и человека

Графическое отражение, расположенных в математическом пространстве облаков точек и центроидов каждого класса позвоночных, включая человека, наглядно иллюстрирует величину расстояний между ними (рис. 1, 2). Выявленные закономерности свидетельствуют о существовании значимых отличий между всеми изученными классами позвоночных, включая человека, что отражается в обособленном расположении центроидов в двухмерном пространстве (рис. 1, 2). Согласно полученным результатам наиболее существенное расхождение между сравниваемыми группами позвоночных возникает по микроморфологическим характеристикам тимуса, что особенно сильно проявляется на примере человека, а так же земноводных и пресмыкающихся (табл. 3, рис. 2.) Напротив, изученные группы теплокровных позвоночных (особенно птицы) значительно отличаются друг от друга по особенностям макроморфологии тимуса (табл. 3, рис. 1). Сравнение холоднокровных и теплокровных позвоночных показало, что по макроморфологическим признакам тимуса дистанции, отделяющие земноводных и пресмыкающихся от теплокровных позвоночных, оказываются сопоставимыми. Однако по микроморфологии тимуса пресмыкающиеся, в сравнении с земноводными, в большей степени «приближены» к птицам и млекопитающим.

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

Оценка степени отличий макро- и микроморфологического строения тимуса позвоночных

Макроморфология					
	<i>Amphibia</i>	<i>Reptilia</i>	<i>Aves</i>	<i>Mammalia</i>	<i>H. sapiens</i>
<i>Amphibia</i>		8,862	91,689	14,717	10,729
<i>Reptilia</i>	56,143		98,704	15,795	14,966
<i>Aves</i>	671,869	607,624		74,094	68,283
<i>Mammalia</i>	110,992	99,608	540,073		18,559
<i>H. sapiens</i>	95,285	108,005	582,647	163,779	
Микроморфология					
	<i>Amphibia</i>	<i>Reptilia</i>	<i>Aves</i>	<i>Mammalia</i>	<i>H. sapiens</i>
<i>Amphibia</i>		17,539	56,265	47,705	99,454
<i>Reptilia</i>	112,133		12,911	9,671	41,815
<i>Aves</i>	424,089	80,671		1,701	18,609
<i>Mammalia</i>	363,674	60,993	12,618		29,172
<i>H. sapiens</i>	894,534	301,802	162,101	257,464	

Примечание: по *F*-критерию (под диагональю) и по метрике Махаланобиса (над диагональю)

Обсуждение полученных результатов. Анализ полученных результатов показал, что в сравнительно-морфологическом ряду в процессе совершенствования уровня организации, более быстрыми темпами изменяются микроморфологические параметры тимуса. Это свидетельствует о тесной связи тканевого строения органа с выполняемыми функциями и указывает на существенную роль тимуса и иммунных механизмов в поддержании гомеостаза в условиях адаптации животных и человека к тем или иным условиям среды. Причина изменений микростроения тимуса позвоночных кроется в высокой степени чувствительности микроморфологической конституции тимуса к воздействию различных экологических факторов [4,8,13]. Повышение уровня организации неизбежно ставит организм перед новым набором требований и условий, что и вызывает появление отличий микростроения тимуса у представителей разных классов позвоночных животных. Значительными такие изменения оказываются в условиях ключевых событий, к которым относится возникновение амниот и развитие теплокровности. Глубинная причина изменений микроморфологии тимуса кроется в преобразовании характера обменных и энергетических процессов организма [3]. Неслучайно в последнее время принят во внимание нейроиммуноэндокринологический аспект в качестве базового свойства, способствующего поддержанию гомеостаза [5,12]. Представленная ДМ свидетельствует о том, что среди изученных микроморфологических свойств тимуса наиболее тесно с механизмами поддержания гомеостаза в условиях теплокровности связаны такие параметры, как площадь кровеносного русла, а также темпы поступления и созревания в тимусе предшественников *T*-лимфоцитов. Доказательством тому служит закономерное сходство дискриминантных коэффициентов у всех исследованных групп теплокровных позвоночных, что не случайно, поскольку мощность метаболизма птиц и млекопитающих, несмотря на отличия образа жизни, сопоставима [3].

Существенные отличия по другим микроморфологическим показателям ДМ тимуса теплокровных позвоночных могут свидетельствовать о зависимости данной морфологии от специфических для той или иной группы особенностей биологии: среда обитания, пресс факторов среды, характер питания, принадлежность к жизненной форме и др.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что макроморфологические характеристики тимуса в большей степени зависят от трансформаций плана строения целого организма, наблюдающихся в условиях развития узкой специализации к особому образу жизни. В изученном сравнительно-морфологическом ряду имеется три важнейших события, существенно повлиявших на макроморфологию тимуса: переход от анамний к первым амниотам, приспособление к особому типу передвижения (полет птиц) и изменение топониимии тела человека. Именно по этой причине в ДМ макроморфологические отличия тимуса оказываются наибольшими при сравнении земноводных и пресмыкающихся, а так же птиц и человека с любыми другими группами позвоночных. Значительная обособленность тимуса человека как по макро, так и по микроморфологическим показателям тимуса, что может быть связана с воздействием множественных агрессивных факторов специфической антропогенной среды [8].

Таким образом, использование ДА дает возможность на комплексной основе четко очерчивать круг сходств и отличий морфологии вилочковой железы как на макро-, так и на микро- уровне у предста-

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

вителей разных групп позвоночных животных. Позволяет охарактеризовать каждый конкретный морфологический параметр с точки зрения его места в общей структуре и степени его влияния на другие морфологические характеристики тимуса, что способствует более глубокому пониманию особенностей морфологического строения тимуса позвоночных. Одновременно с этим отчетливо выявляются интегральные морфологические свойства тимуса, основанные на суммарной оценке совокупности выбранных параметров, что способствует определению степени отличий между представителями разных классов позвоночных животных.

Построенная ДМ позволяет количественно оценить степень сходств и отличий морфологии тимуса у изученных групп позвоночных. В дальнейшем появляется возможность оценивать величину дистанции между таксономическими группами разного уровня: отряды, семейства и роды. Использование ДА с целью исследования межвидовых отличий дает количественную характеристику онтогенетических и половых отличий, отличий возникающих при воздействии различных неблагоприятных факторов внешней среды, и изменений в условиях патологических процессов. Подобные методики хорошо вписываются в рамки системного анализа, позволяют более глубоко понимать особенности морфофункциональной организации тимуса в частности и лимфоидной системы в целом. Методика ДА представляет определенный интерес для медико-биологических исследований.

Литература

1. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.
2. Грушко М.П. Структурно-функциональные особенности тимуса лягушки (*Rana ridibunda*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 6. С. 224–225.
3. Дольник В.Р. Стандартный метаболизм у позвоночных животных: в чем причины различий между пойкилотермными и гомойотермными классами // Зоологический журнал. 2002. Т. 81, № 6, С. 643–654.
4. Ерофеева Л.М. Антропогенные воздействия электромагнитных полей на органы иммунной системы // Морфология. 2008. Т. 133, № 2. С. 45.
5. Кветной И.М., Ярилин А.А., Полякова В.О. Нейроиммуноэндокринология тимуса. СПб.: Деан, 2005. 160 с.
6. Клевезаль Г.А. Принципы и методы определения возраста млекопитающих. М.: КМК, 2007. 283 с.
7. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Казань: МОРИОН, 2001. 408 с.
8. Никитюк Д. Б., Мирошкин Д. В. Иммунные структуры при повышенной физической нагрузке // Морфология. 2008. Т. 133, № 2. С. 85.
9. Пестова И.М., Четверных В.А. Морфофункциональная организация системы гемиимунопоза в эволюции. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии // Ленинград. 1990. Т. 99, № 11. С. 90–99.
10. Решетников И.С., Владимиров Л.Н. Тимус северного оленя: Морфофункциональное развитие, влияние экологических факторов, биопрепараты. М.: Академкнига, 2002. 238 с.
11. Селезнев С.Б. Эволюция лимфоидных структур позвоночных // Морфология. 2006. Т. 129, № 4. С. 111.
12. Berczi I. The stress concept and neuroimmunoregulation in modern biology // Ann. N. Y. Acad. Sciency. 1998. V. 15, № 6. P. 3–12.
13. Engler H., Stefanski V. Social stress and T cell maturation in male rats: transient and persistent alterations in thymic function // Psychoneuroendocrinology. 2003. V. 28, № 8. P. 951–969.
14. Yuyan Lu, Pipeng Li Development of thymus gland in snake // J. Morphol. 2001. V. 248, № 3. P. 256.
15. Bazan-Kubik I. Topographie et morphologie du thymus des mammiferes // Ann. UMCS. 1991. V. 46. P. 133–140.
16. Chapman N., Twigg G. Studies on the thymus glandt of British Cervidae, particularly muntjac, *Muntiacus reevesi*, and fallow // J. Zool. 1990. V. 222, № 4. P. 653–675.

References

1. Volkova OV, Eletskiy YuK. Osnovy gistologii s gistologicheskoy tekhnikoy. Moscow: Meditsina; 1982. Russian.
2. Grushko M.P. Strukturno-funktsional'nye osobennosti timusa lyagushki (*Rana ridibunda*). Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2008;6:224-5. Russian.

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204

3. Dol'nik VR. Standartnyy metabolizm u pozvonochnykh zhivotnykh: v chem prichiny razlichiy mezhdu poykilotermnymi i gomoyotermnymi klassami. Zoologicheskiy zhurnal. 2002;81(6):643-54. Russian.
4. Erofeeva LM. Antropogennye vozdeystviya elektromagnitnykh poley na organy immunnoy sistemy. Morfologiya. 2008;133(2):45. Russian.
5. Kvetnoy IM, Yarilin AA, Polyakova VO. Neyroimmunoendokrinologiya timusa. SPb.: Dean; 2005. Russian.
6. Klevezal' GA. Printsipy i metody opredeleniya vozrasta mlekopitayushchikh. Moscow: KMK; 2007. Russian.
7. Lapach SN, Chubenko AV, Babich PN. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispol'zovaniem Excel. Kazan': MORION; 2001. Russian.
8. Nikityuk DB, Miroshkin DV. Immunnnye struktury pri povyshennoy fizicheskoy nagruzke. Morfologiya. 2008;133(2):85. Russian.
9. Pestova IM, Chetvernykh VA. Morfofunktsional'naya organizatsiya sistemy gemiimmunopoeza v evolyutsii. Arkhiv anatomii, gistologii i embriologii. Leningrad. 1990;99(11):90-9. Russian.
10. Reshetnikov IS, Vladimirov LN. Timus severnogo olenya: Morfofunktsional'noe razvitie, vliyaniye ekologicheskikh faktorov, biopreparaty. Moscow: Akademkniga; 2002. Russian.
11. Seleznev SB. Evolyutsiya limfoidnykh struktur pozvonochnykh. Morfologiya. 2006;129(4):111. Russian.
12. Berczi I. The stress concept and neuroimmunoregulation in modern biology. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1998;15(6):3-12.
13. Engler H, Stefanski V. Social stress and T cell maturation in male rats: transient and persistent alterations in thymic function. Psychoneuroendocrinology. 2003;28(8):951-69.
14. Yuyan Lu, Pipeng Li Development of thymus gland in snake. J. Morphol. 2001;248(3):256.
15. Bazan-Kubik I. Topographie et morphologie du thymus des mammiferes. Ann. UMCS. 1991;46:133-40.
16. Chapman N, Twigg G. Studies on the thymus glandt of British Cervidae, particularly muntjac, Muntiacus reevesi, and fallow. J. Zool. 1990;222(4):653-75.

Библиографическая ссылка:

Юрчинский В.Я. Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №3. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 17.09.2015). DOI: 10.12737/13204