

УДК 591.471.35:599.325.1
© Коллектив авторов, 2017
<https://doi.org/10.18499/2225-7357-2017-6-4-63-68>

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОРГАНИЗАЦИИ СТИЛОПОДИЯ ТАЗОВОЙ КОНЕЧНОСТИ НАЗЕМНЫХ ЖИВОТНЫХ НА ПРИМЕРЕ КРОЛИКА ЕВРОПЕЙСКОГО

И. Н. Яшина, А. В. Иванов, С. В. Пилюгин, М. А. Иванов*
ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Курск, Россия
*Санкт-Петербургское ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн»,
г. Санкт-Петербург, Россия

С целью изучения системной организации бедренной кости *Orycolagus cuniculus* - произведено остеометрическое исследование бедренных костей 40 тушек домашних кроликов, как тетрапода с различными типами локомоции.

Материал и методы. Остеометрия проводилась по оригинальной методике, дальнейший статистический анализ контрлатеральных бедренных костей проводился изолировано для препаратов правой и левой стороны, все абсолютные значения линейных структур были переведены в относительные величины, за единицу измерения принят поперечный размер диафиза кости. Выявлено, что методы описательной статистики не позволяют выявить различия в строении контрлатеральных бедренных костей кролика.

Результаты. Факторный анализ, проведенный последовательно на глубину четырех-трех-двух-одного фактора с учетом латерализации костей стилоподия тазовой конечности выявили общие параметры, испытывающие равнозначные факторные нагрузки в обеих группах костных препаратов. По результатам корреляционного и факторного анализа обнаружена асимметрия системной организации бедренной кости, с преимущественным выполнением движений большей амплитуды левой тазовой конечностью кролика.

Ключевые слова: системная организация, бедренная кость кролика, асимметрия строения, пальцеходящие тетраподы.

© I. N. Yashina, A. V. Ivanov, S. V. Pilyugin, M. A. Ivanov*, 2017

Kursk State Medical University, Kursk, Russia

*Hospital for veterans of wars, Saint-Petersburg, Russia

Methods of Mathematical Analysis in the Study of Organizations Stylopodia Pelvic Limbs of Land Animals on the Example of the European rabbit

To study systematic organization of the femur *Orycolagus cuniculus* – was produced osteometric study of the femur 40 carcasses of domestic rabbits, as a tetrapod with different types of locomotion.

Material and methods. Osteometry was carried out according to the original methodology, further statistical analysis of the contralateral femur was performed for isolated preparations of the right and left side. All absolute values of the linear structures were converted to relative values, per unit of measurement adopted by the transverse size of the diaphysis of the bone. It is revealed that the methods of descriptive statistics do not allow to reveal differences in the structure of the contralateral femur of the rabbit.

Results. Factor analysis was conducted consistently to a depth of four-three-two-one factor based on the lateralization stylopodia bones of the pelvic limbs revealed General settings experiencing equivalent factor loadings in both groups of bone drugs. The results of correlation and factor analysis discovered the asymmetry of the systematic organization of the femur, with the predominant movements of greater amplitude of the left pelvic limb of a rabbit.

Key words: systemic organization, the femur of a rabbit, the asymmetry of the structure, pelagodoxatetrapods.

Введение

Животные вида *Orycolagus cuniculus* – кролик европейский одомашненный активно используются в лабораторных биомедицинских исследованиях при изучении ткани и моделированиях патологии опорно-двигательного аппарата [1, 5]. Однако, детального описания строения бедренной кости кролика до сих пор нет [3, 8, 9].

Европейские одомашненные кролики по способу передвижения относятся к пальцеходящим видам тетраподов [3]. Тазовые конечности кролика адаптированы к большому числу локомоторных актов: хождению, бегу

быстрым темпом, вплоть до галопа, прыжкам, стуку лапами по поверхности при опасности, рытью нор с появлением приводяще-отводящих и супинационно-пронационных движений в тазобедренном суставе. Несмотря на то, что эти животные при движении отталкиваются от земли одновременно обеими задними лапами, при анализе отпечатков их следов выявлено отставание следа одной лапы от следа другой, что косвенно свидетельствует о функциональной дифференцировке тазовой конечности кролика. Поэтому наше исследование является актуальным и выбранный объект требует детального рассмотрения [7–10].

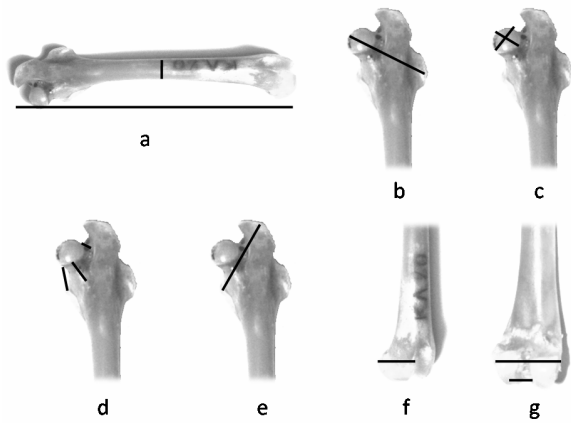


Рис. 1. Остеометрическое исследование линейных структур бедренных костей кролика. Примечание: а – измерение длины и поперечного размера диафиза, б – измерение поперечного размера проксимального диафиза, с – измерение размеров головки, d – измерение нижней, передней и верхней длины шейки бедренной кости, е – измерение межвертельного расстояния, f – длина медиального мышцелка, g – измерение поперечного размера дистального эпифиза и ширины межмышцелковой ямки.

Целью настоящего исследования явилось изучение строения бедренной кости кролика европейского в норме, с учетом принадлежности к стороне тела, как части стилоподия тазовой конечности пальцеходящего тетрапода.

Задачи исследования: провести морфометрическое исследование строения бедренной кости кролика европейского и с помощью методов математического анализа, выявить особенности ее системной организации; определить структурную иерархию исследуемых параметров в системной организации бедренной кости.

Материал и методы исследования

Исследование выполнено на мацерированных бедренных костях 40 тушек одомашненного европейского кролика *Oryctolagus cuniculus* продовольственного назначения, массой 2.78 ± 0.15 кг ($\bar{x} \pm Za/2 * \sigma/\sqrt{n}$), где \bar{x} – среднее значение, при $\alpha \leq 0.05$) без признаков развития дегенеративно-дистрофических заболеваний скелета, разрешенных к использованию в пищу ветсанэкспертами сельскохозяйственных рынков г. Курска.

Остеометрию проводили по оригинальной методике: с помощью цифрового штангенциркуля и транспортира на бедренных костях были измерены 19 костных структур, участвующих в фиксации мышц, передающих вес животного на нижележащие отделы скелета и определяющих объем движений в тазобедренном и коленном суставах. Все они были условно разделены на четыре группы [6]. Первую группу составили структуры диафиза: длина кости – Дл, измеренная от большого

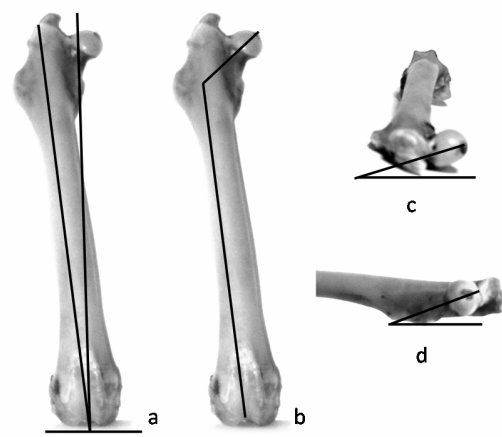


Рис. 2. Угловые характеристики бедренных костей кролика. Примечание: а – кондило-диафизарный угол, б – диафизарно-шеечный угол, с – угол торсии, d – угол антеверсии шейки.

вертела до мышцелков, переднезадний размер диафиза середины длины кости – ОД , поперечный размер диафиза середины длины кости – ОДп , данные структуры передают вес тела на нижележащие отделы скелета тазовой конечности и образуют длинное плечо локомоторного рычага бедра. Вторая группа – структуры проксимального эпифиза: поперечный размер проксимального эпифиза – наикратчайшее расстояние между головкой и максимально выступающей точкой третьего вертела – ПрПЭ, верхне-нижний размер головки – ОГВ , переднезадний размер головки – ОГП , длины шейки, измеренные впереди – ДШП, сзади – ДШЗ, сверху – ДШВ, снизу – ДШН, расстояние между большим и малым вертелами – ВМР. Основываясь на данных по биомеханике человека и животных можно предположить, что степень развития данных структур будет влиять на тип и объем движений в тазобедренном суставе, а наличие ярко выраженного третьего вертела указывать на увеличение длины короткого плеча локомоторного рычага бедра и его усиление. В третью группу вошли структуры дистального эпифиза: поперечный размер дистального эпифиза – ПрДЭ, ширина межмышцелковой ямки – ШММЯ, длины латерального – ДЛМ и медиального мышцелков – ДММ. Методика измерений некоторых структур первых трех групп представлена на рис. 1.

К структурам четвертой группы мы отнесли углы между условными осями, проходящими внутри кости, которые отвечают за стереометрию расположения элементов кости: кондило-диафизарный угол – КДУ, диафизарно-шеечный угол – ДШУ, угол торсии – ТОР, угол антеверсии шейки – АНТ (рис. 2).

Таблица 1

Значения доверительных интервалов исследуемых структур бедренной кости кролика после нивелирования веса в абсолютных и относительных величинах при $\alpha \geq 0.05$.

Показатели	Абсолютные значения (см, °)		Относительные значения	
	правая	левая	правая	левая
Дл	9.19–10.37	9.11–10.27	10.54–12.41	10.66–12.81
ПрПЭ	1.68–2.05	1.62–1.98	2.04–2.31	1.97–2.38
ØГП	0.79–0.86	0.7–0.85	0.91–1.03	0.91–1.03
ØГВ	0.69–0.80	0.66–0.77	0.78–0.96	0.77–0.95
ДШВ	0.34–0.36	0.31–0.35	0.37–0.45	0.35–0.46
ДШН	0.3–0.41	0.26–0.39	0.34–0.50	0.31–0.49
ДШЗ	0.2–0.27	0.19–0.25	0.25–0.3	0.23–0.29
ДШП	0.33–0.38	0.3–0.36	0.38–0.46	0.35–0.45
МВР	1.89–2.15	1.86–2.09	2.23–2.50	2.20–2.57
ØД	0.66–0.73	0.63–0.71	0.76–0.87	0.75–0.87
ПрДЭ	1.55–1.75	1.49–1.7	1.78–2.10	1.76–2.10
ШММЯ	0.34–0.40	0.31–0.37	0.38–0.50	0.36–0.49
ДЛМ	1.18–1.69	1.16–1.67	1.42–1.92	1.49–1.88
ДММ	1.39–1.73	1.37–1.70	1.59–2.08	1.63–2.08
ТОР	27.17–28.02	25.69–27.1		
АНТ	55.21–56.78	54.17–56.22		
КДУ	27.54–28.85	27.47–28.02		
ДШУ	60.03–61.96	60.54–61.85		

Все измерения производились дважды, средние значения заносили в таблицы Excel с учетом принадлежности к стороне туловища. Для нивелирования влияния веса тела на формирование исследуемых структур значения всех линейных величин были переведены в относительные единицы. За единицу измерения был принят поперечный диаметр середины диафиза [2, 4]. В ходе статистического анализа, при вычислении асимметрии, эксцесса нами получены данные, не соответствующие нормальному распределению, поэтому дальнейший анализ производился с использованием методов непараметрической статистики. Мы определяли величины доверительного интервала при $\alpha \leq 0.05$ ($\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} * \sigma / \sqrt{n}$), где \bar{x} – среднее значение), вычисляли факторные нагрузки на исследуемые параметры на основе ранговых корреляций Спирмена методом Maximum likelihood factors, с вращением Equamax normalized с учетом латерализации бедренной кости (табл. 2).

Результаты и их обсуждение

В ходе работы нами получена актуальная информация о величине структур бедренной кости кролика, в доступной литературе информации о степени их развития не встречается. По данным описательной статистики, для домашнего кролика не характерны визуальные различия в строении правой и левой бедренной кости (табл. 1).

Для бедренной кости кролика характерен высокий постав большого вертела и приближающаяся к правой полусфере головка располагается ниже его вершины. Появление роющих движений задними лапами и сильное развитие поверхностной ягодичной мышцы – *m. gluteus superficialis*, прикрепляющейся к третьему вертелу, подтвердилось

статистически достоверно меньшей величиной длины шейки бедренной кости сзади по сравнению с остальными длинами шейки независимо от принадлежности к стороне тела. Форма проксимального эпифиза приближена к параллелограмму, вершины которого образуют большой вертел, головка, малый и третий вертелы. Отмечается тенденция к превалированию размеров проксимального эпифиза над размерами дистального.

Корреляционный анализ Спирмена, проведенный отдельно для препаратов правой и левой бедренной кости, позволил выявить корреляционные связи, присутствующие среди препаратов обеих групп (рис. 3) и асимметрию корреляционного рисунка исследуемых структур (рис. 4, 5). Корреляционные связи, выявленные в обоих случаях, отличаются силой превышающей 0.9, исключением является связь между ДММ и ПрПЭ слева в 0.83. Выявление корреляционных связей между структурами ПрПЭ-ДММ-Дл-ØГП указывает на наличие приводящих движений, характерных для обеих конечностей. Корреляции между ØД-ДШВ-Дл-МВР, ØГП-Дл-МВР, ØГВ-ПрДЭ могут свидетельствовать о передаче веса тела на нижележащие отделы.

Корреляционные зависимости с сильной связью более 0.9 единиц, обнаружены среди структур правой бедренной кости это связи Дл-ØД, так же препараты правой бедренной кости отличаются наличием отрицательной зависимости между такими структурами как, МВР-КДУ-ØД-ØГП и АНТ-ШММЯ-ДЛМ.

Корреляционные зависимости среди препаратов левой бедренной кости отличаются большим числом корреляций и связями с силами 0.8–0.9 единиц. При этом связи с силой 0.9 обнаруживаются с таким параметром, как длина медиального мышцелка, через эту

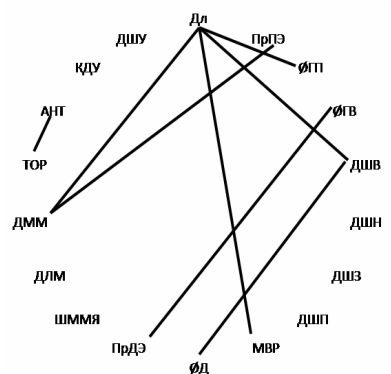


Рис. 3. Общие корреляционные связи, выявленные среди препаратов как правой, так и левой бедренной кости кролика.

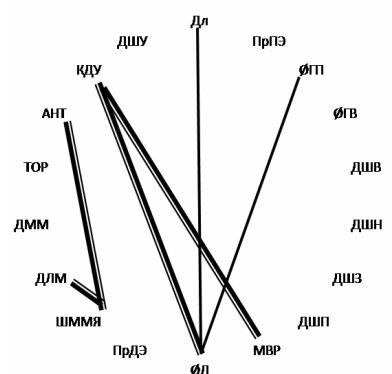


Рис. 4. Корреляционная асимметрия препаратов правой бедренной кости. Двойной линией обозначены отрицательные связи.

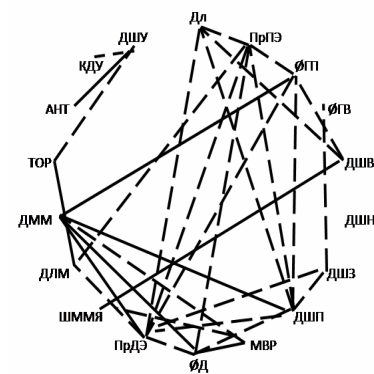


Рис. 5. Корреляционная асимметрия препаратов левой бедренной кости. Связи с силой более 0.9 обозначены непрерывной линией, 0.8–0.89 прерывистой линией.

Таблица 2

Факторные нагрузки относительных значений линейных и абсолютных угловых структур правой бедренной кости кролика (Maximum likelihood factors, с вращением Equamax normalized) по результатам четырех уровней анализа

Параметр	1 уровень			2 уровень			3 уровень			4 уровень				
	Ф1	Ф1	Ф2	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
Дл	0.88	0.88	0.09	0.87	0.06	0.07	0.86	0.03	0.05	0.46				
ПрПЭ	0.70	0.69	0.69	0.73	0.65	0.03	0.77	-0.60	0.03	0.07				
ØГП	0.90	0.92	-0.30	0.90	-0.35	0.01	0.87	0.42	0.01	0.12				
ØГВ	0.65	0.67	-0.09	0.70	-0.17	-0.37	0.71	0.20	-0.32	-0.55				
ДШВ	0.71	0.73	-0.54	0.68	-0.56	0.15	0.63	0.63	0.14	0.38				
ДШН	0.47	0.46	-0.04	0.43	-0.04	0.07	0.40	0.12	0.01	0.88				
ДШЗ	-0.29	-0.29	0.17	-0.24	0.10	-0.95	-0.22	-0.11	-0.94	-0.07				
ДШП	0.71	0.71	0.13	0.73	0.06	-0.43	0.72	0.02	-0.46	0.46				
МВР	0.97	0.96	0.10	0.96	0.06	0.15	0.96	0.01	0.16	0.06				
ØД	0.98	0.97	0.08	0.97	0.03	0.06	0.97	0.04	0.06	0.04				
ПрДЭ	0.73	0.75	0.03	0.78	-0.07	-0.55	0.79	0.12	-0.54	-0.17				
ШММЯ	0.71	0.73	-0.61	0.69	-0.64	0.18	0.65	0.68	0.21	-0.16				
ДЛМ	-0.12	-0.14	0.91	-0.07	0.89	-0.26	0.01	-0.91	-0.25	-0.24				
ДММ	0.70	0.70	0.66	0.74	0.61	-0.18	0.79	-0.55	-0.17	0.00				
ТОР	-0.16	-0.19	0.94	-0.14	0.96	0.08	-0.08	-0.97	0.06	0.04				
АНТ	-0.50	-0.53	0.80	-0.49	0.83	-0.05	-0.43	-0.86	-0.07	0.14				
КДУ	-0.88	-0.89	0.08	-0.88	0.11	-0.27	-0.88	-0.15	-0.30	0.24				
ДШУ	0.02	0.02	0.52	0.08	0.45	-0.85	0.12	-0.43	-0.87	0.04				

Примечание: жирным шрифтом обозначены нагрузки выше 0.7.

структуру проходит опорная ось тазовой конечности и от степени его развития зависит амплитуда движений в коленном суставе. Так же активно задействованы ПрДЭ и структуры проксимального эпифиза. Сильно коррелируют между собой углы антеверсии и диафизарно-шеечный угол. При анализе корреляций среди структур левой бедренной кости отсутствуют отрицательные корреляции.

Результаты факторного анализа (табл. 2, 3) на глубину исследования в четыре уровня факторного анализа: последовательное определение 4-3-2-1 факторов, действующих на кость, выявили структуры, испытывающие близкие по значению факторные нагрузки, независимо от принадлежности к стороне тела. Под действием фактора 1 (Ф1) находятся: Дл, ØГП, МВР, ØД, ПрДЭ. Так же определились общие структуры, зависящие от

второго фактора (Ф2): ТОР, АНТ, ДЛМ. Под действием третьего фактора (Ф3) находится ДШУ.

Исходя из результатов факторного анализа, можно предположить, что первым фактором, влияющим на строение бедренной кости могут быть масса тела, передающаяся на нижележащие отделы скелета и простые способы передвижения – это линейная локомоция с осуществлением сгибательно-разгибательных движений, как в тазобедренном, так и в коленном суставе. Этот тип движений напрямую связан с такими параметрами бедренной кости кролика, как длина, диаметр диафиза, переднезадний диаметр головки, межвертельное расстояние, поперечный размер дистального эпифиза и размер медиального мыщелка. Данные структуры можно определить в качестве основных системообра-

Факторные нагрузки относительных значений линейных и абсолютных угловых структур левой кости кролика (Maximum likelihood factors, с вращением Equamax normalized) по результатам четырех уровней анализа

Параметр	1 уровень		2 уровень		3 уровень			4 уровень			
	Ф1	Ф1	Ф2	Ф1	Ф2	Ф3	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	
Дл	0.96	0.95	0.17	0.97	-0.10	-0.05	0.96	0.17	-0.08	-0.05	
ПрПЭ	0.82	0.89	-0.40	0.86	0.47	-0.01	0.89	-0.40	0.02	0.01	
ØГП	0.93	0.90	0.31	0.93	-0.23	-0.01	0.92	0.30	-0.05	-0.15	
ØГВ	0.47	0.47	0.08	0.41	-0.05	0.81	0.41	0.17	0.80	0.35	
ДШВ	0.71	0.64	0.72	0.70	-0.67	-0.01	0.64	0.73	-0.10	0.06	
ДШН	0.51	0.47	0.48	0.57	-0.46	-0.61	0.52	0.45	-0.68	0.16	
ДШЗ	0.05	0.10	-0.21	0.10	0.19	0.10	0.07	-0.14	0.09	0.96	
ДШП	0.70	0.70	0.24	0.73	-0.21	-0.02	0.69	0.28	-0.08	0.62	
МВР	0.94	0.93	0.08	0.91	0.00	0.23	0.93	0.09	0.22	-0.19	
ØД	0.98	0.98	0.06	0.97	0.02	0.10	0.97	0.07	0.08	-0.02	
ПрДЭ	0.83	0.85	-0.03	0.83	0.08	0.31	0.83	0.03	0.29	0.43	
ШММЯ	0.43	0.33	0.81	0.36	-0.79	0.45	0.30	0.86	0.36	-0.03	
ДЛМ	0.11	0.22	-0.95	0.15	0.96	0.03	0.22	-0.93	0.12	0.13	
ДММ	0.81	0.87	-0.40	0.83	0.47	0.15	0.87	-0.38	0.18	0.17	
ТОР	-0.08	0.04	-0.98	-0.04	0.98	0.02	0.04	-0.97	0.12	0.05	
АНТ	-0.43	-0.34	-0.77	-0.37	0.75	-0.48	-0.30	-0.83	-0.38	-0.16	
КДУ	-0.40	-0.39	0.05	-0.31	-0.09	-0.92	-0.33	-0.03	-0.92	0.04	
ДШУ	-0.22	-0.14	-0.55	-0.12	0.54	-0.81	-0.08	-0.62	-0.75	0.00	

Примечание: жирным шрифтом обозначены нагрузки выше 0.7.

зующих параметров организации бедренной кости кролика, как пальцеходящего тетрапода.

Следующий уровень организации связан с изменением расположения головки бедра по отношению к диафизу кости, появлением углов торсии и антеверсии, обеспечивающих увеличение амплитуды движений в тазобедренном суставе; и активным вовлечением в двигательный процесс латерального мышца бедра кости, определяющего амплитуду приводяще-отводящих движений в коленном суставе.

Изменение позиции головки бедра по отношению к оси бедренной кости ведет к появлению диафизарно-шеечного угла, стабилизирующего нижележащие отделы тазовой конечности.

Так же, факторный анализ подтвердил наличие функциональной асимметрии бедренных костей кролика. У правой бедренной кости помимо общих структур дополнительно под действием Ф1 находится ДШП, КДУ; Ф3 влияет на ДШЗ. У левой бедренной кости под действием Ф1 находятся ПрПЭ, ДММ; Ф2 влияет на ШММЯ; Ф3 влияет на КДУ, Ф4 влияет на ДШЗ.

Функциональная дифференциация стилоподия тазовой конечности проявляется асимметрией факторных нагрузок. Первый и третий факторы в группе правой бедренной кости влияют на величины передней и задней длины шейки и величину кондило-диафизарного угла, стабилизирующих положение головки бедра по отношению к диафизу, и следовательно, лимитирующих амплитуду сгибательно-разгибательных движений в тазобедренном суставе. В группе препаратов левой бедренной кости первый и второй фак-

торы действуют на поперечный размер проксимального эпифиза, размеры медиального мышелка и ширину межмышелковой ямки, структуры обеспечивающие не только за передачу массы тела на нижележащие отделы, но и в большей степени амплитуду приводяще-отводящих движений в тазобедренном и коленном суставах. Параметры, определяющие амплитуду сгибательно-разгибательных движений, а это – длины шейки и величина кондило-диафизарного угла, в препаратах левой бедренной кости находятся под влиянием факторов 3–4 уровня, т.е. опустились на нижележащие уровни.

Выводы

1. Методы описательной статистики не позволяют выявить различия в строении контрлатеральных бедренных костей кролика.
2. Корреляционный анализ Спирмена и факторный анализ, проведенный последовательно на глубину четырех-трех-двух-одного фактора с учетом латерализации костей стилоподия тазовой конечности выявили общие структуры, испытывающие равнозначные факторные нагрузки в обеих группах костных препаратов.
3. По результатам корреляционного и факторного анализа обнаружена асимметрия системной организации бедренной кости, с преимущественным выполнением движений большей амплитуды левой тазовой конечностью кролика.

Список литературы

1. Артеменко Б. А. Кинематический принцип строения конечностей наземных животных.

- Труды Пятого Всесоюзного съезда АГиЭ. Ленинград 5–11 июля 1949. Л.: Медгиз; 1951: 107–108.
2. *Бруско А. Т.* Роль функциональной нагрузки в механизме физиологической и патологической перестройке диафиза костей. Материалы VIII съезда травматологов-ортопедов УССР. Киев 15–17 мая 1979 г. Киев; 1980:123–128.
 3. *Гуреев А. А.* Фауна СССР. Млекопитающие. Зайцеобразные (lagomorpha) М.: «Наука»; 1964. Том III. Выпуск 10. 280.
 4. *Мельник К. П.* Некоторые механические свойства и гистоструктурные особенности компакты трубчатых костей конечностей копытных. В кн.: Механизмы передвижения и ориентации животных. Киев: Наук.думка; 1968: 117–121.
 5. *Слесаренко Н. А., Гасангусейнова Э. К., Широкова Е. О.* Структурный адаптогенез скелета конечностей животных при различной стато-локомоции. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013; 5 (43): 94–97.
 6. *Яшина И. Н., Иванов А. В., Клявс Ю. П., Солин А. В.* Факторный анализ в доказательстве наличия латентной системной асимметрии контрлатеральных сегментов скелета на примере бедренной кости. Морфологические ведомости. 2017; 25 (2): 43–47.
 7. *Alexander R. Mc N.* Principles of Animal Locomotion. Princeton: Princeton University Press; 2003. 371.
 8. *Crum J. A., La Prade R. F., Wentoo F. A.* The anatomy of the posterolateral aspect of the rabbit knee. J. of Orthopaedic Research. 2003; 21: 723–729.
 9. *Haines R. W.* The tetrapod knee joint. J. Anatomy. 1972; 76: 270–301.
 10. *Simons R.* Running, breathing and visceral motion in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*): testing visceral displacement hypotheses. J. Exp. Biol. 1999; 202:563–577.
 4. *Melnik K.P.* Nekotoryye mekhanicheskiye svoystva i gistostrukturnyye osobennosti kompakty trubchatykh kostey konechnostey kopytnykh. [Some mechanical properties and histostructure features compact tubular limb bones of ungulates.] V kn.: Mekhanizmy peredvizheniya i oriyentatsii zhivotnykh. [Mechanisms of movement and orientation of animals]: Kiyev: Nauk.dumka; 1968: 117-121. (in Russian)
 5. *Slesarenko N.A., Gasanguseynova E.K., Shirokova E.O.* Strukturnyy adaptogenez skeleta konechnostey zhivotnykh pri razlichnoy statolokomotsii [Structural adaptogenes of the skeleton of the limbs of animals at different statelocal]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013; 5 (43): 94- 97. (in Russian)
 6. *Yashina I.N., Ivanov A.V., Klyavs Yu.P., Solin A.V.* Faktornyy analiz v dokazatelstve nalichiya latentnoy sistemnoy asimmetrii kontrlaternalnykh segmentov skeleta na primere bedrennoy kosti. [Factor analysis in the proof of the latent systematic asymmetry in the contralateral skeletal segments on the example of the canine femur.] Morfologicheskiye vedomosti Morphological Newsletter. 2017; 25 (2): 43-47. (in Russian)
 7. *Alexander, R. Mc N.* Principles of Animal Locomotion. Princeton: Princeton University Press; 2003. 371.
 8. *Crum J.A., La Prade R.F, Wentoo F.A.* The anatomy of the posterolateral aspect of the rabbit knee. J. of Orthopaedic Research. 2003; 21: 723-729.
 9. *Haines R.W.* The tetrapod knee joint. J. Anatomy. 1972; 76: 270-301.
 10. *Simons R.* Running, breathing and visceral motion in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*): testing visceral displacement hypotheses. J. Exp. Biol. 1999; 202:563–577.

References

1. *Artemenko. B. A.* Kinematischeskiy printsip stroyeniya konechnostey nazemnykh zhivotnykh [The kinematic structure of the limbs of terrestrial animals] Trudy Pyatogo Vsesoyuznogo syezda AGiE. Leningrad 5 - 11 iyulya 1949. L.: Medgiz; 1951: 107 - 108. (in Russian)
2. *Brusko A.T.* Rol funktsionalnoy nagruzki v mekhanizme fiziologicheskoy i patologicheskoy perezstroyke diafiza kostey [The role of functional load in the mechanism of physiological and pathological rebuilding of the diaphysis of the bones.]. Materialy VIII syezda travmatologov-ortopedov USSR. Kiyev 15-17 maya 1979g. Kiyev; 1980:123-128. (in Russian)
3. *Gureyev A.A.* Fauna SSSR. Mlekopitayushchiye. Zaytseobraznyye (lagomorpha) [The fauna of the

Сведения об авторах

Яшина Ирина Николаевна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО "Курский государственный университет" Минздрава России. 305041 г. Курск, ул. Карла Маркса 3

Иванов Александр Викторович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой гистологии, эмбриологии и цитологии ФГБОУ ВО "Курский государственный университет" Минздрава России. 305041 г. Курск, ул. Карла Маркса 3.

Пилюгин Сергей Валерьевич – лаборант кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО "Курский государственный университет" Минздрава России. 305041 г. Курск, ул. Карла Маркса 3

Иванов Михаил Александрович – врач отделения травматологии и ортопедии Санкт-Петербургское ГБУЗ "Госпиталь для ветеранов войн". 193079, Санкт-Петербург, Народная ул. 21, к. 2

Поступила в редакцию 6.05.2017 г.

Для цитирования: Яшина И.Н., Иванов А.В., Пилюгин С.В., Иванов М.А. Методы математического анализа при изучении организации стилоподия тазовой конечности наземных животных на примере кролика европейского. Журнал анатомии и гистопатологии. 2017; 6(4): 63–68. doi: 10.18499/2225-7357-2017-6-4-63-68

For citation: Yashina I. N., Ivanov A. V., Pilyugin S. V., Ivanov M. A. Methods of mathematical analysis in the study of organizations stylopodia pelvic limbs of land animals on the example of the European rabbit. Journal of Anatomy and Histopathology. 2017; 6(4): 63–68. doi: 10.18499/2225-7357-2017-6-4-63-68