

К ВОПРОСУ О СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТЕТРАПОДОВ

© Яшина И.Н.¹, Иванов А.В.², Иванов М.А.³, Львовский А.А.², Самаха А.А.⁴

¹ Кафедра анатомии, ² кафедра гистологии, эмбриологии и цитологии Курского государственного медицинского университета, Курск; ³ Госпиталь для ветеранов войн, Санкт-Петербург;
⁴ кафедра биомедицинских дисциплин Ливанского международного университета, Бейрут, Ливан
E-mail: anatomy@mail.ru

Целью исследования явилось изучение системной организации плечевой кости собаки. Остеометрически изучены D=S=39 плечевые кости беспородных собак. Полученные данные нормализованы по значению поперечного диаметра диафиза. Проведен анализ данных методом главных компонент с вращением Equamax normalized с учетом латерализации костей на основе корреляционной матрицы Спирмена. В результате выяснено, что основу системной организации плечевой кости составляют структуры, отвечающие за принятие веса тела животного. Выявленная латентная морфофункциональная асимметрия системной организации проявляется у препаратов правой плечевой кости большими факторными нагрузками на структуры, обеспечивающие сгибательно-разгибательные движения в суставах, для левосторонних плечевых – на структуры, обеспечивающие вращательные движения.

Ключевые слова: плечевая кость собаки, системная организация, остеометрия, метод главных компонент.

ON THE ISSUE OF THE SYSTEM ORGANIZATION OF TETRAPOD HUMERUS

Yashina I.N.¹, Ivanov A.V.², Ivanov M.A.³, Lvovsky A.A.², Samakha A.A.⁴

¹ Department of Human Anatomy, ² Department of Histology, Embryology, Cytology of Kursk State Medical University, Kursk; ³ Hospital for Veterans of Wars, St. Petersburg;

⁴ Department of Biomedical Sciences of Lebanese International University, Beirut, Lebanese Republic

The main aim of the research is to study the system organization of the dog's humerus. 78 humeral bones of not purebred dogs (D=R) were studied using osteometry methods. The data obtained were normalized by the value of the transverse diameter of the diaphysis. The data analysis was performed using the principal components method with the rotation of Equamax normalized taking into account the lateralization of bones. As a result, it was found, that the basis of the humerus systemic organization is formed of structures, responsible for taking the animal's body weight. The revealed latent morphofunctional asymmetry of the dog's shoulder bone systemic organization is manifested on the right bone - by high values of factor loads on the anatomical structures, which provides flexion/extension in the joints; for the left shoulder bone - on the structures providing rotations.

Keywords: dog's shoulder bone, system organization, osteometry, principal components method.

Canis lupus familiaris одно из самых известных животных, обитающих рядом с человеком. История взаимодействия двух видов длится на протяжении тысячелетий. И, казалось бы, строение животного должно быть полностью изучено, однако до сих пор вопросы нормального строения и функционирования костей скелета остаются открытыми.

Собаки, наверно, более других подверглись искусственному отбору, в результате чего образовалось огромное количество пород. Некорректная селекционная работа в группах высокопородных животных, издержки содержания, рациона и отсутствие должной физической нагрузки привели к увеличению заболеваемости опорно-двигательного аппарата животных, что вызвало неподдельный интерес к изучению костей стилоподия конечностей и связи последних с нормальной локомоцией животных.

Canis lupus familiaris по способу локомоции являются типичным пальцеходящим животным,

как хищники они обладают большим объемом движений как на грудных, так и на тазовых конечностях. При этом они способны развивать достаточно высокую скорость передвижения [1-3]. Центр тяжести у собак смещен кпереди, причем у прыжковых собак, имеющих квадратный формат, таких как эрдельтерьер, доберман, боксер, мопс, шарпей, он находится ближе к плечевому суставу. У собак рысистых пород, имеющих растянутый формат туловища, таких как немецкая овчарка, ротвейлер, такса, – к задней части груди. В состоянии покоя 60% массы тела приходится на передние лапы [4, 7]. Несмотря на то, что грудные конечности у животных не являются толчковыми и выполняют функцию поддержки тела, от их строения зависят скоростные качества, подвижность животных и типы движений [5, 6]. При скоростной локомоции передние конечности не только обеспечивают амортизацию толчков, но и осуществляют вторичный толчок, в результате которого в цикле шага появляется переkreщенный

полет. Помимо этого, для передних конечностей собак характерно наличие ротационных движений в дистальных отделах лапы. Плечевая кость при этом является звеном локомоторной системы животного, которая задействована в осуществлении большинства движений передней конечности.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение системной организации плечевых костей беспородных собак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на плечевых костях от 39 скелетов беспородных собак с полным синостозированием эпифизов, без признаков костной патологии, неустановленной половой принадлежности. На костях при помощи цифрового штангенциркуля и транспортира были измерены структуры, характеризующие степень развития кости (рисунок 1).

Все исследуемые структуры были разделены на группы, относящиеся к проксимальному эпифизу, диафизу и дистальному эпифизу.

Первую группу составили ширина прокси-

мального эпифиза (ШПЭ) – расстояние между максимально удаленными точками на головке и большом бугре; межбугровое расстояние (МБР) – расстояние между верхушками большого и малого бугра; ширина (ШМББ), глубина (ГМББ) и длина (ДМББ) межбугровой борозды, передне-задний (ГРГ) и верхне-нижний размер (ВРГ) головки, горизонтальный (ГРШ) и вертикальный размер (ВРШ) в области предполагаемой шейки, угол скрученности плечевой кости вокруг вертикальной оси – угол торсии (УТ).

Группу параметров диафиза составили длины кости от большого бугра (Д_б) и от головки (Д_г) до плоскости мыщелков, длина дельтовидной бугристости (ДДБ), ширина дельтовидной бугристости (ШДБ) в ее верхней части, поперечный (ДД_в) и передне-задний размер диафиза в верхней (ДД_в, ДДП_{зв}), средней (ДД_с, ДДП_{зс}) и нижних частях кости (ДД_н, ДДП_{зн}); угол между осью диафиза и горизонтальной плоскостью мыщелков – угол наклона диафиза (УНД).

Группу параметров дистального эпифиза образовали расстояние между максимально удаленными точками надмыщелков – ширина дистального эпифиза (ШДЭ), передне-задний размер

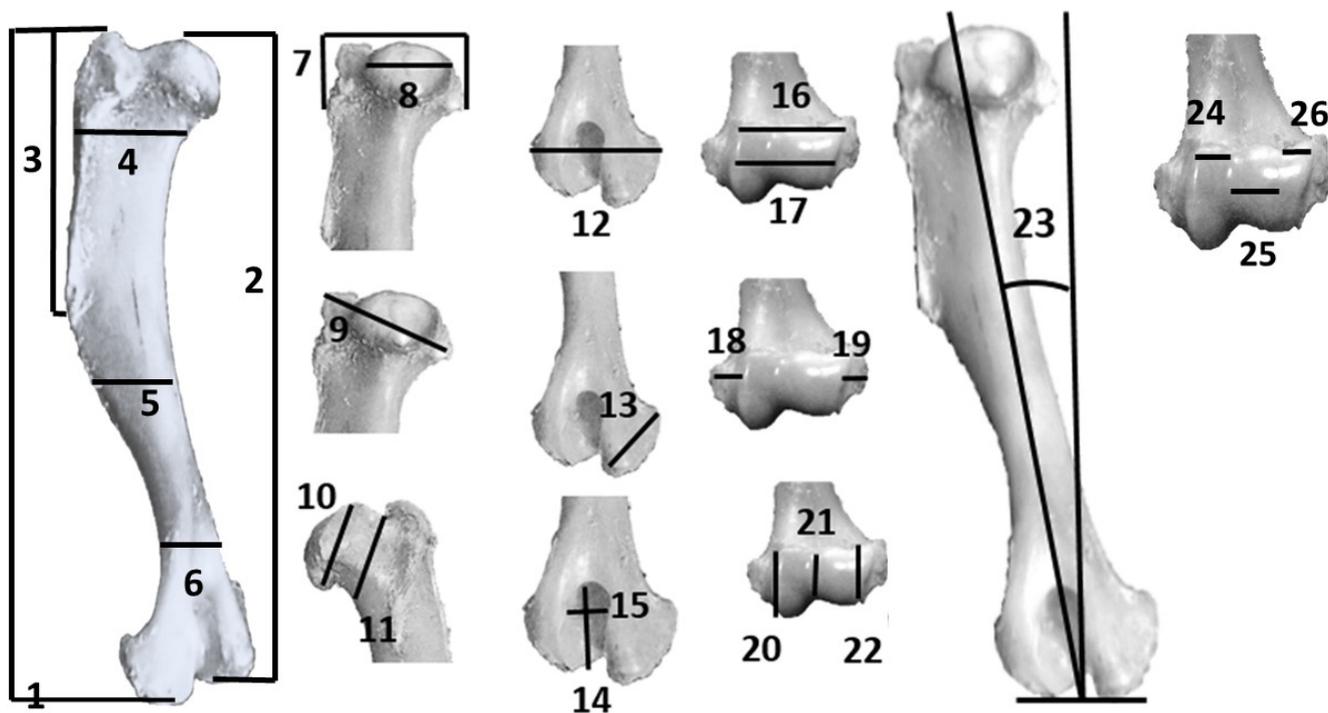


Рис. 1. Методика измерения некоторых линейных и угловых структур плечевой кости *Canis lupus familiaris*.

Примечание: 1 – длина кости от большого бугра, 2 – длина кости от головки, 3 – длина дельтовидной бугристости, 4 – верхний поперечный размер диафиза, 5 – средний поперечный размер диафиза, 6 – нижний поперечный размер диафиза, 7 – ширина проксимального эпифиза, 8 – горизонтальный размер головки, 9 – межбугровое расстояние, 10 – вертикальный размер головки, 11 – вертикальный размер шейки, 12 – ширина дистального эпифиза, 13 – длина мышцелка, 14 – длина локтевой ямки, 15 – ширина локтевой ямки, 16 – общая верхняя ширина блока, 17 – общая средняя ширина блока, 18 – ширина медиального надмыщелка, 19 – ширина латерального надмыщелка, 20 – размер медиального гребня блока, 21 – размер латерального гребня блока, 22 – вертикальный размер головочки, 23 – угол наклона диафиза, 24 – верхняя ширина медиальной части блока, 25 – средняя ширина латеральной части блока, 26 – верхняя ширина головочки.

латерального (ДЛМ) и медиального мышцелка (ДММ), передний поперечный размер латерального (ШЛНМ) и медиального надмышцелка (ШМНМ); общая ширина блока (у собак эта структура состоит из собственно блока и головочки) спереди вверху (ОШБ_В) и снизу (ОШБ_Н), вертикальные размеры латерального (ВРЛГБ) и медиального (ВРМГБ) гребней блока, вертикальный размер головочки (ВРГ-чки), ширина латеральной, медиальной части блока вверху, в средней части и снизу (ШЛПБ_{В,С,Н} и ШМПБ_{В,С,Н}), ширина головочки вверху, в средней части и снизу (ШГ-чки_{В,С,Н}), на задней поверхности измерялись длина (ДЛЯ), ширина (ШЛЯ) и глубина локтевой ямки (ГЛЯ).

Полученные цифровые данные заносились в таблицы Excel с учетом принадлежности к стороне тела – D правая сторона и S левая сторона. Для последующего анализа значения всех линейных структур были переведены в относительные величины. Вычисление относительных значений производили по формуле:

$$X = Y/ДД_c,$$

где X – относительное значение вычисляемого параметра; Y – его абсолютное значение в единицах измерения; ДД_с – абсолютные значения поперечного размера диафиза той же плечевой кости в средней трети, выраженное в таких же единицах измерения.

С целью изучения системной организации плечевых костей собаки, определения общих структур и выявления отличий в строении препаратов разных сторон мы провели многоуровневый факторный анализ на основе корреляционной матрицы Спирмена методом главных компонент,

с вращением Equamax normalized отдельно для D-группы и S-группы препаратов. Выделение факторов остановилось на уровне 4 факторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты представлены в таблицах 1-3.

Такие структуры, как длина медиального мышцелка и ширина локтевой ямки, по результатам факторного анализа не испытывали статистически значимых факторных нагрузок, поэтому в таблицах не представлены.

Результаты исследования позволили выделить основные системообразующие структуры вне зависимости от принадлежности к стороне тела. Эту группу составили поперечные размеры проксимального эпифиза, верхне-нижний размер головки, размеры шейки, передне-задний размер диафиза в верхней части диафиза. Данные структуры задействованы в принятии веса животного при статолокомоции. Передача веса на нижележащие отделы кости осуществляется через диафиз к дистальному эпифизу, что подтверждается большими факторными нагрузками на поперечный размер дистального эпифиза, общую ширину блока, глубину локтевой ямки, вертикальные размеры латерального гребня блока и головочки. Последние структуры обеспечивают стабильность всей конечности при разгибании лапы в локтевом суставе в момент опоры. Величина торсионной деформации, по результатам факторного анализа, ограничивает опороспособность плечевой кости и показывает отрицательные факторные нагрузки.

Таблица 1

Структуры, испытывающие равновеликие факторные нагрузки под действием общих факторов

Структура	D				S			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
ШПЭ	0,95	0,11	-0,03	0,03	0,96	0,10	-0,20	-0,12
ШМББ	0,74	0,14	0,08	-0,39	0,73	-0,32	0,04	0,25
ВРГ	0,93	0,26	0,01	0,01	0,94	-0,23	-0,19	0,10
ГРШ	0,82	-0,10	-0,38	0,12	0,82	0,03	0,46	0,26
ВРШ	0,88	0,00	-0,09	0,23	0,85	0,02	0,32	0,11
УТ	-0,16	-0,86	0,02	0,02	-0,35	-0,89	0,16	0,04
ДДПЗ _В	0,79	-0,32	-0,08	-0,07	0,79	0,11	0,24	0,24
ШДЭ	0,97	0,20	0,10	-0,05	0,98	-0,06	0,00	-0,15
ОШБ _В	0,93	0,05	0,12	-0,25	0,94	-0,01	0,04	0,21
ОШБ _С	0,88	0,11	0,24	-0,14	0,86	-0,13	-0,27	0,05
ОШБ _Н	0,92	-0,23	-0,05	-0,23	0,94	0,08	0,08	0,15
ВРЛГБ	0,91	0,12	-0,03	0,31	0,93	0,01	-0,02	0,08
ВРГ-чки	0,92	0,04	-0,02	0,29	0,94	0,19	-0,19	-0,08
ГЛЯ	0,94	0,18	-0,14	0,06	0,93	-0,12	0,27	-0,12

Примечание: здесь и во всех последующих таблицах полужирным шрифтом выделены статистически значимые факторные нагрузки при $p > 0,7$.

Структуры, испытывающие разновеликие факторные нагрузки под действием общих факторов

Структура	D				S			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
ГРГ	0,82	0,51	0,02	0,13	0,93	-0,23	-0,07	-0,04
Д _Г	0,92	-0,14	-0,26	0,20	0,88	0,24	0,29	0,07
ШДБ	0,04	0,77	0,29	-0,18	0,29	-0,80	-0,33	0,02
ДДП _{ЗН}	0,95	0,07	-0,06	-0,19	0,86	0,12	-0,03	-0,17
УНД	-0,27	0,07	-0,03	-0,90	-0,31	0,25	0,19	-0,80
ДЛМ	0,83	-0,04	0,03	0,50	0,91	-0,09	0,06	0,08
ШЛНМ	0,77	0,03	0,27	-0,11	0,80	-0,35	-0,17	-0,39
ВРМГБ	0,77	0,31	0,14	0,40	0,88	-0,23	0,16	0,00
ШМПБ _Н	0,78	-0,09	0,14	-0,36	0,91	0,07	-0,05	0,06

Таблица 3

Структуры, испытывающие асимметричные факторные нагрузки

Структура	D				S			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
МБР	0,64	-0,11	0,08	0,65	0,75	-0,06	0,03	0,31
ГМББ	0,78	-0,08	-0,18	-0,22	0,60	0,36	0,39	-0,01
ДМББ	0,80	-0,38	-0,31	0,02	0,68	0,62	0,25	-0,08
Д _Б	0,31	-0,02	-0,93	-0,01	0,87	0,26	0,29	0,04
ДДБ	0,76	-0,22	-0,51	0,23	0,58	0,43	0,56	-0,06
ДДП _{ЗС}	0,71	-0,38	0,18	0,13	0,48	0,12	0,17	0,61
ШМНМ	0,72	-0,10	-0,17	0,22	0,62	-0,06	-0,02	0,13
ШЛПБ _В	0,69	0,46	0,22	0,42	0,93	-0,10	-0,08	-0,20
ШМПБ _В	0,16	0,86	-0,02	-0,03	0,19	-0,08	0,95	-0,01
ШЛПБ _С	0,16	0,86	-0,02	-0,02	0,92	0,21	-0,12	-0,23
ШМПБ _С	0,76	-0,12	0,13	-0,27	0,19	-0,09	0,95	-0,01
ШЛПБ _Н	0,37	-0,11	-0,29	-0,01	0,85	0,25	-0,22	0,01
ШГ-чки	0,65	-0,09	0,55	0,15	0,89	0,06	0,03	0,20
ДЛЯ	0,73	-0,38	0,10	0,43	0,65	0,34	0,35	0,26

Примечание: серым цветом выделены названия структур, испытывающих факторные нагрузки только в случае принадлежности лишь к одной из групп D/S.

Вторая группа объединяет структуры, указывающие на различную вовлеченность правой и левой плечевой кости в локомоцию на уровне суставов. Передне-задний размер головки, ширина дельтовидной бугристости, передне-задний размер диафиза, угол наклона диафиза свидетельствуют о асимметрии конечностей в осуществлении движений к плечевому суставу – сгибании-разгибании. Различные факторные нагрузки на длину латерального мышцелка, ширину латерального надмышцелка указывают на асимметрию движений в локтевом суставе, прежде всего ротации нижележащих отделов лапы. При этом для левой плечевой кости по указанным параметрам характерны большие факторные нагрузки. Структуры правой плечевой кости испытывают большие факторные нагрузки на длину кости и размер диафиза в его дистальной части.

Третью группу составили структуры, указывающие на наличие морфофункциональной

асимметрии организации плечевой кости животного. Так, правосторонние препараты испытывают факторные нагрузки на длину кости, измеренную от большого вертела, глубину и длину межбугровой борозды, косвенно указывающие на степень развития двуглавой мышцы плеча и амплитуду разгибания плечевого и сгибания локтевого сустава. Движение передней лапы вперед в плечевом суставе называется разгибание. Факторные нагрузки на ширину медиального надмышцелка и длину локтевой ямки, на наш взгляд, указывают на большую активность правой конечности в осуществлении сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе. Среди левых плечевых костей большие факторные нагрузки испытывают межбугровое расстояние, ширина латеральной и медиальной поверхностей блока и ширина суставной поверхности головочки. Степень развития указанных структур свидетельствует о наличии вращательных движений в суставах, бо-

лее характерных для левой плечевой кости.

В итоге по результатам исследования можно сделать следующие выводы: основу системной организации плечевой кости собаки составляют структуры, отвечающие за принятие веса тела животного, факторный анализ выявил латентную морфофункциональную асимметрию системной организации плечевой кости животного: для правосторонних плечевых костей в большей степени характерно развитие структур, обеспечивающих сгибательно-разгибательные движения в суставах, для левосторонних плечевых костей в большей степени характерны вращательные движения.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Arshovsky Y., Katz Y.M., Orlovsky G.N.* Investigation of the biomechanics of running by the dog // *Biofizika*. – 1965. – Vol. 10. – P. 665.
2. *Iriarte-Díaz J.* Differential scaling of locomotor performance in small and large terrestrial mammals // *J Exp Biol*. – 2002. – Vol. 205, Pt 18. – P. 2897-2908.
3. *Kummer B.* Biomechanische Konsequenzen der tetrapoden Lokomotion // *Zool. Jahrb. Abt. 2*. – 1978. – Vol. 99, N 2. – P. 117-128.
4. *Nunamaker D.M., Blauner P.D.* Normal and abnormal gait. Chapter 91 // *Textbook of Small Animal Orthopaedics* / *Newton C.D., Nunamaker D.M.* (eds). – Philadelphia : J.B. Lippincott, 1985. – P. 1084-1085.
5. *Smith E.J., Marcellin-Little D.J., Harrysson O.L.A., Griffith E.H.* Three-dimensional assessment of curvature, torsion, and canal flare index of the humerus of skeletally mature nonchondrodystrophic dogs // *Am J Vet Res*. – 2017. – Vol. 78, N 10. – P. 1140-1149. – DOI: 10.2460/ajvr.78.10.1140.
6. *Taylor C.R.* Why change gaits? Recruitment of muscles and muscle fibers as a function of speed and gait // *Amer Zool*. – 1978. – Vol. 18. – P. 153-161.
7. *Voss K., Wiestner T., Galeandro L., Hässig M., Montavon P.M.* Effect of dog breed and body conformation on vertical ground reaction forces, impulses, and stance times // *Vet Comp Orthop Traumatol*. – 2011. – Vol. 24, N 2. – P. 106-112. – DOI: 10.3415/VCOT-10-06-0098