

14. Torikov, V.E. EHkologiya, osobennosti vyrashchivaniya i ehlementnyj sostav list'ev limonnika kitajskogo (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill) v Bryanskoj oblasti/ V.E. Torikov, I.I. Meshkov // Vestnik Bryanskoj GSKHA. – 2016. – № 4 (56). – S. 50-54. (In Russ).
15. Aliev, A.M. Dynamics of supercritical extraction of biological active substances from the *Juniperus communis* var. *saxatilis*/ A.M. Aliev [et al.] // The Journal of Supercritical Fluids. – 2015. – Vol. 102. – Pp 66-72.

УДК 611.717.4

© Коллектив авторов, 2018

И.Н. Яшина¹, С.В. Клочкова², А.В. Иванов¹, В.Ш. Вагапова³
**АДАПТАЦИОННАЯ ГАРМОНИЧНОСТЬ В СТРОЕНИИ ПРОКСИМАЛЬНОГО
 ЭПИФИЗА ПЛЕЧЕВЫХ КОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И НЕКОТОРЫХ ЖИВОТНЫХ**

¹ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Курск

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
 им. И.М. Сеченова» Минздрава России, г. Москва

³ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
 Минздрава России, г. Уфа

С целью выявления общих закономерностей и морфофункциональных особенностей строения проксимальных эпифизов плечевых костей человека и животных с различными типами локомоции произведен сравнительный анализ относительных величин значений параметров анатомических образований проксимального эпифиза плечевой кости, который позволил получить более полное представление о функциональной адаптации кости к выполняемой функции. Изменения типа опоры и локомоции приводят к изменению стереометрии её проксимального эпифиза. Основными результатами эволюционных изменений в строении плечевой кости человека стали трансформация головки в полусферу с относительным увеличением ее размеров при сохранении межвидового равенства ширины проксимального эпифиза, увеличение угла хрящевого края головки, дифференцировка от окружающих структур анатомической шейки с одновременным уменьшением значений диафизарно-шеечного угла (ДШУ), увеличение степени торсионной деформации диафиза.

Ключевые слова: проксимальный эпифиз плечевой кости, ширина проксимального эпифиза, торсионная деформация диафиза, угол инклинации, межбугорковая борозда.

I.N. Yashina, S.V. Klochkova, A.V. Ivanov, V.Sh. Vagapova
**ADAPTIVE HARMONY IN THE STRUCTURE OF THE PROXIMAL EPIPHYSIS
 OF THE HUMERUS IN HUMANS AND SOME ANIMALS**

In order to identify common patterns and morphological and functional features of the structure of the proximal epiphyses of the humerus of humans and animals with different types of locomotion, a comparative analysis of the relative values of the parameters of the anatomical structures of the proximal epiphysis of the humerus was made. It allowed to get a more complete picture of the functional adaptation of the bone to the function performed. Changes in the type of support and locomotion lead to a change in the stereometry of its proximal epiphysis. The main results of evolutionary changes in the structure of the humerus of man became transformation of the head into a hemisphere with a relative increase in the size of the head, while maintaining interspecific equality of width of the proximal epiphysis, increase in the angle of the cartilaginous edge of the head, differentiation from the surrounding anatomical structures of the cervix with simultaneous decrease in the values of neck-shaft angle, an increase in the degree of deformation of diaphysis torsion.

Key words: proximal epiphysis of the humerus, width of the proximal epiphysis, torsion deformation of the diaphysis, inclination angle, interstitial sulcus.

Проблема изменчивости строения органов человека и животных не нова, и изучение этих явлений всегда было приоритетным для большого количества исследователей – антропологов, кинезиологов, морфологов, физиологов и многих других [2,5,7]. В части, касающейся опорно-двигательного аппарата человека, уже к концу девятнадцатого века были описаны и детально изучены морфологические проявления функциональной асимметрии конечностей, установлена роль меняющейся функциональной нагрузки в функционально-морфологической дифференцировке гомологичных костей верхнего и нижнего поясов конечностей человека, сформированы предпосылки к пониманию причин и механизмов проксимально-дистальной дифференцировки

эпифизов костей сегментов свободных конечностей [4,6,7]. Тем не менее морфофункциональные особенности внутрипопуляционной изменчивости костей проксимального сегмента верхней конечности человека, равно как и эволюционные аспекты функциональной морфологии эпифизов плечевой кости оказались исследованными не в полном объеме.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление общих закономерностей и морфофункциональных особенностей строения проксимальных эпифизов плечевых костей человека и животных с различными типами локомоции. На проведение исследования получено разрешение регионального этического комитета ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Материал и методы

Для исследования были взяты *Bos taurus taurus* (подвид дикого быка), L.1758 – парнокопытный фалангоходящий тетрапод с опорой на 3 – 4-й пальцы; *Canis lupus familiaris* (собака домашняя), L.1758 – пальцеходящее животное, обладающее всем многообразием аллюров; *Oryctolagus cuniculus* (дикий кролик), L.1758 – животные, у которых опора передних лап осуществляется на пальцы, а задних лап на стопу и современный человек. Костный материал не имел признаков патологии, был изъят у половозрелых особей, о чем свидетельствовало полное синостозирование эпифизов. Определение половой принадлежности не проводилось. Видовое распределение представлено в табл. 1.

Таблица 1
Видовое распределение исследуемого материала

Видовая принадлежность	Правая плечевая кость	Левая плечевая кость
<i>Bos taurus taurus</i> (бык домашний)	40	40
<i>Canis lupus familiaris</i> (собака беспородная)	39	39
<i>Oryctolagus cuniculus</i> (кролик домашний)	40	40
<i>Homo sapiens</i> современный человек	77	77

Для выявления общих закономерностей и отличий в строении плечевой кости человека на первом этапе исследования по методике Алексеева (1966) с рядом собственных дополнений производилась остеометрия гомологичных структур, характеризующих степень развития костей [1,3]. Все параметры, по которым проводились промеры были разделены на группы линейных и угловых параметров проксимального эпифиза. Первую группу составили: ширина проксимального эпифиза (ШПЭ) – наибольшее расстояние между головкой и большим бугром; переднезадний размер головки (ØГГ), измеренный в горизонтальной плоскости; вертикальный диаметр головки (ØГВ) или верхненижний – размер головки, измеренный во фронтальной плоскости; передне-задний (ØШГ) – размер шейки, измеренный в горизонтальной плоскости; вертикальный диаметр шейки (ØШВ) – расстояние, измеренное между максимально удаленными верхней и нижней точками шейки кости; межбугорковое расстояние (МБР) – расстояние между вершинами большого и малого бугров; ширина межбугорковой борозды (ШМББ) – внутреннее расстояние между гребнями бугорков; глубина межбугорковой борозды (ГМББ) – расстояние между дном и касательной линией, проведенной между гребнями бугорков; ØД – поперечный диаметр диафиза на

уровне середины длины кости; угол хрящевого края головки (УХКГ) с диафизом; угол скрученности плечевой кости (УСК) или торсионной деформации диафиза, измерен между горизонтальными осями головки - шейки и межмышцелковой осью; диафизарно-шеечный угол (ДШУ), или угол инклинации.

Для измерения параметров, описывающих внешний вид проксимального эпифиза плечевой кости животных и человека, в работе использовались устройство для измерений длинных трубчатых костей, цифровой штангенциркуль и транспортир. Все измерения производились одним исследователем дважды, полученные средние значения заносились в таблицы Microsoft Excel. На следующем этапе исследования значения всех линейных параметров, измеряемых в миллиметрах, были переведены в относительные величины. За единицу измерения был принят поперечный диаметр диафиза, измеренный на середине ее длины. Введение коэффициента пропорциональности при изучении плечевой кости позволило получить новые данные о степени развития структур костей в зависимости от веса и массивности скелета животного. Полученные данные обработаны методами описательной вариационной статистики.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных показал, что относительные размеры исследуемых анатомических образований контрлатеральных конечностей практически не отличаются друг от друга при внутривидовом сравнении, за исключением величины ДШУ у человека и УХКГ у собак и людей (табл. 2).

При межвидовом сравнении было установлено, что относительные размеры ширины проксимального эпифиза изученных видов животных и человека не отличаются. Тем не менее значение величины межбугоркового расстояния меняется достаточно сильно в исследуемом эволюционном ряду от минимальных у собаки до максимальных у человека (табл. 2). По нашему мнению, это связано с тем, что у животных бугорки плечевой кости являются местами прикрепления мышц, обеспечивающих удержание конечности в состоянии приведения в парасагиттальной плоскости. У человека в связи с прямохождением, изменением функции верхней конечности и изменениями пропорции грудной клетки и позиции верхней конечности по отношению к ней произошла некоторая редукция приводящей мускулатуры, вследствие чего и увеличилось относительное расстояние между вершинами бугорков.

Таблица 2

Адаптационная гомология в строении проксимального эпифиза плечевой кости человека (M±Z)

Параметр	Bos taurus taurus, Nправая=Nлевая=40		Canis lupus familiaris, Nправая=Nлевая=39		Oryctolagus cuniculus, Nправая=Nлевая=40		Человек, Nправая=Nлевая=77	
	правая	левая	правая	левая	правая	левая	правая	левая
ШПЭ	2,47±0,29	2,39±0,31	2,59±0,24	2,73±0,28	2,55±0,14	2,66±0,17	2,3±0,07	2,45±0,26
ØГГ	1,60±0,19	1,56±0,15	1,59±0,16	1,67±0,16	2,11±0,20	2,21±0,24	2,08±0,06	2,28±0,07
ØГВ	0,86±0,11	0,84±0,10	1,26±0,12	1,32±0,14	1,99±0,12	2,07±0,15	2,16±0,07	2,36±0,08
ØШГ*	1,58±0,14	1,51±0,14	1,62±0,15	1,70±0,13	0,95±0,08	0,92±0,09	1,95±0,06	2,07±0,24
ØШВ*	1,49±0,17	1,47±0,14	0,92±0,11	0,96±0,12	1,15±0,06	1,13±0,07	2,11±0,07	2,13±0,10
МБР	1,09±0,22	1,09±0,23	0,67±0,14	0,64±0,08	0,75±0,04	0,73±0,05	1,44±0,11	1,49±0,17
ШМББ	0,63±0,07	0,58±0,10	0,58±0,06	0,62±0,09	0,23±0,02	0,21±0,02	0,42±0,03	0,42±0,06
ГМББ	0,59±0,05	0,56±0,06	0,28±0,03	0,29±0,02	0,17±0,01	0,15±0,02	0,19±0,01	0,22±0,02
УХКГ	84,9±1,64	85,3±1,75	110±2,22	128±4,27	131±2,68	131±2,92	136±2,34	143±2,91
ДШУ	-	-	156±2,13	155±2,08	155±2,43	154±2,58	138±1,82	133±2,14
УСК	-9,8±1,46	-9,6±1,24	-9,9±0,19	-11,0±0,19	-7,4±0,52	-7,3±0,58	35,9±2,37	35,7±2,02

Примечание. Значения всех линейных параметров представлены в относительных единицах, угловые – в градусах. Жирным шрифтом выделены значения со статистически достоверной разницей при $\alpha \geq 0,05$; * параметры, имеющие статистически достоверную разницу при внутривидовом сравнении.

У животных суставная поверхность головки обращена кзади, а сагиттальные размеры головки превалируют над вертикальными. По форме головка плечевой кости животных, чьи передние конечности адаптированы к принятию веса при локомоции (у быков), приближена по форме к стекающей капле, и из-за этого абдукция и аддукция в плечевом суставе ограничены и практически отсутствуют вращательные движения – пронация и супинация. С уменьшением веса животного и/или освобождением передней (грудной) конечности от выполнения опорной функции происходят увеличение объема двигательной активности в плечевом суставе и, как следствие, изменение формы головки. Это подтверждают обнаруженные нами изменения пропорций головки. Соотношение ØГГ×ØГВ у быка 1,86/1, у собаки – 1,26/1, у кролика – 1,06/1, у человека – 0,96/1. Из всех изученных нами видов только у человека вертикальный диаметр головки плечевой кости, выраженный в относительных единицах, больше ее горизонтального диаметра. Величина угла скрученности плечевой кости по вертикальной оси также максимальна у человека (справа 35,92±2,37° и слева 35,65±2,02°), в то время как у животных этот угловой параметр имеет отрицательные значения (табл. 2).

Наличие межвидовых отличий в части объема движений в плечевом суставе можно определить по величине угла хрящевого края головки. Изменение типа опоры и способа локомоции от дорсомобильного фалангохождения к дорсомобильному стопохождению приводит к статистически значимому увеличению значений УХКГ (табл. 2) при одновременном, статистически значимом уменьшении значений ДШУ в ряду собака – кролик – человек. По нашему мнению, эта статистически подтвержденная асимметрия угловых параметров указывает на морфофункциональную

билатеральную дифференциацию конечностей, характерную не только для человека.

Известно, что трансляция веса животного от головки плечевой кости на её диафиза происходит через шейку. Поэтому анатомическая шейка плечевой кости у животных с выраженной опорной функцией плечевой кости не выражена в отличие от человека. О формообразующем значении снижения весовых нагрузок на кость свидетельствует обнаруженное нами изменение отношений относительных диаметров шейки в эволюционном ряду. Если у быков и кроликов статистически достоверных различий в величине относительных горизонтальных и вертикальных диаметров анатомической шейки плечевой кости нет, то у собак, передним лапам которых присуща большая двигательная активность в плечевом суставе по сравнению с быками и кроликами, относительный вертикальный диаметр шейки достоверно меньше ее относительного горизонтального диаметра (табл. 2). У человека статистически значимые отличия диаметров шейки обнаружены только с правой стороны.

Следующая структура, характеризующая движения в плечевом суставе и являющаяся по мнению Б.А. Никитюка (1990) видоспецифичным критерием человека, – межбугорковая борозда [4], степень развития которой опосредованно отражает силу сокращений и функциональную активность двуглавой мышцы. Анализ ее размеров (относительной ширины и глубины) позволил установить их уменьшение у человека по сравнению с быком и собакой. При этом по показателю отношения ширины к глубине межбугорковой борозды человек обладает максимально широкой бороздой 2,2/1 (у быка – 1,06/1, у собаки – 2,07/1, у кролика – 1,32/1).

Закключение

Сравнительный анализ относительных величин значений параметров анатомических

образований плечевой кости, характеризующих стереометрию плечевой кости человека и животных, позволяет получить более полное представление о функциональной адаптации кости к выполняемой функции.

Изменение типа локомоции наряду с изменением участия плечевой кости в реализации опорной функции приводит к изменению стереометрии её проксимального эпифиза.

Основными результатами эволюционных изменений в строении плечевой кости че-

ловека стали трансформация головки в полусферу с относительным увеличением размеров головки при сохранении равенства ширины проксимального эпифиза у всех изученных нами видов, увеличение угла хрящевого края головки, дифференцировка от окружающих структур анатомической шейки с одновременным уменьшением значений ДШУ, увеличение степени торсионной деформации диафиза.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах статьи:

Яшина Ирина Николаевна – к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России. Адрес: 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3. E-mail: bik2709@rambler.ru.

Клочкова Светлана Валерьевна – д.м.н., профессор кафедры анатомии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 125009, г. Москва, ул. Моховая, 11, стр. 10. Тел. 8(495)629-76-57.

Иванов Александр Викторович – д.м.н., профессор, зав. кафедрой гистологии, цитологии и эмбриологии ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России. Адрес: 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3. Тел. 8(4712)58-81-37.

Вагапова Василия Шарифьяновна – д.м.н., профессор, зав. кафедрой анатомии человека ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел. 8 (347)272-41-73.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В.А. Остеометрия / В.А. Алексеев. – М., Изд-во: «Наука», 1966. – 250 с.
2. Баринаева, Е.С. Поиск остеометрических признаков для половой идентификации плечевой кости / Е.С. Баринаева // Морфология. – 2014. – Т. 145, № 3. – С. 29.
3. Яшина, И.Н. К вопросу о системной организации плечевой кости представителей тетраподов / И.Н. Яшина [и др.] // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2018. – № 2. – С. 81-85.
4. Морфология человека: учеб. пособие / под ред. Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 344 с.
5. Somatometric Evaluation of Long Bones of the Upper Extremity: A Forensic Tool / J. Ekezie [et al.] // Forensic Res. Criminol. Int. J. – 2015. – Vol. 1, Iss. 5. – Art. 00029.
6. Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles / J. E. Labriola [et al.] // J. Shoulder Elbow Surg. – 2005. – Vol. 14 (1 Suppl. S). – P. 32S–38S.
7. The effect of humeral torsion on rotational range of motion in the shoulder and throwing performance / N.T. Roach [et al.] // J. Anat. – 2012. – Vol. 220, Iss. 3. – P. 293–301.

REFERENCES

1. Alekseev, V.A. Osteometriya / V.A. Alekseev. – M., Izd-vo: « Nauka», 1966. – 250s. (In Russ).
2. Barinova, E.S. Poisk osteometricheskikh priznakov dlya polovoj identifikacii plechevoj kosti / E.S. Barinova // Morfologiya. – 2014. – T. 145. – № 3. – S. 29. (In Russ).
3. Yashina, I.N. K voprosu o sistemoj organizacii plechevoj kosti predstavitelej tetrapodov / I.N. Yashina [i dr.] // Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik «Chelovek i ego zdorov'e». – 2018. – № 2. – S. 81-85. (In Russ).
4. Morfologiya cheloveka: ucheb. posobie / pod red. B.A. Nikityuka, V.P. Chetecova. – M.: Izd-vo MGU, 1990. – 344 s. (In Russ).
5. Somatometric Evaluation of Long Bones of the Upper Extremity: A Forensic Tool / J. Ekezie [et al.] // Forensic Res. Criminol. Int. J. – 2015. – Vol. 1, Iss. 5. – Art. 00029. (In Russ).
6. Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles / J. E. Labriola [et al.] // J. Shoulder Elbow Surg. – 2005. – Vol. 14 (1 Suppl. S). – P. 32S–38S. (In Russ).
7. The effect of humeral torsion on rotational range of motion in the shoulder and throwing performance / N.T. Roach [et al.] // J. Anat. – 2012. – Vol. 220, Iss. 3. – P. 293–301. (In Russ).