

УДК 611.728.3:611.718.4

С.Е. Байбаков,

д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной анатомии ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Л.В. Горбов,

канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной анатомии ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Т.С. Алексеенко,

соискатель кафедры нормальной анатомии ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России

К.П. Чекалин,

соискатель кафедры нормальной анатомии ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России

S.E. Baybakov,

Professor, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Normal Anatomy, Kuban State Medical University

L.V. Gorbov,

Candidate of Medical Sciences, Professor with the Department of Normal Anatomy, Kuban State Medical University

T.S. Alekseenko,

Post-graduate student with the Department of Normal Anatomy, Kuban State Medical University

K.P. Chekalin,

Post-graduate student with the Department of Normal Anatomy, Kuban State Medical University

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДИСТАЛЬНОГО ЭПИФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ

GEOMETRICAL VARIABILITY OF THE FEMORAL DISTAL EPIPHYSIS

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Байбаков Сергей Егорович, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной анатомии ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет»

Адрес: 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4

Тел.: +7 (918) 255-60-04

e-mail: bse.mail@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 27.07.2016

Статья принята к печати: 01.09.2016

CONTACT INFORMATION:

Sergey Baibakov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Anatomy, Kuban State Medical University

Address: 4, Sedyn st., Krasnodar, Russia, 350063

Tel.: +7 (918) 255-60-04

e-mail: bse.mail@mail.ru

The article received: July 27, 2016

The article approved for publication: September 1, 2016

Аннотация. В статье предложен принцип построения классификации формы анатомического объекта со сложной геометрией — дистального эпифиза бедренной кости. Подход основан на изучении соотношения длины, ширины и высоты медиального и латерального мышелков изучаемого объекта. Впервые показан половой диморфизм в форме дистального эпифиза бедренной кости — у женщин достоверно чаще, чем у мужчин, встречается превалирование длины медиального мышелка над длиной латерального. Нельзя исключить, что такая особенность может быть обусловлена изменениями, связанными с деторождением.

Abstract. In the article the principle of the classification of the anatomical shape of the object with complex geometry — distal femoral epiphysis. The approach is based on a study of the ratio of the length, width and height of the medial and lateral condyles of the object being studied. For the first time shows sexual dimorphism in the shape of distal femoral epiphysis — from women significantly more often than men, found the prevalence of the length of the medial condyle of the lateral length. It is possible that this feature may be due to changes associated with childbirth.

Ключевые слова. Дистальный эпифиз бедренной кости, форма, вариабельность, половой диморфизм.

Keywords. Distal femoral epiphysis, shape, variation, sexual dimorphism.

История анатомии как науки насчитывает уже около трех-четырёх тысяч лет. При этом объектом изучения было и остается человеческое тело, строение которого за это время, ничтожное по меркам эволюции, практически не изменилось. Поэтому понятна крайне малая вероятность обнаружения структур, ранее не описанных нашими предшественниками. В связи с этим в последние десятилетия основным объектом анатомического исследования является не столько сам орган, сколько изучение вариативности его строения, частоты встречаемости различных вариантов, влияния на эти частоты возрастных, половых и соматотипических особенностей организма [1, 2, 3].

Впервые проблемы индивидуальной вариативности анатомического строения были изучены ленинградской школой исследователей, возглавляемой Виктором Николаевичем Шевкуненко — заведующим кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии Военно-медицинской академии [4]. Подобное стремление изучить характер варьирования изучаемых признаков определяется главным образом потребностями практической медицины. Особый интерес эта информация представляет для хирургов и врачей, занимающихся медицинской визуализацией [5, 6, 7].

Изучение вариативности анатомического строения актуально практически для всех органов. Не является исключением и пассивный компонент опорно-двигательной системы, описанию вариативности которого в последние годы посвящено немало работ [8, 9, 10]. Вместе с тем авторами обнаружена только одна работа, в некоторой степени описывающая вариативность коленного сустава, которая, однако, была посвящена не норме, а патологическому процессу [11]. Вероятно, это связано с определенной трудностью описания формы этого самого крупного и сложного сустава человеческого организма. В то же время описать форму сустава невозможно без описания эпифизов костей, участвующих в его построении. В данной работе сделана попытка описать вариативность формы дистального эпифиза бедренной кости для получения в дальнейшем возможности качественного описания коленного сустава в целом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе были исследованы результаты морфометрических измерений МРТ-изображений коленного сустава у лиц без визуализирующихся признаков его патологии. Всего было изучено 359 МРТ-изображений коленного сустава. Среди пациентов было 190 мужчин и 169 женщин. Возраст обследованных лиц — от 16 до 84 лет. На изображениях в соответствии со стандартной методикой оценки были проведены измерения длины, ширины, высо-

ты медиального и латерального мыщелков бедренной кости.

Форма дистального эпифиза бедренной кости при МРТ-визуализации достаточно сложна. Она представлена двумя мыщелками (медиальным и латеральным), у которых можно измерить длину, ширину и высоту. Соотношение каждого из этих признаков на медиальном и латеральном мыщелках позволяет выделить формы, при которых он более выражен медиально или латерально либо примерно одинаково на обоих мыщелках.

Для изучения формы дистального эпифиза бедренной кости было изучено отношение длины, ширины и высоты медиального мыщелка к соответствующим показателям латерального мыщелка с расчетом, соответственно, трех индексов. Далее проведена автоматическая классификация — на три группы (кластера). Номера кластеров в дальнейшем были упорядочены так, чтобы первый номер соответствовал максимальному значению индексов, а третий, соответственно, самому минимальному его значению. Таким образом, в первый кластер войдут те объекты, у которых соответствующий признак (длина, ширина или высота мыщелка) более выражен на медиальной стороне сустава.

Поскольку исследовали характеристики формы эпифиза, а не его линейные размеры, было принято решение абстрагироваться от возраста и пола обследуемых лиц.

Статистический анализ включал автоматическую классификацию в кластерном анализе методом «к-средних». Пограничные значения числовых границ изученных признаков строили с расчетом 95% доверительных интервалов в дисперсионном анализе с использованием номера кластера в качестве группирующей переменной и последующим определением середины между ближайшими краями доверительных интервалов. Независимость распределений качественных признаков определяли при помощи непараметрического критерия χ^2 .

Подготовка данных проведена в программе Microsoft Excel, статистический анализ — в программе Statistica 6.15 (Statsoft Ltd, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отношение длин медиального и латерального мыщелков бедренной кости у всей совокупности исследованных МРТ-изображений варьировал в достаточно узких пределах — от 0,87 до 1,14 мм, распределяясь примерно в одинаковой степени относительно единицы. Среднее значение данного признака составило 0,98 мм, медиана — 0,98 мм, коэффициент вариации оказался достаточно мал — 3,8%, распределение отношения длин медиального и латерального мыщелков дистального эпифиза бедренной кости нельзя считать отличающимся от

нормального по критерию Шапиро-Уилка ($SW-W=0,9926$; $p=0,07$).

Несколько иная картина наблюдалась в оценке отношения ширины медиального и латерального мыщелков бедренной кости. Минимальное значение показателя (0,88 мм), максимальное (1,14 мм), среднее значение (1,00 мм) и медиана (1,00 мм), а также коэффициент вариации (3,41%) были очень близки по величине к отношению длин медиального и латерального мыщелков, однако характер распределения уже достоверно отличался от распределения Гаусса ($SW-W=0,9867$; $p=0,002$).

Вместе с тем отношение высоты медиального и латерального мыщелков бедра по результатам МРТ значительно отличалось от вышеописанных признаков. В первую очередь обращает на себя внимание значительное смещение величины данного показателя влево. Его минимальное значение (1,05 мм) больше единицы, максимальное (1,48 мм) стремится к полутора, величина среднего значения (1,212 мм) и медианы (1,209 мм), вследствие этого значительно отличаются от единицы, а коэффициент вариации (6,10%) в два раза выше, чем у предыдущих признаков. Отличия от нормальности распределения данного признака так же, как и в первом случае, не достоверны ($SW-W=0,9928$; $p=0,08$).

В дальнейшем к полученным данным применили одномерный кластерный анализ для создания трех групп. Это было обусловлено стремлением получить для первых двух отношений классы: «размер медиального мыщелка больше размера латерального», «размеры медиального и латерального мыщелков примерно равны», «размер латерального мыщелка больше размера медиального». В случае измерения

отношения высоты медиального мыщелка к высоте латерального было обнаружено, что во всех случаях латеральный мыщелок всегда имеет меньшую высоту. В связи с этим деление на три кластера позволяет выявить три группы по степени величины различий высоты медиального и латерального мыщелков – «значительная», «средняя» и «умеренная».

Если учесть принятое соглашение о том, что в первый кластер входят признаки, обладающие максимальным соотношением длин на медиальной и латеральной сторонах сустава, то проксимальный эпифиз бедренной кости с более выраженной длиной медиального мыщелка, более выраженной шириной латерального мыщелка и примерно равной высотой и медиального и латерального мыщелков можно обозначить как $F(l_1-w_3-h_3)$. Вместе с тем сустав с примерно равными длиной и шириной медиального и латерального мыщелков, а также значительным превышением высоты медиального мыщелка по сравнению с латеральным – как $F(l_2-w_2-h_1)$. Буквенное обозначение «F» в данном случае подчеркивает, что характеризуется эпифиз бедренной кости (femur), а его замена на символ «T» в ходе дальнейшей работы позволит распространить данный принцип описания формы на проксимальный эпифиз большеберцовой кости (tibia). Вместе с тем индексы l , w и h не позволяют забыть о том, что речь идет о длине, ширине и высоте мыщелков соответственно.

Результаты кластеризации показали высокую достоверность отличий между выделенными группами ($p < 10^{-6}$). Однако для получения возможности отнесения новых образцов к тому или иному кластеру необходимо предложить определенный

Таблица 1

Расчет граничных значений для классификации характеристик формы дистального эпифиза бедренной кости

Кластер №	N	Среднее	Среднее квадратичное отклонение	Ошибка среднего	–95%	+95%
Отношение длины медиального и латерального мыщелков						
<i>l-1</i>	87	1,031	0,021	0,0022	1,027	1,036
<i>l-2</i>	180	0,983	0,013	0,0009	0,982	0,986
<i>l-3</i>	92	0,938	0,018	0,0019	0,934	0,942
Отношение ширины медиального и латерального мыщелков						
<i>w-1</i>	84	1,044	0,022	0,0024	1,039	1,049
<i>w-2</i>	161	1,002	0,010	0,0008	1,001	1,004
<i>w-3</i>	114	0,963	0,017	0,0016	0,959	0,966
Отношение высоты медиального и латерального мыщелков						
<i>w-1</i>	82	1,313	0,041	0,0045	1,304	1,322
<i>w-2</i>	172	1,216	0,027	0,0021	1,211	1,220
<i>w-3</i>	105	1,129	0,035	0,0034	1,122	1,135
Границы между кластерами						
Признак					1–2	2–3
Отношение длины медиального и латерального мыщелков					1,006	0,963
Отношение ширины медиального и латерального мыщелков					1,022	0,983
Отношение высоты медиального и латерального мыщелков					1,262	1,173

числовой критерий, пользуясь которым можно было бы однозначно его классифицировать без обращения к базам данных. Проведенный дисперсионный анализ с использованием в качестве группирующих переменных номера кластера дал возможность определить 95%-ный доверительный интервал для исследуемых отношений (табл. 1, также приведены статистические показатели, позволяющие рассчитать граничные значения для отношений ширины и высоты медиального и латерального менисков, и представлены их величины). Для частного длин медиального и латерального менисков дистального эпифиза бедренной кости и учитывая, что значение нижнего края доверительного интервала первого кластера (1,026900) намного выше значения верхнего интервала второго кластера (0,985851), за границу между ними можно принять среднее значение этого расстояния — 1,006376. Аналогично за границу между вторым и третьим кластером можно принять величину 0,961750. Таким образом, если частное от деления длины медиального мышелка на длину латерального мышелка меньше чем 0,961750, то данный эпифиз по изучаемому признаку входит в третий кластер (медиальный мышелок короче, чем латеральный); если данное отношение более чем 1,006376, то эпифиз входит в первый кластер (медиальный мышелок длиннее, чем латеральный); а если числовое значение находится между этими границами, то эпифиз бедренной кости принадлежит ко второму кластеру (с примерно равной длиной мышелков).

Таким образом, на данном этапе исследования на достаточно большой выборке получены числовые характеристики для отнесения показателей, характеризующих форму дистального эпифиза бедренной кости, к той или иной группе. Таким образом, в последующих исследованиях, измерив на МРТ-изображении соответствующие показатели, можно определиться с качественными характеристиками формы.

Значительный интерес также представляет суммарное распределение сочетаний кластеров различных признаков, характеризующих форму дистального эпифиза бедренной кости, которое представлено в таблице 2.

При анализе таблицы можно видеть, что наиболее часто встречаются суставы, форму которых можно охарактеризовать как F(12-w2-h2). Это не является удивительным, поскольку формы распределений всех трех изученных отношений так или иначе приближаются к нормальному (гауссовому) распределению и такое сочетание является наиболее вероятным.

С другой стороны, представляет определенный интерес обнаружить возможные отличия в форме изучаемого объекта у лиц разных групп. В таблице 3, например, представлены частоты распределе-

Таблица 2

Взаимное сочетание кластеров отдельных морфологических признаков, характеризующих форму дистального эпифиза бедренной кости

l=...	w=...	h=...			Суммы по строкам
		1	2	3	
1	1	8	9	1	18
	2	8	21	6	35
	3	7	17	10	34
	Всего	23	47	17	87
2	1	10	24	9	43
	2	15	45	28	88
	3	14	17	18	49
	Всего	39	86	55	180
3	1	9	11	3	23
	2	6	20	12	38
	3	5	8	18	31
	Всего	20	39	33	92
Суммы по столбцам		82	172	105	359

ния мужчин и женщин по кластерам признака «l». Данное распределение не является случайным, что подтверждает расчет эмпирической величины χ^2 (12,44245), что при степени свободы df=2 позволяет определить уровень значимости ($p=0,0019$), как свидетельствующий о наличии достоверных различий. Анализ компонент критерия χ^2 , предложенный в работе Горбова Л.В., Сухинина А.А., Коваленко С.Л. «Анализ компонент критерия однородности — новый подход к интерпретации результатов?» (Информатика и системы управления. 2008. № 2(16). С. 119—121), позволяет выявить, что неслучайность связана с выраженными отклонениями наблюдаемых частот в первом кластере от соответствующих ожидаемых частот.

Таблица 3

Влияние пола на кластерную группировку отношения длин медиального и латерального мышелков дистального эпифиза бедренной кости

l=...	Мужчины	Женщины	Всего
1	32	55	87
2	102	78	180
3	56	36	92
Всего	190	169	359

Так, наблюдаемое количество мужчин в первом кластере на 14 человек меньше, чем могло бы ожидаться при случайном распределении, а наблюдаемое число женщин, наоборот, на 15 человек больше. Остальные компоненты критерия χ^2 не дают существенного вклада в суммарную величину эмпирического значения критерия. Таким образом, учитывая

смысл выделенных кластеров, можно заключить, что во всех возрастных группах превалирование длины медиального мыщелка дистального эпифиза бедренной кости над длиной латерального мыщелка у мужчин статистически достоверно встречается реже, а у женщин — чаще.

Таким образом, в ходе данного исследования нами предложена методика унифицированного описания формы сложного анатомического объекта — дистального эпифиза бедренной кости. Получена информация о половых особенностях соотношения длины медиального и латерального мыщелков изучаемой анатомической структуры.

Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

1. Малеев Ю.В., Черных А.В. Индивидуальная анатомическая изменчивость передней области шеи. Новые подходы и решения. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2009; 2(4): 316–329.
[Maleev Y.V., Chernih A.V. Individual anatomical variability of the front of the neck. New approaches and solutions. *J. of Experimental and Clinical Surgery*. 2009; 2(4): 316–329 (in Russian).]
2. Черных А.В., Малеев Ю.В., Шевцов А.Н. Особенности топографической анатомии околощитовидных желез. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012; 19(2): 175–178.
[Chernih A.V., Maleev Y.V., Shevtsov A.N. Features of topographic anatomy of the parathyroid glands. *Bulletin of new medical technology*. 2012; 19(2): 175–178 (in Russian).]
3. Мандриков В.Б., Николенко В.Н., Краюшкин А.И. и др. Лица допризывного возраста (морфофункциональный профиль и физическое развитие). Волгоград: Изд-во ВолГМУ; 2014: 168.
[Mandrikov V.B., Nikolenko V.N., Krayushkin A.I. et al. Persons of pre-conscription age (morphofunctional profile and physical development). Volgograd: Publishing house VolGGMU; 2014: 168 (in Russian).]
4. Байбаков С.Е., Гайворонский И.В., Гайворонский А.И. Сравнительная характеристика морфометрических параметров головного мозга у взрослого человека в период зрелого возраста (по данным магнитно-резонансной томографии). *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Сер. 11 «Медицина». 2009; 1: 111–117.
[Baybakov S.E., Gayvoronskiy I.V., Gayvoronskiy A.I. Comparative characteristics of the morphometric parameters of the brain of an adult during adulthood (according to MRI). *Bulletin of St. Petersburg State University*. Ser. 11 “Medicine”. 2009; 1: 111–117 (in Russian).]
5. Скиба В.В., Яцишин И.В., Лисайчук Ю.С., Тарапон О.Ю. Систематизация клинических проявлений дефектов и деформаций передней брюшной стенки. *Хирургия Украины*. 2007; 3(23): 036–041.
[Skiba V.V., Yatsishin I.V., Lisaychuk Y.S., Tarapon O.J. Ordering of the clinical manifestations of defects and deformations of the anterior abdominal wall. *Surgery of Ukraine*. 2007; 3(23): 036–041 (in Russian).]
6. Филин А.В., Богданов-Березовский А.А., Ашуба Т.М. и др. Изучение билиарной анатомии у родственных доноров фрагментов печени. *Вестник хирургической гастроэнтерологии*. 2009; 1: 10–18.
[Filin A.V., Bogdanov-Berezovsky A.A., Ashoba T.M. et al. The study of biliary anatomy in related donor liver fragments. *Bulletin surgical gastroenterology*. 2009; 1: 10–18 (in Russian).]
7. Чаплыгина Е.В., Климова С.И. Анатомическая вариабельность желчного пузыря с позиций современных методов визуализации. *Медицинский вестник Юга России*. 2012; 1: 70–71.
[Chaplygin E.V., Klimov S.I. Anatomical variability of the gallbladder from the standpoint of modern imaging techniques. *Medical Bulletin South Russia*. 2012; 1: 70–71 (in Russian).]
8. Мельников А.А., Никифоров Р.В., Хайруллин Р.М., Хайруллин Ф.Р. Остеометрические параметры средних фаланг стопы человека и их половые различия. *Морфологические ведомости*. 2014; 1: 70–78.
[Melnikov A.A., Nikiforov R.V., Khairullin R.M., Khayrullin F.R. Osteometric parameters middle phalanges of the human foot and sex differences. *Morphological Vedomosti*. 2014; 1: 70–78 (in Russian).]
9. Байрошевская М.В., Сафиуллина А.Ф., Хайруллин Р.М., Никифоров Р.В. Половые различия пяточных костей стопы человека по данным прямой остеометрии. *Морфологические ведомости*. 2014; 3: 31–36.
[Bayroshvskaya M.V., Safiullina A.F., Khairullin R.M., Nikiforov R.V. Sex differences in human heel bone of the foot according to the direct osteometry. *Morphological Vedomosti*. 2014; 3: 31–36 (in Russian).]
10. Анисимова Е.А., Зайцев В.А., Анисимов Д.И. и др. Изменчивость и сопряженность морфометрических параметров костных структур тазобедренного сустава. Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2015; 5(7): 1002–1006.
[Anisimova E.A., Zaitsev V.A., Anisimov D.I. et al. Variability and contingency morphometric parameters of the hip bone structures. *Bulletin of Medical Internet Conferences*. 2015; 5(7): 1002–1006 (in Russian).]
11. Колесник Т.В., Алексеева Л.И., Мякоткин В.А. Вариабельность минеральной плотности костной ткани и некоторых генетических маркеров при остеоартрозе коленных суставов. *Научно-практическая ревматология*. 2005; 4: 85–91.
[Kolesnik T.V., Alekseeva L.I., Myakotkin V.A. Variability in bone mineral density and some genetic markers for osteoarthritis of the knee. *Scientific and practical rheumatology*. 2005; 4: 85–91 (in Russian).]