

© И. Н. Яшина, А. В. Иванов, М. А. Иванов, Али А. Самаха, 2019
УДК 611.717.4:611.972

И. Н. Яшина¹, А. В. Иванов², М. А. Иванов³, Али А. Самаха⁴

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛЕЧЕВЫХ КОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

¹ Кафедра анатомии (зав. — проф. В. В. Харченко), ² кафедра гистологии, эмбриологии и цитологии (зав. — проф. А. В. Иванов), ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава РФ;

³ «Госпиталь для ветеранов войн» (нач. — проф. М. Ю. Кабанов), Санкт-Петербургское ГБУЗ; ⁴ кафедра биомедицинских наук (зав. и координатор теоретического курса — Берчара Чахоуд), Ливанский международный университет, г. Бейрут, Ливан

Цель — изучение системной организации плечевой кости человека.

Материал и методы. Остеометрически изучены 154 ($D=S=77$) плечевые кости человека. Полученные данные нормализованы по значению поперечного диаметра диафиза. Определены доверительные интервалы полученных относительных и абсолютных значений при $\alpha=0,05$. Проведен анализ данных методом главных компонент с вращением Equamax normalized с учетом латерализации костей на основе корреляционной матрицы Спирмена как для абсолютных, так и для относительных значений.

Результаты. Впервые выявлена правосторонняя асимметрия развития углов сочленения головки с диафизом и хрящевого края головки с диафизом. Выделены 3 уровня системной организации кости. Определены стабильные и нестабильные системообразующие параметры. Увеличение числа нестабильных системообразующих параметров дистального эпифиза по сравнению с проксимальным указывает на морфофункциональную асимметричную дифференциацию эпифизов кости.

Выводы. Для плечевой кости человека характерны асимметричность системной организации, вертикальная дифференциация эпифизов.

Ключевые слова: плечевая кость, человек, системная организация

Принимая во внимание зависимость строения костей скелета от выполняемой ими функции, отличительные особенности анатомии длинных трубчатых костей конечностей человека давно представляют интерес для исследователей — морфологов, инженеров-биомехаников, нейрофизиологов, травматологов-ортопедов, кинезиотерапевтов, а также представителей многих других отраслей медицины. Понимание закономерностей развития структур трубчатых костей скелета конечностей во взаимосвязи с выполняемыми ими функциями имеет большое значение и для археологов, поскольку позволяет судить об интенсивности и других особенностях выполнения человеком трудовых функций в разные исторические эпохи. В настоящее время, с точки зрения функциональной морфологии, верхнюю конечность (ВК) человека принято считать мультифункциональным органом, в котором различные сегменты (плечо, предплечье и кисть) принимают разное участие в выполнении локомоторных актов и, соответственно, испытывают при этом статические и динамические нагрузки разной направленности и напряженности [3, 6, 19]. Наиболее

изученным в этом плане отделом ВК человека оказалась кисть. Именно при исследовании дистального сегмента ВК человека были установлены факты наличия морфологической и функциональной асимметрии [4, 13], связи геометрии коротких трубчатых костей с типом телосложения [7, 11], зависимости степени выраженности костных структур в местах прикрепления связок и сухожилий мышц от объема и вида выполняемых движений [2, 8]. На основе полученных данных были разработаны методики определения пола, профессии и иных особенностей (праворукость/леворукость) человека по костным останкам кисти [5, 8, 9, 12]. Тем не менее, несмотря на очевидную вовлеченность в выполнение моторной функции во всех её проявлениях, кости других сегментов ВК в сравнении с костями скелета кисти человека оказались менее изученными.

Первые значимые исследования плечевых костей на выборках, репрезентативных по отношению к популяции вида *Homo sapiens*, были выполнены на материале IX–XX вв. [8–10, 15]. Несмотря на использование объективных методов остеометрии, исследователи тех лет не учи-

Сведения об авторах

Яшина Ирина Николаевна (e-mail: Bik2709@rambler.ru), кафедра анатомии человека, Иванов Александр Викторович, кафедра гистологии, эмбриологии и цитологии, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, 305041, г. Курск, ул. Карла Маркса, 3

Иванов Михаил Александрович, отделение травматологии и ортопедии, СПбГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн», 193079, Санкт-Петербург, ул. Народная, 21, к. 2

Самаха Али А. (e-mail: ali.samaha@liu.edu.lb), кафедра биомедицинских наук, Ливанский международный университет, г. Бейрут, 146404, Mazraa

тывали произошедшие изменения функциональной биомеханической нагрузки на кости разных сегментов ВК современного человека. Это касается уменьшения в геометрической прогрессии популяции количества людей, занятых тяжелым физическим трудом и, вследствие этого, перераспределения соотношения объема выполняемой мелкой моторики и силовых нагрузок. Это не может не отражаться на строении плечевой кости и должно сопровождаться изменением степени асимметрии системной организации плечевых костей, на что указывают работы ряда авторов [8–10, 14, 18]. Тем не менее, обнаруженных ими различий в длине и размерах эпифизов контралатеральных плечевых костей недостаточно для понимания системной организации плечевой кости, как органа, степени вовлеченности функционально различных анатомических структур кости в процесс адаптации к меняющейся по многим параметрам функциональной нагрузке, очередности наступления этих изменений.

Плечевая кость — длинная трубчатая кость, составляющая скелет стилоподия ВК человека. Она участвует в образовании двух крупных суставов: плечевого и локтевого, к ней прикрепляются мышцы, обеспечивающие движения как в названных суставах, так и в расположенных дистальнее. Её длина стабильна и колеблется в пределах 29–35 см [20]. На проксимальном эпифизе медиально располагается головка. Ее суставная поверхность обращена вверх и несколько кзади. Ряд авторов указывают на вертикальную вытянутость полуокружности головки и преобладание ее вертикальных размеров над сагиттальными [6, 17–20]. Пространство, расположенное между краем хрящевого покрытия головки и основанием бугорков, считается анатомической шейкой. Угол между хрящевым краем головки и перпендикуляром к оси диафиза, измеренный со стороны шейки, в норме составляет около 45° , а угол ретроторсии в среднем составляет 35° . Такая позиция головки позволяет максимально увеличить амплитуду движений в плечевом суставе. Анатомическая шейка плечевой кости очень короткая. Она соединяется с диафизом под углом около 135° [6, 18–21].

Латерально на проксимальном эпифизе обнаруживается большой бугорок, который имеет 3 площадки для прикрепления мышц. К верхней площадке большого бугорка присоединяется надостная мышца, отводящая ВК. К средней площадке большого бугорка прикрепляется подостная мышца, к нижней площадке большого бугорка — малая круглая мышца. Две последние мышцы супинируют плечо. Малый бугорок

расположен на проксимальном эпифизе спереди. Он является местом прикрепления подлопаточной мышцы, которая вращает плечевую кость внутрь. От обоих бугорков дистально отходят гребни. К гребню малого бугорка фиксируются широчайшая мышца спины и большая круглая мышца, пронирующие, разгибающие ВК в плечевом суставе и приводящие ее к туловищу. Степень выраженности бугорков отражает состояние ротаторной манжеты плеча, обеспечивающей вращение в плечевом суставе вокруг вертикальной оси [16, 17]. Между бугорками расположена межбугорковая борозда. В ней лежит сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча, сгибающей плечо и предплечье. Размеры межбугорковой борозды видоспецифичны для *Homo sapiens* и определены амплитудой сгибания, играют ключевую роль в стабилизации плечевого сустава при движении [8, 9, 16–18].

Диафиз плечевой кости по мере приближения к дистальному эпифизу приобретает треугольное сечение, а затем уплощается в переднезаднем направлении. Во фронтальной плоскости ось с горизонталью мыщелков образует угол наклона диафиза плечевой кости. Этот показатель характеризует степень приближения локтевого сустава к срединной плоскости.

В процессе онтогенеза на сроке 7–8 нед дистальные отделы ВК супинируются. Торсионная трансформация ВК (от плеча до кончиков пальцев) достигает величины 90° . Такое изменение положения дистальных сегментов ВК приводит к возникновению супинационной торсии плечевой кости. Величина ретроторсии плеча (скрученности кости) — угла между осью головки и осью мыщелков может колебаться от $18,5$ до 72° [21].

Дистальный эпифиз представлен двумя мыщелками. Латеральный мыщелок практически сферической формы называется головочкой плечевой кости и предназначен для сочленения с лучевой костью. Медиальный мыщелок — блок плечевой кости, соединяющийся с локтевой костью. Он имеет два гребня: медиальный и латеральный. Между гребнями блока проходит блоковая борозда, расположенная спирально и направляющая предплечье при сгибании в локтевом суставе к срединной линии тела. На передней поверхности дистального эпифиза выше мыщелков располагаются ямки для сочленения с костями предплечья, медиально — венечная ямка, над головочкой — лучевая ямка. На задней поверхности обнаруживается большая локтевая ямка для сочленения с локтевым отростком. По бокам дистального эпифиза, выше мыщелков

расположены надмыщелки. Латеральный надмыщелок является местом прикрепления мышц разгибателей и супинаторов запястья и пальцев, медиальный — сгибателей и пронаторов [8–12, 18–19].

Несмотря на то, что форма и размеры плечевой кости predeterminedены генетически, на протяжении всей жизни человека плечевая кость, как часть системы опорно-двигательного аппарата, подвергается постоянному ремоделированию под воздействием различной функциональной нагрузки.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение системной организации плечевых костей современного человека.

Материал и методы. Материалом послужили 154 мацерированные плечевые кости ($D=S=77$) человека с полным синостозированием эпифизов, без признаков костной патологии, неустановленной половой принадлежности из коллекции кафедры анатомии человека, полученных в 2012–2018 гг. Настоящее исследование проведено с соблюдением этических норм в рамках действующих нормативных актов (протокол заседания секции доклинических исследований РЭК ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России № 5 от 30 июня 2018 г.).

Остеометрию проводили по методике В. П. Алексеева с рядом собственных дополнений (*таблица*) [1]. На каждой кости с помощью устройства для остеометрических измерений длинных трубчатых костей и цифрового штангенциркуля были измерены 23 структуры (*рис. 1, 2*).

Все исследуемые структуры были разделены на 4 группы (см. таблицу).

Методика остеометрии плечевых костей

Группа параметров	Параметр	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения
Общие параметры	1	Наибольшая длина кости — максимально удаленные точки медиального гребня блока и верхней точки головки
	2	Сагиттальный диаметр середины диафиза кости
	3	Фронтальный диаметр диафиза — расстояние между боковыми точками на середине диафиза во фронтальной плоскости
Проксимальный эпифиз	4	Максимальная ширина проксимального эпифиза
	5	Расстояние между максимально выступающими наружными точками большого и малого бугорков
	6	Сагиттальный диаметр головки — расстояние между максимально удаленными точками полусферы головки в переднезаднем направлении
	7	Вертикальный диаметр головки — расстояние между максимально удаленными точками полусферы головки в верхненижнем направлении
	8	Вертикальный диаметр анатомической шейки — расстояние, измеренное между максимально удаленными верхней и нижней точками шейки плечевой кости во фронтальной плоскости
	9	Сагиттальный диаметр анатомической шейки — расстояние, измеренное между максимально удаленными точками на передней и задней поверхности шейки плечевой кости
	10	Ширина межбугорковой борозды — расстояние между внутренними поверхностями гребней бугорков плечевой кости
	11	Глубина межбугорковой борозды — расстояние между дном борозды и плоскостью, соединяющей края гребней бугорков
Дистальный эпифиз	12	Ширина дистального эпифиза — расстояние между максимально удаленными точками надмыщелков плечевой кости, измеренное во фронтальной плоскости
	13	Вертикальный диаметр медиального гребня блока
	14	Вертикальный диаметр латерального гребня блока
	15	Вертикальный диаметр головочки
	16	Ширина венечной ямки
	17	Ширина лучевой ямки
	18	Ширина локтевой ямки
Угловые параметры	19	Угол наклона диафиза, измеренный между перпендикуляром к горизонтальной плоскости дистального эпифиза и осью диафиза кости
	20	Угол сочленения головки с диафизом измеряется между горизонтальной плоскостью, проведенной через диафиз кости, и хрящевым краем полусферы головки
	21	Угол скрученности кости (ретроверсии головки) измеряется между поперечной осью дистального эпифиза и осью головки
	22	Угол наклона направляющей борозды блока
	23	Шеечно-диафизарный угол

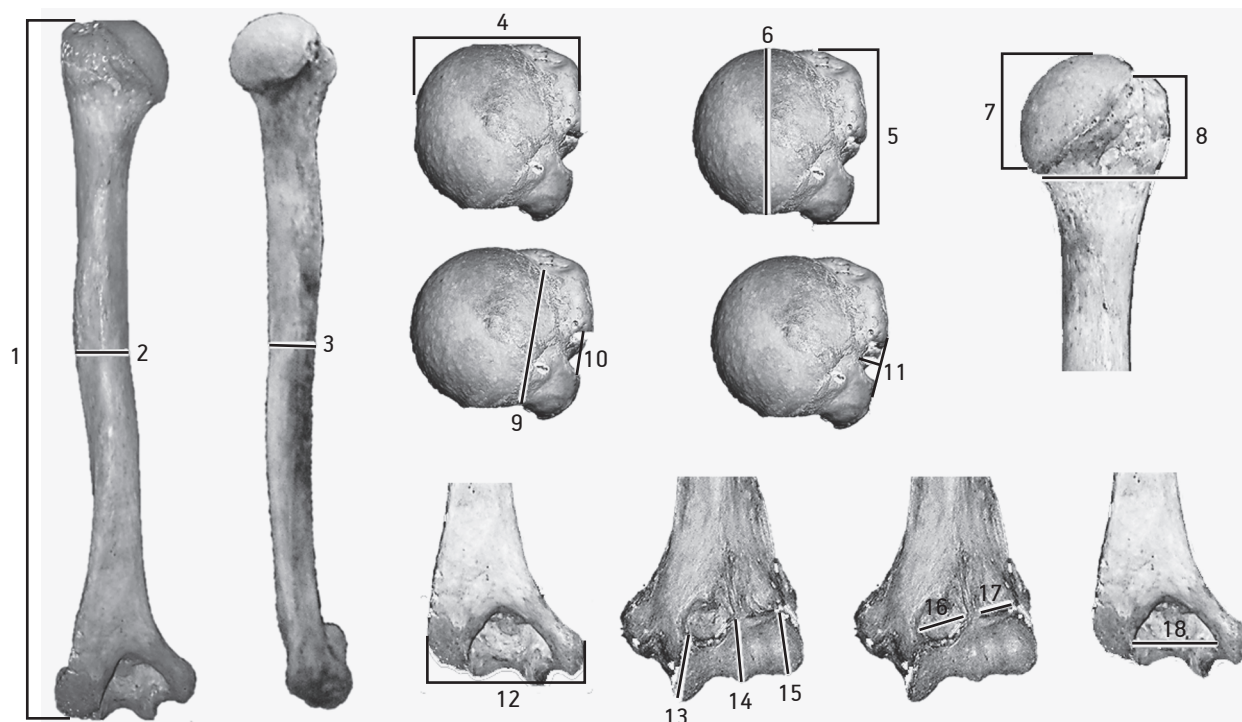


Рис. 1. Остеометрическое исследование препаратов плечевых костей человека (линейные параметры).

1 — наибольшая длина кости; 2 — сагиттальный диаметр середины диафиза; 3 — фронтальный диаметр середины диафиза; 4 — ширина проксимального эпифиза; 5 — расстояние между вершинами большого и малого бугорков; 6 — сагиттальный диаметр головки; 7 — вертикальный диаметр головки; 8 — вертикальный диаметр шейки; 9 — сагиттальный диаметр шейки; 10 — ширина межбугорковой борозды; 11 — глубина межбугорковой борозды; 12 — ширина дистального эпифиза; 13 — вертикальный диаметр медиального края блока; 14 — вертикальный диаметр латерального края блока; 15 — вертикальный диаметр головочки; 16 — ширина венечной ямки; 17 — ширина лучевой ямки; 18 — ширина локтевой ямки

Полученные цифровые данные заносили в таблицы Excel с учетом принадлежности к стороне тела — D и S. После определения критериев описательной статистики: среднего значения, среднего квадратичного отклонения, дисперсии, асимметрии и эксцесса, не обнаружив нормального распределения, были использованы методы непараметрической статистики и рассчитаны доверительные интервалы значений (при $\alpha=0,05$) по каждому параметру. Для последующего анализа значения всех линейных параметров были переведены в относительные величины — нормализованы. За единицу измерения было принято значение фронтального диаметра диафиза в средней трети кости, что позволило нивелировать конституциональные особенности скелета [19].

Следующим этапом исследования стало проведение многоэтапного факторного анализа методом главных компонент с вращением Equamax normalized с учетом латерализации костей на основе корреляционной матрицы Спирмена как для абсолютных, так и для относительных значений. Автоматическое выделение факторов, влияющих на строение плечевой кости, остановилось на уровне четырех. Картина распределения факторных нагрузок при большем числе факторов не изменялась. Математическую обработку производили с использованием программы Statistica 10.0.

Результаты исследования. Статистически значимых различий в абсолютной величине линейных параметров (см. таблицу, 1–18) между правой и левой плечевыми костями не обнаружено. Все установленные статистически значимые различия касаются только 4-й группы

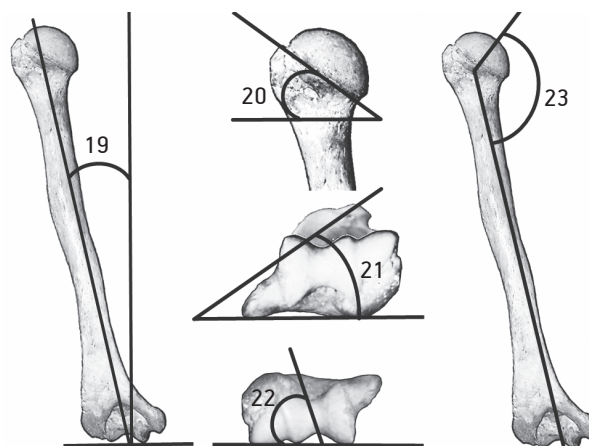


Рис. 2. Остеометрическое исследование препаратов плечевых костей человека (угловые параметры).

19 — угол наклона диафиза; 20 — угол хрящевого края головки; 21 — угол скрученности диафиза; 22 — угол наклона направляющей борозды блока; 23 — плечо-диафизарный угол

(угловые параметры). Так, плечо-диафизарный угол оказался более выражен на правых плечевых костях ($135,81\text{--}139,71^\circ$), а слева величина доверительного интервала составила от $130,23$ до $133,99^\circ$ (при $\alpha=0,05$). Также справа установлена большая величина угла сочленения голов-

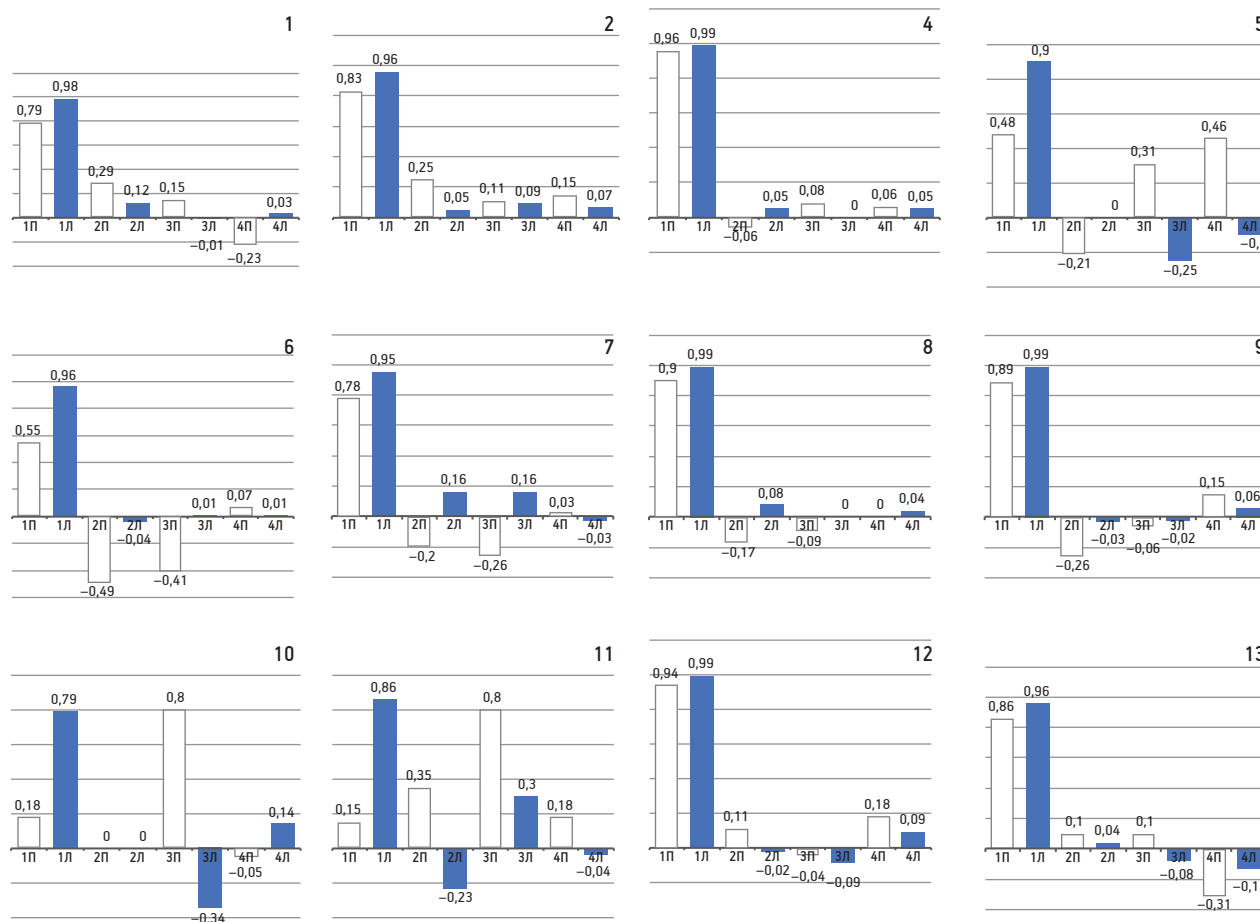


Рис. 3. Диаграммы факторных нагрузок на плечевые кости по результатам многоуровневого факторного анализа (параметры 1–13).

Здесь и на рис. 4 номер диаграммы соответствует номеру параметра на рис. 1, 2 и в таблице. На диаграммах белый цвет — столбики, соответствующие правой плечевой кости (1П, 2П, 3П, 4П), темный цвет — левой плечевой кости (1Л, 2Л, 3Л, 4Л). По оси абсцисс — факторы 1, 2, 3 и 4. Величина факторных нагрузок указана на вершинах столбиков

ки с диафизом ($41,71\text{--}46,58^\circ$). Слева его значения находятся в доверительном интервале от $33,90$ до $39,63^\circ$. По-видимому, это может быть связано с различной амплитудой движений в плечевом суставе.

Результаты факторного анализа абсолютных и относительных значений исследуемых параметров представлены на рис. 3, 4. Статистически значимыми являются факторные нагрузки выше $0,7$.

Обсуждение полученных данных. Работ, описывающих результаты применения методов математического анализа строения костей скелета человека и, в частности, плечевой кости, на данный момент нет ни среди отечественных, ни среди зарубежных исследований. Анализ корреляционных матриц результатов измерений плечевых костей выявил структуры, испытывающие сопоставимо равные факторные нагрузки под действием одинаковых факторов. Такие структуры мы приняли за системообразующие. Данная

особенность ярко проявилась при анализе нормализованных результатов измерений. Группу системообразующих структур плечевых костей, испытывающих влияние одинаковых факторов с факторными нагрузками в диапазоне $0,9\text{--}0,99$ независимо от латерализации кости, составили ширина проксимального эпифиза, вертикальный диаметр шейки, ширина дистального эпифиза и вертикальный диаметр головочки. Данные структуры, на наш взгляд, обеспечивают адаптацию плечевой кости к массе тела человека, статическим нагрузкам и свидетельствуют о базовой роли опорной функции в становлении системной организации плечевой кости, что согласуется с данными исследования Л. А. Алексиной [2].

Формирование плечевой кости человека, как части биомеханической системы опорно-двигательного аппарата, зависит от степени развития всего скелета и находит отражение в работах отечественных и зарубежных авторов [8, 9, 12]. Ключевую роль в системной органи-

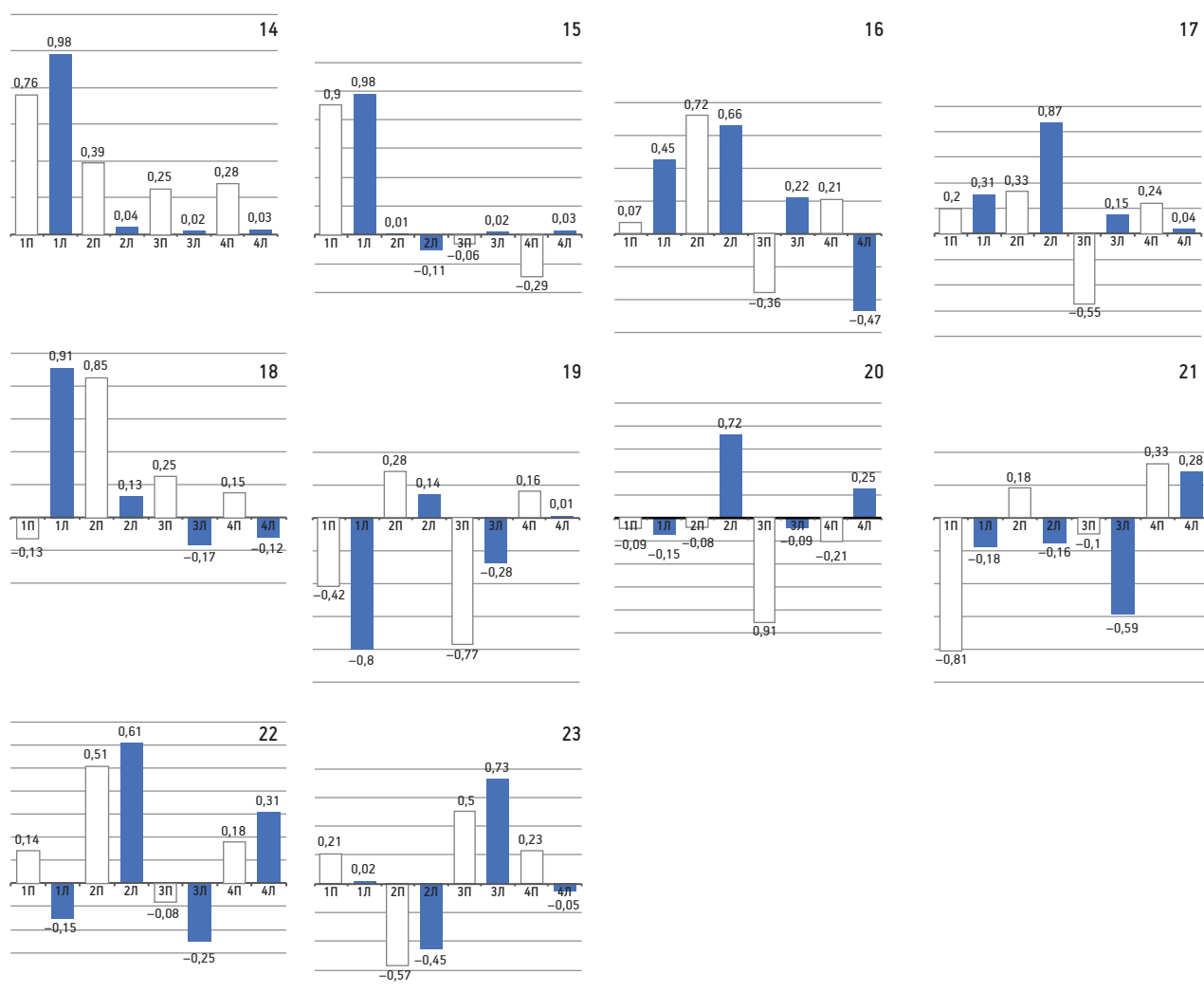


Рис. 4. Диаграммы факторных нагрузок на плечевые кости по результатам многоуровневого факторного анализа (параметры 14–23)

зации кости играют функциональные нагрузки [6, 16, 19, 21], а наличие структур, испытывающих неравные функциональные нагрузки, но составляющие одноименный фактор, подтверждает это. Такими структурами, свидетельствующими об асимметричности функциональной нагрузки, явились длина, диафиз, вертикальный диаметр головки, сагиттальный диаметр шейки, вертикальный диаметр медиального и латерального гребня блока. При этом параметры головки и шейки указывают на функциональную дифференциацию плечевых костей на уровне плечевого сустава, а диаметры блока — на разницу в функционировании плечелоктевого сочленения и осуществлении сгибательно-разгибательных движений.

В ходе анализа обнаружались «мигрирующие по факторам» структуры, имеющие нестабильные факторные нагрузки, влияющие на обе кости: угол сочленения головки с диафизом, угол накло-

на диафиза, ширина межбугорковой борозды, глубина межбугорковой борозды, ширина локтевой и венечной ямок. Как показали результаты факторного анализа, в процессе становления системной организации плечевой кости структуры кости, влияющие на амплитуду приводяще-отводящих движений руки, образуют обособленную группу.

Последнюю группу структур плечевой кости, указывающих на наличие ярко выраженной асимметрии системной организации и испытывающих факторные нагрузки в случае принадлежности к одной из сторон, составили для левой плечевой кости сагиттальный диаметр головки, межбугорковое расстояние, шейечно-диафизарный угол и ширина лучевой ямки. Для препаратов правой плечевой кости такой структурой оказался угол скрученности (ретроверсии головки), структуры отражают различную супинационно-пронационную активность рук и согласуют-

ся с данными В. М. Auerbach, С. В. Ruff [14], В. Özener [17].

Угол направляющей борозды блока не испытывал статистически значимых нагрузок.

Таким образом, в системной организации плечевой кости человека определены базовые параметры, независимые от стороны тела и указывающие на равноценное участие в реализации функций в филогенезе: это ширина проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки, вертикальный диаметр гребней блока, вертикальный диаметр головочки и ширина латерального надмыщелка. Определены системно нестабильные параметры, указывающие на асимметричность участия плечевой кости человека в реализации двигательной функции на уровне плечевого сустава: сагиттальный размер головки, угол хрящевого края головки, угол инклинации головки, межбугорковое расстояние, размеры межбугорковой борозды. Определены параметры плечевой кости, указывающие на асимметричную реализацию двигательной функции на уровне локтевого сустава: это величина угла наклона диафиза, степень скрученности диафиза, размеры локтевой ямки, ширина венечной и лучевой ямок, ширина частей суставной поверхности блока и ширина медиального надмыщелка. Увеличение числа нестабильных системообразующих параметров дистального эпифиза по сравнению с проксимальным указывает на морфофункциональную асимметричную дифференциацию эпифизов кости.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования: А. В. И., И. Н. Я.

Сбор и обработка материала: М. А. И.

Статистическая обработка данных: А. А. С.

Анализ и интерпретация данных: И. Н. Я.

Написание и редактирование текста: И. Н. Я., А. В. И.

Авторы сообщают об отсутствии в статье конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В.П. Остеометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1966. 251 с. [Alekseev V.P. Osteometry. Methods of anthropological research. Moscow: Nauka, 1966. 251 p. In Russ.].
- Алексина Л.А. Возрастные особенности и динамика окостенения проксимальных отделов плечевых костей // Журн. анат. и гистопатол. 2015. Т. 4, № 1. С. 38–44 [Aleksina L.A. Age-Related Features and Ossification Dynamics of Proximal Parts of Humerus // Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2015. Vol. 4, № 1. P. 38–44. In Russ.].
- Доронин А.Б., Доронина Е.С., Пикалов М.А., Науменко А.Е., Краюшкин А.А. Соотношение между параметрами кисти и показателем роста человека // Журн. анат. и гистопатол. 2015. Т. 4, № 3 (15). С. 47 [Doronin A.B., Doronina E.S., Pikalov M.A., Naumenko A.E., Krayushkin A.A. The relation between parameters of the hand and index of human height // Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2015. Vol. 4, № 3 (15). P. 47. In Russ.].
- Ермоленко А.С., Ряховский М.А., Хайруллин Р.М. Билатеральная изменчивость рентгеноостеометрических показателей пястных костей кисти человека // Саратовский науч.-мед. журн. 2009. Т. 5, № 3. С. 313–315 [Ermolenko A.S., Ryakhovskiy M.A., Khayrullin R.M. Bilateral Variability of X-Ray osteometric parameters of human metacarpal bones // Saratovskii nauchno-meditsinskii jurnal. 2009. Vol. 5, № 3. P. 313–315. In Russ.].
- Звягин В.Н. Проблемный анализ медико-антропологической идентификации личности в судебной медицине // Судебно-медицинская экспертиза. 2003. № 5. С. 6 [Zvyagin V.N. Problem analysis of medical and anthropological identification of the person in forensic medicine // Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2003. № 5. P. 6. In Russ.].
- Капанджи А.И. Верхняя конечность. Физиология суставов. М.: Эксмо, 2014. 368 с. [Kapandzhi A.I. Upper extremity. Physiology of the joints. Moscow: Eksmo, 2014. 368 p. In Russ.].
- Краюшкин А.И., Перепелкин А.И., Доронин А.Б. Взаимосвязь площади кисти и окружности грудной клетки в зависимости от индекса массы тела и адаптационного потенциала у девушек // Журн. анат. и гистопатол. 2016. Т. 5, № 2. С. 70–73 [Krayushkin A.I., Perepelkin A.I., Doronin A.B. Interrelation of the Square of the Hand and Circumference of the Chest Depending on the Body Mass Index and Adaptable Potential in Girls // Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2016. Vol. 5, № 2. P. 70–73. In Russ.].
- Найнис И.-В.И. Идентификация личности по проксимальным костям конечностей. Вильнюс: Минтис, 1972. 158 с. [Nainis I.-V.I. Identification of the person on proximal bones of extremities. Vilnius: Mintis, 1972. 158 p. In Russ.].
- Пашкова В.И., Резников Б.Д. Судебно-медицинское отождествление личности по костным останкам. Саратов: Изд. Саратовск. ун-та, 1978. 317с. [Pashkova V.I., Reznikov B.D. Forensic identification of the person on bone remains. Saratov: Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 1978. 317 p. In Russ.].
- Тур С.С. Билатеральная асимметрия длинных костей конечностей у скотоводов Алтая эпохи бронзы и раннего железного века // Археология, этнография и антропология Евразии. 2014. № 3 (59). С. 141–156 [Tur S.S. Bilateral asymmetry of long bones in bronze and early iron age pastoralists of the Altai // Archaeologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii. 2014. № 3 (59). C. 141–156. In Russ.].
- Хайруллин Р.М. Морфологические типы кисти в юношеском периоде индивидуального развития // Рос. морфол. ведомости. 2001. № 1–2. С. 103–105 [Khairullin R.M. Morphological types of hands in the youthful period of individual development // Russkie morfologicheskie vedomosti 200. № 1–2. P. 103–105. In Russ.].
- Янковский В.Э., Пятчук С.В. Идентификация личности по длинным трубчатым костям человека. Новосибирск: Сибирская издательская фирма РАН, 2005. 234 с. [Jankowski V.E., Patchy S.V. Personal Identification by long tubular bones of man. Novosibirsk: Sibirskaya izdatel'skaya firma RAN, 2005. 234 p. In Russ.].
- Annet M. Annotation: Laterality and cerebral dominance // J. Child. Psychol. Psychiatry. 1991. Vol. 32, № 2. P. 219.
- Auerbach B.M., Ruff C.B. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans // J. Hum. Evol. 2006. Vol. 50, № 2. P. 203–218.

15. Cuk T., Leben-Seljak P., Stefancic M. Lateral asymmetry of human long bones // *Variab. Evol.* 2001. Vol. 9. P. 19–32.
16. Ovesen J., Nielsen S. Stability of the shoulder joint: Cadaver study of stabilizing structures // *Acta Orthop. Scand.* 1985. Vol. 56, № 2. P. 149–151.
17. Özener B. Biomechanical pressures and upper extremity asymmetry: A study on young laborers // *Coll. Antropol.* 2007. Vol. 31, № 3. P. 693–699.
18. Plochocki J. H. Bilateral variation in limb articular surface dimensions // *Am. J. Hum. Biol.* 2004. Vol. 16, № 3. P. 328–333.
19. Ruff C. B., Jones H. H. Bilateral asymmetry in cortical bone of the humerus and tibia — sex and age factors // *Human Biol.* 1981. Vol. 53, № 1. P. 69–86.
20. Somesh M. S., Prabhu L. V., Shilpa K., Pai M. M., Krishnamurthy A., Murlimanju B. V. Morphometric study of the humerus segments in Indian population // *Int. J. Morphol.* 2011. Vol. 29, № 4. P. 1174–1180.
21. Tellioğlu A. M., Karakaş S., Taşkin F. Determining torsion angle of humerus head using MRI method // *Turk. J. Med. Sci.* 2014. Vol. 44, № 4. P. 639–642.

Поступила в редакцию 07.05.2018
Получена после доработки 13.07.2018

SYSTEMIC ORGANIZATION OF THE HUMAN HUMERUS

*I. N. Yashina*¹, *A. V. Ivanov*², *M. A. Ivanov*³,
*Ali A. Samaha*⁴

Objective — to study the systemic organization of the human humerus.

Materials and methods. Osteometry was performed on 154 (D=S=77) human humeral bones. The data obtained were normalized to the respective diaphysis transverse diameter value. The confidence intervals of the obtained relative and absolute values were determined at $\alpha = 0.05$. Data analysis was carried out by the principal component method with Equamax normalized rotation, taking into account bone lateralization, based on the Spearman correlation matrix for both absolute and relative values.

Results. Right-sided asymmetry of development of the head-shaft angles and the angles between cartilaginous margin of the head and the diaphysis was demonstrated for the first time. Three levels of bone systemic organization were defined. Stable and unstable system-forming parameters were detected. The increase in the number of unstable system-forming parameters of the distal epiphysis compared with the proximal one indicates a morpho-functional asymmetric differentiation of the bone epiphyses.

Conclusions. Human humerus is characterized by an asymmetry of the systemic organization, vertical differentiation of epiphyses.

Key words: *humerus, man, systemic organization*

¹ Department of Human Anatomy, ² Department of Histology, Embryology and Cytology, Kursk State Medical University, 3 Karl Marx St., Kursk 305041; ³ St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution “Hospital for War Veterans”, 21 Build. 2 Narodnaya St., St. Petersburg 193079, ⁴ Department of Biomedical Sciences, Lebanese International University, Beirut 146404 Mazraa