

*На правах рукописи*

**Яшина Ирина Николаевна**

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОСТЕЙ ПРОКСИМАЛЬНЫХ  
СЕКМЕНТОВ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

14.03.01 – анатомия человека

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора медицинских наук

Уфа – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научные консультанты:**

профессор, доктор медицинских наук  
профессор, доктор медицинских наук

**Иванов Александр Викторович**  
**Клочкова Светлана Валерьевна**

**Официальные оппоненты:**

**Гайворонский Иван Васильевич** доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, заведующий кафедрой нормальной анатомии

**Анисимова Елена Анатольевна** доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры анатомии человека

**Удочкина Лариса Альбертовна** доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующая кафедрой анатомии человека

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г. в «\_\_:\_\_» часов на заседании диссертационного совета Д 208.006.02 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, <http://www.bashgmu.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 208.006.02  
доктор медицинских наук

Фёдоров С.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Увеличение продолжительности жизни наряду с изменениями спектра двигательной активности современного человека, гиподинамия, ожирение, травмы, инфекционные заболевания и многие другие факторы, воздействующие на опорно-двигательный аппарат, приводят к росту частоты развития дегенеративно-дистрофических заболеваний крупных суставов человека, что подтверждается данными ряда исследователей (Алиев А.Г., 2017; Слободской А.Б., 2017). Такие воздействия на скелет носят системный характер и поражают несколько суставов одновременно, однако информации о динамике вовлечения противоположных, выше и ниже расположенных суставов, суставов односторонних конечностей в патологический процесс нет. Единственным способом лечения, существенно улучшающим качество жизни больных с болезнями крупных суставов, является их эндопротезирование. При этом оперативное лечение несёт определенные риски, связанные с выбором сроков проведения операции, метода установки протеза, развитием послеоперационных осложнений, появлением нестабильности компонентов искусственных суставов, что приводит к необходимости проведения ревэндопротезирования. Одной из причин развития послеоперационных осложнений является недостаток информации о структурной организации здоровых костей, образующих суставы.

Разобраться в сложном вопросе становления структурной организации костей проксимальных сегментов свободных конечностей человека без применения сравнительно-анатомического подхода невозможно. Современные тенденции развития биологии привели к расширению понятия гомологии не только в пределах описания внешних признаков, но и на информационные процессы, происходящие внутри костей, как части системы опорно-двигательного аппарата, и характеризующие их функционирование и, следовательно, позволили ввести понятие информационной гомологии, как соответствия между формой и функцией (А.С. Love, 2007; И.Я. Павлинов, 2011).

Известно, что конечности всех наземных млекопитающих устроены гомологично и подразделяются на сегменты. Они развиваются из одинаковых эмбриональных зачатков, а их сегменты, равно как и конечности в целом, выполняют схожие функции несмотря на то, что в ходе филогенеза разные виды животных находились под влиянием различных внешних факторов. В ходе эволюции наземных млекопитающих произошёл разворот скелета конечностей в парасагитальную плоскость, что привело к торсионной скрученности плечевой кости, X-образному перекресту костей предплечья (J. Iriarte-Diaz, 2002; R.M. Alexander, 2003; Н.В. Зеленецкий, 2015), изменению положений поверхности бедренной кости, трансформации эпифизов костей, являющихся ключевым звеном в осуществлении различных типов движений (Е.О. Брошко, 2014; А.Н. Власенко, 2016). Эти изменения связаны и зависели от характера выполняемых функций, типа опоры животного, динамики изменения в эволюции скоростных качеств передвижения (G.A. Feldhamer, 2007; С.М. Minetti, 2012; А.Е. Keebaugh et

al.,2015; В.Ј. Carr, 2016). Последнее способствовало смене опоры от стопохождения через пальцехождение к фалангохождению.

Наиболее заметным проявлением изменений конечностей наземных млекопитающих стала их дифференциация: тазовые конечности стали преимущественно толкающими, а грудные поддерживающими при движении. Прямохождение, присущее человеку, привело к максимальной функциональной дифференциации конечностей. При этом нагрузка на нижние конечности человека достигла максимума (В.К. Бальсевич, 2000; А.И. Капанжди, 2014). Несмотря на снижение роли верхней конечности человека в осуществлении опорной функции, её участие в стабилизации вертикального положения тела при ходьбе нельзя недооценивать. Согласованные движения рук и ног — так называемая перекрёстная координация, балансирует вращательные движения туловища (F.E. Zajac et al., 2002, 2003; Г.И. Попов, 2011; К.Е. Рябина, 2015; О.И. Воронцова, 2016). Координация сочетанной работы туловища, верхних и нижних конечностей привела к появлению функциональной асимметрии в развитии конечностей (A.R. Youderian et al. 2014; V. Gutnic et al., 2015; Л.А. Удочкина и др., 2017). Большинство людей является праворукими, в то время, как левшей в популяции насчитывается от 2 до 15%. Среди праворуких и леворуких людей доминирование левой ноги встречается в 70-73% (В.А. Кашуба, 2003; С.Н. Пигарева, 2015).

Функциональная асимметрия конечностей должна найти морфологические подтверждения на уровне костей проксимальных частей скелета свободных конечностей. Изменения в строении последних напрямую связаны с образом жизни человека. С.В. Ruff et al., 2000 и О.М. Pearson, 2000, исследуя скелеты мужчин из племен Океании, чьё существование было связано с передвижением по воде в каноэ и лодках, выявили асимметрию в строении плечевых костей, и не нашли разницы в строении бедренных костей. В скелетах людей из африканских племён, преимущественно промысляющих охотой, по данным J. Stock 2001, 2004, была обнаружена асимметрия в размерах бедренных костей у мужчин, и плечевых костей у женщин, что связано с различной гендерной функциональной активностью лиц, живущих первобытнообщинным строем. Так же замечено, что эволюция трудовых отношений, с увеличением доли интеллектуального труда, механизация тяжёлого физического труда и снижение физической активности в человеческой популяции ведет к снижению билатеральной асимметрии на уровне длинных трубчатых костей (С.В. Ruff et al., 2000; В.Н. Николенко, 2007). Таким образом, на данный момент четкого представления о наличии асимметрии в строении костей проксимального сегмента свободной части конечностей современного человека нет, как нет исследований структурной организации костей.

В связи с этим разрабатываемое научное направление изучения структурной организации скелета является перспективным и актуальным. А применение сравнительно-анатомического подхода позволило выявить основные пути формирования структурной организации костей проксимальных сегментов свободных конечностей человека.

**Цель исследования:** выявление закономерностей и особенностей структурной организации костей проксимальных сегментов свободных частей конечностей человека и животных с различными типами локомоции в сравнительно - анатомическом аспекте.

**Задачи исследования:**

1. Изучить строение плечевой и бедренной кости современного человека с учётом принадлежности к стороне тела человека и их пропорциональности.
2. Изучить анатомическое строение плечевой и бедренной костей млекопитающих в связи с особенностями функциональной активности конечностей на примере животных с различными типами опоры: *Bos taurus taurus*, L. 1758, *Canis lupus familiaris*, L. 1758, *Oryctolagus cuniculus*, L. 1758.
3. Провести математический анализ структурной организации плечевой и бедренной костей человека и животных и обосновать роль и степень участия анатомических образований в реализации основных функций.
4. Выявить отличительные особенности структурной организации костей проксимальных сегментов свободных конечностей современного человека в морфофункциональной связи с особенностями их анатомии.
5. Классифицировать анатомические структуры плечевых костей человека в соответствии со степенью вовлеченности в формирование плечевой кости как подсистемы в составе опорно-двигательного аппарата.
6. Классифицировать анатомические структуры бедренных костей человека в соответствии со степенью вовлеченности в формирование бедренной кости как подсистемы в составе опорно-двигательного аппарата.
7. Определить перечень структурно нестабильных анатомических структур плечевой и бедренной костей и обосновать их непосредственное участие в дальнейшей адаптации костей проксимального звена свободных конечностей к происходящим морфофункциональным изменениям.

**Научная новизна.** В работе впервые проведено комплексное изучение структурной организации костей проксимального звена свободных конечностей современного человека. Выявлены закономерности формирования структурной организации костей по данным сравнительно - анатомического изучения животных с различными типами локомоции. Впервые созданы модели структурной организации плечевых и бедренных костей и выявлены отличия, определены основные направления адаптационной трансформации структур костей, связанные с особенностями локомоции человека. Безусловно новыми являются данные о том, что структурная организация костей проксимального звена свободных конечностей человека имеет многоуровневую структуру, для нее характерна латентная асимметрия, не выявляемая методами вариационной статистики. Впервые выявлено и подтверждено результатами исследования наличие морфофункциональной дифференциации эпифизов контрлатеральных костей. Впервые установлено, что для структурной организации плечевой кости человека характерно наличие 3-х уровней. В ней впервые определены базовые параметры, независимые от принадлежности к стороне тела и указывающие на равноценное участие противоположных плечевых костей в передаче веса тела и

осуществлении сгибательно-разгибательных движений в суставах, выявлены параметры структурной организации, определяющие разную степень участия конечностей в реализации двигательной функции на уровне эпифизов плечевой кости. Впервые описана морфофункциональная асимметрия плечевой кости с доминированием левой конечности в осуществлении функции на уровне проксимального эпифиза и доминирование правой конечности в осуществлении функции на уровне дистального эпифиза. В работе впервые описана четырехуровневая структурная организация бедренной кости. Впервые в структурной организации бедренной кости человека определены базовые параметры, отвечающие за поддержание вертикального положения тела и передачу веса на нижележащие отделы, и параметры, обеспечивающие функционирование кости на уровне коленного сустава. Безусловно новым является факт наличия морфофункциональной асимметрии бедренной кости с доминированием правой конечности в осуществлении функций поддержания вертикального положения тела на уровне проксимального эпифиза и двигательных функций на уровне дистального эпифиза бедренной кости.

**Практическая значимость.** Морфологическое обоснование особенностей структурной организации костей проксимальных сегментов свободных частей конечностей человека определяет практическую значимость работы. Разработаны модели структурной организации плечевых и бедренных костей человека и животных с учетом латерализации. Вертикальная морфофункциональная дифференциация костей и выявленная латентная асимметрия создают предпосылки для понимания процесса асимметричной дезорганизации костей проксимальных сегментов конечностей при развитии дегенеративно-дистрофических заболеваний и роли доминирующей конечности в этом процессе. Доказано, что в структурной организации плечевой кости человека наряду со снижением её роли в передаче нагрузки произошла асимметричная морфофункциональная дифференциация её эпифизов с увеличением числа структурно нестабильных параметров проксимального эпифиза слева и дистального эпифиза справа, отражающих асимметрию участия в выполнении движений в суставах. В структурной организации бедренной кости увеличилась коррелированность параметров проксимального эпифиза и не снизилась коррелированность параметров дистального эпифиза. Бедренная кость человека, как часть системы опорно-двигательного аппарата имеет чётко выраженную вертикальную структурную дифференциацию, проявляющуюся в доминировании правой конечности в осуществлении функций поддержания вертикального положения тела на уровне проксимального эпифиза и двигательных на уровне дистального эпифиза, что отражает латеральную асимметрию структурной организации бедренной кости. Наименее стабильными, являются угловые параметры эпифизов, отвечающие за стереометрию кости внутри сегмента конечности и участвующие в образовании рычагов в суставах.

Результаты данной работы представляют несомненный интерес не только для морфологов, расширяя представления о взаимосвязях в строении плечевых и бедренных костей человека, но и для специалистов реабилитационной медицины.

Полученные результаты являются базовыми для разработки индивидуальных программ лечения и реабилитации пациентов после перенесённых травм и эндопротезирования крупных суставов. Кроме этого, рекомендуется учитывать результаты исследования в разработке здоровьесберегающих мероприятий. Теоретические результаты проведённой работы целесообразно использовать в учебном процессе при преподавании соответствующих разделов в таких дисциплинах как: анатомия человека, спортивная медицина, травматология и ортопедия.

**Методология и методы исследования.** Научное исследование выполнялось на основе гипотезы изменений структурной организации костей проксимальных сегментов свободных конечностей, связанных с особенностями локомоции. В работе использована единая методика остеометрии гомологичных для человека и животных структур плечевой и бедренной костей. С целью учёта влияния веса на формирование костей, видовых и индивидуальных особенностей скелета человека и животных, абсолютные величины, измеряемые в международной системе единиц (см) были переведены в относительные единицы. За единицу измерения каждой кости принят поперечный диаметр диафиза кости на середине её длины. Структурная организация костей изучена по результатам факторного анализа Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized, на основе корреляционной матрицы Спирмена.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. В строении контрлатеральных костей проксимальных сегментов скелета свободных частей конечностей присутствует скрытая асимметрия стереометрических характеристик анатомических структур в виде различного спектра корреляционных связей различной силы, выявляемая методами многомерного корреляционного анализа.

2. Изменение объема и спектра функциональной нагрузки на конечность приводит к перераспределению относительных долей размеров головки плечевой кости в размере ширины её проксимального эпифиза, при сохранении равенства ширины последнего у человека и животных. У человека имеет место относительное увеличение ширины дистального эпифиза плечевой кости и структур его образующих.

3. В связи с прямохождением у человека произошло перераспределение относительных долей размеров головки и шейки бедренной кости с увеличением ширины проксимального эпифиза, относительного сагиттального диаметра диафиза, уменьшением значений угла антеверсии бедра и шеечнодиафизарного угла. При постоянстве ширины дистального эпифиза бедра увеличились относительная ширина надколенниковой поверхности и относительная ширина межмышцелковой ямки, увеличились относительные размеры латерального мышцелка.

4. У человека и животных вследствие изменения способа локомоции происходит существенное изменение спектра и объема выполняемой функциональной нагрузки, что приводит к изменениям соотношений относительных размеров анатомических структур и проявляется в различном

количестве уровней структурной организации с различным представительством параметров, несущих разную факторную нагрузку. Уменьшение количества опорных конечностей и перераспределение функциональной нагрузки на конечности при переходе к прямохождению приводит к усложнению структуры, проявляющейся увеличением уровней структурной организации костей проксимального звена свободных конечностей опорных конечностей.

5. У человека и животных вне зависимости от способа локомоции, способа реализации опоры (фаланго-, пальце-, пальцестопо- и стопохождение), принадлежности к поясу конечностей, свидетельством адаптации к меняющейся функциональной нагрузке является изменение структурной организации в виде появления и увеличения количества нестабильных параметров и, как следствие, - нарастание степени выраженности билатеральной асимметрии структурной организации.

6. Сужение диапазона функциональной специализации конечности приводит к увеличению разности структурной организации эпифизов костей проксимального сегмента скелета свободной части конечностей.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается их репрезентативностью за счет изучения материалов от достаточного количества объектов исследования (784) с использованием адекватных методов статистического анализа, основанных на принципах доказательной медицины.

Материалы диссертационного исследования представлены в виде докладов и публикаций на: 72-й научной конференции КГМУ и сессии Центрально-Чернозёмного научного центра РАМН. – Курск, 2007; международной научной конференции АГЭ, посвящённой 450-летию г. Астрахани; I. Структурные преобразования органов и тканей на этапах онтогенеза в норме и при воздействии антропогенных факторов. II. Экология и здоровье населения. Актуальные проблемы биологии и медицины. Астрахань, 2007; научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения д.м.н., профессора Степанова П.Ф. «Смоленская ГМА, Смоленское отд. ВОАГиЭ» – Смоленск, 2009; IV международной научной конференции молодых ученых-медиков – Курск, 2010; 75-й итоговой Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых учёных с международным участием «Молодежная наука и современность», посвящённой 75-летию КГМУ - Курск 2010; 21-ой Международной Пушинской школе-конференции молодых учёных «Биология - наука XXI века» на базе ФГБУН "Пушинский научный центр РАН" в г. Пущино – Московская область, г. Пущино, 2017; X Международной научной конференции «Бабухинские чтения в Орле» на базе медицинского института ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» - Орёл, 2017; Пироговском форуме с международным участием «Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани» - Москва, 2017; объединённой Всероссийской научно-образовательной конференции, посвящённой памяти проф. А.Н. Горячева и 95-летию Западно-Сибирского медицинского центра ФМБА России «Научные достижения и современные

технологии в Российской травматологии и ортопедии» - Омск, 2017; I Евразийском ортопедическом форуме - Москва, 2017; I съезде травматологов-ортопедов ЦФО "Актуальные вопросы отечественной травматологии и ортопедии" - Смоленск, 2017; V Всероссийской научной конференции с международным участием «Морфология – физической культуре, спорту, клинической и авиационно-космической медицине», посвящённой 50-летию кафедры анатомии МГАФК – Московская область, пгт. Малаховка, 2017; межрегиональной научной конференции «Однораловские морфологические чтения», посвящённой 120 - летию со дня рождения профессора Н.И. Одноралова и 100 - летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко - Воронеж, 2017; научной конференции «Современные методы исследования в морфологии», посвящённой 100 - летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко - Воронеж, 2018; 10 th International Symposium of Clinical and Applied Anatomy / X международном симпозиуме клинической и прикладной анатомии – Moscow, 2018; XIV Конгрессе международной ассоциации морфологов – Астрахань, 2018; Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию кафедры анатомии ГЦОЛИФК и 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, члена - корреспондента РАМН, профессора Б.А. Никитюка «Проблемы современной морфологии человека» - Москва, 2018; международной молодежной научной конференции «Фундаментальные исследования - старт в медицинскую науку», Сеченовский университет, Москва, 21-22 ноября, 2018; и апробации результатов диссертационного исследования на совместном научном заседании кафедр анатомии человека, гистологии, эмбриологии, цитологии, оперативной хирургии и топографической анатомии им. профессора А.Д. Мясникова, нормальной физиологии, ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России 15 ноября 2018 г.

**Публикации.** Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 39 печатных работах, из них 17 научных статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, из которых 3 научные статьи опубликованы в журналах системы цитирования Scopus. Кроме этого 2 научные статьи опубликованы на английском языке в рецензируемых иностранных журналах открытого доступа.

**Внедрение результатов исследования.** Основные положения диссертации внедрены в работу врачей травматологов-ортопедов травматологического отделения БМУ «Курская областная клиническая больница» комитета здравоохранения Курской области. Созданы методические рекомендации "Тактика восстановительных мероприятий с учетом анатомо-биомеханических особенностей у пациентов с травмами эпифизов плечевой кости". Основные положения диссертации внедрены в учебный процесс на кафедрах анатомии человека, спортивной медицины и лечебной физкультуры ФГБОУ ВО «Курского государственного медицинского университета» Минздрава России; на кафедре анатомии человека ФГБОУ ВО «Воронежского государственного медицинского

университета им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России; на кафедре анатомии и гистологии медицинского института Белгородского государственного национального исследовательского университета; на кафедре медико-биологических дисциплин, оздоровительной и адаптивной физической культуры ФГБОУ ВО «Курского государственного университета».

**Личный вклад автора.** Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования. Лично автором составлены план и дизайн исследования. Проанализированы отечественные и зарубежные источники литературы по теме диссертации, проведен набор материала, выполнены остеометрические исследования (100%). Выполнены статистическая обработка, анализ и трактовка полученных результатов, сопоставление их с литературными данными, сформулированы выводы и практические рекомендации (100%). В опубликованных по теме диссертации материалах статей и тезисов, в том числе, в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук, личный вклад автора составлял 95%. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном выполнении всех этапов исследования.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Научные положения соответствуют формуле специальностей: 14.03.01 – «Анатомия человека» (медицинские науки), результаты проведённого исследования соответствуют области исследования специальности, конкретно – пунктам 1, 2, 3, 5, 6.

**Объём и структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, глав «Материал и методы исследования», «Результаты собственных исследований», «Обсуждения полученных результатов», выводов и указателя литературы. Текст диссертации изложен на 245 страницах основного текста, содержит 39 рисунков, 32 таблицы. Указатель литературы содержит ссылки на 464 источника из которых 239 отечественных и 225 зарубежных литературных источников.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Материалы и методы исследования.** Исследование костей проксимальных сегментов свободных частей конечностей человека и животных с разными типами локомоции было произведено на 784 плечевых и бедренных костях животных и человека по специально разработанному дизайну (Рисунок 1).

Настоящее исследование проведено с соблюдением этических норм в рамках действующих нормативных актов, о чем свидетельствует протокол заседания секции доклинических исследований РЭК ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России № 6 от 6 ноября 2018 года.

Для исследования были выбраны кости без признаков патологии, с полным синостозированием эпифизов. Изучались кости современного человека, стопоходящего бипода с ярко выраженной функциональной дифференциацией

конечностей; *Bos taurus taurus*, L.1758 - парнокопытного фалангоходящего тетрапода с опорой на 3-4 палец; *Canis lupus familiaris*, L.1758 - пальцеходящего животного, обладающего всем многообразием локомоторных актов; *Oryctolagus cuniculus*, L.1758 - животного с неопределенным типом локомоций, так как опора передних лап осуществляется на пальцы, строение дистальной части задних лап приближено к стопоходящим животным.



Рисунок 1 - Дизайн исследования

Определение половой и возрастной принадлежности костей из-за отсутствия гендерных и возрастных отличий в биомеханике движений современных людей, и недостаточного уровня достоверности половой идентификации по костным останкам не проводилось.

Распределение исследуемого материала представлено в Таблице 1.

Таблица 1 - Распределение исследуемого материала

Видовая принадлежность	OS HUMERUS		OS FEMUR	
	ППК	ЛПК	ПБК	ЛБК
<i>Bos taurus taurus</i> (бык домашний)	40	40	40	40
<i>Canis lupus familiaris</i> (собака беспородная)	39	39	39	39
<i>Oryctolagus cuniculus</i> (кролик домашний)	40	40	40	40
<i>Homo sapiens</i> современный человек	77	77	77	77

Примечание - ППК – правая плечевая кость, ЛПК – левая плечевая кость, ПБК-правая бедренная кость, ЛБК – левая бедренная кость.

На первом этапе исследования по методике В.А. Алексеева, 1966 производилась остеометрия плечевых и бедренных костей человека и животных. В результате было сформировано 16 выборок. На плечевой кости были измерены 30 гомологичных для человека и животных структур, характеризующих степень её развития. Дополнительно на плечевой кости человека были измерены ширина

лучевой и венечной ямки. На каждой бедренной кости были измерены 28 структур, характеризующих степень её развития (Таблицы 2 - 4).

Методика измерений угловых параметров на плечевых и бедренных костях представлена на Рисунке 2.

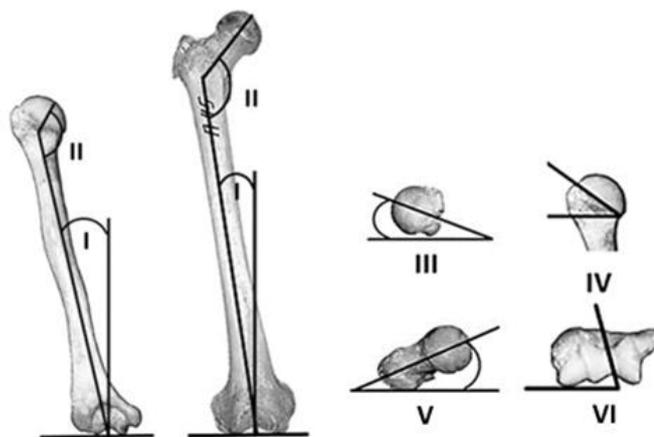


Рисунок 2 - Схема измерения углов, характеризующих стереометрию костей

Примечание- I - угол наклона диафиза, II – шеечнодиафизарный угол, III – угол скрученности плечевой кости, IV – угол хрящевого края головки плечевой кости, V – угол антеверсии шейки бедра, VI- угол направляющей борозды блока плечевой кости.

С целью измерения параметров, описывающих внешний вид костей 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.

Таблица 2 - Остеометрия структур проксимального эпифиза

Обозначение структуры	Методика остеометрии
1	2
ШПЭ	Ширина проксимального эпифиза для плечевой кости- наибольшее расстояние между головкой и большим бугром, для бедренной - наибольшее расстояние между головкой и большим вертелом.
ØГС	Сагиттальный диаметр головки или передне-задний размер головки, измеренный в горизонтальной плоскости
ØГВ	Вертикальный диаметр головки или верхне-нижний размер головки, измеренный во фронтальной плоскости
ØШС	Сагиттальный диаметр шейки или передне-задний размер шейки, измеренный в горизонтальной плоскости.
ØШВ	Вертикальный диаметр шейки. Расстояние, измеренное между максимально удаленными верхней и нижней точками шейки кости.
ПДШ	Передняя длина шейки бедренной кости - расстояние между краем головки спереди до середины межвертельной линии.
ЗДШ	Задняя длина шейки бедренной кости - расстояние между краем головки спереди до середины межвертельного гребня.
ВДШ	Верхняя длина шейки бедренной кости - расстояние между большим вертелом и краем головки сверху.

Продолжение таблицы 2	
1	2
НДШ	Нижняя длина шейки бедренной кости - расстояние между краем головки до малого вертела.
МБР/МВР	Межбугорковое расстояние - расстояние между вершинами большого и малого бугорков плечевой кости. Межвертельное расстояние - расстояние между вершинами большого и малого вертела бедренной кости.
ШМББ	Ширина межбугорковой борозды. Внутреннее расстояние между гребнями бугорков.
ГМББ	Глубина межбугорковой борозды - расстояние между дном и касательной линией, проведенной между гребнями бугорков.
УХКГ	Угол хрящевого края головки с диафизом (измеренный по методу В.Г. Властовского)
ДШУ	Шеечнодиафизарный угол - угол сочленения шейки кости с диафизом (не измерялся на костях быков)
АНТ	АНТ - угол анте- (ретро-) версии шейки кости или угол отклонения оси шейки кпереди или кзади от фронтальной плоскости, проведенной по задней поверхности мышцелков.
ТОР	ТОР - угол сочленения шейки бедренной кости с диафизом в сагиттальной плоскости.

Таблица 3 - Остеометрия структур, описывающих диафиз

Обозначение структуры	Методика остеометрии
Дг	Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального мышцелка и наивысшей точкой на головке.
Дбб/Дбв	Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального мышцелка и наивысшей точкой на большом бугре или большом вертеле.
ØДп	Поперечный диаметр диафиза – расстояние между боковыми точками на середине длины кости во фронтальной плоскости.
ØДс	Сагиттальный диаметр диафиза – передне-заднее расстояние, измеренное на середине длины кости.
УНД	Угол наклона оси диафиза по отношению к перпендикуляру, восстановленному от горизонтальной плоскости мышцелков.
УСК	Угол скрученности плечевой кости или торсионной деформации диафиза, измерен между горизонтальными осью головки и шейки и межмышцелковой осью .
СКД	Степень изогнутости диафиза или расстояние между передней поверхностью диафиза на середине длины кости и плоскостью, проведенной между задними поверхностями головки и мышцелков, измеренное в сагиттальной плоскости.

Таблица 4 - Остеометрия структур дистального эпифиза

Обозначение структуры	Методика остеометрии
1	2
ШДЭ	Ширина дистального эпифиза - наибольшее расстояние между надмышцелками.

Продолжение таблицы 4	
1	
ШЛока/ ШММЯ	Ширина локтевой ямки / Ширина межмышцелковой ямки – внутреннее расстояние между краями ямок.
ВЛока	Высота локтевой ямки плечевой кости.
ШВенЯ	Ширина венечной ямки плечевой кости человека.
ШЛучЯ	Ширина лучевой ямки плечевой кости человека.
ШНК	Ширина надколенниковой поверхности бедренной кости.
СӨМГБ/ РсММ	Сагиттальный диаметр медиального гребня блока плечевой кости или сагиттальный размер медиального мыщелка бедренной кости.
ШГчки	Ширина суставной поверхности головки мыщелка плечевой кости, ограниченная латеральным гребнем, измеренная на середине высоты передней поверхности мыщелка.
ВӨгчки	Вертикальный диаметр головки мыщелка плечевой кости - измеряется между нижней и верхней точками суставной поверхности головочки при виде спереди.
ВӨМГБ	Вертикальный диаметр медиального гребня блока плечевой кости - измеряется между нижней и верхней точками гребня при виде спереди.
ВӨЛГБ	Вертикальный диаметр латерального гребня блока плечевой кости - измеряется между нижней и верхней точками гребня при виде спереди.
ШЛЧБ/ ШЛМ	Ширина латеральной части суставной поверхности блока для плечевых костей. Ширина суставной поверхности латерального мыщелка для бедренных костей.
ШЛЧБ/ ШЛМ	Ширина латеральной части суставной поверхности блока для плечевых костей. Ширина суставной поверхности латерального мыщелка для бедренных костей.
ШМЧБ/ ШММ	Ширина медиальной части суставной поверхности блока плечевой кости. Ширина суставной поверхности медиального мыщелка для бедренных костей.
СӨЛГБ/ РсЛМ	Сагиттальный диаметр латерального гребня блока плечевой кости или сагиттальный размер латерального мыщелка бедренной кости.
УНББ	Угол направляющей борозды блока, измеренный между фронтальной плоскостью позади мыщелка плеча и бороздой при виде снизу.
ШЛНМ	Ширина медиального надмыщелка – расстояние, измеренное горизонтально от максимально выступающей точки надмыщелка до края суставной поверхности.
ШМНМ	Ширина латерального надмыщелка – расстояние, измеренное горизонтально от максимально выступающей точки надмыщелка до края суставной поверхности.

На следующем этапе исследования абсолютные числовые значения каждого из исследованных линейных и проекционных параметров, измеряемых в сантиметрах, были переведены в относительные величины. За единицу измерения для каждой кости был взят поперечный диаметр её диафиза на середине длины плечевой или бедренной кости. Формула для расчета пропорциональности выглядела следующим образом:  $\text{Хотн} = \text{Хабс} / \text{ӨДп}$ .

Все данные, полученные в ходе исследования, обрабатывались при помощи статистического пакета Microsoft Excel и Trial версиями программы STATISTICA 6.0-10.0. Для каждого линейного параметра (как в абсолютных, так и в относительных величинах) и для угловых параметров применялось определение

среднего арифметического ( $M$ ) для каждого параметра, выборочное стандартное отклонение ( $s$ ) для этого же параметра. Поскольку в диапазон  $M \pm s$  укладывается около 70% значений нормального распределения оценивался двусторонний доверительный интервал при  $\alpha = 0,05$ .

Для решения поставленных задач применили метод факторного анализа – Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. В качестве корреляционной матрицы использовалась матрица корреляции Спирмена. Это единственный метод множественного корреляционного анализа, позволяющий результаты анализа выборки считать идентичными структуре генеральной совокупности (Г.И. Ивченко, 2010; Е.Р. Горяйнова, 2012). При анализе в один фактор объединяются сильно коррелирующие между собой переменные, как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами. Коррелированность компонент внутри каждого фактора между собой выше, чем их коррелированность с компонентами из других факторов. Благодаря этому, отдельный фактор можно рассматривать как совокупность наиболее сильно взаимосвязанных между собой исходных признаков и считать уровнем структурной организации. Сила коррелированности или факторные нагрузки, представляющие статистический интерес при  $p \geq 0,05$  располагались в диапазоне  $| 0,7 - 1,0 |$ . Все требования к выборкам для проведения факторного анализа были выполнены. Процесс выделения факторов останавливали на уровне отсутствия изменений в картине факторных нагрузок и их дисперсий при увеличении числа факторов или уровней структурной организации.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **Особенности строения плечевой кости современного человека**

Результаты исследования показали, что плечевая кость современного человека, умершего на рубеже XX-XXI века в европейской части России, по сравнению с населением Индии, Турции, Португалии и Японии длиннее в среднем на 1,6 - 3,5 см. Её длина составляет справа  $32,88 \pm 1,32$  см; слева  $32,30 \pm 1,31$  см (М.С. De Mendonça, 2000; В.В. Murlimanju et al., 2012; J. Ekezie et al., 2015). Сравнение наших результатов с данными В.И. Пашковой, 1978 и Б.А. Никитюка, 1990 не выявили различий в длине костей лиц, умерших в середине двадцатого века и на рубеже XX-XXI веков.

Ширина проксимального эпифиза плечевой кости в данном исследовании оказалась несколько меньшей, чем в исследованиях отечественных авторов прошлых лет, но в среднем на 1 см больше, чем ширина эпифиза лиц популяций Индии и составила справа  $5,10 \pm 0,17$  см, слева  $4,94 \pm 0,12$  см (В. Э. Янковский, 2005; М.С. Somesh et al., 2011; R. Rai, 2014; И.В. Гайворонский и др., 2015; J. Ekezie et al., 2015). В.И. Пашкова, 1978 г., указывает на доминирование вертикального размера головки над горизонтальным в среднем на 4 мм. По нашим данным, разница между вертикальным и горизонтальным размерами головки сократилась и не превышает 2 мм. Показатель угла хрящевого края головки в разных

популяциях имеет разные значения из-за разницы в методике измерений. В зарубежной литературе его значения не превышают  $47^\circ$  (Y. Hiramoto, 1993; R. Hertel, 2002). Для головки плечевой кости человека характерно специфическое положение. Она развернута несколько кзади. Величина угла ретроверсии, по данным разных авторов, колеблется в диапазоне  $10-19^\circ$  (F. Harrold, 2012; S.G. Larson, 2015). В нашем исследовании данный параметр носит название, принятое в России – торсион или угол скрученности диафиза кости, величина которого, по нашим данным, оказалась значительно большей (ППК  $35,92 \pm 4,37$  и ЛПК  $35,65 \pm 3,72$  градусов). Величина шеечнодиафизарного угла не отличалась от литературных данных. Особый интерес клиницистов вызывает степень развития межбугорковой борозды, как наиболее чувствительной структуры при развитии патологии плечевого сустава. По данным нашего исследования у современных людей ее ширина справа равна  $0,93 \pm 0,14$  см и слева  $0,85 \pm 0,14$  см. Глубина межбугорковой борозды на ППК  $0,43 \pm 0,06$  см, на ЛПК  $0,46 \pm 0,06$  см.

Остеометрическое исследование дистального эпифиза связано с определёнными трудностями, вызванными сложной геометрией последнего. Ширина дистального эпифиза составила для ППК  $6,39 \pm 0,25$  см; для ЛПК  $6,31 \pm 0,24$  см, что не отличается от данных предыдущих исследований (И.В. Найнис, 1972; В.И. Пашкова, 1978; В.Э. Янковский, 2005). Размеры ямок на дистальном эпифизе отличаются увеличенной шириной венечной ямки. Ширина венечной ямки по нашим данным ППК  $1,64 \pm 0,35$  см и ЛПК  $1,70 \pm 0,29$  см. По данным А. Кабаксі, 2017 её ширина меньше в среднем на 3 мм. Ширина локтевой и лучевой ямок не отличались от литературных данных. Анализ формы головки мыщелка показал, что она имеет более вытянутую вертикально форму по сравнению с данными, описанными в литературе. Ширина головки мыщелка ППК составила  $1,78 \pm 0,09$  см, её вертикальный размер -  $2,22 \pm 0,09$  см. Ширина головки мыщелка ЛПК составила  $1,73 \pm 0,08$  см, её вертикальный размер -  $2,23 \pm 0,11$  см.

В работе впервые были изучены размеры блока плечевой кости. Оказалось, что величина структур медиальной части блока (ширина, вертикальный размер, сагиттальный размер) больше размеров латеральной части. Угол направляющей борозды блока открыт медиально и равен для ППК  $14,46 \pm 2,48$ ; для ЛПК  $16,76 \pm 3,94$  градусов. На задней поверхности дистального эпифиза латеральный надмыщелок (ППК  $2,19 \pm 0,12$  см; ЛПК  $2,04 \pm 0,29$  см) оказался шире медиального (ППК  $1,70 \pm 0,19$  см; ЛПК  $1,67 \pm 0,16$  см). По результатам статистического анализа асимметрии в степени развития структур противоположных плечевых костей нами не выявлено.

### **Адаптационная гармоничность в строении плечевой кости человека и животных**

Введение коэффициента пропорциональности при изучении изменений структурной организации плечевой кости позволило получить новые данные о степени развития структур костей в зависимости от веса и массивности скелета животного. Статистически достоверной разницы в степени развития

противоположных плечевых костей среди представителей одного вида животных по данным нашего исследования не выявлено, за исключением величины шеечнодиафизарного угла у человека и угла хрящевого края головки у людей и у собак (Таблица 5).

В целом плечевая кость человека по своим относительным значениям отличается максимальной длиной. По величине относительного сагиттального размера диафиза плечевые кости человека и всех исследованных видов не имели статистически достоверных различий. Кости всех исследуемых видов не отличались по относительной ширине проксимального эпифиза. А по параметрам, описывающим форму головки плечевой кости максимальные значения принадлежат человеку.

Таблица 5 - Адаптационная гомология в строении плечевой кости

параметр	<i>Bos taurus taurus</i>		<i>Canis lupus familiaris</i>		<i>Oryctolagus cuniculus</i>		человек	
	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
ØГС	1,06±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
ØШС	1,58±0,14	1,51±0,14	1,62±0,15	1,70±0,13	1,5±0,07	1,57±0,07	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	1,82±0,14	1,94±0,19	2,11±0,07	2,13±0,1
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
МБР	1,09±0,22	1,09±0,23	0,67±0,14	0,64±0,08	1,2±0,06	1,24±0,07	1,44±0,11	1,49±0,17
ШМББ	0,63±0,07	0,58±0,1	0,58±0,06	0,62±0,09	0,37±0,03	0,37±0,03	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	0,28±0,02	0,25±0,02	0,19±0,01	0,22±0,02
Дг	5,76±0,46	5,69±0,46	9,48±1,47	10,40±1,53	12,4±0,58	13,2±0,08	14,69±0,63	16,0±1,87
Дбб	6,40±0,56	6,12±0,46	10,3±1,39	10,8±1,58	12,2±0,56	13±0,8	14,7±0,62	15,8±1,84
ØДс	1,12±0,1	1,14±0,11	1,02±0,08	1,07±0,12	1,19±0,07	1,23±0,08	1,06±0,05	1,13±0,12
УСК,°	-9,8±1,46	-9,6±1,24	-9,9±0,19	-11±0,19	-7,4±0,52	-7,3±0,58	35,9±2,37	35,7±2,02
УНД,°	55,57± 21,24	55,61± 23,10	34,50± 0,97	31,15± 6,09	10,10± 0,54	10,10± 0,52	8,76± 1,41	7,59± 1,45
ШДЭ	1,44±0,17	1,48±0,22	2,32±0,24	2,42±0,24	1,92±0,09	2,01±0,12	2,88±0,09	3,12±0,32
ШЛокЯ	0,56±0,04	0,54±0,04	0,73±0,09	0,76±0,09	0,79±0,07	0,81±0,10	1,08±0,04	1,09±0,14
ВЛокЯ	1,11±0,06	1,08±0,09	0,70±0,08	0,74±0,10	0,64±0,04	0,65±0,04	1,26±0,04	1,38±0,11
ВØгчки	0,76±0,04	0,72±0,05	1,38±0,14	1,45±0,16	1,70±0,13	1,78±0,17	1,00±0,04	1,10±0,12
Шгчки	0,36±0,03	0,34±0,04	0,36±0,03	0,38±0,04	0,17±0,01	0,22±0,02	0,80±0,03	0,86±0,1
ШЛЧБ	0,35±0,03	0,34±0,03	0,42±0,04	0,41±0,03	0,47±0,04	0,44±0,04	0,50±0,04	0,50±0,05
ШМЧБ	0,72±0,08	0,71±0,08	0,56±0,06	0,58±0,05	0,44±0,03	0,40±0,02	0,71±0,03	0,72±0,07
СØЛГБ	1,69±0,14	1,68±0,13	1,17±0,15	1,21±0,13	1,26±0,07	1,31±0,06	2,41±0,17	2,73±0,32
СØМГБ	1,95±0,23	2,05±0,24	1,33±0,13	1,43±0,12	1,41±0,08	1,48±0,1	2,76±0,16	2,95±0,26
ВØЛГБ	0,76±0,11	0,73±0,06	1,13±0,14	1,17±0,12	0,96±0,06	0,98±0,08	0,87±0,04	0,94±0,11
ВØМГБ	1,14±0,10	1,08±0,08	1,26±0,15	1,33±0,16	0,99±0,06	1,02±0,08	1,22±0,05	1,31±0,15
ШМНМ	0,51±0,07	0,51±0,07	0,14±0,07	0,14±0,09	0,93±0,16	0,75±0,07	0,77±0,05	0,81±0,06
ШЛНМ	0,50±0,03	0,48±0,03	0,14±0,01	0,14±0,01	0,85±0,10	0,66±0,07	0,99±0,04	0,98±0,04
УНББ,°	6,35±0,15	6,37±0,14	12,9±0,19	12,8±0,21	9,06±0,54	10,2±0,58	14,5±1,24	16,8±2,14

Примечание - В таблице приведено значение среднего арифметического и величина двустороннего доверительного интервала при  $\alpha \geq 0,05$ . Значения всех линейных параметров представлены в относительных единицах.

У животных суставная поверхность головки обращена кзади и медиально, поперечные размеры головки превалируют над вертикальными. Форма суставной поверхности головки плечевой кости животных приближена к форме стекающей по сфере капли. Максимально округла она у кроликов.

У человека головка расположена ближе к фронтальной плоскости, её суставная поверхность максимально приближена по форме к правильной полусфере. Соотношение  $\text{ØГС} \times \text{ØГВ}$  у быка 1,86/1, у собаки – 1,26/1, у кролика – 1,06/1; у человека - 0,96/1.

Величина скрученности кости по вертикальной оси максимальная у человека (справа  $35,92 \pm 4,37^\circ$  и слева  $35,65 \pm 3,72^\circ$ ), для животных её значения отрицательны и свидетельствуют о ретроторсии головки. Облегчение веса животного или освобождение конечности от выполнения опорной функции приводит к увеличению двигательной активности и округлению головки, что подтверждается возрастающими вертикальными размерами головки у собак и кроликов по сравнению с быком. Угловые параметры, отвечающие за амплитуду движений в плечевом суставе, имеют максимальную степень развития у человека по величине угла хрящевого края головки и минимальную у быков. С расширением объема движений в плечевом суставе УХКГ увеличивается. Следующая структура, характеризующая движения в плечевом суставе и являющаяся, по мнению Б.А. Никитюка, 1990, видоспецифичным критерием человека - межбугорковая борозда. Оценивая её относительную ширину и глубину, не выявлено их увеличения у человека по отношению к животным:  $\text{ШМББ} \times \text{ГМББ}$  у человека 2,2/1; у быка - 1,06/1, у собак 2,07/1, у кроликов – 1,32/1. Степень развития межбугорковой борозды отражает силу двуглавой мышцы, которая у животных помимо сгибания в локтевом суставе, фиксирует плечевой сустав и передаёт нагрузку на нижележащие отделы конечности (А.Д. Ноздрачев, 2009; Н.В. Зеленевский и др., 2015). Передача нагрузки в первую очередь осуществляется через анатомическую шейку. Шейка плечевой кости человека имеет максимальные относительные размеры, при этом она вытянута в вертикальном направлении. Шеечнодиафизарный угол или угол инклинации головки, измеренный на костях собак, кроликов и человека, показывает минимальное значение у человека и максимальное у собак. На костях быков из-за специфической формы головки, в виде «стекающей капли» определить величину данного угла было невозможно. Расположение кости внутри плеча оценивалось по величине угла наклона диафиза.

Относительные размеры структур дистального эпифиза также зависят от выполняемых функций. Дистальный эпифиз плечевых костей животных достоверно уже проксимального. Только у человека ширина дистального эпифиза больше ширины проксимального (Таблица 5). Максимально приближен к человеку по относительной ширине дистальный эпифиз собак, наименьшую относительную ширину дистального эпифиза имеет бык. Анализируя соотношения поперечных размеров частей дистального эпифиза, его блока и головки мышечка, выяснилось, что у быков, имеющих максимальный вес, ширина медиальной части суставной поверхности блока в 2 раза больше относительной

ширины его латеральной части (ШЛЧБ - ППК  $0,35 \pm 0,06$  отн. ед.; ЛПК  $0,34 \pm 0,06$  отн. ед. и ШМЧБ - ППК  $0,72 \pm 0,12$  отн. ед.; ЛПК  $0,71 \pm 0,12$  отн. ед.). Статистически достоверной асимметрии в развитии этих параметров у животных нет. Человек так же имеет увеличенную относительную ширину медиальной части суставной поверхности блока. Медиальная часть суставной поверхности блока шире в 1,4 раза чем латеральная (ШЛЧБ - ППК  $0,50 \pm 0,08$  отн. ед.; ЛПК  $0,50 \pm 0,10$  отн. ед. и ШМЧБ - ППК  $0,71 \pm 0,05$  отн. ед.; ЛПК  $0,72 \pm 0,14$  отн. ед.). Такая особенность строения костей, наряду с отсутствием асимметрии выраженности признаков на контрлатеральных костях, указывает на равнозначное участие медиальной части дистального эпифиза в принятии и передаче веса и формировании оси конечности. По такому параметру, как ширина латеральной части суставной поверхности блока человек и собаки имеют максимальные значения выраженности признака, что связано с присутствующей ротационной активностью предплечья у данных видов. Амплитуда разгибательных движений в локтевом суставе зависит от сагиттальных размеров гребней блока плечевой кости. Максимальное значение относительных сагиттальных размеров гребней блока имеет человек, минимальное собака. Блок плечевой кости у животных не продолжается на заднюю поверхность диафиза кости, и локтевой сустав в нормальных условиях не разгибается до прямой линии между осями плечевой кости и костями предплечья. Независимо от вида большую протяженность имеет медиальный гребень блока. Он же имеет больший вертикальный диаметр у человека и быков. У животных, способных к галопу (одновременному приземлению на обе передние лапы), таких как кролик и собака, вертикальные диаметры гребней блока практически одинаковы (ВØЛГБ кролика - ППК  $0,96 \pm 0,11$  отн. ед.; ЛПК  $0,98 \pm 0,14$  отн. ед. и ВØМГБ - ППК  $0,99 \pm 0,10$  отн. ед.; ЛПК  $1,02 \pm 0,12$  отн. ед.; ВØЛГБ собаки - ППК  $1,13 \pm 0,20$  отн. ед.; ЛПК  $1,17 \pm 0,17$  отн. ед. и ВØМГБ - ППК  $1,26 \pm 0,22$  отн. ед.; ЛПК  $1,33 \pm 0,22$  отн. ед.), что указывает на симметричность участия конечностей в принятии веса тела при приземлении. Оценивая относительную ширину локтевой ямки выяснилось, что для человека характерно её максимальное значение, для быка минимальное (ШЛокЯ быка - ППК  $0,56 \pm 0,07$  отн. ед. и ЛПК  $0,54 \pm 0,06$  отн. ед.; ШЛокЯ человека - ППК  $1,08 \pm 0,08$  отн. ед.; ЛПК  $1,09 \pm 0,26$  отн. ед.). Относительная высота локтевой ямки показывает ту же закономерность. Относительные размеры надмышцелков плечевой кости указывают на их функциональную неравноценность. У человека латеральный надмышцелок более развит, чем медиальный, что может указывать на большую степень развития мышц-разгибателей кисти и пронаторов предплечья. Анатомически локтевой сустав считается блоковидным, одноосным, однако у человека, собак и незначительно у кроликов в нем возможны вращательные движения. Амплитуда этих движений будет зависеть не только от степени развития мышц вращателей предплечья, но и от положения борозды блока. В результате исследования обнаружилось, что большие значения угла направляющей борозды блока характерны для человека, минимальные для быка (Таблица 5).

Таким образом, результаты введения коэффициента пропорциональности

позволили выяснить, что основными направлениями изменений в строении плечевой кости человека стали трансформация головки в полусферу, с относительным увеличением размеров головки при сохранении равенства ширины проксимального эпифиза между видами, увеличение угла хрящевого края головки с уменьшением шеечнодиафизарного угла. Плечевая кость увеличилась в длине с увеличением её торсионной скрученности, что привело к развороту ладонной поверхности кисти в сторону туловища. У человека произошло расширение дистального эпифиза в поперечном направлении, с увеличением относительных размеров блока. Увеличение типов движений в локтевом суставе, по сравнению с животными, привело к увеличению размеров головочки мыщелка и ширины локтевой ямки и большей величине угла направляющей борозды блока, что позволило при сгибании конечности занимать кисти положение, приближенное к срединной линии тела. Увеличение сагиттальных размеров гребней блока, и большая степень развития латерального надмыщелка привели к полному раскрытию локтевого сустава в момент разгибания. При этом у человека сохранилось типичное положение биомеханической оси конечности с передачей веса тела на медиальную часть блока.

### **Структурная организация плечевой кости современного человека**

Структурная организация плечевой кости современного человека характеризуется трёхуровневостью. Для нее характерна латентная асимметрия, не выявляемая методами вариационной статистики (Таблица 6).

I уровень структурной организации представлен стабильными параметрами, принадлежащими одновременно к обеим костям: шириной проксимального эпифиза, размерами головки и шейки, длиной кости, сагиттальным диаметром диафиза, вертикальными размерами головки мыщелка и её шириной, вертикальными и сагиттальными размерами гребней блока, шириной латерального надмыщелка. Латентная асимметрия проявилась на первом уровне наличием нестабильного структурообразующего параметра в структурной организации правой кости - степени скрученности диафиза, и 10 нестабильных параметров в организации левой плечевой кости. Это сагиттальный размер головки, размеры межбугорковой борозды, межбугорковое расстояние, угол наклона диафиза, размеры локтевой ямки, ширины частей суставной поверхности блока, ширина медиального надмыщелка.

II уровень организации представлен нестабильными параметрами, свидетельствующими о максимальной асимметрии. Так, в структурной организации правой плечевой кости выявлены ФН на ширину локтевой и венечной ямок. Для левой плечевой кости это угол хрящевого края головки и ширина лучевой ямки.

III уровень также представлен структурно нестабильными параметрами. Для правой кости это угол хрящевого края головки, размеры межбугорковой борозды, угол наклона диафиза. Для левой плечевой кости – шеечнодиафизарный угол.

Таблица 6 - Значения факторных нагрузок при исследовании плечевых костей человека

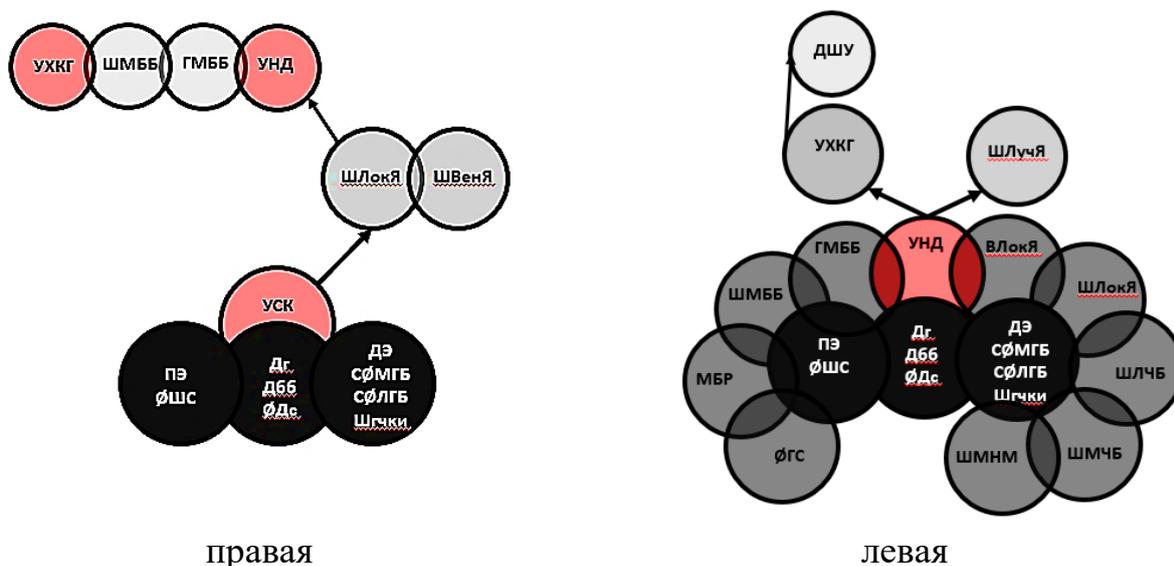
Структура	ППК				ЛПК			
	Уровни организации				Уровни организации			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
ШПЭ	0,96	-0,06	0,08	0,07	0,99	0,05	0,00	0,05
ØГС	0,55	-0,49	-0,41	0,07	0,96	-0,04	0,01	0,01
ØГВ	0,78	-0,20	-0,26	0,03	0,95	0,16	0,16	-0,03
ØШС	0,89	-0,26	-0,06	0,15	0,99	-0,03	-0,02	0,06
ØШВ	0,90	-0,17	-0,09	0,00	0,99	0,08	0,00	0,04
МБР	0,48	-0,21	0,31	0,46	0,90	-0,01	-0,25	-0,10
ШМББ	0,18	0,00	0,80	-0,05	0,79	-0,02	-0,34	0,14
ГМББ	0,15	0,35	0,80	0,18	0,86	-0,23	0,30	-0,04
УХКГ	-0,09	-0,08	-0,91	-0,21	-0,15	0,72	-0,09	0,25
Дг	0,93	0,29	0,15	-0,23	0,98	0,12	-0,01	0,03
Дбб	0,75	0,21	-0,11	0,02	0,86	-0,13	0,01	-0,05
ØДс	0,83	0,25	0,11	0,15	0,96	0,05	0,09	0,07
УНД	-0,42	0,28	-0,77	0,16	-0,80	0,14	-0,28	0,01
УСК	-0,81	0,18	-0,10	0,33	-0,18	-0,16	-0,59	0,28
ДШУ	0,21	-0,57	0,50	0,23	0,02	-0,45	0,73	-0,05
ШДЭ	0,94	0,11	-0,04	0,18	0,99	-0,02	-0,09	0,09
ШЛокЯ	-0,13	0,85	0,25	0,15	0,91	0,13	-0,17	-0,12
ВЛокЯ	0,58	0,04	-0,47	0,23	0,86	0,01	0,10	0,01
ШЛучЯ	0,20	0,33	-0,55	0,24	0,31	0,87	0,15	0,04
ШВенЯ	0,07	0,72	-0,36	0,21	0,45	0,66	0,22	-0,47
ØГчкиВ	0,90	0,01	-0,06	-0,29	0,98	-0,11	0,02	0,03
ШГчки	0,74	0,02	0,22	0,27	0,86	-0,08	0,00	0,09
ВØЛГБ	0,76	0,39	0,25	0,28	0,98	0,04	0,02	0,03
ШЛЧБ	0,08	0,05	-0,15	0,34	0,74	0,18	-0,38	0,17
СØЛГБ	0,72	0,24	0,34	0,00	0,81	0,01	-0,08	-0,28
ВØМГБ	0,86	0,10	0,10	0,11	0,96	0,04	-0,08	-0,13
ШМЧБ	0,67	0,20	0,19	-0,18	0,81	-0,19	0,23	0,02
СØМГБ	0,79	0,11	-0,12	0,04	0,80	0,03	0,25	0,05
ШМНМ	0,65	-0,07	0,29	-0,20	0,78	0,15	0,09	-0,10
ШЛНМ	0,70	0,15	0,12	-0,16	0,82	0,00	-0,11	-0,02
УНББ	0,13	0,49	0,08	-0,03	-0,14	-0,49	0,30	-0,28
Общая дисперсия	22,35	6,13	3,96	3,83	36,58	3,12	2,19	1,92
Выделенная дисперсия	0,34	0,09	0,06	0,06	0,55	0,05	0,03	0,03

Примечание - Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие статистически значимые ФН среди препаратов обеих групп. Статистически значимы нагрузки  $|0,7-1,0|$ .

В ходе исследования установлено, что асимметричность структурной организации плечевой кости свидетельствует о морфофункциональной дифференциации её эпифизов, что подтверждается различиями моделей структурной организации костей (Рисунок 3).

Так, стабильные структурообразующие параметры, присутствующие в организации обеих костей на уровне проксимального эпифиза обеспечивают

функциональную активность плечевого сустава и представлены 4 параметрами: размерами шейки, вертикальным диаметром головки и шириной проксимального эпифиза. Также в структурной организации плечевой кости на уровне проксимального эпифиза выявлено 3 нестабильных параметра у правой плечевой кости. Это угол хрящевого края головки, который достоверно меньше справа (ППК  $135,92 \pm 2,34^\circ$ ; ЛПК  $142,92 \pm 2,91^\circ$ ) и размеры межбугорковой борозды, не имеющие различий по данным вариационной статистики (ширина ППК  $0,42 \pm 0,03$ ; ЛПК  $0,42 \pm 0,11$  отн. ед. и глубина ППК  $0,19 \pm 0,01$ ; ЛПК  $0,22 \pm 0,04$  отн. ед.), определяющие амплитуду отведения руки в плечевом суставе и движений в сагиттальной плоскости. Нестабильных коррелирующих параметров внутри проксимального эпифиза у левой плечевой кости выделено 6. Это сагиттальный диаметр головки, который достоверно больше у левой плечевой кости (ППК  $2,08 \pm 0,06$  отн. ед.; ЛПК  $2,28 \pm 0,07$  отн. ед.), размеры межбугорковой борозды, межбугорковое расстояние (ППК  $1,44 \pm 0,11$  отн. ед.; ЛПК  $1,49 \pm 0,17$  отн. ед.), угол хрящевого края головки, достоверно больший слева и шеечнодиафизарный угол (ППК  $137,92 \pm 1,82^\circ$ ; ЛПК  $132,80 \pm 2,14^\circ$ ), достоверно больший справа. Наличие данных коррелирующих параметров указывает на большее участие левой плечевой кости человека в осуществлении движений на уровне плечевого сустава, в том числе и вращательных, что в меньшей степени характерно для правой плечевой кости.



правая

левая

Рисунок 3 - Модель структурной организации плечевой кости человека

Примечание - чёрным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон. Розовым цветом обозначены параметры с отрицательными факторными нагрузками. ПЭ включает ширину проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки. ДЭ включает вертикальные размеры головки мышечка и гребней блока, ширину латерального надмыщелка.

К нестабильным параметрам, указывающим на асимметричность участия плечевой кости человека в реализации функций в плечевом суставе относятся: сагиттальный размер головки, угол хрящевого края головки, шеечнодиафизарный угол, межбугорковое расстояние, размеры межбугорковой борозды.

Обе кости на уровне диафиза имеют стабильные параметры: длины и сагиттальный диаметр диафиза. Нестабильный параметр правой плечевой кости – степень торсии диафиза или угол скрученности (ППК  $35,92 \pm 2,37^\circ$  и ЛПК  $35,65 \pm 2,02^\circ$ ), обеспечивающий разворот нижележащих отделов руки к телу, и не отличающийся у правой и левой кости по данным описательной статистики. Для левой плечевой кости – угол наклона диафиза (ППК  $8,76 \pm 1,41^\circ$  и ЛПК  $7,59 \pm 1,45^\circ$ ).

На уровне дистального эпифиза стабильных параметров выделено 7. Это параметры, обеспечивающие движение в сагиттальной плоскости: размеры гребней блока, размеры головки мыщелка, ширина латерального надмыщелка. Нестабильных параметров в организации ППК выделено всего два. Это ширина локтевой (ППК  $1,08 \pm 0,04$ ; ЛПК  $1,09 \pm 0,14$  отн. ед.) и венечной ямок (ППК  $0,73 \pm 0,08$ ; ЛПК  $0,81 \pm 0,05$  отн. ед.), обеспечивающие люфт плечевой кости при супинации в локтевом суставе. Нестабильных параметров в структуре ЛПК выделено 7.

Асимметрия в строении плечевых костей на уровне дистального эпифиза связана с наличием ФН на параметры левой плечевой кости, обеспечивающие передачу нагрузки по оси конечности и осуществление сгибательно-разгибательных движений. Это ширина частей суставной поверхности блока, высота локтевой ямки, степень развития медиального надмыщелка. Последний по данным исследования достоверно менее развит, чем латеральный, что указывает на большую роль левой руки в осуществлении сгибательных движений, а большая высота локтевой ямки лимитирует вращательные движения предплечья и способствует вертикальной стабилизации локтевого сустава при принятии весовых нагрузок, передающихся по оси конечности. При этом центром принятия веса будет являться медиальная часть суставной поверхности блока плечевой кости.

### **Изменения структурной организации плечевой кости в зависимости от способа передвижения и функциональной нагрузки на конечность**

Анализируя изменения, произошедшие в структурной организации плечевой кости выявлено изменение числа уровней организации и числа коррелирующих параметров внутри ряда уровней. У животных, грудные конечности которых более специализированы на выполнении поддерживающей роли (R. Shahar, 2005; M.W. Denny, 2008; E.J. Smith et al., 2017), выявлено меньшее число уровней структурной организации. У кроликов, чьи передние конечности равномерно принимают вес животного при приземлении выявлено 2 уровня организации, у собак - 4 для правой плечевой кости и 2 для левой (Рисунок 4).

Стабильных структурообразующих параметров у быков выявлено 15, 13 у собак и 10 у кроликов. Среди них базовое значение для всех видов имеют ширина проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки, длина кости, вертикальные диаметры гребней блока, сагиттальный диаметр латерального гребня блока и размеры латерального - разгибательного надмыщелка. Это

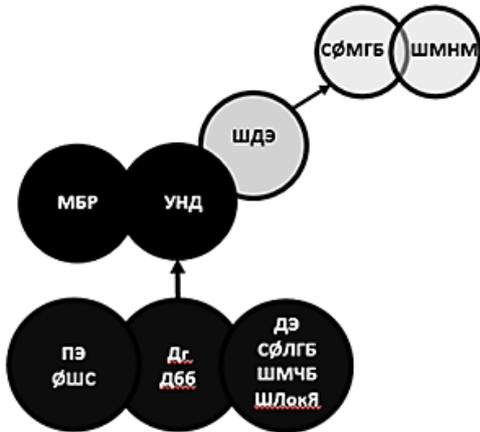
структуры, обеспечивающие принятие и передачу веса тела по оси конечности и осуществление сгибательно-разгибательных движений в обоих суставах (M. Battagin et al., 2013). Нестабильных параметров, отражающих изменения в строении плечевой кости, связанных с расширением объема и типов движений, у быков и кроликов, чьи грудные конечности практически лишены вращения в локтевом суставе выявлено – 7, у собак, имеющих достаточно развитые мышцы вращатели – 10.

Расширение локомоции привело к увеличению числа нестабильных структурообразующих параметров. В структуре коррелированности параметров эпифизов плечевой кости у исследуемых видов животных проксимальный эпифиз имеет более стабильную организацию: 5 стабильных параметров у быков и собак, 4 у кроликов.

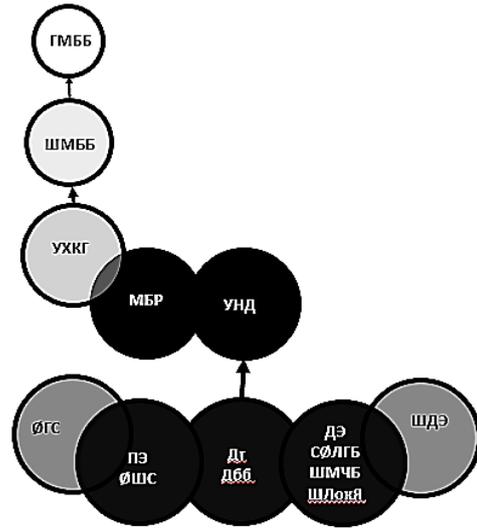
Независимо от вида структурообразующими параметрами явились вертикальные размеры головки и шейки, ширина проксимального эпифиза. У быков и собак стабильными структурообразующими параметрами плечевой кости также явились сагиттальные размеры шейки. Структурная организация плечевой кости животных, способных к большей амплитуде вращений в плечевом суставе вокруг вертикальной оси, у собак и кроликов включила также в качестве стабильного параметра сагиттальный размер головки. Изменения структурной организации проксимального эпифиза связаны с расширением типов и амплитуды движений в суставах свободной конечности, что отражается достоверными статистически значимыми факторными нагрузками на размеры межбугорковой борозды, угла хрящевого края головки и угла инклинации.

На уровне диафиза структурообразующих параметров выделено 3 у быков, 2 у собаки и 4 у кролика. Особое значение в структурной организации плечевой кости животных имеет угол наклона диафиза, формирующий опорную ось конечности. У животных с максимальными опорными нагрузками на переднюю конечность он стабилен, у остальных исследуемых видов является нестабильным структурообразующим параметром.

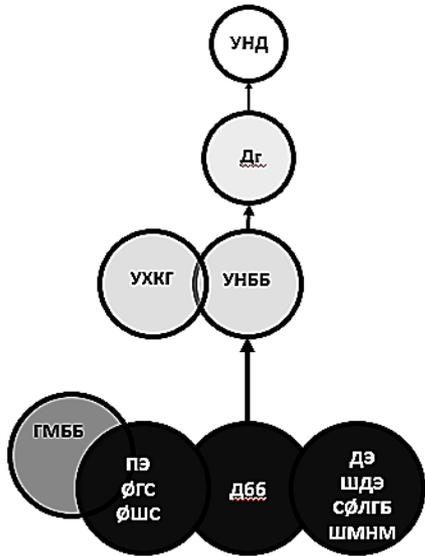
Коррелированность параметров дистального эпифиза плечевой кости изменчива и зависит от объема движений в локтевом суставе. У кроликов стабильных параметров дистального эпифиза выделено 6, у собак и быков – 7. Общими межвидовыми стабильными параметрами являются вертикальные диаметры головки мышелка и гребней блока, ширина латерального – разгибательного надмышелка (Е.О. Брошко, 2014; А.Н. Власенко, 2014). Данные параметры обеспечивают принятие веса тела при прохождении механической оси конечности через центр локтевого сустава и амплитуду сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе животных. У быков, чьи локтевые суставы при опоре принимают большую массу тела имеются статистически достоверные факторные нагрузки на локтевую ямку. У собак и кроликов вместо ямки присутствует надблоковое отверстие (А.А. Гашимова, 2017), участвующее в стабилизации оси конечности животного при статической нагрузке, видимо, поэтому факторных нагрузок на структуры, характеризующие размер локтевой ямки у этих животных не выявлено.



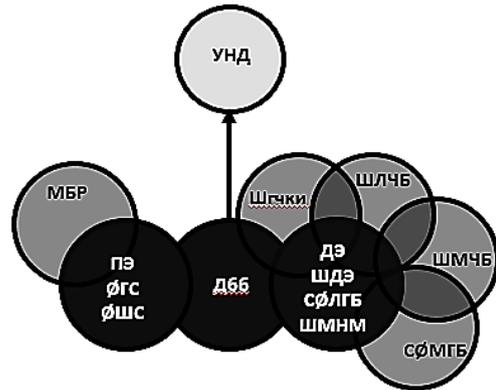
*Bos taurus taurus*, правая



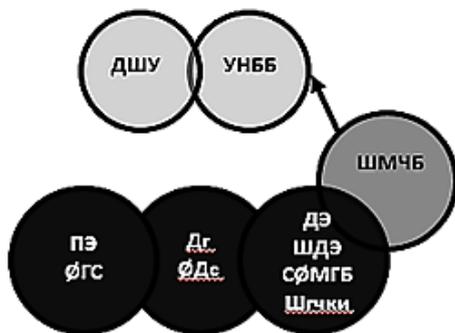
*Bos taurus taurus*, левая



*Canis lupus familiaris*, правая



*Canis lupus familiaris*, левая



*Oryctolagus cuniculus*, правая



*Oryctolagus cuniculus*, левая

Рисунок 4 - Модели структурной организации плечевой кости животных

Примечание - черным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон. ПЭ включает ширину проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки. ДЭ включает вертикальные размеры головочки мышелка и гребней блока, ширину латерального надмышелка.

С появлением ротационной активности в локтевом суставе у животных увеличилась величина угла направляющей борозды блока и появились ФН на данную структуру, а также ширину латеральной части блока, обеспечивающие амплитуду вращения вокруг вертикальной оси. У собак, чья ротационная активность в локтевом суставе максимальна по сравнению с кроликами (R.M. Alexander, 2003; Т.Ю. Паршина и др., 2016) на уровне дистального эпифиза нестабильных параметров выделено пять. У быков и кроликов – три.

Таким образом, изменения в структурной организации плечевой кости привели к развитию морфофункциональной дифференциации её эпифизов с расширением объема движений в суставах. Независимо от видовой принадлежности в структурной организации плечевой кости человека и животных общими стабильными параметрами явились: ширина проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки, вертикальный диаметр гребней блока, вертикальный диаметр головки мыщелка плечевой кости и ширина латерального надмыщелка. Особенностью структурной организации плечевой кости человека является более выраженная асимметричная дифференциация её эпифизов, подтверждающаяся большим числом нестабильных параметров.

### **Особенности строения бедренной кости современного человека**

Результаты остеометрии бедренной кости современного человека не выявили статистически достоверной асимметрии большинства её размеров. При этом длина бедренной кости составила справа  $43,32 \pm 1,30$  см; слева  $43,52 \pm 1,28$  см, что не отличается от данных В.Н. Николенко, 2009 и других авторов.

Сравнивая результаты данного исследования с результатами исследований зарубежных авторов, выяснено, что бедренная кость людей европейской части России по степени выраженности её структур, длине и угловым характеристикам практически не отличается от костей людей, населяющих Иран и Турцию (Т. Züylan, 2002) и оказалась гораздо больше бедренной кости индусов и малайцев (S.H.E. Vaghefi et al., 2015; A.M. Parmar et al., 2015; T.O. Adekoya-Cole et al., 2016; M. Vemavarapu, 2016).

Ширина проксимального эпифиза правой бедренной кости человека несколько больше, чем левой (справа  $9,46 \pm 0,34$  см; слева  $9,01 \pm 0,70$  см), что согласуется с данными Е.А. Анисимовой, 2014. В результате исследования выяснено, что для современного жителя европейской части России характерны размеры проксимального эпифиза схожие с величиной проксимального эпифиза современных бразильцев (Е. В. Caetano, 2007). Головка бедренной кости имеет форму, приближенную к правильной сфере (ПБК  $4,55 \pm 0,17 \times 4,46 \pm 0,15$  см; ЛБК  $4,58 \pm 0,19 \times 4,47 \pm 0,16$  см), при этом отношение её сагиттального размера к вертикальному 1,02, что отличается от данных приведенных в работах XX века. В работах тех лет указывалось на превалирование вертикальных размеров над горизонтальными (Н.А. Воробьев, 1958; И.В. Найнис, 1972; В.И. Пашкова, 1978). Головка соединяется с диафизом при помощи шейки бедренной кости. Вертикальный размер шейки больше её сагиттального размера, что согласуется с

данными других исследователей. Для описания положения шейки и головки бедренной кости, мы измерили величину угла отклонения шейки кпереди в сагиттальной плоскости и назвали данный угол торсии - ТОР. Его величина справа также оказалась большей, чем слева ( $22,70 \pm 2,8^\circ$  и  $20,61 \pm 2,65^\circ$ ). Шейка бедренной кости соединяясь с диафизом во фронтальной плоскости образует шеечнодиафизарный угол, величина которого справа  $127,86 \pm 2,81^\circ$ , что несколько больше чем слева  $125,00 \pm 3,66^\circ$ , однако статистически достоверными эти отличия не являются. В популяции Индии величина шеечнодиафизарного угла меньше, а в популяции Нигерии больше, чем выявлено в ходе данного исследования (1982; М. Е. Danielson et al., 2013; Т.О. Adekoja-Cole et al., 2016).

Прямохождение, присущее человеку формирует сложную стереометрию проксимального эпифиза бедренной кости. Верхние и передние отделы шейки бедра находятся под действием сил сжатия, их размеры значительно меньше размеров нижней и задней части шейки, которые находятся под действием сил растяжения (А.И. Авдеев, 2012; Х.З. Гафаров, 2013; М. Е. Danielson et al., 2013; О.Ю. Тейкина, 2018). Длина шейки, измеренная сверху, по результатам данного исследования, составила у ПБК  $2,86 \pm 0,09$  см, у ЛБК  $2,83 \pm 0,19$  см. Нижняя длина шейки бедренной кости справа -  $4,29 \pm 0,33$  см и слева -  $4,23 \pm 0,30$  см. Передняя длина шейки - у ПБК  $2,67 \pm 0,18$  см, у ЛБК -  $2,59 \pm 0,14$  см. Задняя длина шейки - у ПБК  $3,55 \pm 0,23$  см, у ЛБК -  $3,60 \pm 0,20$  см. Полученные нами данные, указывают на тенденцию увеличения размеров шейки бедра, измеренную сзади для ЛБК. При этом угол антеверсии, как и задняя длина шейки бедра больше у ЛБК ( $17,25 \pm 4,6^\circ$  слева и  $15,46 \pm 5,18^\circ$  справа). ЛБК имеет большее межвертельное расстояние, чем правая (ЛБК  $5,71 \pm 0,26$  см; ПБК  $5,53 \pm 0,31$  см). Результаты исследования показывают меньшее значение межвертельного расстояния, чем в исследованиях Ю.В. Довгялло, 2016 по данному параметру. Выявленная особенность размеров шейки, связана с изменением положения элементов проксимального эпифиза не только во фронтальной плоскости, но и в сагиттальной.

Диафиз бедренной кости человека изогнут кпереди, причем на правой кости более изогнут, чем слева. Диафиз соединяется с дистальным эпифизом под углом. Угол наклона диафиза отклонен от вертикальной оси латерально в среднем на  $9^\circ$ , что не отличается от данных других исследователей (В.И. Пашкова, 1978; М. Nakatsukasa, 1990; А.А. Филиппов, 2004; В.Н. Николенко, 2009; Ю.В. Довгялло, 2016).

Дистальный эпифиз бедренной кости уже проксимального. Его размеры у ПБК  $7,07 \pm 0,47$  см, у ЛБК  $7,17 \pm 0,46$  см, что несколько меньше размеров, описанных В.Н. Николенко, 2009 и соавторами. Среди мышечков бедренной кости большими размерами отличается латеральный мышцелок, что частично согласуется с данными И.В. Гайворонского, 2015, С.Е. Байбакова, 2016 и К.П. Чекалина, 2016. Структуры дистального эпифиза левой бедренной кости при этом имеют несколько большие размеры, чем правой. Размеры латерального надмышцелка меньше размеров медиального, что связано с особенностями фиксации мышц на дистальном эпифизе бедренной кости и наличием приводящего бугорка на медиальном надмышцелке.

## Адаптационная гармоничность в строении бедренной кости человека и ЖИВОТНЫХ

Введение коэффициента пропорциональности позволило получить новые данные о межвидовых отличиях в степени развития структур (таблица 7).

Таблица 7 - Адаптационная гомология в строении бедренной кости человека

параметр	<i>Bos taurus taurus</i>		<i>Canis lupus familiaris</i>		<i>Oryctolagus cuniculus</i>		человек	
	правая	левая	правая	левая	правая	левая	правая	левая
ШПЭ	3,09±0,09	3,12±0,12	2,88±0,09	2,92±0,15	2,51±0,19	2,47±0,21	3,46±0,06	3,27±0,12
ØГС	1,32±0,06	1,31±0,06	1,42±0,04	1,35±0,05	1,22±0,15	1,20±0,16	1,66±0,03	1,65±0,02
ØГВ	1,13±0,07	1,07±0,06	1,34±0,06	1,34±0,07	1,15±0,11	1,14±0,11	1,63±0,02	1,62±0,02
ØШС	1,11±0,06	1,06±0,06	0,49±0,02	0,43±0,03	1,12±0,11	1,11±0,11	0,97±0,02	0,95±0,01
ØШВ	1,15±0,08	1,13±0,07	1,30±0,07	1,34±0,06	1,01±0,12	1,11±0,11	1,23±0,02	1,21±0,02
ПДШ	0,84±0,07	0,80±0,03	0,75±0,06	0,81±0,07	0,49±0,06	0,46±0,07	0,97±0,03	0,94±0,02
ЗДШ	1,05±0,06	1,08±0,05	0,82±0,12	0,76±0,10	0,32±0,03	0,30±0,04	1,30±0,04	1,30±0,03
ВДШ	1,11±0,16	0,98±0,06	0,45±0,07	0,53±0,04	0,48±0,07	0,46±0,08	1,05±0,04	1,02±0,03
НДШ	0,88±0,07	0,87±0,05	0,83±0,10	0,83±0,08	0,49±0,13	0,46±0,15	1,57±0,06	1,53±0,05
МВР	3,17±0,11	3,15±0,14	2,58±0,07	2,55±0,09	2,02±0,12	2,15±0,13	2,02±0,06	2,06±0,04
АНТ,°	50,0±2,58	49,9±2,04	21,7±1,87	19,5±2,45	56,0±0,78	55,2±1,14	15,5±2,59	17,3±2,27
ТОР,°	46,66±3,08	43,64±2,76	14,09±1,55	12,63±2,5	27,6±0,42	26,4±0,78	22,7±1,41	20,61±1,3
ДШУ, °	144,0±1,07	141,0±2,28	137,0±3,95	142±4,6	61,0±0,96	61,2±0,73	128±1,4	125±1,83
Дг	8,94±0,24	8,89±0,44	11,9±0,92	11,9±0,99	13,0±1,51	13,1±1,63	15,9±0,27	15,8±0,22
Дбв	9,34±0,30	9,31±0,41	11,88±0,95	11,90±1,0	13,29±1,7	13,39±1,8	15,24±0,2	15,33±0,2
СКД	2,21±0,13	2,18±0,10	1,55±0,12	1,59±0,12	2,83±0,24	2,75±0,22	2,17±0,03	2,12±0,03
Øдс	1,07±0,04	1,07±0,03	0,96±0,03	0,96±0,03	0,95±0,09	0,92±0,1	1,41±0,15	1,24±0,09
УНД,°	7,56±0,48	7,64±0,60	3,09±1,22	3,90±1,82	28,2±0,73	27,6±0,48	9,45±0,42	9,04±0,45
ШДЭ	2,48±0,05	2,55±0,13	2,38±0,09	2,36±0,07	2,24±0,22	2,2±0,24	2,60±0,09	2,60±0,08
ШММЯ	0,99±0,05	1,03±0,02	0,86±0,06	0,87±0,06	0,74±0,11	0,75±0,22	1,50±0,17	1,51±0,17
ШНК	0,36±0,03	0,34±0,04	0,36±0,03	0,38±0,04	0,17±0,01	0,22±0,02	0,80±0,03	0,86±0,1
ШММ	0,69±0,04	0,70±0,03	0,85±0,02	0,85±0,04	0,95±0,18	0,93±0,17	0,85±0,02	0,86±0,03
ШЛМ	0,43±0,03	0,45±0,04	0,90±0,05	0,97±0,09	0,84±0,12	0,82±0,12	1,03±0,03	1,05±0,04
РсММ	3,4±0,13	3,48±0,15	2,60±0,07	2,59±0,13	2,11±0,24	2,11±0,03	2,27±0,04	2,23±0,03
РсЛМ	2,98±0,11	3,07±0,13	2,55±0,09	2,59±0,12	1,91±0,2	1,91±0,23	2,74±0,11	2,66±0,11
ШМНМ	0,70±0,03	0,69±0,04	0,85±0,05	0,85±0,04	0,82±0,07	0,82±0,12	0,35±0,01	0,33±0,01
ШЛНМ	0,45±0,04	0,43±0,03	0,97±0,13	0,90±0,07	0,73±0,13	0,72±0,08	0,25±0,01	0,25±0,01

Примечание - В таблице приведено значение среднего арифметического и величина доверительного интервала при  $\alpha \geq 0,05$ . Значения всех линейных параметров представлены в относительных единицах.

Статистически достоверной разницы в степени развития противоположных бедренных костей среди представителей одного вида по данным нашего исследования также, как и в случае с плечевыми костями, не выявлено. В ходе исследования выяснено, что по относительной длине наиболее длинная бедренная кость присуща человеку, затем кролику, собаке и самая короткая бедренная кость у быка. Относительный размер ширины проксимального эпифиза оказался максимальным у человека, при этом он достоверно шире проксимального эпифиза

бедренных костей животных. Между видами животных по относительной ширине проксимального эпифиза достоверной разницы не выявлено.

Увеличение веса животных ведет к увеличению массивности кости с укорочением её относительным длины. Относительная ширина дистального эпифиза бедренной кости человека и животных, статистически достоверных отличий не имеет. Такое развитие дистального эпифиза кости, указывает на равноценность данного сегмента бедренной кости в выполнении опорной функции конечностей у человека и всех исследуемых видов животных независимо от способа локомоции и веса.

Головка бедренной кости оказалась максимально развитой у человека. Её относительные размеры достоверно больше, чем у животных. У быков сагиттальный размер головки больше её вертикального размера. С расширением объема движений в тазобедренном суставе отношение размеров головки приближается к единице. Соотношение относительных сагиттальных размеров головки к вертикальным у быка 1,21/1, у собаки – 1,05/1, у кролика – 1,06/1; у человека – 1,01/1. Форма головки бедренной кости человека максимально приближена к полусфере, что определяет не только многоосность тазобедренного сустава, но и плавность косоугольных движений в нём. Сагиттальные размеры шейки бедренной кости человека оказались незначительно меньше сагиттального размера шейки кролика и быка, что может быть связано с максимальной опорной нагрузкой на задние конечности данных видов животных (В. Kummer, 1978; Н.А. Слесаренко, 2013). Вертикальные размеры шейки бедренной кости человека оказались практически равными животным. У человека вертикальный размер шейки бедренной кости справа составил  $1,23 \pm 0,02$  отн. ед., слева  $1,21 \pm 0,02$  отн. ед.; у собаки - ПБК  $1,3 \pm 0,07$  отн. ед., ЛБК  $1,34 \pm 0,03$  отн. ед.; у быков ПБК  $1,15 \pm 0,08$  отн. ед., ЛБК  $1,13 \pm 0,07$  отн. ед. Только у кроликов вертикальные размеры шейки достоверно меньше ПБК  $1,01 \pm 0,12$  отн. ед., ЛБК  $0,98 \pm 0,12$  отн. ед. Такое сужение может быть связано с особенностями фиксации мышц и перераспределением нагрузки на три вертела. Шейка бедренной кости соединяется с диафизом, после чего меняется направление сил, действующих на кость. Известно, что в верхних отделах шейка находится под действием сил сжатия, а в подвертельной зоне – т.е. снизу, под действием сил растяжения (Н.А. Храмцова, 2001; Д.В. Долганов и др., 2014; К.Е. Рябина, 2015). Однако, на данный момент для понимания изменений в геометрии проксимального эпифиза бедренной кости этой информации недостаточно. Так, относительная длина шейки, измеренная сверху и спереди у человека будет равна размерам шейки быка и больше относительных размеров шейки собаки и кролика. Задняя относительная длина шейки бедренной кости человека максимальна (ПБК  $1,30 \pm 0,04$  отн. ед., ЛБК  $1,30 \pm 0,03$  отн. ед.). Она достоверно больше аналогичного параметра животных. Также относительная задняя длина шейки бедренной кости человека достоверно больше передней, что указывает на антеверсию. У быков и собак относительные размеры задней и передней длин шейки не отличаются. У кроликов относительные размеры передней длины шейки больше относительных размеров её задней длины, что свидетельствует о ретроверсии головки. Такая

геометрия шейки, формируется под действием тяги мышц, обеспечивающих как сгибательно-разгибательные движения, так и вращение на уровне тазобедренного сустава (Т.В. Майерс, 2007; Г.И. Попов, 2011). У кроликов мышечный массив задней поверхности бедра перераспределен между большим и третьим вертелом, за счет чего увеличена сила и амплитуда разгибания в тазобедренном суставе необходимая при прыжке (R. Alexander McN et al., 1981; А.А. Вiewener, 1983). Относительная длина шейки бедренной кости, измеренная снизу максимальна у человека. Она достоверно больше относительной верхней длины шейки. То же отношение нижней и верхней длин шейки присуще и собаке. У быков и кроликов относительные размеры верхней и нижней длины шейки не показывают статистически достоверных отличий, что связано с расположением большого вертела выше головки бедренной кости, и более горизонтальным расположением ягодичных мышц (А.А. Алиев и др., 2002; N. R. Brewer, 2006; А.Д. Ноздрачев, 2009; А.А. Гашимова, 2017).

Взаиморасположение осей шейки и диафиза отражается в величине угловых параметров. Анализ значений последних выявил не только межвидовые различия в размерах шеечнодиафизарного угла и угла антеверсии, но и внутривидовую асимметрию (Таблица 7). Так, у быков и людей, использующих симметричную диагональную локомоцию и имеющих сопоставимо равный вес тела, шеечнодиафизарный угол бедренной кости был больше справа. При этом для человека характерно уменьшение угловых параметров. Величина шеечнодиафизарного угла максимальна у быков, затем у собак и людей, причем статистически достоверных отличий в величине угла у людей и собак нет. Минимальное значение имеет шеечнодиафизарный угол у кроликов. Уменьшение угла инклинации может быть связано с принятием веса животного при выталкивании тела вперед по вертикальной оси. Максимально крутую траекторию прыжка из всех исследованных имеет кролик (В. Н. Жеденов и др., 1957; А.А. Гуреев, 1964; П. П. Гамбарян, 1972; J. Maiers et al., 2002; С.М. Biancardi, 2012). Величина угла антеверсии (смещение оси шейки кпереди от оси мыщелков в горизонтальной плоскости) максимальна у кролика, немногим менее у быков и значительно меньше у собак и людей. Величина угла торсии максимальна у быков (ПБК  $46,66 \pm 3,08^\circ$  и ЛБК  $43,64 \pm 2,76^\circ$ ), уменьшается у кроликов (ПБК  $27,6 \pm 0,42^\circ$  и ЛБК  $26,4 \pm 0,78^\circ$ ) и человека (ПБК  $22,7 \pm 2,8^\circ$  и ЛБК  $20,61 \pm 1,32^\circ$ ) и минимальна у собак (ПБК  $14,09 \pm 1,55^\circ$  и ЛБК  $12,63 \pm 2,46^\circ$ ). Данные угловые параметры отличаются высокими показателями варибельности параметров. Уменьшение величины углов антеверсии и торсии вместе с увеличением относительных размеров проксимального эпифиза бедренной кости человека указывают на поворот конечности внутрь вокруг вертикальной оси, с установкой стопы в положение, приближенное к сагиттальному, за счет чего поддерживается вертикальное положение тела и сохраняется баланс сил, препятствующих запрокидыванию тела на уровне проксимального эпифиза бедренной кости (С.Т. Farley, 1998; F. E. Zajac, 2002, 2003; M.W. Denny, 2008).

Вес тела передается на диафиз кости, вызывая его изгиб кпереди. Он минимален у человека, увеличивается у быков и собак и максимален у кролика.

При этом относительный сагиттальный диаметр диафиза максимален у человека и минимален у мелких животных. Такое изменение указывает на адаптацию диафиза бедренной кости к передаче веса на нижележащие отделы кости.

Дистальный эпифиз бедренной кости по относительной ширине не показывает межвидовых различий. Однако, по относительным размерам его структур бедренная кость человека отличается от костей животных. Так, относительные ширина надколенника и межмышцелковой ямки максимальны у человека. Среди животных межвидовых отличий по степени развития данных структур не выявлено. Статистически достоверной разницы в относительной ширине медиального и латерального мыщелка среди бедренных костей животных не обнаружено. Относительная ширина мыщелков минимальна у быков. Латеральный мыщелок у человека и собак незначительно шире медиального мыщелка. У быков и кроликов наоборот, медиальный мыщелок незначительно шире латерального. Относительные длины мыщелков больше их ширины у всех исследуемых костей. У человека относительный сагиттальный размер латерального мыщелка достоверно больше, чем относительный сагиттальный размер медиального. У животных разницы относительных сагиттальных размеров мыщелков не выявлено. Соотношение сагиттальных относительных размеров медиального мыщелка к латеральному у человека 1/1,2, у собак - 1/1, у кроликов и быков 1/1,1. Такая особенность в строении дистального эпифиза связана с возможностью вращения ноги вокруг медиального мыщелка на уровне коленного сустава (Х.З. Гафаров, 1984). Относительные размеры надмышцелков, максимальны у кроликов и собак и минимальны у человека, что связано с особенностями прикрепления мышц. У человека к надмышцелкам прикрепляется меньшее число мышц. Так, к медиальному надмышцелку у животных прикрепляются приводящая мышца, полуперепончатая и медиальная головка икроножной мышцы. У человека *m. semimembranosus* фиксируется тремя разнонаправленными пучками ниже уровня дистального эпифиза бедренной кости (И.В. Гайворонский, 2004; Б.А. Никитюк, 2008). К латеральному мыщелку у животных прикрепляются длинный разгибатель пальцев и третья малоберцовая мышцы (Б. Фольмерхаус и др., 2003; А.Д. Ноздрачев, 2009; Н.В. Зеленевский и др., 2015).

Удерживание тазовой конечности в приведённом к туловищу положении обеспечивается аддукторами и формирует угол наклона диафиза к плоскости мыщелков. Величина угла наклона диафиза максимальна для кроликов (ПБК  $28,2 \pm 0,73^\circ$  и ЛБК  $27,6 \pm 0,48^\circ$ ), а величина шеечнодиафизарного угла у него в 2 раза меньше величин шеечнодиафизарного угла всех животных. Видимо, такая особенность строения связана с приближением коленного сустава к туловищу при осуществлении прыжка в полупарном галопе. У человека угол наклона диафиза уменьшается (ПБК  $9,45 \pm 0,42^\circ$  и ЛБК  $9,04 \pm 0,45^\circ$ ), ещё меньше он будет у быков (ПБК  $7,56 \pm 0,48^\circ$  и ЛБК  $7,64 \pm 0,60^\circ$ ) и минимален у собак (ПБК  $3,09 \pm 2,07^\circ$  и ЛБК  $3,08 \pm 1,82^\circ$ ). Величина угла наклона диафиза связана с прохождением механической оси конечности через коленный сустав и стабилизацией последнего при принятии веса.

В результате сравнительно анатомического исследования выяснено, что основные отличия в строении бедренной кости человека связаны с увеличением её относительной длины, относительной ширины проксимального эпифиза, увеличением головки и большей её сферичностью, уменьшением углов антеверсии и шеечнодиафизарного угла, уменьшением изгиба диафиза бедра кпереди и увеличением его относительного сагиттального диаметра. При постоянстве относительной ширины дистального эпифиза увеличились относительные ширина надколенниковой поверхности и ширина межмышцелковой ямки, относительные размеры латерального мышцелка. В связи с освобождением надмышцелков от прикрепления мышц относительные размеры надмышцелков уменьшились. Таким образом, дистальный эпифиз бедренной кости человека приобрел большую свободу для осуществления вращательных движений в коленном суставе.

### Структурная организация бедренной кости современного человека

Структурная организация бедренной кости асимметрична (Таблица 8), что проявляется асимметрией ФН, как среди параметров, составляющих один фактор, так и асимметрией факторной структуры. В структуре правой бедренной кости выделено 4 уровня, левой – 3. Бедренная кость человека, по коррелированности параметров, имеет стабильных параметров 14, нестабильных, указывающих на асимметричность организации – 8.

Таблица 8 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей современного человека

Структура	ПБК				ЛБК			
	Уровни организации				Уровни организации			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,89	0,07	-0,26	0,08	0,54	0,23	-0,79	0,08
ØГС	0,84	-0,14	0,10	0,16	0,87	0,12	0,21	-0,23
ØГВ	0,95	0,08	0,04	0,21	0,98	0,07	0,03	-0,19
ØШС	0,82	0,03	0,22	0,15	0,85	-0,05	-0,10	-0,16
ØШВ	0,75	0,37	-0,08	0,09	0,86	0,18	0,09	-0,12
МВР	0,85	-0,36	-0,06	0,03	0,79	-0,35	-0,14	0,16
ПДШ	0,37	0,05	-0,48	-0,24	0,13	0,11	0,18	0,40
ЗДШ	0,21	0,40	0,75	0,04	0,03	0,22	0,33	0,60
ВДШ	0,42	0,02	-0,79	-0,08	0,60	-0,01	0,08	-0,06
НДШ	0,61	0,28	-0,29	-0,15	0,04	0,31	0,30	0,34
Дг	0,93	0,13	0,01	-0,29	0,87	0,30	0,05	0,27
Дбв	0,89	0,10	-0,01	-0,30	0,79	0,20	0,08	0,22
ØДс	-0,07	0,60	0,03	-0,10	0,27	0,09	0,90	-0,12
СКД	0,80	0,08	0,05	0,04	0,81	0,09	-0,03	0,02
УНД	0,23	-0,07	-0,01	-0,24	0,08	-0,37	0,01	0,15
АНТ	0,08	0,10	-0,12	0,92	0,42	-0,07	0,23	-0,18
ТОР	0,03	-0,10	0,03	0,62	-0,10	-0,13	0,09	-0,11
ДШУ	0,13	0,02	0,38	0,08	0,04	0,17	0,06	-0,44

Продолжение таблицы 8								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШДЭ	0,76	-0,46	0,06	0,04	0,71	-0,56	-0,25	0,08
ШММЯ	0,53	-0,81	0,03	0,01	0,42	-0,86	0,01	0,03
ШНК	0,54	-0,80	0,04	0,01	0,38	-0,88	0,01	0,04
ШММ	0,69	0,52	0,16	-0,18	0,32	0,70	0,45	0,12
РсММ	0,92	0,02	0,05	0,08	0,82	0,03	0,08	0,01
ШЛМ	0,37	0,68	0,12	0,01	0,71	0,56	-0,09	0,08
РсЛМ	0,26	0,97	-0,05	0,07	0,40	0,86	0,01	-0,04
ШМНМ	0,42	0,72	0,36	-0,18	0,02	0,82	0,15	-0,12
ШЛНМ	-0,03	0,74	0,34	-0,04	0,54	0,39	0,75	0,25
Общая дисперсия	7,66	3,68	1,71	1,46	2,34	4,09	5,14	2,00
Выделенная дисперсия	0,35	0,17	0,08	0,07	0,11	0,19	0,23	0,09

Примечание: статистически значимые ФН с силой более 0,7, выделены жирным текстом. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп. Статистически значимы нагрузки  $[0,7-1,0]$ .

Среди параметров проксимального эпифиза по коррелированности стабильных параметров выделено 5 (Рисунок 5). При этом стабильными параметрами на уровне проксимального эпифиза оказались параметры, отвечающие за осуществление движений в тазобедренном суставе и поддержание вертикального положения тела: это размеры головки и шейки, а также межвертельное расстояние (С.В. Архипов, 2013, А. И. Авдеев, 2016).

Нестабильные параметры проксимального эпифиза бедренной кости человека, отражают различия в осуществлении опорной функции на уровне тазобедренного сустава. Это ширина проксимального эпифиза, которая достоверно больше у правой бедренной кости (ПБК  $3,46 \pm 0,06$  отн. ед.; ЛБК  $3,27 \pm 0,12$  отн. ед.); длины шейки, измеренные вверху (ПБК  $1,05 \pm 0,04$  отн. ед.; ЛБК  $1,02 \pm 0,03$  отн. ед.) и сзади (ПБК  $1,3 \pm 0,04$  отн. ед.; ЛБК  $1,3 \pm 0,03$  отн. ед.); величина угла антеверсии (ПБК  $15,5 \pm 2,59^\circ$ ; ЛБК  $17,3 \pm 2,27^\circ$ ). Размеры шейки, величина угла антеверсии не имеют статистически достоверных отличий, связанных с принадлежностью к стороне тела, выявляемых методами вариационной статистики, а результаты факторного анализа указывают на отличия в стереометрии проксимального эпифиза правой бедренной кости, зависящие от реализации опорной функции. При этом отрицательные ФН на верхнюю длину шейки указывают на обратную зависимость между реализацией опорной функции (во фронтальной плоскости) и длиной шейки и прямую зависимость между длиной шейки и реализацией опорной функции в сагиттальной плоскости. Размеры верхней длины шейки зависят от трансляции веса во фронтальной плоскости, а задняя длина шейки определяет возврат оси диафиза бедра к отвесной линии из общего центра тяжести тела расположенной примерно на 5 см кзади от центра тазобедренного сустава.

Стабильные параметры, формирующие первый уровень структурной организации бедренной кости человека, присутствуют на обеих костях. Для

проксимального эпифиза это размеры головки и шейки, межвертельное расстояние. Для диафиза - длина кости и степень изогнутости кпереди. Для дистального эпифиза - его ширина и сагиттальный размер медиального мыщелка. Они обеспечивают передачу механической нагрузки по оси конечности от головки через шейку на межвертельный гребень и далее через диафиз на медиальный мыщелок. Они также являются местами прикрепления мышц, стабилизирующих вертикальное положение туловища и обеспечивающих движения в тазобедренном суставе.

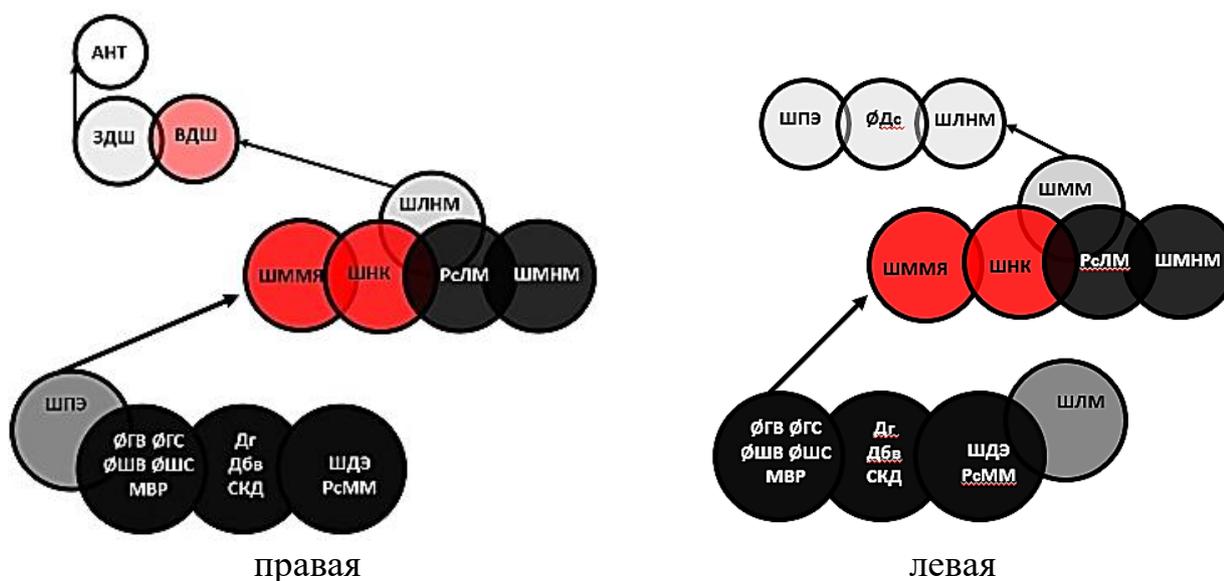


Рисунок 5 - Модель структурной организации бедренной кости человека

Примечание – чёрным и красным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон. Красным и розовым цветом обозначены параметры с отрицательными факторными нагрузками.

Асимметрия структурной организации на первом уровне проявилась ФН на ширину проксимального эпифиза справа и ширину латерального мыщелка слева. При этом правая бедренная кость испытывает большие ФН на межвертельное расстояние, ширину эпифизов, сагиттальный диаметр медиального мыщелка. Левая бедренная кость испытывает большие ФН на параметры головки и шейки, ширину латерального мыщелка. Нестабильные параметры I уровня, указывают на дифференциацию эпифизов бедренной кости человека. На уровне середины диафиза кости функционально равноценны. Факторные нагрузки на степень изогнутости диафиза одинаковы.

II уровень структурной организации обеспечивают параметры, характеризующие функционирование кости на уровне коленного сустава. Это ширина межмышцелковой ямки, ширина надколенниковой поверхности, ширина медиального мыщелка, сагиттальный размер латерального мыщелка, размеры надмышцелков. Латеральный мыщелок является полуокружностью, по которой вращается конечность с центром вращения, расположенном на медиальном мыщелке. Ширина надколенниковой поверхности и ширина межмышцелковой ямки лимитируют амплитуду вращения вокруг вертикальной оси.

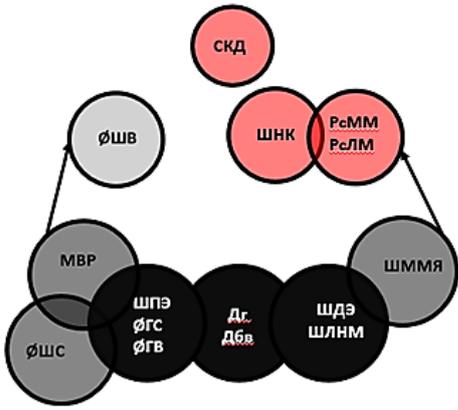
Параметры, образующие III и IV уровни, показывают максимальную асимметрию значений ФН. Данные уровни представлены только нестабильными параметрами. Для III уровня структурной организации правой бедренной кости это длины шейки, измеренные сзади и сверху. Для левой – ширина проксимального эпифиза, сагиттальный диаметр диафиза и размер латерального надмыщелка. IV фактор структурной организации выявлен у правой бедренной кости и состоит лишь из одного параметра – угла антеверсии. Параметры, образующие III и IV уровни, отражают функцию вращения ноги на уровне тазобедренного сустава при прямохождении. Эти параметры, указывают на максимальную степень функциональной дифференциации костей. Структурная организация правой бедренной кости человека отличается большей коррелированностью структур проксимального эпифиза, левой - дистального.

### **Изменения структурной организации бедренной кости в зависимости от способа передвижения и функциональной нагрузки на конечность**

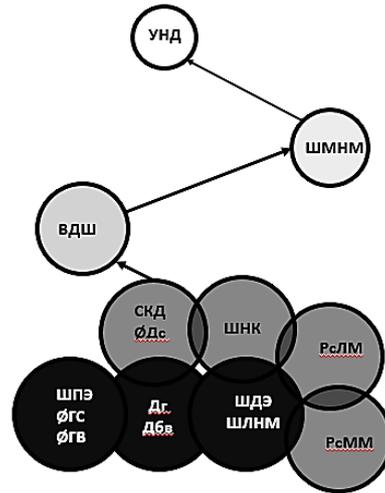
Анализируя эволюционные изменения, произошедшие в структурной организации бедренной кости человека выявлено изменение числа коррелирующих параметров внутри факторов и числа уровней организации. Бедренная кость животных имеет разноуровневую структуру, зависящую от функциональной активности конечности (Рисунок 6). Так, правая бедренная кость быка имеет 3 уровня структурной организации, левая - 4. Бедренные кости галопирующих животных – собак и кроликов в структурной организации имеют 4 уровня.

Независимо от принадлежности к виду и стороне тела в основе организации бедренной кости лежат параметры, отвечающие за передачу веса по оси конечности, и осуществление сгибательно-разгибательных движений в обоих суставах. Эти параметры стабильны, они присутствуют у большинства исследуемых видов на костях обеих сторон тела. Это размеры головки, шейки, длина кости и ширина дистального эпифиза. С расширением объема и амплитуды движений в тазобедренном суставе у животных – таких как кролик, и у человека в группе стабильных структурообразующих параметров I уровня появляются факторные нагрузки на межвертельное расстояние.

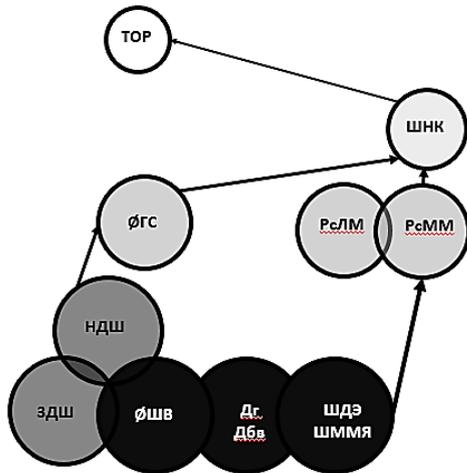
Размеры головки бедра у человека не показывают различий в величине ФН, при этом у кроликов, испытывающих максимальные нагрузки на заднюю конечность при прыжке правая бедренная кость будет иметь большие факторные нагрузки на головку. ФН на сагиттальный размер шейки контрлатеральных бедренных костей также будут равными у людей, а у животных по данному параметру будет выявлена асимметрия ФН с доминированием ПБК (ПБК кролика 0,94, ЛБК кролика 0,80; ПБК быка 0,71, ЛБК быка 0,57). Такая особенность будет связана, на наш взгляд, с большей вовлеченностью в линейную локомоцию на уровне тазобедренного сустава правой бедренной кости.



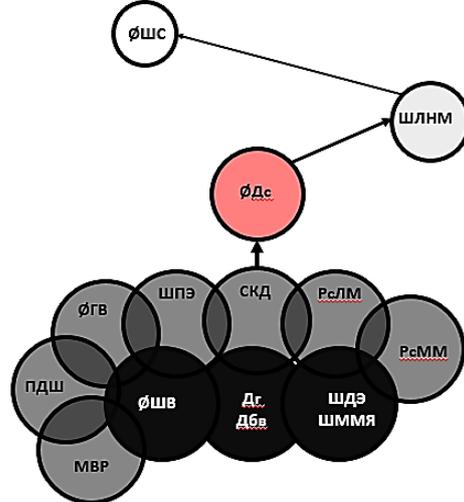
*Bos taurus taurus*, правая



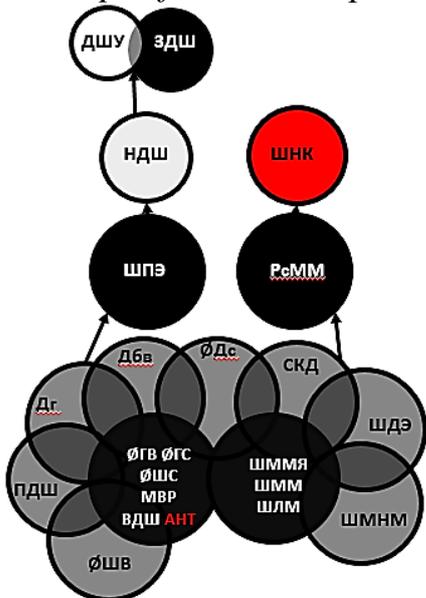
*Bos taurus taurus*, левая



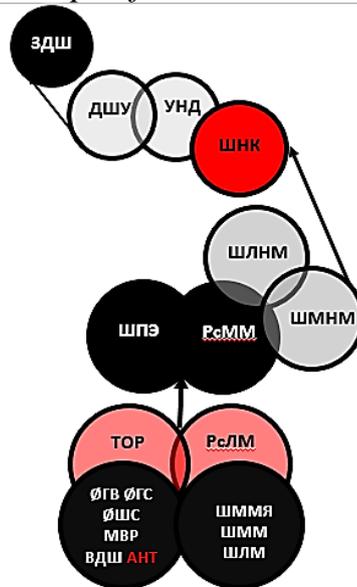
*Canis lupus familiaris*, правая



*Canis lupus familiaris*, левая



*Oryctolagus cuniculus*, правая



*Oryctolagus cuniculus*, левая

Рисунок 6 - Модели структурной организации бедренной кости животных  
 Примечание - Темным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон.

Нестабильные параметры, присутствующие только на одной из костей, вызывают максимальный интерес, поскольку отражают изменения структурной организации бедренной кости в зависимости от способа передвижения и распределения функциональной нагрузки на конечности. Они свидетельствуют о начале функциональной дифференциации эпифизов кости, достигающей максимальной выраженности у человека.

Для бедренной кости характерны обратные зависимости между параметрами, обеспечивающими передачу веса и вращательными движения на уровне тазобедренного сустава справа. Что указывает на снижение опорной роли проксимального эпифиза с увеличением ее на уровне дистального эпифиза у левой бедренной кости. Проксимальный эпифиз бедренной кости человека и животных образует плечо рычага, передающего нагрузки на диафиз кости. Для человека характерны большие ФН справа на ширину проксимального эпифиза, длины шейки и величину угла антеверсии, что связано с прямохождением.

У крупных животных – быков (ПБК 0,79; ЛБК 0,65), у кроликов (ПБК 0,83; ЛБК 0,75), чьи задние конечности выталкивают вперед тело при прыжке, и у человека правая бедренная кость имеет большие ФН на межвертельное расстояние. У собак, наоборот, ФН на левую бедренную кость по данному параметру выше (ПБК 0,59; ЛБК 0,74).

Резко отрицательные ФН на верхнюю длину шейки правой бедренной кости человека также указывают на передачу веса по оси конечности с ограничением двигательной активности в тазобедренном суставе. Данный факт свидетельствует о большей вовлеченности правой бедренной кости человека в поддержание вертикального положения тела и передаче веса тела человека на нижележащие отделы конечности.

ФН на поперечный размер дистального эпифиза бедренной кости у человека и крупных животных равны. Среди всех видов исследованных животных только бедренная кость кролика проявляет асимметрию структурной организации по данному параметру. ФН на поперечный размер дистального эпифиза ПБК больше, чем на ЛБК. Ширина надколенниковой поверхности имеет равновеликие отрицательные ФН у человека, что свидетельствует о ограничении разгибания ноги. ФН на ширину межмышцелковой ямки асимметричны у человека и имеют равные значения у кроликов и собак. Структурная организация левой бедренной кости человека имеет большие ФН на данный параметр, чем правая.

У крупных животных (быков) и человека медиальные мышцелки ПБК и ЛБК в сагиттальной плоскости испытывают сопоставимо равные ФН. У животных медиальный мышцелок ЛБК будет иметь большие ФН, чем правой. Латеральные мышцелки ЛБК человека и кролика имеют ФН выше, чем ПБК. Различные ФН на размеры надмышцелков у человека и животных связаны с особенностями фиксации мышц. Равные ФН у надмышцелков человека вызваны симметричностью прикрепления икроножной мышцы к обоим надмышцелкам бедренной кости. Большие ФН на ЛБК у животных на ширины надмышцелков указывают на асимметричность осуществления двигательной функции нижележащими отделами конечности.

Бедренная кость быков характеризуется большей коррелированностью параметров дистального эпифиза на всех уровнях структурной организации (3 стабильных и 4 нестабильных параметра в проксимальном эпифизе; 2 стабильных и 6 нестабильных параметров в дистальном эпифизе). У кроликов увеличивается коррелированность параметров проксимального эпифиза (8 стабильных и 5 нестабильных параметров, 5 стабильных параметров и 4 нестабильных параметров в дистальном эпифизе). У собак в структуре проксимального эпифиза выделен один стабильный параметр и 9 нестабильных, в структуре дистального эпифиза 2 стабильных параметра и 4 нестабильных, что связано с расширением объемов движений в тазобедренном суставе. Переход к бипедальной локомоции привел у человека к увеличению числа структурообразующих параметров, усложнению организации на уровне проксимального эпифиза (5 стабильных и 4 нестабильных параметра в проксимальном эпифизе; 6 стабильных и 3 нестабильных параметра в дистальном эпифизе бедренной кости человека). Увеличение функциональной активности конечности приводит к перестройке структурной организации с увеличением числа стабильных параметров в структуре бедренной кости и уменьшением количества нестабильных.

Таким образом, структурная организация бедренной кости человека подверглась большой перестройке, связанной с прямохождением, в результате увеличилась коррелированность параметров проксимального эпифиза и не снизилась коррелированность параметров дистального эпифиза. В ходе исследования выявлены базовые параметры структурной организации, отвечающие за поддержание вертикального положения тела и передачу веса на нижележащие отделы ноги. Это ширина проксимального эпифиза, межвертельное расстояние, длина, ширина дистального эпифиза, сагиттальный размер медиального мышцелка. Также в стабилизации вертикального положения тела играют роль размеры шейки и угол антеверсии, испытывающие большие факторные нагрузки справа. Выделены базовые параметры, обеспечивающие функционирование кости на уровне коленного сустава. Это ширина межмышцелковой ямки, ширина надколенниковой поверхности и медиального мышцелка, сагиттальный диаметр латерального мышцелка. По ряду которых левая бедренная кость испытывает большие факторные нагрузки. Наименее стабильными структурообразующими параметрами явились угловые параметры анатомических структур, участвующие в образовании рычагов в суставах.

Бедренная кость человека, как часть системы опорно-двигательного аппарата имеет четко выраженную вертикальную структурную дифференциацию, проявляющуюся в доминировании правой конечности в осуществлении функций поддержания вертикального положения тела на уровне проксимального эпифиза и двигательных на уровне дистального эпифиза бедренной кости, что отражает латеральную асимметрию структурной организации.

## **ВЫВОДЫ:**

1. Анатомические структуры костей проксимальных сегментов

свободных частей скелета конечностей человека и животных обладают скрытой многоуровневой асимметрией структурной организации в виде отличий в количестве и силе корреляционных связей вследствие различной факторной нагрузки.

2. Остеометрически установлено, что у человека по сравнению с животными, происходит относительное увеличение размеров головки плечевой кости и её трансформация в полусферу при равенстве относительной ширины проксимального эпифиза у всех видов, а также увеличение значений угла хрящевого края головки с уменьшением значений шеечнодиафизарного угла. Расширение спектра функциональной нагрузки привело к увеличению относительной длины плечевой кости человека и появлению феномена её торсионной скрученности. По сравнению с животными это проявляется относительным расширением дистального эпифиза в поперечном направлении, с увеличением относительных размеров блока; увеличением относительных размеров головочки мыщелка и ширины локтевой ямки, а также возрастанием значений угла направляющей борозды блока, увеличением сагиттальных относительных размеров гребней блока и латерального надмыщелка.

3. Отличительными особенностями строения бедренной кости человека, по результатам остеометрии, являются увеличение её относительной длины и ширины проксимального эпифиза по сравнению с животными, увеличение относительных размеров головки и возрастание её сферичности, уменьшение значений углов антеверсии и шеечнодиафизарного угла, уменьшение изгиба диафиза бедра кпереди с увеличением его относительного сагиттального диаметра. При межвидовом постоянстве относительных значений ширины дистального эпифиза у человека увеличились относительные значения ширины надколенниковой поверхности и межмыщелковой ямки, увеличились значения относительных размеров латерального мыщелка при уменьшении значений относительных размеров надмыщелков.

4. Структурная организация костей проксимальных сегментов скелета свободных конечностей человека и животных, определенная с помощью многоуровневого корреляционного анализа, имеет несколько уровней. В структурной организации плечевой кости человека выделено 3 уровня. Для правой бедренной кости человека определено 4 уровня для левой - 3. Правая плечевая кость быков имеет 3-х уровневую, а левая - 4-х уровневую структурную организацию. Бедренные кости быков имеют соответственно 3-х и 4-х уровневую организацию. У собак правая плечевая кость имеет 4 уровня структурной организации, а левая – 2 уровня. Бедренные кости собак имеют 4-х уровневую организацию с обеих сторон. У кролика обе плечевые кости имеют 2-х уровневую, а обе бедренные кости – 4-х уровневую структурную организацию.

5. В структурной организации плечевой кости человека и животных определены базовые параметры, независимо от стороны тела, указывающие на равноценное участие в реализации функций. Это ширина проксимального эпифиза, вертикальные размеры головки и шейки, вертикальный диаметр гребней блока, вертикальный диаметр головочки мыщелка и ширина латерального

надмыщелка. Отличительной особенностью структурной организации плечевой кости человека является асимметричная дифференциация её эпифизов, на что указывают различия в факторных нагрузках на нестабильные параметры. К нестабильным параметрам, указывающим на асимметричность участия плечевой кости человека в реализации функций в плечевом суставе относятся: сагиттальный размер головки, угол хрящевого края головки, шеечнодиафизарный угол, 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.

6. Структурная организация бедренной кости человека характеризуется высокой коррелированностью параметров проксимального эпифиза при сохранении межвидового постоянства коррелированности параметров дистального эпифиза. К базовым параметрам в структурной организации бедренной кости относятся диаметры головки и шейки, межвертельное расстояние, длина, степень изогнутости диафиза, ширина дистального эпифиза, сагиттальный размер медиального мыщелка. К нестабильным параметрам проксимального эпифиза относятся ширина проксимального эпифиза, верхняя и задняя длины шейки и угол антеверсии, испытывающие большие факторные нагрузки справа. Установлены стабильные параметры, обеспечивающие функционирование кости на уровне коленного сустава: ширина межмышцелковой ямки и надколенниковой поверхности, ширина медиального надмыщелка, сагиттальный размер латерального мыщелка. В группу нестабильных параметров дистального эпифиза бедренной кости включены: размеры мыщелков, ширина латерального надмыщелка.

7. Установлена прямая зависимость между объемом функциональной нагрузки на кости проксимального сегмента свободной части скелета конечностей и количеством нестабильных структурообразующих параметров, различно проявляющаяся на уровне проксимального и дистального эпифизов при относительно постоянном количестве стабильных структурообразующих параметров. В результате многоуровневого корреляционного анализа установлено, что наименее стабильными, в части выявленной факторной нагрузки, являются угловые параметры анатомических структур, участвующих в образовании рычагов в суставах с участием плечевой и бедренной кости.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:**

1. Результаты работы следует учитывать при разработке тактики лечения и оценке текущего состояния пациентов, прогнозировании скорости смены степени тяжести заболевания у людей с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями суставов конечностей в плане понимания «миграции» патологии от

поврежденного сустава к условно-здоровому вследствие перераспределения функциональной нагрузки между эпифизами костей.

2. Данные о скрытой билатеральной асимметрии следует учитывать врачам травматологам-ортопедам при обследовании пациентов с односторонним поражением суставов в разделе дополнительного углубленного обследования контрлатеральных условно здоровых суставов.

3. При разработке стратегии и плана реабилитационных мероприятий для пациентов с заболеваниями суставов конечностей и назначении курсов физиотерапии, кинезиотерапии и других лечебно-профилактических и здоровьесберегающих мероприятий следует учитывать информацию о градиенте структурной организации эпифизов плечевых и бедренных костей.

4. Полученные в ходе исследования данные об особенностях структурной организации контрлатеральных плечевых и бедренных костей человека следует учитывать при разработке новых типоразмеров эндопротезов суставов, а также при подборе протеза конкретному пациенту.

5. Сведения о зависимости структурной организации костей от функциональной нагрузки и возможности ее перестройки с последующим повышением структурности системы опорно-двигательного аппарата и приближением точки бифуркации с переходом системы на другой уровень состояния следует учитывать тренерам и специалистам восстановительной медицины при отборе спортсменов в спортивные секции по видам спорта и при планировании длительных тренировочных циклов.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ППК – правая плечевая кость,  
ЛПК – левая плечевая кость,  
ПБК – правая бедренная кость,  
ЛБК – левая бедренная кость,  
ФН – факторная нагрузка.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Особенности системного строения проксимального эпифиза бедренной кости человека при коксартрозе в зависимости от принадлежности к стороне тела и полу / **И. Н. Яшина** [и др.] // Сб. трудов 72-й научной конференции КГМУ и сес. Центр.-Чернозем. науч. центра РАМН. – Курск, 2007. – Т. 2. – С. 307–309.

2. **System Analysis of the Human Femoral Bone: Applied Biophysical and Anatomical Correlations** / **A. A. Samaha, A. V. Ivanov, J. J. Haddad, A. I. Kolesnik, D. A. Ivanov, I. N. Yashina, S. Baydoun, R. A. Samaha** // **Research Journal of Applied Sciences**. – 2007. – Vol. 2, Iss. 2. – P. 132–135. –DOI:rjasci.2007.132.135.

3. **Biomechanical and system analysis of the human femoral bone: Correlation and anatomical approach** / **A. A. Samaha, A. V. Ivanov, J. J. Haddad, A. I.**

- Kolesnik, S. Baydoun, I. N. Yashina, R. A. Samaha, D. A. Ivanov // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2007. – 2:8. – DOI:10.1186/1749-799X-2-8.**
4. **Яшина, И. Н.** К вопросу об асимметрии системного строения проксимального эпифиза бедренной кости человека / И. Н. Яшина, А. В. Иванов, В. В. Харченко // Астраханский медицинский журнал (Материалы международной научной конференции, посвященной 450-летию г. Астрахани, 20–22 сент. 2007). – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 216.
  5. К вопросу об асимметрии системного строения плечевой кости человека / **И. Н. Яшина**, С. З. Рогочий, Р. И. Куприянов, В. В. Харченко // Астраханский медицинский журнал (Материалы международной научной конференции, посвященной 450-летию г. Астрахани, 20–22 сент. 2007 г.). – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 217.
  6. **Asymmetry and structural system analysis of the proximal femur meta-epiphysis: osteoarticular anatomical pathology / A. A. Samaha, A. V. Ivanov, J. J. Haddad, A. I. Kolesnik, S. Baydoun, M. R. Arabi, I. N. Yashina, R. A. Samaha, D. A. Ivanov // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2008. – Vol. 3, Iss. 11. – DOI:10.1186/1749-799X-3-11.**
  7. **Яшина, И. Н.** Системный анализ строения плечевой кости человека / И. Н. Яшина, В. И. Летов // Материалы науч.-практ. конференции с международным участием, посв. 85-летию со дня рождения д.м.н. П.Ф. Степанова / Смоленская ГМА, Смоленское отд. ВОАГиЭ. – Смоленск, 2009. - С.133-134.
  8. **Яшина, И. Н.** Строение бедренной кости быка домашнего / И. Н. Яшина, Ю. В. Валуйская, Е. В. Живица // Материалы IV международной научной конференции молодых ученых-медиков (Курск, 25–26 февр. 2010 г.). – Курск, 2010. – Т. 2. – С. 450–452.
  9. **Яшина, И.Н.** Системная организация костей стилоподия свободных конечностей тетраподов / И.Н. Яшина, А.В. Иванов // Астраханский медицинский журнал. – 2013. – Т. 8, № 1. – С. 332–335.
  10. **Structural Peculiarities of the Proximal Femur Meta-Epiphysis in the Idiopathic Coxarthrosis According to Localization / A. A. Samaha, A. V. Ivanov, I. N. Yashina, R. A. Samaha, D. A. Ivanov, J. J. Haddad / American Journal of Medical and Biological Research. – 2013. – Vol. 1, Iss. 3. – P. 86–90. – DOI: 10.12691/ajmbr-1-3-5.**
  11. **Яшина, И. Н.** Изучение факторной нагрузки геометрических параметров бедренной кости человека в норме и при идиопатическом коксартрозе / И. Н. Яшина, А.В. Иванов // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2013. – № 3. – С. 28–32.
  12. Скрытые особенности строения бедренной кости как следствие наличия общих принципов линейной локомоции наземных животных / **И.Н. Яшина**, А.В. Иванов, Н.М. Агарков, Hsiang Chen Chi // Известия Юго-западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 3. – С. 101–108.
  13. **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 // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2017. – Т. 6, № 4. – С. 63–68. - DOI :10.18499/2225-7357-2017-6-4-63-68

14. Факторный анализ в доказательстве наличия латентной системной асимметрии контрлатеральных сегментов скелета на примере бедренной кости собаки / И. Н. Яшина, А. В. Иванов, Ю. П. Клявс, А. В. Солин // Морфологические ведомости. – 2017. – Т. 25, № 2. – С. 43–47. - DOI :10.20340/mv-mn.17(25).02.07

15. Яшина, И. Н. Информативность методов математического анализа в определении закономерностей строения бедренной кости человека и ряда наземных млекопитающих / И. Н. Яшина, А. В. Иванов, Д. А. Иванов // Материалы объединенной всероссийской научно-образовательной конференции, посвящ. памяти проф. А.Н. Горячева и VII научно-образовательной конференции травматологов и ортопедов ФМБА России, посвящ. 95-летию Зап.-Сиб. мед. центра ФМБА России, IV Съезда травматологов-ортопедов Сиб. федер. округа (Омск, 31 марта–1 апр. 2017 г.). – Омск : Омскбланкиздат, 2017. – С. 75–76.

16. Применение методов математического анализа в исследованиях структурной дифференциации бедренной кости человека в норме и при идиопатическом коксартрозе разной степени тяжести / И. Н. Яшина, Д. А. Иванов, А. И. Колесник, А. А. Самаха // Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани : сб. материалов Пироговского форума (Москва, 25–26 мая 2017 г.). – М., 2017. – С. 485.

17. Яшина, И. Н. Факторный анализ в изучении адаптации бедренной кости человека к бипедальной локомоции / И. Н. Яшина, А. В. Иванов // Морфология – физической культуре, спорту, клинической и авиационно-космической медицине: материалы V Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию каф. анатомии МГАФК (19–20 окт. 2017 г.). – М., 2017. – С. 256–258.

18. Яшина, И. Н. К вопросу об уровнях системной организации бедренной кости / И. Н. Яшина, А. В. Иванов // Актуальные вопросы отечественной травматологии и ортопедии : сб. работ 1 съезда травматологов-ортопедов ЦФО. – Смоленск, 2017. – С. 335–337.

19. Яшина, И. Н. Факторный анализ, как способ выявления особенностей строения бедренной кости пальцеходящих животных на примере пары кролик-собака / И. Н. Яшина, А. В. Иванов // Биология – наука 21 века : сборник тезисов 21-й Междунар. Пушин. школы-конф. молодых ученых (Пушино, 17–21 апр. 2017 г.). – Пушино, 2017. – С. 211–212.

20. Яшина, И. Н. Латентная морфофункциональная асимметрия бедренной кости быка – *Bos Taurus Taurus* // И. Н. Яшина, А. В. Иванов, С. А. Трошина // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2018. – Т. 7, № 1. – С. 87–90. - DOI :10.18499/2225-7357-2018-7-1-87-90.

21. Яшина, И. Н. Математические методы исследования при изучении адаптации костей стилоподия тазовой конечности к разным типам локомоции / И. Н. Яшина, А. В. Иванов // Однораловские морфологические чтения : сб. науч.

тр., посвящ. 120-летию со дня рождения проф. Н. И. Одноралова и 100-летию ВГМУ им. Н. Н. Бурденко. – Воронеж, 2018. – С. 270–276.

22. К вопросу о гомологии костей стилоподия животных на примере *Bos Taurus Taurus* / **И. Н. Яшина**, А. В. Иванов, Н. А. Корневский, М. А. Иванов, А. А. Самаха // *Морфология – науке и практической медицине* : сб. науч. тр., посвящ. 100-летию ВГМУ им. Н. Н. Бурденко. – Воронеж, 2018. – С. 422–428.

23. К вопросу о системной организации плечевой кости представителей тетраподов / **И. Н. Яшина**, А. В. Иванов, М. А. Иванов, А. А. Львовский, А. А. Самаха // *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. – 2018. – № 2. – С. 81–85. - DOI: 10.21626/vestnik/2018-2/13.

24. **Yashina, I. N.** The features of the human and animals humerus systemic organization at the distal epiphysis level / I. N. Yashina, A. V. Ivanov, M. A. Ivanov // *Морфология*. – 2018. – Т. 153, № 3 (прил.). – С. 109–110.

25. Математическое обоснование асимметрии в строении бедренной кости человека / **И. Н. Яшина**, А. В. Иванов, Н. М. Агарков, А. А. Самаха // *Морфология*. – 2018. – Т. 153, № 3. – С. 333.

26. Стереометрия проксимального эпифиза бедренной кости тетраподов / **И. Н. Яшина**, А. В. Иванов, Н. М. Агарков, А. А. Самаха // *Морфология*. – 2018. – Т. 153, № 3. – С. 333-333а.

27. **Яшина, И. Н.** Скрытые закономерности в строении плечевой кости человека и тетраподов, выявленные при исследовании информационной гомологии костей стилоподия / И. Н. Яшина, А. В. Иванов // *Проблемы современной морфологии человека* : сб. науч. тр., посвящ. 90-летию каф. анатомии ГЦОЛИФК и 85-летию со дня рождения заслуж. деятеля науки РФ, чл.-кор. РАМН, проф. Б. А. Никитюка / ред кол.: Е. З. Година (гл. ред.) [и др.]. – М. : РГУФКСМиТ, 2018. – С. 36–38.

28. **Яшина, И. Н.** Вопросы дивергенции в строении бедренной кости человека и некоторых тетраподов / И. Н. Яшина // *Журнал анатомии и гистопатологии*. – 2018. – Т. 7, № 4. – С.102-107. - DOI: 10.18499/2225-7357-2018-7-4-102-107.

29. **Яшина, И.Н.** Адаптационная гармоничность в строении проксимального эпифиза плечевых костей человека и некоторых животных / И.Н. Яшина, С.В. Ключкова, А.В. Иванов, В. Ш. Вагапова // *Медицинский вестник Башкортостана*. – 2018. – Т. 13, № 6 (78) – С. 51-54.

30. **Яшина, И. Н.** Морфологические проявления бипедальной локомоции человека на уровне бедренной кости / И. Н. Яшина, С. В. Ключкова, А. В. Иванов // *Журнал анатомии и гистопатологии*. – 2019. – № 1 – С. 96-102. DOI: 10.18499/ 2225-7357-2019-8-1-96-102

31. Системная организация плечевых костей человека / И. Н. Яшина, А. В. Иванов, М. А. Иванов, А.А. Самаха // *Морфология*. – 2019. – Т. 155, № 1 - С. 40-47.

32. **Яшина, И.Н.** Латентная асимметрия системной организации плечевой кости быка как свидетельство морфофункциональной дифференциации

- костей конечности животных / И.Н. Яшина, А.В. Иванов, С.В. Клочкова // **Морфологические ведомости.** – 2019. – Т.27, № 1 - С. 25-29
33. Яшина И.Н., Затолокина М.А. Значение типа локомоции животного на формировании системной организации плечевой кости на примере *Oryzolagus cuniculus*, L.1873 / **Вестник Волгоградского государственного медицинского университета.** – 2019. – № 1 (69) - С. 74-78 DOI: 10.19163/1994-9480-2019-1(69)-74-78
34. Яшина И.Н., Иванов А.В., Клочкова С.В. К вопросу гомологии в структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей человека // **Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье».** – 2019. – № 1. – С. 83-92. DOI: 10.21626/vestnik/2019-1-83-92
35. Яшина, И.Н. К вопросу о строении плечевой кости современного человека / И.Н. Яшина, М.С. Гомон // **Современные проблемы науки и образования.** – 2019. – № 1. - 10с.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28566> (дата обращения: 18.02.2019). DOI: 10.17513/spno.28566
36. Яшина, И.Н. Изменения структурной организации бедренной кости в ряду бык-собака-кролик-человек / И.Н. Яшина, С.В. Клочкова, А.В. Иванов // **Современные проблемы науки и образования.** – 2019. – № 2. - 10с.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28633> (дата обращения: 13.03.2019). DOI: 10.17513/spno.28633
37. Яшина, И. Н. Дивергенция плечевой кости на уровне дистального эпифиза / И. Н. Яшина // **Морфология.** – 2019. – Т. 155, № 2. – С. 334.
38. Яшина, И. Н. Межбугорковая борозда плечевой кости, как показатель функциональной активности плечевого сустава / И. Н. Яшина // **Морфология.** – 2019. – Т. 155, № 2. – С. 335-335а.
39. Яшина, И. Н. Угловые параметры проксимального эпифиза плечевой кости, как маркеры эволюции плечевой кости / И. Н. Яшина, А.В. Иванов // **Морфология.** – 2019. – Т. 155, № 2. – С. 335-335а.
40. Тактика восстановительных мероприятий с учетом анатомо-биомеханических особенностей у пациентов с травмами эпифизов плечевой кости / И.Н. Яшина, С.В. Клочкова, В.В. Арьков, А.В. Иванов, Г.М. Дубровин, Д.А. Иванов, И.В. Погонченкова, Е.А. Рожкова, Е.А. Турова, Д.Б. Никитюк // **Методические рекомендации.** – М: Государственное автономное учреждение здравоохранения города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы», - 2019. - 21 с.

**Яшина Ирина Николаевна**

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОСТЕЙ ПРОКСИМАЛЬНЫХ  
СЕГМЕНТОВ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
доктора медицинских наук

Отпечатано в «Принт-бюро» ИП Захарчук М.Л.  
г.Курск, ул.Радищева, д.86, [www.printbyro.ru](http://www.printbyro.ru)

Подписано в печать 02.07.2019 г.  
Формат 60×84/16. Гарнитура Times New Roman.  
Бумага офсетная. Печать лазерная.  
Усл.печ.л. 2,67. Тираж 100. Заказ № 1023.