

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Курский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

(ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России)

На правах рукописи

ЯШИНА ИРИНА НИКОЛАЕВНА

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОСТЕЙ ПРОКСИМАЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ
КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

14.03.01 – анатомия человека (медицинские науки)

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научные консультанты:

профессор, доктор медицинских наук

Александр Викторович Иванов

профессор, доктор медицинских наук

Светлана Валерьевна Ключкова

Курск 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	22
1.1. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимального звена свободных конечностей быков домашних <i>Bos taurus taurus</i> , L. 1758.....	22
1.1.1.....Плечевая кость как часть скелета грудной конечности <i>Bos taurus taurus</i>	23
1.1.2.....Бедренная кость как часть скелета тазовой конечности <i>Bos taurus taurus</i>	29
1.2. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимальных сегментов свободных конечностей <i>Canis lupus familiaris</i> , L. 1758.....	35
1.2.1.....Плечевая кость как часть скелета грудной конечности <i>Canis lupus familiaris</i>	39
1.2.2. Бедренная кость как часть тазовой конечности <i>Canis lupus familiaris</i>	44
1.3. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей.....	50
1.3.1. Плечевая кость как часть скелета грудной конечности <i>Orycolagus cuniculus</i>	52
1.3.2. Бедренная кость как часть скелета тазовой конечности <i>Orycolagus cuniculus</i>	56
1.4. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимального сегмента свободных конечностей современного человека <i>Homo sapiens</i>	61
1.4.1. Плечевая кость как часть скелета верхней конечности современного человека.....	68
1.4.2. Бедренная кость как часть скелета нижней конечности современного человека.....	75

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	86
2.1 Дизайн исследования	86
2.2. Характеристика исследованного материала.....	86
2.3 Методы исследования.....	88
2.3.1 Остеометрический метод	88
2.3.2. Методы статистической обработки данных, математический анализ	101
Глава 3. СОБСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ.....	104
3.1. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей <i>Bos taurus taurus</i>	104
3.1.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости <i>Bos taurus taurus</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	104
3.1.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости <i>Bos taurus taurus</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	109
3.1.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей <i>Bos taurus taurus</i>	113
3.2. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей <i>Canis lupus familiaris</i>	116
3.2.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости <i>Canis lupus familiaris</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	116
3.2.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости <i>Canis lupus familiaris</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	121
3.2.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей <i>Canis lupus familiaris</i>	126
3.3. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей <i>Oryctolagus cuniculus</i>	130

3.3.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости <i>Oryctolagus cuniculus</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	130
3.3.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости <i>Oryctolagus cuniculus</i> в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	135
3.3.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей <i>Oryctolagus cuniculus</i>	139
3.4. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей <i>современного человека</i>	143
3.4.1 Результаты остеометрического исследования плечевой кости современного человека в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	143
3.4.2 Результаты остеометрического исследования бедренной кости современного человека в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме	149
3.4.3 Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей современного человека.....	154
Глава 4 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	158
4.1. Особенности остеометрического исследования плечевой кости современного населения европейской части России	158
4.2. Адаптационная гармоничность в строении плечевой кости человека и животных	160
4.3. Особенности остеометрического исследования бедренной кости современного человека.....	165
4.4. Адаптационная гармоничность в строении бедренной кости человека и животных	168
4.5. Структурная организация костей проксимального звена свободной конечности животных с различными типами локомоции	172

4.6. Изменения структурной организации плечевой кости в зависимости от способа передвижения и функциональной нагрузки на конечность	177
4.7. Изменения структурной организации бедренной кости в зависимости от способа передвижения и функциональной нагрузки на конечность	185
ВЫВОДЫ	193
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	196
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	197
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	200
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА	241

ВВЕДЕНИЕ

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. Такие воздействия на скелет носят системный характер и поражают несколько суставов одновременно, однако информации о динамике вовлечения контлатеральных, выше и ниже расположенных суставов, суставов ипсилатеральных конечностей в патологический процесс нет. Единственным способом лечения, существенно улучшающим качество жизни больных с болезнями крупных суставов, является их эндопротезирование. При этом оперативное лечение несет определенные риски, связанные с выбором сроков проведения операции, выбором метода установки протеза, развитием послеоперационных осложнений, появлением нестабильности компонентов искусственных суставов, что приводит к необходимости проведения реэндопротезирования. 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. Конечности всех наземных позвоночных устроены гомологично. Согласно онтогенетическому пониманию гомологии они развиваются из одинаковых эмбриональных зачатков и выполняют схожие функции [91, 113, 182, 387]. В них выделяют скелет поясов конечностей и скелет свободной конечности. Независимо от способа локомоции в скелете свободной части конечности выделяется три звена: проксимальный,

ближний к туловищу или стилоподий, средний - зейгоподий и дистальный - автоподий.

Скелет проксимального сегмента конечности - стилоподий состоит из одной кости, для грудной конечности – плечевой (*os humerus*), для тазовой конечности – бедренной (*os femoris*). Скелет медиального сегмента - зейгоподий, как правило, представлен двумя костями, одна из которых в зависимости от типа локомоций и размеров животного может находиться в редуцированном состоянии, вплоть до полного сращения с основной костью. На грудной конечности скелет медиального сегмента образует лучевая (*radius*) — основная и локтевая (*ulna*) — кости. Скелет медиального сегмента тазовой конечности состоит из большеберцовой (*tibia*) — основной и малоберцовой (*fibula*) костей. Скелет дистального звена - автоподий состоит из трех отделов: базиподия – представленного костями запястья и предплюсны, метаподия – представленного костями пястья и плюсны, и акроподия – фалангов пальцев [36, 118, 284].

Рассматривая эволюцию наземных видов животных, исследователи обратили внимание на изменения, происходившие с опорно-двигательным аппаратом. Так амфибии, первыми освоившие сушу, имеют свободные конечности расположенные перпендикулярно туловищу. При локомоции они активно используют позвоночный столб, изгибающийся в горизонтальной плоскости в разные стороны. Относительно длинный сегмент проксимальной части конечности у таких животных увеличивает размах шага и, соответственно, скорость передвижения. Для этих существ характерен симметричный диагональный дорсомобильный способ локомоции [271, 315, 323, 325, 407, 458].

В ходе освоения новых ареалов обитания возникла необходимость увеличения скорости передвижения, расширения типов локомоций, что стало возможным при изменении в строении скелета [42, 44, 105, 112]. С увеличением массы тела животного позвоночный столб стал играть роль прочного каркаса, выдерживающего весовые нагрузки и лишился возможности активно участвовать в локомоции, поэтому локомоция крупных животных отличается дорсостабильным типом. У наземных животных при поднятии туловища над землей и подведении

конечностей под туловище, произошла сагиттальная переориентация конечностей [121, 231]. При незначительном изменении положения костей автоподия поворот отдельных звеньев осуществлялся в плечевом и локтевом суставах, что привело к иксообразному перекресту костей зейгоподия. Каудальная – задняя поверхность стала медиальной, а вершина локтевого сустава, имевшая дорсолатеральное направление, стала располагаться на каудальной поверхности конечности. В результате сагиттальной транспозиции свободного отдела грудной конечности проксимальный конец лучевой кости в локтевом суставе стал располагаться с латеральной поверхности, а проксимальный конец локтевой кости сместился на медиальную сторону. При этом дистальный отдел локтевой кости подвергся значительной редукции [128, 132, 133, 136]. В отличие от грудной конечности при адаптации к наземному образу жизни, поворот тазовой конечности осуществлялся всей свободной конечностью так, что бывшая латеральная поверхность стала краниальной, а краниальная – медиальной. Кости стопы, имевшие латерокаудальное направление пальцев, стали располагаться краниально - впереди. Помимо сагиттального перемещения конечностей и их разворота, изменились и пропорции звеньев конечностей. У большинства видов высших млекопитающих произошло относительное укорочение костей проксимального сегмента конечностей и изменение форм эпифизов костей, являющихся ключевым звеном в осуществлении различных типов движений [53]. Максимальные изменения затронули дистальный отдел конечностей [258, 287, 308].

Изменения дистального звена - автоподия происходили в зависимости от характера выполняемых функций и типа опоры животного. У животных с развитием и совершенствованием скоростных качеств передвижения в процессе эволюции произошла смена опоры от стопо- через пальце- к фалангохождению [24, 134, 220, 323, 362]. При смене опоры изменения в строении конечностей коснулись не только редукции боковых пальцев, как это имело место у парнокопытных (жвачные, мозолоногие и нежвачные) и непарнокопытных (тапиры, носороги, лошади), но и вышерасположенных звеньев, сращении костей зейгоподия, перераспределении мышечных массивов, редукции мышц супинаторов на

передних конечностях. В результате произошла дифференциация конечностей: тазовые конечности стали преимущественно толкающими, а грудные поддерживающими при движении [25, 136, 186, 190, 199, 230, 206, 269].

Независимо от типа локомоции, размеров тела, образа жизни стопо-, пальце и фалангоходящие животные не утратили своей позиции в гомологическом ряду позвоночных животных. А вопрос эволюционных изменений костей проксимального сегмента конечностей животных с различными типами локомоции и человека остается открытым. 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 морфопроцессами и морфоструктурами [72, 102, 123, 165, 365]. При этом информация о строении костей свободных конечностей животных и человека с точки зрения изменений структурной организации, информационной гомологии и особенностей строения контрлатеральных костей отсутствует.

Скелет современного человека в ходе эволюции претерпел значительные изменения в первую очередь связанные с прямохождением. Достаточно большое количество работ по эволюционной морфологии детально описали изменения, происходящие в костях свободных конечностей *Homo sapiens* [45, 152, 273, 371]. Дифференциация свободных конечностей человека достигла максимума. Верхняя конечность тесно связана с выполнением трудовых функций. Приспособления руки к вертикальной статике выразились в облегчении конструкции ее скелета, в изменении относительной длины ее частей, в тонкой дифференциации мускулатуры. Подвижность верхней конечности человека обеспечена поперечной трансформацией грудной клетки, развитыми ключицами, дорсальным расположением лопаток, специфичностью соединения костей пояса верхних конечностей с туловищем, слабостью связочного аппарата плечевого сустава. Объем движений в локтевом и в плечевом суставах у человека достиг максимума.

Изменились пропорции звеньев конечности: предплечье стало короче плеча. Длина плеча составляет 42%, а предплечья - 33% от роста человека, что позволяет сформировать рычаг, адаптированный не только к осуществлению мелких точных движений, но и поднятию тяжестей [9, 103, 201, 455]. В работе руки большое значение имеют вращательные движения лучевой кости – пронация и супинация, совершаемые совместно с кистью в проксимальном и дистальном лучелоктевых суставах, что связано с сильным развитием мышц пронаторов и супинаторов. В связи с приспособлением руки к труду, в ее мускулатуре сгибатели по количеству и дифференцированности преобладают над разгибателями, пронаторы – над супинаторами и приводящие мышцы – над отводящими. Большую роль играет плечелучевая мышца. Она устанавливает кисть в промежуточное положение между супинацией и пронацией.

Несмотря на снижение роли верхней конечности человека в осуществлении опорной функции, ее участие в стабилизации вертикального положения тела при ходьбе нельзя недооценивать. Согласованные движения рук и ног — так называемая перекрестная координация, балансируют вращательные движения туловища [28, 85, 169, 177]. Вращение туловища используется в двигательных целях - поворот таза вокруг вертикальной линии увеличивает длину шага. Благодаря повороту ноги в тазобедренном суставе вниз от бедра к ступне суставы занимают оптимальное положение, сохраняющие вертикальную позицию тела при ходьбе и беге [20, 58, 69, 460].

По типу опоры человек относится к стопоходящим биподам. В связи с бипедальностью на нижних конечностях человека заметно редуцировалась подошвенная мышца, но прогрессивно развились ягодичные, четырехглавая, икроножная и третья малоберцовая мышцы. Расширился таз, сравнительно длинная шейка бедра, поставленная под углом к диафизу, позволила образовать достаточно большую площадь опоры для стоп. Развитие мышц бедра сформировало шероховатую линию на задней поверхности бедренной кости. Изменились пропорции звеньев свободной конечности. Стилоподий значительно увеличился в длине. Длина бедра человека равна длине голени и стопы и составляет

одну четвертую от его роста [103, 122, 201]. Вся конечность распрямилась. Стопа человека приобрела сводчатое строение как в продольном, так и в поперечном направлениях, что позволило гасить вибрации при ходьбе и делать шаги более плавными. Пальцы стопы стали короче, чем у животных. При принятии веса тела дистальные сегменты ноги человека утратили функции хватания и почесывания. Первый палец стопы перестал противопоставляться остальным [44, 45, 122, 152, 235].

Координация сочетанной работы туловища, верхних и нижних конечностей привела к появлению асимметрии в развитии конечностей [68, 104, 124, 404]. Большинство людей является праворукими, в то время, как левшей в популяции насчитывается от 2 до 15% [27, 32, 41, 68, 82, 196]. Правая рука в целом обладает большим числом и разнонаправленностью движений, в тоже время размах движений в левом плечевом суставе больше, чем в правом. У правой руки - большее число изменений направления движений, чем у левой, а размах движений больше у левой руки, чем у правой [107, 221, 255, 261, 300, 351]. Левая рука чаще является опорной и более вынослива, правая рука имеет более развитую мелкую моторику [33, 55, 82, 124, 157]. В отношении нижних конечностей до сих пор четкого представления о доминировании одной из конечностей нет. Среди праворуких и леворуких людей доминирование левой конечности встречается в 70-73% [79, 84, 94, 106, 146, 171, 437]. В любом случае, функциональная асимметрия конечностей не может не найти морфологического подтверждения на уровне костей скелета.

Изучая филогенетические особенности скелета человека, исследователи пришли к выводу о том, что изменения в строении длинных трубчатых костей конечностей напрямую связаны с образом жизни человека. Так, исследуя скелеты мужчин из племен, чье существование было связано с передвижением по воде в каноэ и лодках, была выявлена асимметрия в строении плечевых костей. В строении женских плечевых костей асимметрии обнаружено не было, так же не было ее обнаружено и в строении бедренных костей [391, 411, 415]. В скелетах людей из африканских племен, преимущественно промысляющих охотой, была обнаружена асимметрия в размерах бедренных костей у мужчин, и плечевых

костей у женщин, что связано с различной гендерной локомоторной активностью [432, 433]. Так же замечено, что эволюция трудовых отношений, с увеличением доли интеллектуального труда, феминизация общества с исчезновением сугубо мужских профессий, механизация тяжелого физического труда и снижение физической активности в человеческой популяции ведет к снижению билатеральной асимметрии на уровне длинных трубчатых костей. Среди скелетов человека эпохи палеолита асимметрия размеров диафиза плечевой кости выявлялась в 30%, в современной популяции максимум в 15% [360, 368, 394, 410, 412, 426, 431]. Но, несмотря на это, более 60% операций эндопротезирования тазобедренного сустава выполняется справа. В 2015 году от 7 до 25% взрослого населения Европы страдало коксартрозом, а частота поражения коленного сустава была в три раза выше [163]. Частота поражений суставов верхней конечности значительно ниже. По данным НИИ ревматологии им. Насоновой всего 3% эндопротезов крупных суставов, используемых в России за последние 5 лет - это протезы плечевого сустава. Чаще плечевого поражается локтевой сустав, а у 47% пациентов с эндопротезом локтевого сустава уже стоял искусственный коленный или тазобедренный суставы. Перечисление фактов асимметричности поражения крупных составов или их системности можно продолжить, но главным является то, что в доступной нам литературе мы не нашли анализа динамики развития сочетанной патологии поражений контрлатеральных суставов конечностей человека, равно как и информации об особенностях и динамике изменений в выше и ниже расположенных суставах ипсилатеральных конечностей человека, равно как и данных о структурной организации плечевых и бедренных костей в норме. В связи с этим разрабатываемое нами научное направление изучения структурной организации скелета человека является перспективным и высокоактуальным. А применение сравнительно-анатомического подхода позволит выявить основные изменения структурной организации костей проксимального сегмента свободной конечности.

Таким образом, вопросы структурной организации костей проксимального сегмента конечностей человека и ряда животных на данный момент остаются

открытыми. Нет четкого представления не только об изменениях в строении костей, связанных с различными типами локомоции, но и отсутствуют данные о взаимосвязях между костными структурами внутри плечевых и бедренных костей конечностей современников, что делает исследование актуальным и востребованным не только среди морфологов, но и среди антропологов, травматологов-ортопедов, кинезиологов, биоинженеров, и многих других специалистов.

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 учетом 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 в сравнительно-анатомическом аспекте. Впервые выявлены отличия в строении гармоничных моделей плечевой и бедренной костей человека и некоторых тетраподов, 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, независящие от принадлежности к стороне тела и указывающие на равноценное участие противоположных плечевых костей в передаче веса тела и осуществлении сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе, выявлены параметры, 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 структура структурной организации бедренной кости. Впервые определены базовые параметры, отвечающие за поддержание вертикального положения тела и передачу веса на нижележащие отделы ноги, 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 и теоретическая значимость работы заключается в морфологическом обосновании особенностей структурной организации костей проксимальных сегментов свободных частей конечностей человека.

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 ее роли в передаче нагрузки произошла асимметричная морфофункциональная дифференциация ее эпифизов с увеличением числа структурно нестабильных параметров проксимального эпифиза слева и дистального эпифиза справа, отражающих асимметрию участия в выполнении движений в суставах. Наименее стабильными, являются угловые параметры эпифизов, отвечающие за стереометрию кости внутри сегмента конечности и участвующие в образовании рычагов 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 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.

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 перенесенных травм и эндопротезирования крупных суставов. Кроме этого, рекомендуется учитывать результаты исследования в разработке здоровьесберегающих мероприятий.

Теоретические результаты проведенной 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 учета влияния веса на формирование костей, видовых и индивидуальных особенностей скелета человека и животных, абсолютные величины, измеряемые в международной системе единиц (см, мм) были переведены в относительные единицы. За единицу измерения принят поперечный диаметр диафиза кости на середине ее 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 шеечно-диафизарного угла. При постоянстве ширины дистального эпифиза бедра увеличились относительная ширина надколенниковой поверхности и относительная ширина межмышцелковой ямки, увеличились относительные размеры латерального мыщелка.

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 представлением параметров, несущих разную факторную нагрузку. Уменьшение количества опорных конечностей и перераспределение функциональной нагрузки на конечности при переходе к прямохождению приводит к усложнению структуры, проявляющуюся 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.

Внедрение результатов в практику

Основные положения диссертации внедрены в работу врачей травматологов-ортопедов травматологического отделения БМУ «Курская областная клиническая больница» комитета здравоохранения Курской области, разработаны методические рекомендации "Тактика восстановительных мероприятий с учетом анатомо-биомеханических особенностей у пациентов с травмами эпифизов плечевой кости". Полученные результаты 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».

Степень достоверности апробации результатов

Достоверность полученных данных определена достаточным количеством исследуемого материала - 784 кости, остеометрией гомологичных структур на костях человека и животных, корректным применением статистических методов обработки данных.

Результаты работы были представлены в виде докладов и публикаций на:
- II-й заочной электронной конференции морфологов "Морфогенез и регенерация" Белгородский государственный университет, Белгород -2006;

- 72-й научной конференции КГМУ и сессии Центрально-Черноземного научного центра РАМН. – Курск, 2007;
- международной научной конференции АГЭ, посвященной 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, посвященной 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 ученых с международным участием «Молодежная наука и современность», посвященной 75-летию КГМУ - Курск 2010;
- 21-ой Международной Пущинской школе-конференции молодых ученых «БИОЛОГИЯ - НАУКА XXI ВЕКА» на базе ФГБУН "Пущинский научный центр РАН" в г.Пущино – МО. Пущино, 2017;
- X Международной научной конференции «Бабухинские чтения в Орле» на базе медицинского института ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» - Орел, 2017;
- Пироговском форуме с международным участием «Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани» - Москва, 2017;
- объединенной Всероссийской научно-образовательной конференции, посвященной 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», посвященной 50-летию кафедры анатомии МГАФК - МО, Малаховка, 2017;
- межрегиональной научной конференции «Однораловские морфологические чтения», посвященной 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», посвященной 100-летию ВГМУ им. Н.Н.Бурденко - Воронеж, 2018;
- 10-th International Symposium of Clinical and Applied Anatomy / 10-м международном симпозиуме клинической и прикладной анатомии – Moscow, 2018;
- XIV Конгрессе международной ассоциации морфологов – Астрахань, 2018;
- Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 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;
- совместной международной молодежной научной конференции «Фундаментальные исследования - старт в медицинскую науку», и научно-практической конференции с международным участием «Зерна Зернова», посвященной 175-летию со дня рождения проф. Д.Н.Зернова, 90-летия анатомического корпуса на Моховой и его основателя П.И.Карузина – Москва, 2018.

Апробация результатов диссертационного исследования была проведена 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 2018г.

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. Выполнены статистическая обработка, анализ и трактовка полученных результатов, сопоставление их с литературными данными, сформулированы выводы и практические рекомендации (вклад автора 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 ученой 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», результаты проведенного исследования соответствуют области исследования специальности, конкретно – пунктам 1, 2, 3, 5, 6.

Публикации

Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 36 печатных работах, из них 19 - в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, из них 3 - опубликовано в журналах системы цитирования Scopus, 1 - в журнале с цитируемостью в Google scholar, GFMER, ZDB.

Объем и структура работы

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 литературных источников и 225 зарубежных.

Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимального звена свободных конечностей быков домашних *Bos taurus taurus*, L. 1758

Размеры костей скелета свободных конечностей быков сильно вариабельны и зависят условий содержания скота, селекционной принадлежности и многих других факторов [87, 115, 137, 139, 147, 181, 185]. В теле коровы масса скелета составляет от 60 до 68% от массы взрослого животного, расположение центра масс смещено к тазовой конечности и составляет 55,5:44,5. У быков центр тяжести смещен к грудным конечностям [5, 46, 61, 140, 162]. В результате по функциональной нагрузке грудные и тазовые конечности Bovinae сильно отличаются [118]. Различия в степени развития костей проксимального звена конечностей связаны с особенностями биомеханики вида [119, 219, 235,]. Для Bovinae характерна симметричная локомоция. При этом типе передвижения первой двигается передняя нога затем диагонально расположенная задняя. При ходьбе конечности переставляются в таком порядке, чтобы всегда сохранялась опора в виде треугольника, создаваемого тремя конечностями – появляется дорсостабильный дилокомоторный тяжелый шаг. При такой ходьбе для передней конечности характерна поддерживающая роль [136, 247, 265, 316, 434]. А тазовые конечности предназначены прежде всего для отталкивания при движении тела вперед и их размеры будут превалировать над размерами грудной конечности, о чем свидетельствует различная частота развития заболеваний костей и суставов конечностей. Так, поражения дистальных отделов грудной конечности составляют 20 - 22 %, а тазовых 75 - 80 % среди патологий автоподия, что указывает на большую функциональную нагрузку на тазовые конечности животных [7, 40, 74, 143, 191, 192, 195, 215, 242, 262]. Что требует структурного подхода к изучению строения костей проксимального сегмента свободной конечности представителей Bovinae.

1.1.1. Плечевая кость как часть скелета грудной конечности *Bos taurus taurus*

Плечевая кость быков – *os humerus*, трубчатая кость длиной 27 - 28,5 см [31, 35, 436]. Проксимальный эпифиз плечевой кости несет на себе полукруглую головку - *caput humeri*, обращенную краниально к суставному углу лопатки (Рисунок 1). Головка соединяется с диафизом и практически не имеет шейки *collum humeri* [303, 313, 386, 453].

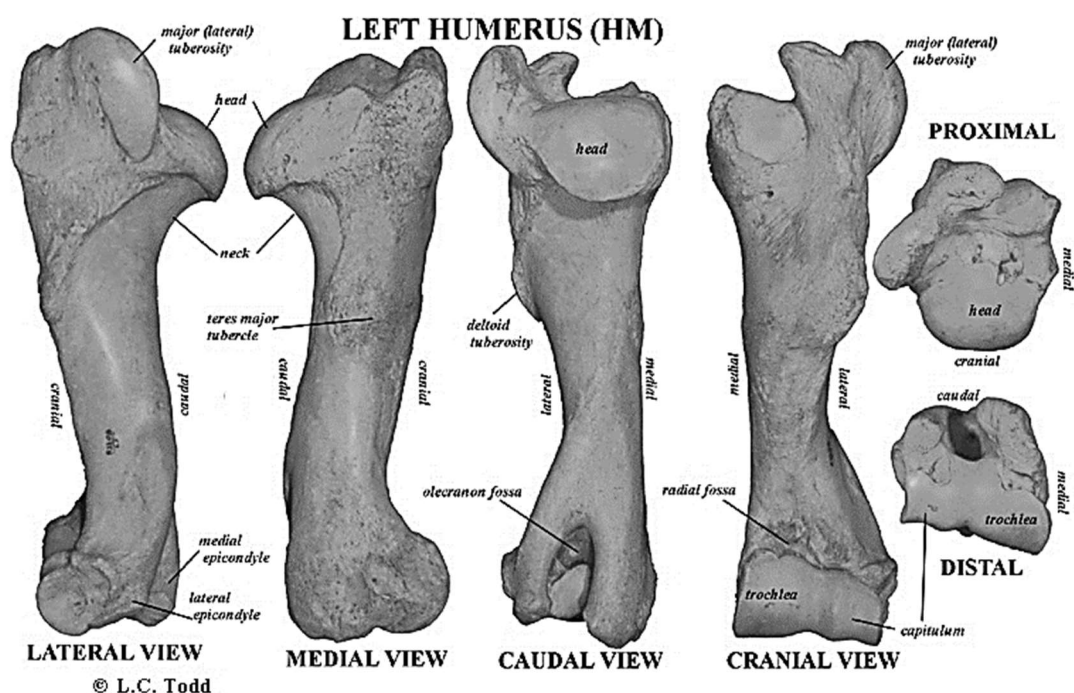


Рисунок 1 - Плечевая кость коровы (левая) по Л.С. Тодду

Латерально и медиально от головки на диафизе выступают два мышечных бугорка, из которых латеральный называется большим *tuberculum majus*, а медиальный – малым *tuberculum minus*. Они значительно выше головки. Такая форма бугров лимитирует амплитуду движения в плечевом суставе. С краниальной поверхности между бугорками располагается *sulcus intertubercularis*. *Tuberculum majus* – подразделяется на краниальную и каудальную части (*partes cranialis et caudalis*). К ним прикрепляется *m. pectoralis profundus*, приводящая конечность и сгибающая плечевой сустав. Краниальная часть *tuberculum majus* высокая и нависает над *sulcus intertubercularis*. У основания *tuberculum majus* имеется

площадка для прикрепления дистального сухожилия подостной мышцы - *facies m. infraspinati* и малая круглая шероховатость - *tuberositas m. teres minor* для прикрепления дистального сухожилия малой круглой мышцы. *M. infraspinatus* отводит переднюю конечность в плечевом суставе и дополнительно выполняет функцию боковой связки сустава [5, 12, 172, 303, 386]. *M. teres minor* сгибает и супинирует плечевой сустав. В дистальном направлении от *tuberculum majus* на краниолатеральную поверхность тела плечевой кости отходит гребень - *crista tuberculi majoris*, который в его средней трети заканчивается дельтовидной шероховатостью - *tuberositas deltoidea*. К *tuberositas deltoidea* прикрепляются *m. cleidobrachialis*, *m. brachiocephalicus*, *m. pectoralis superficialis*, *crus lateralis m. supraspinatus*, - разгибающие плечевой сустав. Так же к *crista tuberculi majoris* и ниже прикрепляется и *m. deltoideus*, сгибающая и супинирующая плечевой сустав. От *tuberositas deltoidea* к *margo posterius tuberculum majus* протянута локтевая линия - *linea ansonae*, на которой прикрепляется *caput laterale m. triceps brachii*, разгибающая локтевой сустав. *Tuberculum minus* – по сравнению с *tuberculum majus* выражен значительно слабее. На нем так же, как и на большом, различают краниальную и каудальную части. В дистальном направлении от него по медиальной поверхности тела плечевой кости отходит *crista tuberculi minoris*, который заканчивается большой круглой шероховатостью - *tuberositas teres major*. Здесь прикрепляются *m. latissimus dorsi*, *crus mediale m. supraspinatus* et *m. subscapularis*, выполняющие роль аддукторов плечевого сустава и *m. teres major*, сгибающая и пронирующая плечевой сустав [5, 12, 23, 46, 303, 386].

Тело плечевой кости – *corpus humeri* – округлой формы, максимально адаптировано к поддержанию положения тела и передаче веса на нижележащие сегменты конечности [5, 43, 111]. Дистально от *tuberositas deltoidea* к латеральному надмыщелку – *epicondylus lateralis* проходит плечевой гребень (*crista humeri*), ограничивающий спиралевидный желоб плечевой мышцы (*sulcus m. brachialis*), сгибающей локтевой сустав. Ряд авторов считает, что этот гребень является продолжением гребня большого бугорка [266, 386]. На медиальной поверхности тела плечевой кости помимо питательного отверстия (*for. nutricium*), фиксируется

в краниальном направлении *m. coracobrachialis*, являющаяся аддуктором плечевого сустава [88, 160, 195].

Дистальный эпифиз плечевой кости несет поперечно поставленный блок - *trochlea humeri*. Сагиттальным желобом он разделен на больший медиальный мышцелок и меньший латеральный мышцелок, имеющий гребень. Медиальный мышцелок несет головочку. Над блоком с краниальной поверхности имеется лучевая ямка (*fossa radialis*), а с каудальной – локтевая (*fossa olecrani*). Локтевая ямка с боков ограничена латеральным и медиальным надмыщелками. Латеральный надмыщелок – *epicondylus lateralis* – имеет гребень (*crista epicondyli lateralis*), который снизу ограничивает желоб плечевой мышцы. Латеральный надмыщелок разгибательный, повернут вперед. Медиальный надмыщелок – *epicondylus medialis* – сгибательный, сильно развит и выступает назад. К нему прикрепляются сгибатели пальцев и запястья [5, 88, 160, 172, 303, 313].

Эпифизы плечевой кости принимают участие в образовании крупных суставов - плечевого и локтевого. *Art. humeri* - простое шаровидное сочленение, образованное суставной поверхностью лопатки и головкой плечевой кости. Сустав многоостный, но боковые движения - абдукция и аддукция ограничены, практически отсутствуют вращательные движения - пронация и супинация [269, 317]. *Art. cubiti* образован блоком плечевой кости, дистальными эпифизами костей зейгоподия. Движения между локтевой и лучевой костью в зейгоподии крупного рогатого скота не возможны, поскольку они сращены диафизами. Локтевой сустав - одноостный, в нем возможны сгибание и разгибание. Капсула локтевого сустава усилена боковыми коллатеральными связками [445].

Движения в суставах не возможны без активной работы мышц, поэтому необходимо затронуть вопрос расположения и функционирования мышц, связанных с работой данного отдела конечности, точек приложения мышечной тяги [3, 6, 31]. Практически все мышцы (за исключением *m. latissimus dorsi* et *m. coracobrachialis*), оказывающие влияние на плечевой сустав располагаются проксимально от сустава [57, 70, 133, 220]. Группа сгибателей расположена

впереди сустава внутри его угла. Данную группу образуют *m. deltoideus* и *mm. pectorales*. Им помогает сгибать плечевой сустав *m. latissimus dorsi* и *caput longum m. triceps brachii*. Группа разгибателей располагается над плечевым суставом и состоит из *m. supraspinatus*, *m. brachiocephalicus* et *m. biceps brachii*. На медиальной поверхности сустава расположены приводящие мышцы. Это *m. subscapularis* et *m. coracobrachialis*. *M. infraspinatus* et *m. rhomboideus* отводят плечо. Супинация выполняется вместе со сгибанием. Их обеспечивают *m. deltoideus* et *m. teres minor*. Пронацию обеспечивает *m. teres major*, *m. brachiocephalicus*, *m. pectoralis superficialis* et *m. latissimus dorsi* [278, 294]. Мышцы, обеспечивающие движения в локтевом суставе делятся на группу флексоров и экстензоров. Разгибатели локтевого сустава – *m. triceps brachii*, *m. anconaeus* et *m. tensor fasciae antebrachii*. Экстензоры расположены позади сустава. На плечевой кости *m. triceps brachii* фиксируется латеральной головкой к локтевой линии, медиальной головкой к медиальной поверхности в средней трети диафиза. Эта мышца обеспечивает не только разгибание локтевого сустава, но и сгибание плечевого сустава. Под *m. triceps brachii* располагается *m. anconaeus*, она начинается от края локтевой ямки и прирастает к латеральному краю локтевого бугра. *M. tensor fasciae antebrachii* начинается на лопатке, покрывает все плечо и прирастает к локтевому бугру, затем врастает в фасцию предплечья. Эта мышца выполняет вспомогательную роль в сгибании плечевого сустава и разгибании локтевого [133, 162, 172]. Общая схема расположения мышц грудной конечности у быков представлена на Рисунке 2.

Сгибатели локтевого сустава лежат внутри угла сустава, включают двуглавую мышцу и плечевую. *M. biceps brachii* - лежит на передней поверхности плеча, начинается на лопатке и фиксируется к костям предплечья, при этом ее медиальная головка врастает в лучевой разгибатель запястья мощным сухожильным тяжем.

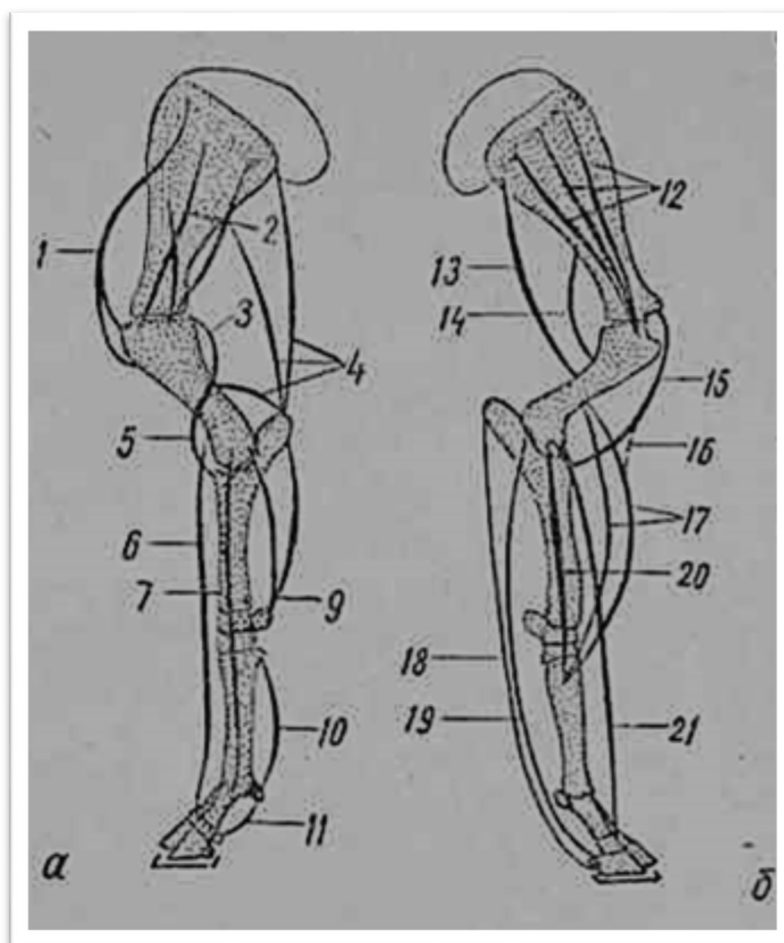


Рисунок 2 - Схема расположения мышц на грудной конечности КРС по
В.А.Никанорову

Примечание - А - латеральная поверхность, Б - медиальная поверхность. 1- m. supraspinatus, 2- m. infraspinatus, 3- m. deltoideus, 4- m. triceps brachii, 5- m. brachialis, 6- m. extensor digitorum communis, 7- m. extensor digitorum lateralis, 9- m. flexor carpi ulnaris, 10- m. interosseus medius, 11- связка рудиментарного копытка 5-го пальца, 12 – m. subscapularis, 13- m. teres major, 14- m. teres minor, 15 – m. biceps brachii, 16- сухожильный тяж, 17- m. extensor carpi radialis, 18- m. flexor digitorum superficialis, 19- m. flexor digitorum profundus, 20- m. flexor carpi radialis, 21 – m. extensor digitorum lateralis.

Таким образом, бицепс способствует разгибанию плечевого сустава, сгибанию локтевого, а при статической нагрузке фиксирует плечевой сустав [88, 105, 109, 110, 200, 259, 269]. Вес тела опускается вертикально от лопатки, проходя за ее остью через плечевой сустав вниз, частично ложится на сухожильно-связочный поддерживающий аппарат. В период опоры в спокойном состоянии

животного все элементы аппарата под тяжестью тела равномерно натянуты в связи с опусканием (дорсальная флексия) путового сустава - сустава первой фаланги [71, 156, 259, 269]. Мышцы, действующие на запястный сустав, начинаются в дистальной части диафиза и на надмыщелках плечевой кости. От дельтовидной шероховатости плечевой кости и двуглавой мышцы плеча у коров начинается *m. extensor carpi radialis*, принимающая активное участие в сгибании локтевого сустава и разгибании запястья. От *epicondylus lateralis*, который называется так же разгибательным, начинается *m. extensor carpi ulnari*, помогающий разгибателям локтевого сустава, и работающий, как флексор запястья. От *epicondylus medialis* - сгибательного надмыщелка, начинается *m. flexor carpi ulnaris*, который помогает разгибать локтевой сустав [12, 134]. Так же от надмыщелков начинаются многосуставные длинные мышцы пальцев. При этом сгибатели пальцев начинаются от медиального надмыщелка и выполняют роль разгибателей локтевого сустава. Разгибатели пальцев начинаются от латерального надмыщелка и выполняют роль сгибателей локтевого сустава.

Говоря об особенностях функционирования грудной конечности Bovinae, нельзя не остановиться на работе мышц во время передвижения. В момент выноса конечности вперед суставы сгибаются, при этом вес тела нивелируется и осуществляется только двигательная функция. В этот момент большую роль в осуществлении сгибания плечевого сустава играет комплекс мышц лопатки: *mm. teres major, teres minor, deltoideus*, а вращение внутрь обеспечивают *m. latissimus dorsi* и *m. teres major*. Сгибание локтевого сустава при выносе конечности вперед обеспечивает *m. brachialis*. Сгибание нижерасположенных суставов происходит иннерционно, за счет мышц, прикрепляющихся к надмыщелкам плечевой кости [12, 57, 71, 133]. Одновременно с флексорами функционируют *m. brachiocephalicus*, *m. coracobrachialis* и *mm. pectoralis*. Во время контакта с землей грудная конечность выполняет амортизационную функцию. Она обеспечивается специфической формой копыта, амортизацией суставных хрящей и связочного аппарата суставов, работой "замыкательного" аппарата мышц - натяжением сухожилий мышц путового сустава и суставов пальцев, работой *m. biceps brachii et lacertus fibrosus* на

удержание плечевого сустава от сгибания. Следующим этапом движения будет протягивание тела к конечности. Он сопровождается разгибанием суставов. Конечность при этом описывает треугольник с вершиной в копыте, а мускулы, фиксирующие лопатку вращением в центре ее качания, с увеличением туловищно-лопаточного угла влекут туловище вперед на опирающиеся конечности, меняющие свое положение от косого передненижнего в косое задненижнее. Это движение обеспечивается работой *m. supraspinatus* и *m. biceps*. Локтевой сустав в момент разгибания толкает в краниальном направлении плечевую кость и лопатку с туловищем. Данное движение обеспечивается сокращением *m. triceps brachii*, *m. anconaeus* и одновременным сокращением разгибателей запястья и пальцев [59, 60, 136, 236, 245, 247, 266].

1.1.2. Бедренная кость как часть скелета тазовой конечности *Bos taurus taurus*

Длина бедренной кости зависит от роста животного и колеблется в пределах 35,50 – 38,00 см [436] (Рисунок 3). На проксимальном эпифизе бедренной кости медиально кверху расположена полусферическая головка (*caput ossis femoris*) с ямкой головки (*fovea capitis*), к которой прирастает *ligamentum capitis femoris*. Внутри связки проходит артерия, питающая проксимальный эпифиз кости. Головка соединяется с диафизом при помощи *collum ossis femoris*. Латерально от головки возвышается *trochanter major*. На латеральной поверхности *trochanter major* имеется шероховатость для прикрепления ягодичных мышц - *mm. gluteus medius, accessories et profundus*. Они разгибают тазобедренный сустав [5, 12, 57, 70]. Ниже *collum ossis femoris* на медиальной поверхности в виде выступа находится малый вертел - *trochanter minor*. К нему прикрепляются *m. iliopsoas*, которая выносит вперед согнутую в тазобедренном суставе ногу и супинирует конечность. На каудальной поверхности бедренной кости от основания *trochanter major* по направлению к *trochanter minor* отходит межвертельный гребень - *crista intertrochanterica*. Выше *crista intertrochanterica* плантарно располагается *fossa trochanterica*. В глубине *fossa trochanterica* заканчиваются мышцы, супинирующие

бедро - mm. obturator externus et internus, mm. gemelli. На каудальной поверхности кости рядом с fossa trochanterica прикрепляется m. quadratus femoris, обеспечивающая разгибание тазобедренного сустава и супинацию конечности [303, 313, 386].

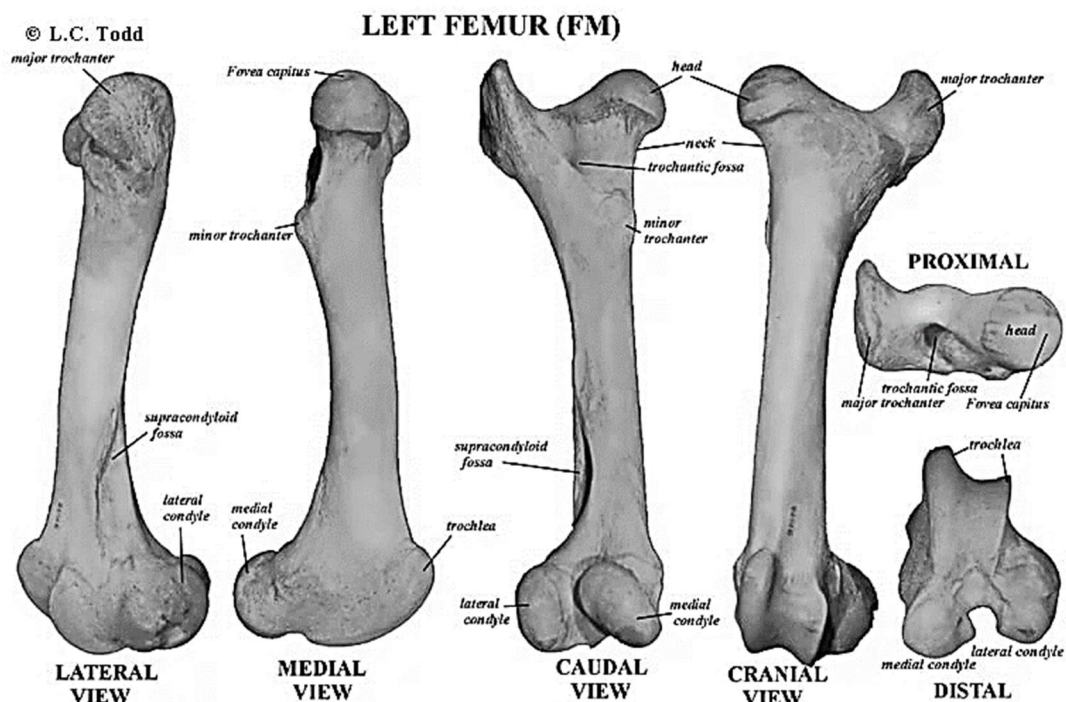


Рисунок 3 - Бедренная кость коровы (левая) по Л.С. Тодду

Диафиз бедренной кости – corpus ossis femoris – имеет цилиндрическую форму, несколько уплощенную с каудальной поверхности. На передней краниальной поверхности диафиза располагается m. quadriceps femoris, разгибающая коленный сустав. На каудальной поверхности в проксимальной трети находится плоская шероховатая площадка - facies aspera, ограниченная латеральной и медиальной губами - labium laterale et mediale. Латеральная губа от основания trochanter major опускается вниз и у дистального конца тела бедренной кости огибает с медиальной стороны надмыщелковую ямку fossa supracondylaris [23, 37]. Здесь начинается m. flexor digitorum superficialis, обеспечивающий сгибание пальцев и усиливающий сгибание коленного сустава и разгибание скакательного. На каудальной поверхности на уровне середины диафиза латерально фиксируется ягодичнодвуглавая мышца (m. glutaebiceps),

обеспечивающая разгибание тазобедренного сустава, сгибание и супинацию коленного сустава, и разгибание скакательного. *Labium mediale* берет начало от *trochanter minor* и продолжается до *condylus medialis*. В проксимальной части к *labium mediale* прикрепляется *m. pectineus*, ниже до *condylus medialis* фиксируется *m. adductor femoris*. Данные мышцы принимают участие в сгибании тазобедренного сустава, в аддукции и супинации конечности в различные фазы движения. У дистального конца бедренной кости между *labium laterale et mediale* располагается подколенная поверхность - *facies poplitea* [5, 12, 269, 317, 393].

На дистальном конце бедренной кости с краниальной поверхности имеется блок - *trochlea ossis femoris*. Медиальный гребень блока имеет большие размеры, чем латеральный [5, 12, 88, 128, 156, 303, 313, 386]. Дистальный эпифиз бедренной кости заканчивается латеральным и медиальным мыщелками (*condylus medialis et lateralis*), обращенными своими выпуклыми суставными поверхностями каудодистально и разделенными межмыщелковой ямкой (*fossa intercondylaris*). На латеральном мыщелке с краниальной поверхности имеются две ямки – разгибательная (*fossa extensoria*) и для подколенной мышцы (*fossa m. poplitei*). В разгибательной ямке фиксируются длинный разгибатель пальцев (*m. extensor digitorum longus*) и третья малоберцовая мышцы (*m. peroneus tertius*) [47, 98, 105, 109]. Эти мышцы усиливают сгибание скакательного сустава и разгибание коленного. Подколенная мышца пронирует конечность и помогает сгибать коленный сустав. Боковые поверхности мыщелков бугристы и носят название надмыщелков (*epicondylus medialis et lateralis*). На медиальном мыщелке фиксируется полуперепончатая мышца (*m. semimebranosus*), разгибающая коленный сустав. Спереди на дистальном конце бедренной кости у всех животных находится коленная чашка.

Эпифизы бедренной кости принимают участие в образовании тазобедренного и коленного суставов. Тазобедренный сустав *Vovinae* образован вертлужной впадиной и головкой бедренной кости. *Acetabulum* углублена за счет суставной губы [35, 74, 97, 245]. Полулунная суставная поверхность дополнена *lig. transversus acetabuli*, перекрывающим вырезку суставной впадины. *Lig. capitis*

femoris соединяет acetabulum и caput femoris. Тазобедренный сустав - многоосное сочленение. Однако большая масса тела животного ограничивает объем движений в нем. Так для КРС характерны сгибание и разгибание, в меньшей степени присутствует приведение и отведение, и практически не возможны вращательные движения [12, 29, 105, 109, 111, 116, 127].

Коленный сустав у коров представлен двумя изолированными суставами: бедренноберцовым и суставом коленной чашечки. Бедренноберцовый сустав мышечковый сустав, имеющий мениски и крестовидные связки (lig. genus cruciatum). Медиальная крестовидная связка идет от большеберцовой кости к внутренней поверхности медиального мыщелка бедренной кости сзади наперед, а латеральная крестовидная связка идет от большеберцовой кости к внутренней поверхности латерального мыщелка бедренной кости спереди назад. Боковые внешние связки соединяют кости между собой, при этом боковая медиальная связка прирастает к медиальному мениску [11, 110, 158]. Сустав коленной чашечки располагается на краниальной передней поверхности дистального эпифиза. Это блоковидный одноосный сустав. Он отличается наличием поперечных латеральной и медиальной связок коленной чашечки (ligg. femoropatellaris laterale et mediale), соединяющей ее края с мыщелками бедренной кости. Латеральная связка крепче медиальной [259, 260].

Так же, как и в случае с грудной конечностью, для понимания структурной организации строения бедренной кости Bovinae необходимо затронуть вопросы работы мышц тазовой конечности при осуществлении локомоции.

Движение тазовой конечности возможно благодаря качанию маятника конечности с центром в тазобедренном суставе. Вертикаль от центра этого сустава проходит позади коленного, впереди заплюсневого, через центр путового сустава и спускается на почву посередине копыта. Поэтому для осуществления статической функции тазовой конечности нужны мощные фиксаторы (Рисунок 4) [33, 59, 316]. Для коленного сустава это разгибатель – *m. quadriceps femoris*, а надколенник усиливает ее работу. *M. peroneus tertius*, *m. triceps surae* вместе с *m. flexor digitorum superficialis* фиксирует заплюсневый сустав. Фиксация пальцевых

суставов осуществляется таким же механизмом, как и на грудной конечности [71, 245]. Тазобедренный сустав разгибают *mm. gluteus*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus* et *m. semimembranosus*. Синергистом *mm. gluteus* является *m. longissimus*. Она фиксируется на *trochanter major* бедренной кости латерально от вертикальной оси сустава и выполняет функцию пронатора конечности. Разгибают суставы заднебедренная группа.

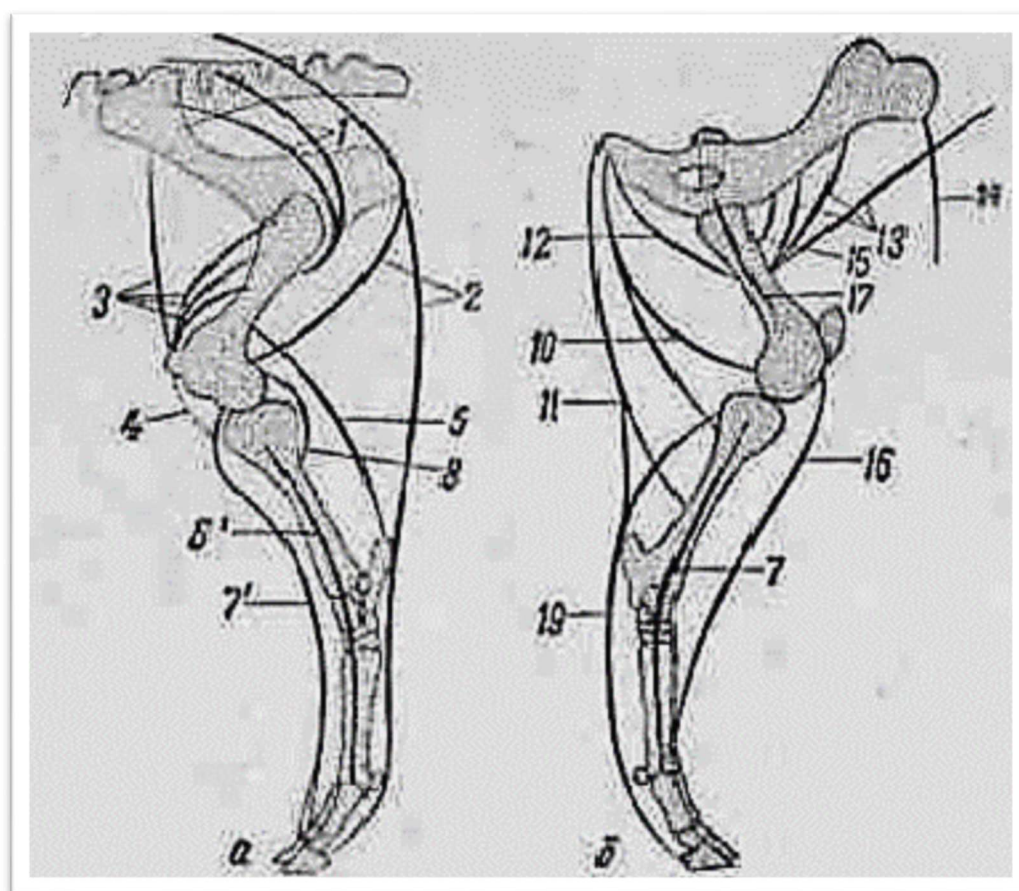


Рисунок 4 - Схема расположения мышц на тазовой конечности КРС по В.А. Никанорову

Примечание - А - латеральная поверхность, Б - медиальная поверхность. 1- *mm. gluteus*, 2- *m. biceps femoris*, 3- *m. quadriceps femoris*, 4- *lig.patellaris*, 5- *m. gastrocnemius*, 6^l- *m. extensor digitorum lateralis IV*, 7- *m. extensor digitorum III*, 7^l- *m. extensor digitorum longus*, 8- *m. popliteus*, 10- *m/ semimembranosus*, 11- *m. semitendinosus*, 12 – *m. quadratus femoris*, 13- *m. iliopsoas*, 14- *m. tensor fasciae latae*, 15 – *m. pectineus*, 16- *m. peroneus tertius*, 17- *m.adductor femoris*, 19- *m. flexor digitorum profundus*.

При выносе тазовой конечности, начиная с момента отрыва копыта от почвы и до пересечения ее с противоположной опирающейся конечностью, происходит сгибание всех суставов. *M. iliopsoas* обеспечивает сгибание в тазобедренном суставе, одновременно супинируя конечность. Поддерживают сгибание также *m. sartorius* et *mm. obturator externus et internus*. *Mm. pectineus, gracilis et adductor femoris* в большей степени являются аддукторами [168, 172, 229, 230]. Сгибание коленного сустава вызывается уступающим (на поднятой конечности) растяжением сильной заднебедренной группы мышц. Сгибание заплюсневого сустава обеспечивает *m. tibialis anterior - cranialis*. В следующий момент, когда тазовая и контрлатеральная грудная конечности пересекаются, разгибание коленного сустава осуществляется *m. tensor fasciae latae, m. quadriceps femoris et m. gluteobiceps*. Последняя образуется при слиянии поверхностной ягодичной мышцы и двуглавой мышцы бедра.

Разгибание пальцевых суставов обусловлено, как и в динамике грудной конечности, сокращением их экстензоров. Тазовая конечность, подготовленная для принятия тяжести тела, в момент касания копытом почвы согнута в тазобедренном суставе и разогнута во всех остальных суставах. В период выноса конечности сгибание сочетается с супинацией, затем приведение сменяется отведением. В результате бедро и вся конечность описывают дугу с выпуклостью внутрь [248, 269, 454].

Таким образом, строение костей проксимальных сегментов свободных конечностей крупного рогатого скота на данный момент изучено недостаточно. Информация, представленная в научной литературе, касается прежде всего описания внешнего вида костей. Кости конечностей *Bos taurus taurus* формируются под действием большого веса животного и, как следствие, примитивной дорсостабильной локомоции. При таком способе движения перемещения обеспечиваются пропульсивным движением задних конечностей, передние конечности при этом выполняют роль амортизаторов, к которым подтягивается тело, движения позвоночного столба по вертикали ограничены, что должно приводить к появлению морфофункциональной асимметрии одноименных костей.

Дифференциация конечностей подтверждается распределением мышц на конечностях. Передняя конечность работает по принципу маятника и пружины, — обеспечивая амортизацию и локомоцию одновременно. Плечевой сустав открыт каудально, локтевой сустав - краниально. Мышцы антагонисты образуют две противоположно закрученные спирали, в центре пересечения которых и располагается плечевая кость. Проксимальный эпифиз плечевой кости вынесен краниально, а дистальный эпифиз каудально. По горизонтали плечевые суставы расположены ниже тазобедренных. Локтевые суставы выше коленных. Тазовая конечность образует пружину, закрученную противоположно передней. Для тазовой конечности характерно большее число движений в тазобедренном суставе и более сферичная головка. Вершина большого вертела располагается выше головки, что облегчает разгибание в тазобедренном суставе, и облегчает пропульсивное движение туловища. Мышцы, обеспечивающие движения тазовой конечности помимо образования двух зеркально закрученных спиралей, соответствующих спиралям грудной конечности, дополнительно усиливаются третьей спиралью. Дополнительная спираль компенсирует разлет конечностей при удержании веса животного и локомоции. Она образована с медиальной стороны приводящими мышцами в проксимальной части, а в дистальной части усилена специфической для быков третьей малоберцовой мышцей, что не может не отражаться на строении бедренной кости быка.

1.2. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимальных сегментов свободных конечностей

Canis lupus familiaris, L. 1758

Представители этого вида животных по способу опоры относятся к типичным пальцеходящим животным. Как хищники они обладают большим объемом локомоций как на грудных, так и на тазовых конечностях [232, 235]. Эта самая вариабельная по размерам группа домашних животных. При этом они

способны развивать достаточно высокую скорость передвижения [257, 297, 342, 357].

При всем многообразии пород, за исключением ахондроплазийных- такс, скайтерьеров и скотчтерьеров, бассет-хаундов и пекинесов, в строении конечностей этого вида четко прослеживается правило параллельности во фронтальной плоскости вертикальных осей передних и задних конечностей (Рисунок 5), при этом силовая нагрузка передается на центр стопы, ее 3-4 палец

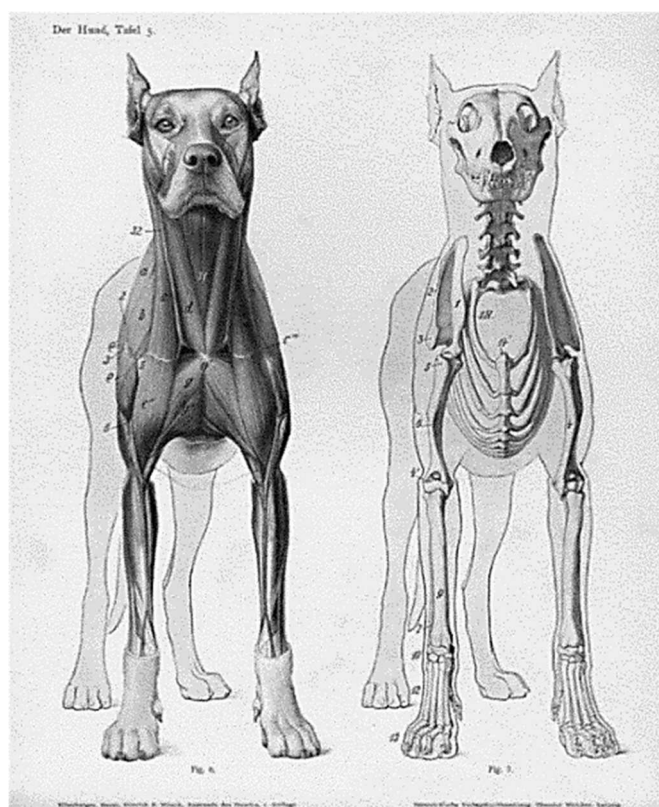


Рисунок 5 - Передние конечности собаки, расположение мышц и проекция костей по Miller (1964)

[120, 325, 366].

Центр тяжести у собак смещен кпереди, причем у прыжковых собак, имеющих квадратный формат, таких, как эрдельтерьер, доберман, боксер, мопс, шарпей он находится ближе к плечевому суставу. У собак рысистых пород, имеющих растянутый формат туловища, таких, как немецкая овчарка, ротвейлер, такса - к задней части груди [80, 97, 159, 304].

В состоянии покоя 40 % массы тела приходится на задние лапы, а при движении нагрузка на них увеличивается. У здоровых собак отсутствует, так называемый, размет лап – боковые смещения суставов от оси конечности по вертикали. Плечевой и тазобедренный суставы располагаются на одной горизонтальной линии, локтевой и коленный суставы образуют другую горизонталь [39, 52, 54, 80, 129]. Конечности находятся в полусогнутом состоянии и углы суставов четко выражены, при таком строении амплитуда движений достигает максимума. Углы плечевого и тазобедренного суставов должны быть примерно равными, чтобы обеспечить одинаковый вынос вперёд как передних, так и задних конечностей (Рисунок 6) [86, 233, 246, 353].

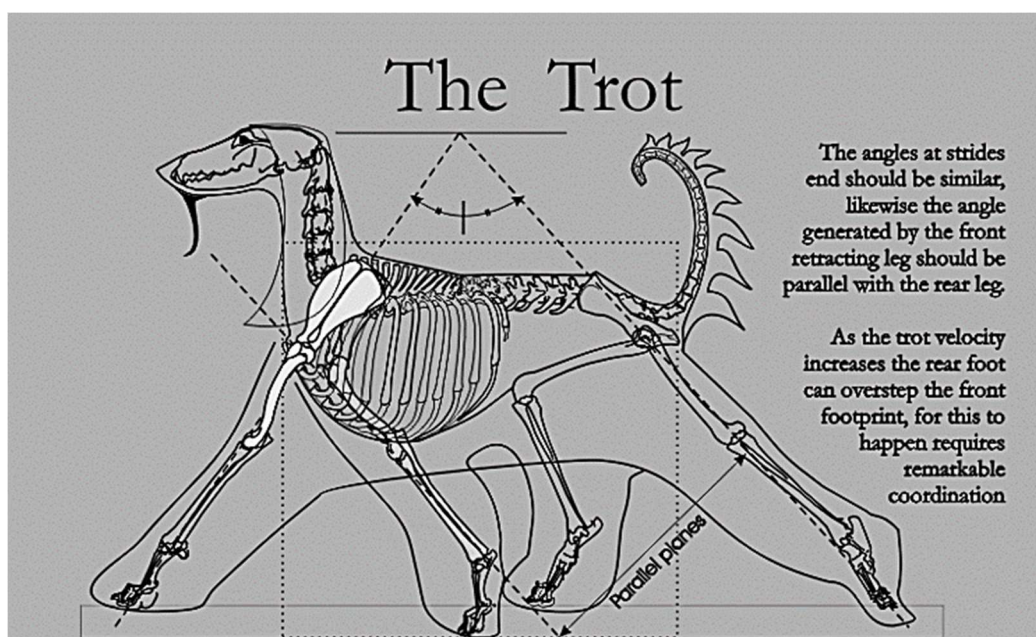


Рисунок 6 - Биомеханическая пропорциональность скелета собаки

www.afghanhoundsoz.com.au

Несмотря на то, что грудные конечности у животных не являются толчковыми и выполняют функцию поддержки тела, от их строения зависят скоростные качества, подвижность животных и типы движений. При обычном прогулочном шаге на передние конечности нагрузка превышает вес животного, поэтому у собак, как правило, в контакте с поверхностью одновременно находятся три лапы [382, 438]. При ходьбе и беге конечности совершают маятникообразные

движения с большой амплитудой качания без боковых колебаний. Эти колебания гасятся за счет присутствия сильной мускулатуры на тазовой конечности, которая значительно шире крупа и равномерно развита с наружной и внутренней сторон бедра собаки [210, 246, 248, 253, 408].

Анализ движений собак позволил выделить несколько наиболее распространенных типов аллюров, с различным вовлечением конечностей в двигательные акты. Они разделены на две основные группы: симметричные и асимметричные аллюры. При симметричных аллюрах, таких как шаг, рысь, иноходь, кантер, движение конечностей на одной стороне тела собаки повторяет движение конечностей на противоположной стороне с интервалами между ногами, которые почти равномерно распределены [264, 334, 427, 457]. При асимметричной походке, такой как галоп, движения конечностей одной стороны не повторяют движений другой, а интервалы между падениями ног распределены неравномерно [38, 234, 456]. При быстрых аллюрах собака поочередно опирается на передние и задние конечности, причем для сохранения бокового равновесия требуется одновременное участие пары конечностей, находящихся в одной строго поперечной плоскости. При асимметричных аллюрах латеральная последовательность движения конечностей оказывается более обычной, чем диагональная [144, 164, 246]. При галопе передние конечности не только обеспечивают амортизацию толчков, но и осуществляют вторичный толчок, в результате которого в цикле появляется вторая стадия полета - перекрещенный полет. Анализ кинематики задних конечностей собак указывает на неравномерность двигательного толчка в начальную фазу галопа и даже при практически одновременном касании земли в завершающую фазу галопа одна из задних лап отстает от другой на половину следа. При аллюрах средней скорости работа достигается движением конечностей по диагонали (передняя и противоположная ей задняя) [118, 282, 295, 309, 321, 349].

Таким образом, конечности собак адаптированы к нагрузке при движении, передающейся как на обе передние или задние конечности одновременно, или попарно передняя конечность-задняя конечность одной стороны, или по диагонали

- передняя конечность и противоположная ей задняя. Их форма является адаптационным критерием к осуществлению большого разнообразия движений. Помимо этого, в движении собак большую роль играет вертикальное смещение позвоночного столба. Существуют высокоскоростные породы, имеющие максимальный изгиб спины кверху, включенный в стандарт породы. Активное участие всего туловища животного при локомоции позволяет считать собак животными с дорзомобильным дилокомоторным способом движения [60].

Некорректная селекционная работа в группах высокопородных животных, издержки содержания, рациона и отсутствие должной физической нагрузки привели к увеличению заболеваемости опорно-двигательного аппарата животных, что вызвало неподдельный интерес у врачей ветеринаров к изучению костей конечностей и связи последних с нормальной локомоцией животных [54, 188, 189, 213, 237, 246, 279, 332, 345, 367, 383, 449].

1.2.1. Плечевая кость как часть скелета грудной конечности *Canis lupus familiaris*

Плечевая кость собаки отличается от костей быков не только размерами, но большей грациозностью строения (Рисунки 7, 8). Размеры кости сильно варьибельны и зависят от размеров животного. При длине кости в 87 — 105мм, ширина проксимального эпифиза составляет от 18,5 — 21,2% до 26 % длины, ширина дистального 20 — 22% [12, 14, 15, 17, 39]. Диафиз кости сильно скручен по вертикали (угол скрученности достигает 90 %) и изогнут в дорсо-латерально (Рисунок 8) [16, 18, 24, 39, 76, 373].

На проксимальном эпифизе имеется суставная головка (caput humeri) для сочленения с лопаткой. В плечевом многоосном суставе у собак возможны сгибание и разгибание, абдукция и аддукция и слабой степени пронация и супинация. Caput humeri обращена кзади и представляет собой сегмент сферы или овоида значительно меньший его половины и не отделенный от тела кости хорошо выраженной шейкой [15, 39, 260, 267, 286, 423]. На заднемедиальной поверхности шейки плечевой кости у собак прикрепляется мышца, напрягающая капсулу сустава m. articularis humeri, и начинается добавочная головка m. triceps brachii.

Латерально и впереди головки возвышается *tuberculum majus*. Латеральный большой бугорок незначительно выступает над головкой или находится на ее уровне.

Длина *tuberculum majus* равна или почти равна ширине всего проксимального эпифиза. К латеральной поверхности *tuberculum majus* прикрепляется *m. infraspinatus*, являющаяся абдуктором плечевого сустава. От бугорка вниз отходит гребень - *crista tuberculi majoris*. К ней прикрепляются *m. supraspinatus*, разгибающая плечевой сустав (Рисунок 9), *mm. pectoralis superficialis et profundus*, приводящие конечность к туловищу [15, 17, 23, 39, 77, 89, 162].



Рисунок 7 - Строение плечевой кости А- латеральная сторона, В –медиальная сторона по Д.Бойд (1998)

Примечание: 1 - *tuberculum majus*, 2- *crista tuberculi majoris*, 3,15 – *caput humeri*, 4 – *collum humeri*, 5 - *linea anconeae*, 6 - *tuberositas deltoidea*, 7 – *sulcus brachialis*, 8 – *corpus humeri*, 9, 21 – *condylis*, 10 – *fossa radialis*, 11 – *foramen supratrochleare*, 12 – *crista epicondylis lateralis*, 13 - *epicondylus lateralis*, 14 – *fossa olecrani*, 16 - *tuberculum minus*, 17 – *crista tuberculi minoris*, 18 – *tuberositas teres*, 19 – *sulcus intertubercularis*, 20 – *epicondylus medialis*.

Tuberculum majus несет на себе дельтовидную бугристость (*tuberositas deltoidea*), имеющую иногда форму выступа. К ней прикрепляется *m. deltoideus*, сгибающая и супинирующая плечевой сустав. Задний край большого бугорка является местом прикрепления латеральной головки трицепса плеча - мышцы, которая сгибает плечевой сустав и разгибает локтевой. В этом месте на диафизе кости она формирует *linea anconeae*.

Впереди от локтевой линии оканчивается *m. teres minor*, сгибающая и супинирующая плечевой сустав [14, 16, 17, 39, 75, 81, 156, 222]. *Tuberculum minus* – малый медиальный бугорок, значительно меньше по размерам, оканчивается слабо выраженным гребнем - *crista tuberculi minoris*, переходящим в *tuberositas teres*. К последнему фиксируются *m. latissimus dorsi*, *m. teres major*, сгибающая и супинирующая плечевой сустав. Выше *tuberositas teres* к малому медиальному бугорку фиксируются *m. coracobrachialis* et *m. subscapularis*, аддукторы плечевого сустава. От малого бугорка проксимально от *tuberositas teres* начинается медиальная головка трехглавой мышцы плеча. Между бугорками расположена в виде плоского желоба для двуглавой мышцы межбугорковая борозда - *sulcus intertubercularis*. *M. biceps brachii* начинается от бугра лопатки, лежит на передней поверхности плечевой кости, на предплечье фиксируется к шероховатости лучевой кости и к локтевой кости под медиальной связкой локтевого сустава. Двуглавая мышца плеча является разгибателем плечевого сустава и сгибает локтевой сустав [14, 17].

Диафиз кости в разрезе чаще всего имеет форму овала, большая ось которого в верхней части имеет передне - заднее направление, в нижней — боковое; верхняя часть обычно массивнее нижней. На латеральном гребне дистально от дельтовидной бугристости начинается *m. brachialis*, которая книзу переходит на переднюю поверхность локтевого сустава.



Рисунок 8 - Строение плечевой кости А- каудальная сторона, В –краниальная сторона по Д.Бойд (1998)

Примечание - 1 - tuberculum majus, 2 - tuberculum minus, 3 - sulcus intertubercularis, 4 - crista tuberculi majoris, 5 - tuberositas m. teres minor, 6 - linea anconeae, 7 – tuberositas teres, 8 - tuberositas deltoidea, 9 - corpus humeri, 10 - sulcus brachialis, 11 – condylus, 12 - crista epicondylarum lateralis, 13 - fossa radialis, 14 - foramen supratrochleare, 15 - epicondylus lateralis, 16 – capitulum humeri, 17 – trochlea humeri, 18 - epicondylus medialis, 19 - caput humeri, 20 – fossa olecrani.

На дистальном эпифизе, для сочленения с предплечьем, находится вытянутый в поперечном к оси кости направлении блок (trochlea). Его латеральная часть несет некое подобие головочки плечевой кости человека. Сам блок напоминает по форме катушку, расположенную горизонтально. В его строении можно выделить гребни и борозду.

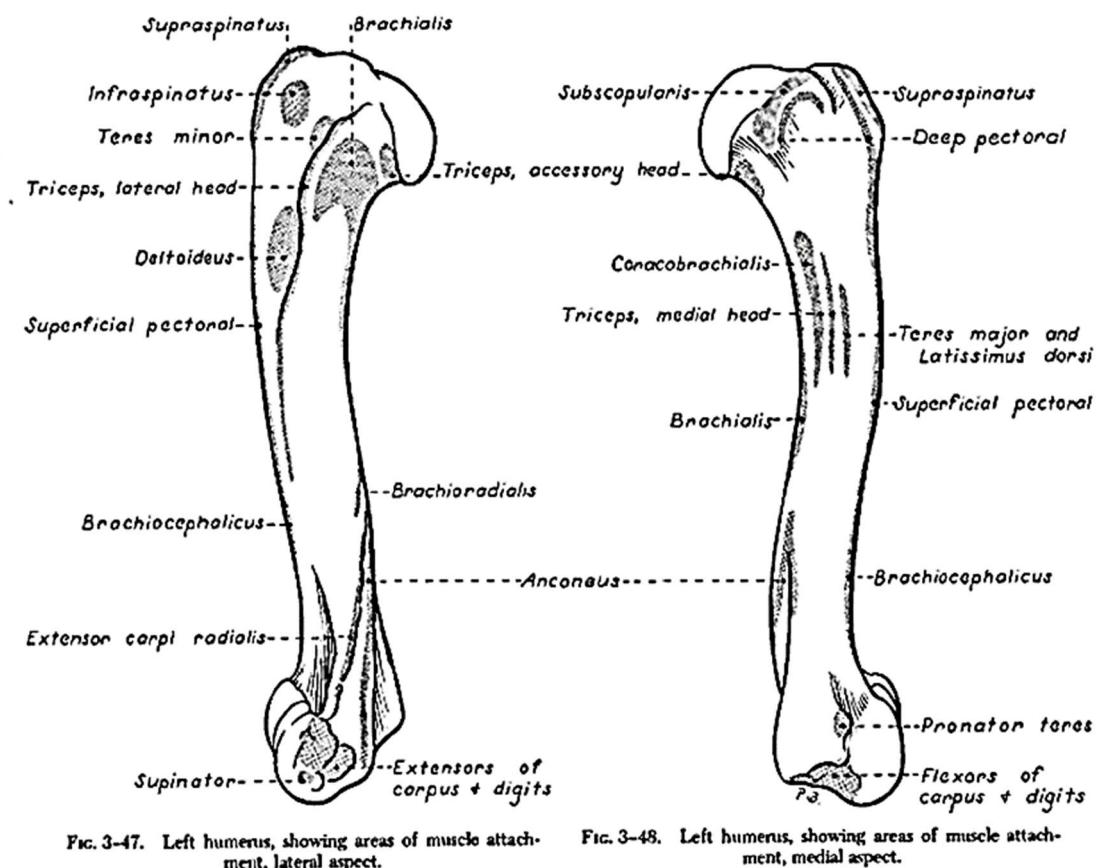


Рисунок 9 - Места фиксации мышц на плечевой кости собаки по Miller (1964)

Сзади над блоком лежит большей частью глубокая локтевая ямка (*fossa olecrani*) для крючковидного отростка локтевой кости; впереди над блоком — венечная ямка (*fossa coronoidea*) — для венечного отростка лучевой. Над блоком, на внутренней и наружной поверхностях нижнего конца выступают надмыщелки (*epicondylus medialis et lateralis*), от которых тянутся вверх, на диафиз, гребни (*cristae*). Медиальный надмыщелок выступает назад, к нему прикрепляются сгибатели пальцев и запястья (Рисунок 9). Латеральный надмыщелок повернут вперед, к нему прикрепляются разгибатели. У большинства пород собак между локтевой и венечной ямками располагается надблоковое отверстие (*foramen supratrochleare*), а медиальный из надмыщелковых гребней иногда несет надмыщелковое отверстие [14, 65, 219, 253, 385].

Дистальный эпифиз плечевой кости образует локтевой сустав. У собак в локтевом суставе возможно кроме сгибания и разгибания еще и вращение

предплечья. Разгибание обеспечивается *m. triceps brachii* и локтевой мышцей – *m. anconeus*, начинающейся по краю локтевой ямки и фиксирующейся к латеральному краю локтевого бугра. Им помогает *m. extensor carpi ulnaris*, начинающейся в нижней точке латерального надмыщелка и располагающейся каудально на предплечье. *M. flexor carpi radialis et m. flexor carpi ulnaris*, *m. flexor digitorum superficialis* (для 1 - 5 пальцев) et *m. flexor digitorum profundus* (для 2 - 5 пальцев) начинаются на медиальном надмыщелке плечевой кости и помогают разгибателям локтевого сустава. Сгибание обеспечивают двуглавая мышца плеча и *m. brachialis*. Им помогают лучевые экстензоры запястья – *mm. extensor carpi radialis longus et brevis*, начинающиеся от гребня латерального надмыщелка запястья. Непосредственно над блоком от латерального надмыщелка начинается *m. extensor digitorum communis* для 2 - 5 пальцев, участвующая в сгибании локтевого сустава [15, 17, 23].

Вращение нижележащих отделов передней конечности собаки обеспечивается мышцами, отсутствующими у *Bovinae*. Это *m. supinator longus*, начинающаяся на латеральном надмыщелке и прирастающая к диафизу лучевой кости. *M. supinator brevis*, начинается под латеральной связкой локтевого сустава на плечевой кости и фиксируется на дорсо-медиальной поверхности лучевой кости. *M. pronator teres*, начинающаяся на медиальном надмыщелке плечевой кости, фиксирующаяся на медиальной поверхности лучевой кости дистальнее короткого супинатора [5, 15, 17, 253, 265].

1.2.2. Бедренная кость как часть тазовой конечности *Canis lupus familiaris*

Тазовая конечность собаки (Рисунок 10) в процессе эволюции осуществила пронационный поворот всеми отделами лапы. При таком повороте, латеральная поверхность стала краниальной, а краниальная – медиальной. В результате чего бедренная кость не имеет спиральной скрученности диафиза, и проксимальный и дистальный эпифизы располагаются во фронтальной плоскости.

Длина кости достаточно вариабельна и составляет в зависимости от породы и размеров животного от 9,52 см до 27,29 см. Ширина проксимального эпифиза не менее 16 % полной длины кости и не менее, чем в полтора раза превышает передне-задний поперечник головки [18, 384, 395].

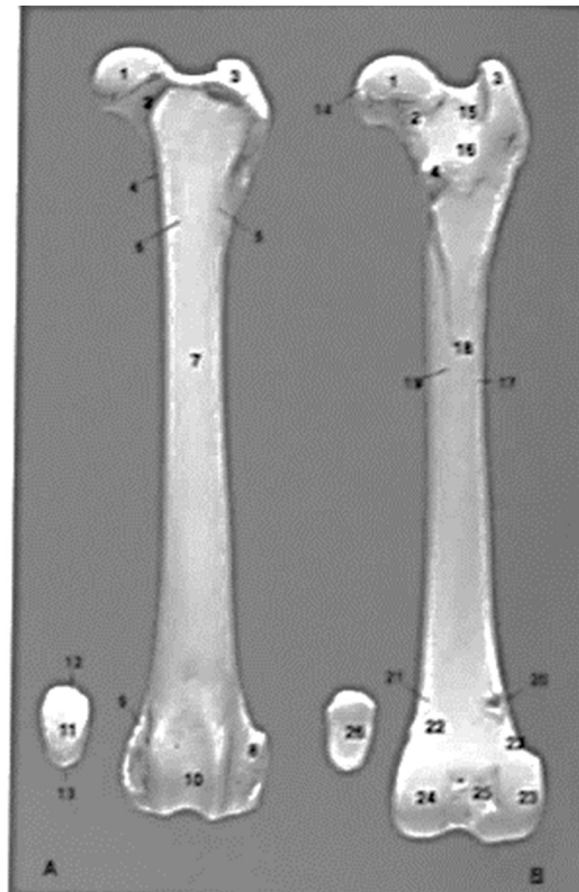


Рисунок 10 - Строение бедренной кости собаки А - краниальная сторона, В – каудальная сторона по Д.Бойд (1998)

Примечание - 1 - *caput femoris*, 2 - *collum femoris*, 3 - *trochanter major*, 4 - *trochanter minor*, 5 - *linea m. vastus lateralis*, 6 - *linea m. vastus medialis*, 7 – *corpus*, 8 - *epicondylus lateralis*, 9 - *epicondylus medialis*, 10 – *trochlea femoris patellaris*, 11 – *patella*, 12 – *basis ossis patellaris*, 13 – *apex ossis patellaris*, 14 – *fovea capitis*, 15 – *fossa trochanterica*, 16 – *crista intertrochanterica*, 17 – *labium laterale*, 18 – *linea aspera*, 19 – *labium mediale*, 20 – *tuberositas epicondylis lateralis*, 21 - *tuberositas epicondylis medialis*, 22 – *facies articularis sesamoidea*, 23 – *condylus lateralis*, 24 – *condylus medialis*, 25 – *fossa intercondylaris*, 26 - *facies articularis*.

Медиально на проксимальном эпифизе бедренной кости собаки располагается *caput femoris*. Суставная поверхность головки приближена по форме

к правильной полусфере, в ее центре располагается *fovea capitis*. Диаметр головки варьируется и у животных с длиной бедренной кости $18,11 \pm 4,93$ см равен $2,0 \pm 0,47$ см [419]. Головка бедренной кости от большого вертела отделена хорошо выраженной шейкой – *collum femoris*. По данным S.Palierne и соавторов, 2008, ее длина равна $1,95 \pm 0,52$ см. Головка бедренной кости смещена по отношению к шейке кпереди и занимает вентральное положение [447]. В результате между осями шейки и диафиза бедренной кости образуется угол торсии. При смещении головки кпереди этот угол называется углом антеверсии. Величина угла антеверсии различна у представителей разных пород. У немецких овчарок он равен $18,76 \pm 9,90^\circ$; у высокорослых пород $24,22 - 29,50^\circ$ [338, 384, 395, 443]. Между шейкой бедра и диафизом образуется шейечно-диафизарный угол, величина которого в среднем равняется 145° . При этом у сук он несколько меньше (до 110°), чем у кобелей. Увеличение этого угла рассматривают как один из признаков дисплазии тазобедренного сустава [18, 288, 302, 340, 369, 420]. Латерально на проксимальном эпифизе расположен *trochanter major*, его вершина не поднимается выше головки. Большой вертел имеет треугольную форму [358, 364, 443]. К его латеральной поверхности последовательно прикрепляются *mm. gluteus medius, gluteus superficialis, gluteus profundus et m. piriformis* – разгибатели и абдукторы тазобедренного сустава. На большом вертеле и книзу они образуют *tuberositas glutea* (Рисунок 11). Медиально книзу на задней поверхности проксимального эпифиза между шейкой и диафизом расположен *trochanter minor*. К нему прикрепляется мышца-сгибатель и супинатор тазобедренного сустава, идущая от туловища впереди сустава – *m. iliopsoas*. На задней поверхности вертелы соединяются межвертельным гребнем (*crista intertrochanterica*), который ограничивает вертлужную ямку (*fossa trochanterica*). К ней прирастают супинаторы тазобедренного сустава: *m. obturator externus, m. obturator internus et mm. gemelli* [15, 303, 319, 447]. Книзу от межвертельного гребня на задней поверхности диафиза прикрепляется *m. quadratus femoris*, участвующая в разгибании и супинации конечности, медиально – *m. pectineus*. Данная мышца мультифункциональна и в разные фазы шага может играть роль флексора, аддуктора и супинатора. От обоих

вертелов вниз по задней поверхности диафиза опускаются две губы: *labium laterale* от большого вертела к латеральному надмыщелку и *labium mediale* от малого вертела к медиальному надмыщелку.

К медиальной губе фиксируются приводящие мышцы – *mm. adductores longus, brevis et magnus*. Латеральная губа несет плантарный бугорок (*tuberculum supracondylaris*). На нем начинается *m. flexor digitorum superficialis*, сгибающая пальцы и коленный сустав. По бокам плантарного бугорка фиксируется *m. gastrocnemius*, разгибающая скакательный сустав и сгибающая коленный. Пространство на дистальном эпифизе между губами называется подколенной поверхностью - *facies poplitea* [303].

Диафиз бедренной кости слегка изогнут кпереди. На его проксимальной части латерально начинается *m. vastus lateralis*, медиально - *m. vastus medialis*, на передней поверхности - *m. vastus intermedius*. По функции четырехглавая мышца бедра двухсуставная, ее прямая головка сгибает тазобедренный сустав, а вся мышца разгибает коленный сустав [417]. На передней поверхности дистального эпифиза расположен блок для коленной чашки. Он имеет два одинаковых по размеру гребня, между которыми расположен желоб для ее скольжения. Ниже дистальный эпифиз состоит из двух мыщелков - *condylus medialis et lateralis*, разделенных мыщелковой ямкой - *fossa intercondylaris*. В ней располагаются связки коленного сустава. На боковой поверхности латерального мыщелка имеются две ямки – разгибательная (*fossa extensoria*) и для подколенной мышцы (*fossa m. poplitei*) последняя лежит кзади. В разгибательной ямке начинается длинный разгибатель пальцев - *m. extensor digitorum longus*. В *fossa m. poplitei* начинается *m. popliteus*, пронизывающая нижележащие отделы конечности и сгибающая коленный сустав.

Над медиальным мыщелком фиксируется *m. semimembranosus* – разгибатель тазобедренного сустава. У хищных на каудальной поверхности мыщелков имеются сесамовидные суставные поверхности (*facies articulares sesamoidea lateralis et medialis*) для сочленения с сесамовидными косточками икроножной мышцы (*ossa sesamoidea m. gastrocnemii*). В проксимальном

сухожилии подколенной мышцы может быть собственная сесамовидная косточка (os sesamoideum m. poplitei).

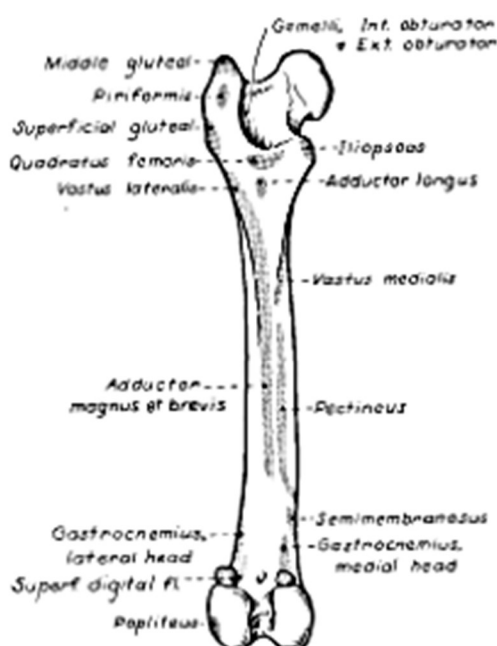


FIG. 3-73. Left femur, showing areas of muscle attachment, caudal aspect.

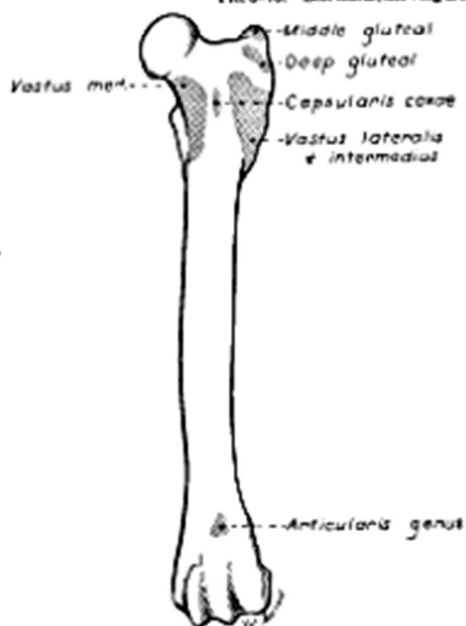


FIG. 3-74. Left femur, showing areas of muscle attachment, cranial aspect.

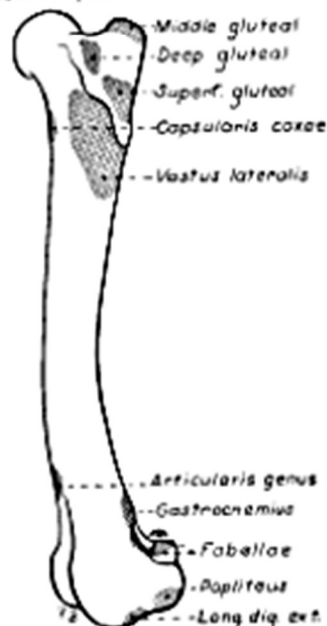


FIG. 3-75. Left femur, showing areas of muscle attachment, lateral aspect.

Рисунок 11 - Места прикрепления мышц на бедренной кости собаки по Miller (1964)

Внутри мышечного массива бедра кость расположена под наклоном, и между осью горизонтально расположенных мышечков и осью диафиза

формируется кондилло-диафизарный угол, величина которого различна у разных пород и в среднем составляет 92,62 - 94,08°. У лабрадоров, золотистых ретриверов и ротвейлеров дистальный эпифиз более смещен медиально, чем у немецких овчарок [372, 395].

В заключение этого раздела можно сказать следующее, для костей проксимального звена конечностей собаки характерны черты, связанные с особенностями локомоции, и отличающие их от костей крупного рогатого скота. Появившаяся ротационная активность передних конечностей привела к спиральной скрученности плечевой кости. Максимальные изменения затронули дистальный эпифиз плечевой кости. На нем появилось надблоковое отверстие, при выпрямленной конечности в него входит локтевой отросток и стабилизирует конечность в момент опоры на нее. На мыщелке можно определить головочку для образования сустава с лучевой костью. К медиальному мыщелку прикрепилась мышца, обеспечивающая вращение лапы в нижележащих отделах. Следовательно, можно говорить о функциональной дифференциации латерального и медиального мыщелка, которая должна проявляться различием в размерах указанных структур. Адаптации к скоростной локомоции привели к возникновению дорсомобильной дилокомоторной активности, плечевая кость при этом является частью активной амортизационной системы. Бедренная кость собак по сравнению с костью крупного рогатого скота отличается ровностью диафиза, большей сферичностью головки, ярко выраженной шейкой. Активное вовлечение позвоночного столба в локомоцию привели к уменьшению размеров большого вертела. Его вершина стала располагаться на уровне головки. Изменилась стереометрия расположения кости внутри бедра животного. Головка бедренной кости сместилась кпереди от оси диафиза. Дистальный эпифиз адаптировался к осуществлению ротационных движений в нижележащих отделах конечности, что проявилось одинаковой степенью развития гребней блока для коленной чашечки. Развитие мышц нижележащих отделов конечности привело к возникновению апофиза - плантарного бугка вместо плантарной ямки травоядных.

1.3. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимальных сегментов свободных конечностей кроликов домашних *Oryctolagus cuniculus*, L.1873

Животные данного вида с точки зрения локомоции стоят обособленно от остальных тетраподов. Освоение каменистых ареалов обитания, норный образ жизни животного-жертвы в цепи питания привели к интересным адаптациям в строении скелета (Рисунок 12).

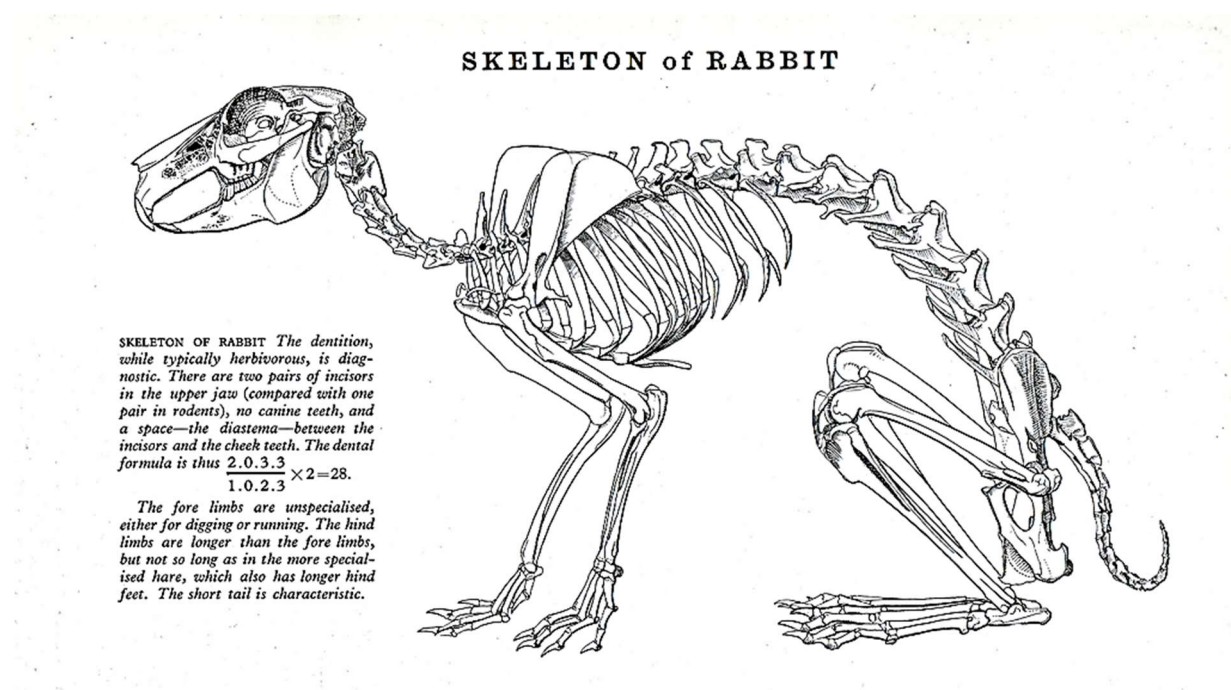


Рисунок 12 - Скелет кролика (Bensley's Practical anatomy of the rabbit, 1948)

По способу опоры на конечность они сочетают в себе признаки как стопоходящих, так и пальцеходящих животных. Изучая особенности передвижения зайцеобразных, исследователи пришли к выводу, что основу движений кролика составляет последовательный прыжок или типичный полупарный галоп, с фазами опоры задними конечностями, опоры передними конечностями, стадиями растянутого и перекрещенного полета и амортизации передними конечностями [60, 173, 316, 335, 344]. В фазе опоры передними конечностями происходит резкое сгибание спины, обеспечивающее ускорение,

необходимое для перекрещенного полета. В фазе же опоры задними конечностями спина резко разгибается, что способствует увеличению скорости движения. Пропульсивные движения вперед при этом обеспечиваются задними конечностями, одновременно отталкивающимися от земли, а приземляется кролик на относительно слабые передние лапы. Животное не может подтягивать туловище к передним конечностям, поэтому в локомоции активно участвует позвоночный столб. Следующий прыжок животное может совершить только после того, как займет исходное положение. Галоп кроликов связан с высокой точностью приземления и достаточно высоким прыжком в высоту, явление, которое наблюдается только у них. Вычисления показывают, что самый длинный прыжок возможен при угле отрыва от земли, равном $40 - 44^\circ$ [247, 265, 370, 416]. Прыжковый способ локомоции позволяет добиться максимального ускорения, что, в принципе не характерно для домашних кроликов и более необходимо для их диких собратьев. Кролики роют сложные норы и не способны к длительному галопу. В связи с образом жизни кролика для передних конечностей животного характерна укороченность и способность к вращательным движениям, задние конечности отличаются большей длиной и способностью к осуществлению активных отводяще-приводящих движений необходимых при рытье нор. Животные обычно совершают лишь перебежки более похожие на перепрыжки от одного убежища к другому. Отпечатки задних лап обычно расположены рядом, а следы передних — позади них друг за другом. Скорость передвижения при этом зависит от силы толчка задними ногами. На следах это заметно по степени растянутости отдельных групп отпечатков и длине прыжка. Чем дальше зверек заносит задние ноги за передние, тем быстрее его бег. Кролики двигаются не прямолинейно, а по кругу со значительным радиусом [78, 105, 164].

Анализ статолокомоции кролика показал, что в состоянии покоя он опирается не только на пальцы, но и на кисть и особенно ступню. В положении сидя, максимум веса животного приходится на ступни, при приседании вес перераспределяется между кистями и ступнями. В связи с данными особенностями локомоции задние конечности увеличились в длину, максимально удлинился

дистальный отдел конечности. Задние лапы кролика приобрели хорошо развитый мышечный каркас. Для осуществления прыжков редуцировались латеральные пальцы, а тазовый пояс расширился, обеспечивая животному устойчивость при приземлении. Передние ноги короткие и заканчиваются четырьмя длинными и одним внутренним коротким пальцем. При медленной локомоции, по следам кроликов можно заметить, что передний край задней лапы расположен на уровне середины, реже заднего края следа другой лапы, что может указывать на асимметричность участия конечностей в осуществлении движения. И объяснять радиальные траектории движения животных [59, 105, 272, 439].

Эволюционно адаптивные изменения скелета свободных конечностей кролика описаны еще в двадцатом веке, однако из особенности строения костей указана только разница в длине плечевых и бедренных костей, так же нет информации о структурной организации костей животного [78, 108, 230, 263, 289, 290].

1.3.1. Плечевая кость как часть скелета грудной конечности *Oryctolagus cuniculus*

Плечевая кость кролика – os humerus, прямая без изгибов (Рисунок 13). Длина кости вариабельна от $41,6 \pm 3,4$ мм до 7 см [13, 65, 197, 78]. На проксимальном диафизе медиально расположена головка - caput humeri. Ее размеры больше размеров суставной впадины лопатки. Головка сзади нависает над диафизом. Она соединяется с диафизом шейкой плечевой кости – collum humeri. Медиально продолжением головки расположен малый бугорок - tuberculum minus. К нему прикрепляется поверхностная грудная мышца - m. pectoralis superficialis (Рисунок 14). У кроликов эта мышца очень развита и разделена на две части: тонкую переднюю – аналог малой грудной мышцы человека (m. pectoralis tenuis) и большую заднюю часть – m. pectoralis major. Это аддукторы передней конечности [12, 49, 151, 168]. Латерально расположен большой бугорок – tuberculum majus, оканчивающийся

дельтовидной бугристостью – *tuberositas deltoidea*. Вершина большого бугорка расположена на одном уровне с головкой. Между бугорками расположена *sulcus intertubercularis* (борозда двуглавой мышцы), по которой проходит сухожилие бицепса.

Диафиз кости прямой без ярко выраженных апофизов. Его поперечник имеет округлое сечение. Вверху медиально к нему прирастает *m. latissimus dorsi*, сгибающая переднюю конечность в плечевом суставе. Латерально вверх располагается *m. brachiocephalicus*, способствующая разгибанию в плечевом суставе [117, 155, 172, 176].



Рисунок 13 - Плечевая кость кролика (Гашимова А.А., 2017)

От лопатки к проксимальному эпифизу проходят мышцы, обеспечивающие не только сгибание и разгибание, но и абдукцию с аддукцией

и вращение передней конечности в плечевом суставе. *M. supraspinatus*, *m.infraspinatus*, *m. subscapularis* et *m. coracobrachialis* – преимущественно разгибают конечность в плечевом суставе, *mm. teres minor et major* – сгибают. Все указанные мышцы принимают участие во вращении конечности в плечевом суставе. Отводят конечность *m. deltoideus*, прикрепляющаяся к собственной бугристости и *m. tensor fascia antebrachii*. Латерально сзади от проксимальной части диафиза начинается *m. brachialis*, сгибатель локтевого сустава. Вместе с *m. biceps brachii* они фиксируются к лучевой кости предплечья.

Двуглавая мышца плеча помимо сгибания локтевого сустава обеспечивает разгибание плечевого [131, 289].

На задней поверхности диафиза располагается *m. triceps brachii*, включающая 5 головок: длинную, наружную, внутреннюю головку собственно трицепса, малую локтевую и разгибатель предплечья. Они выполняют функцию сгибания в плечевом и разгибания в локтевом суставе [155, 263, 329]. На дистальном эпифизе имеется блок плечевой кости, который сочленяется с предплечьем локтевым блоковидным суставом. Блок разделен бороздой и имеет две суставные площадки; медиальная суставная площадка больше латеральной. По бокам блока расположены два мыщелка – *condyles lateralis et medialis*. У кролика плечевую кость прямо над блоком может располагаться узкое надблоковое отверстие. На передней поверхности плечевой кости над блоком имеется лучевая (венечная) ямка – *fossa radialis*, в которую входит конец лучевой кости при сгибании конечности. На задней поверхности-глубокая локтевая ямка – *fossa olecrani* [13, 283, 289].

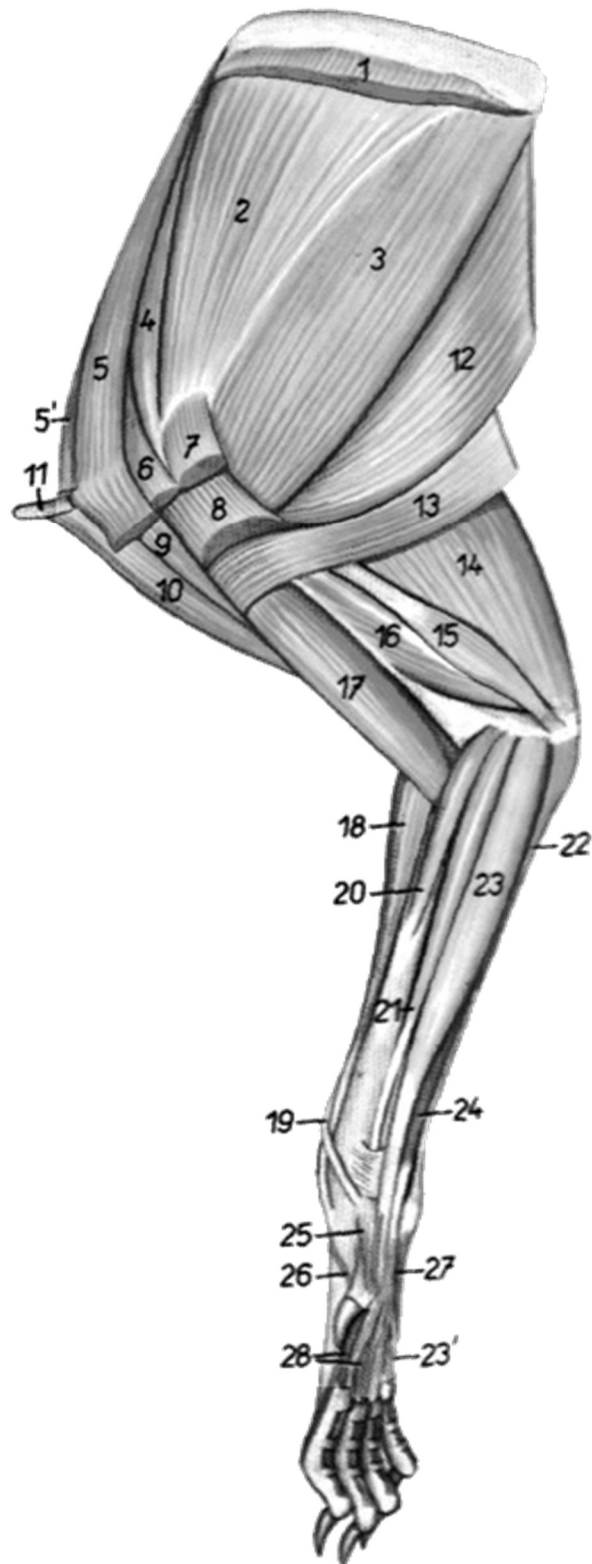


Рисунок 14 - Мышцы передней конечности кролика (медиальная поверхность)
(Попеско П., 1974)

Примечание - 1 - вентральная зубчатая мышца, 2 - подлопаточная мышца, 3 - большая круглая мышца, 4 - предостная мышца, 5 - малая грудная мышца, 5' - малая глубокая грудная мышца, 6 - предлопаточная часть глубокой грудной мышцы, 7 - большая грудная мышца, 8 -

поверхностная грудная мышца, 9 - лопаточная часть дельтовидной мышцы, 10 - ключичная часть дельтовидной мышцы, 11 – ключица, 12 - широчайшая мышца спины, 13 - кожная мышца туловища, 14 - длинная головка трехглавой мышцы плеча, 15 - добавочная головка трехглавой мышцы плеча, 16 - медиальная головка трехглавой мышцы плеча, 17 - двуглавая мышца плеча, 18 - лучевой разгибатель запястья, 19 - длинный абдуктор 1 пальца, 20 - круглый пронатор, 21 - лучевой сгибатель запястья, 22 - локтевой сгибатель запястья, 23 - глубокий сгибатель пальцев, 23' - ветвь глубокого сгибателя пальцев, 24 - поверхностный сгибатель пальцев, 25 - короткий сгибатель 1 пальца, 26 - разгибатель 1 и 2 пальца, 27 - абдуктор 5 пальца, 28 - межкостные мышцы.

К мышцелкам прикрепляются мышцы предплечья. Необходимо отметить, что мышцы предплечья и кисти кролика достаточно тонки, некоторые подверглись фиброзной перестройке - *m. supinator* или полной редукции - *m. pronator quadratus*. От латерального мышцелка начинается группа мышц, обеспечивающих разгибание нижележащих отделом конечности. В этой группе ослабленными оказались *m. extensor carpi ulnaris*, *m. abductor pollicis longus* et *m. mm. extensores digitorum I et II*. В группе сгибателей, начинающихся на медиальном мышцелка недоразвиты пронаторы. *M. pronator teres* представляет собой тонкий мышечный тяж, расположенный с внутренней поверхности локтевого сустава (рисунок 14) [155, 263, 329, 459].

1.3.2. Бедренная кость как часть скелета тазовой конечности *Orycolagus cuniculus*

Бедренная кость кролика трубчатая кость длиной от $61,9 \pm 7,2$ мм до 9 см (Рисунок 15) [197, 385]. Медиально на проксимальном эпифизе располагается округлая головка – *caput femoris*, которая входит в вертлужную впадину таза, образуя шаровидный тазобедренный сустав. Головка имеет ямку для круглой связки - *fovea caritis*. С диафизом головка соединена ярко выраженной шейкой. Головка по сравнению с диафизом смещена краниально. Латерально от головки расположен большой вертел – *trochanter major*, обращенный кпереди и

выступающий выше уровня головки. Небольшим желобом он разделен на две площадки. Ниже кзади располагается третий вертел – trochanter tertius.

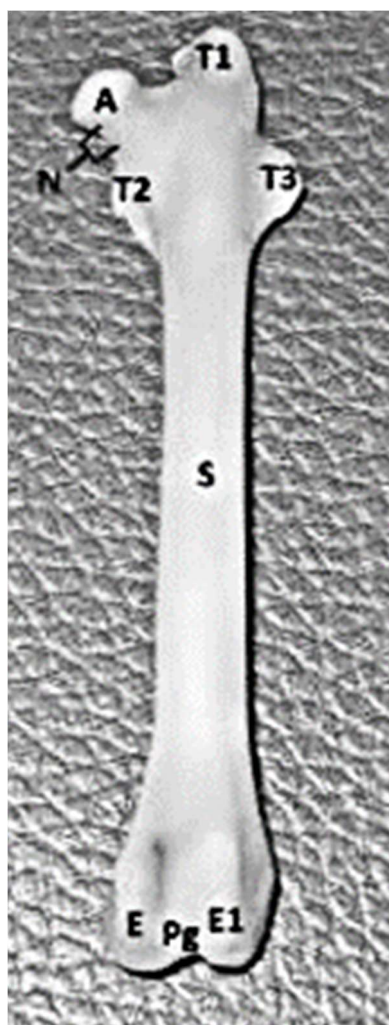


Рисунок 15 - Передняя поверхность бедренной кости кролика (Ажауі І.Е., 2012)

Примечание - А - головка, Т1 - большой вертел, Т2 – малый вертел, Т3 – третий вертел, N – шейка бедренной кости, S – диафиз, Е – медиальный мыщелок, Е1 – латеральный мыщелок, Рg – надколенниковая поверхность

На уровне третьего вертела медиально располагается малый вертел- trochanter minor. На задней поверхности проксимального эпифиза между большим и малым вертелами имеется глубокая межвертельная ямка – fossa intertrochanterica. Дно межвертельной ямки упирается в основание большого вертела, ее край ограничен crista intertrochanterica, соединяющим большой и малый вертелы [155, 263, 278, 283, 439, 459].

Диафиз кости прямой, имеет цилиндрическую форму. На его задней поверхности нет шероховатой линии и отсутствует плантарная ямка. Книзу диафиз расширяется в поперечном направлении.

На дистальном эпифизе можно различить две суставные поверхности. Спереди – блок для коленной чашечки, дистально – мыщелки для образования коленного сустава. Мыщелки обращены своими выпуклыми суставными поверхностями кзади и разделены межмыщелковой ямкой (*fossa intercondylaris*). Бедренная кость кролика в целом адаптирована для осуществления большого количества движений. Это и точковые движения при галопе, и хотьба, и отбрасывании земли при рытье нор, и стучание задними лапами при опасности. Наружная поверхность тазобедренного сустава покрыта группой ягодичных мышц (Рисунок 16).

Поверхностная ягодичная мышца, аналог *m. gluteus maximus* прикрепляется к третьему вертелу. Средняя и глубокая ягодичные мышцы – *mm. gluteus medius et profundus*, заканчиваются на большом вертеле. Эта группа сильных мышц разгибает тазобедренный сустав. Относительно длинная шейка бедра, высокое расположение большого вертела, наличие третьего вертела позволяют усилить работу ягодичных мышц и дополнительно обеспечить наличие вращательных движений, и ограничить отведение бедра [247, 291, 327, 424]. Глубже ягодичных мышц располагаются запирающие (*mm. obturatorius externus et internus*) и близнецовые мышцы (*mm. gemelli*), заканчивающиеся в межвертельной ямке – супинаторы бедра. С медиальной стороны к малому вертелу прикрепляется *m. iliopsoas* – мышца, сгибающая поясничный отдел позвоночного столба и тазобедренный сустав.

Ниже располагается *m. pectineus*, обеспечивающая сгибание, приведение и супинацию тазобедренного сустава. Сзади к межвертельному гребню прирастает *m. quadratus femoris*, разгибающая конечность в тазобедренном суставе. Большой мышечный массив, расположенный на бедре медиально обеспечивает приведение бедра. Его образуют *mm. adductor brevis, longus et magnus*, прирастающие к медиальной поверхности диафиза и медиальному мыщелку.

Полуперепончатая мышца – *m. semimembranosus* срастается внизу с большой приводящей мышцей и имеет общее сухожилие, которое также прирастает к медиальному мыщелку [155, 263, 439]. Эти две мышцы обеспечивают разгибание тазобедренного и коленного суставов.

На передней поверхности диафиза бедренной кости расположена четырехглавая мышца бедра - *m. quadriceps femoris*. Ее латеральная, промежуточная и медиальные головки начинаются в верхней части диафиза, а общее сухожилие включает в себя коленную чашечку и внизу прирастает к большеберцовой кости. На мыщелках бедренной кости начинаются мышцы, обеспечивающие движения нижележащих отделов конечности. Мышечный каркас голени разделен на две группы: передне - латеральную и более развитую заднюю. Передне - латеральную группу образуют разгибатели пальцев и сгибатели голеностопного сустава. Преимущественно они начинаются на костях голени. Заднюю группу образуют сгибатели коленного сустава и пальцев, разгибатели голеностопного сустава [272, 278, 289, 361, 459]. От обоих мыщелков начинается икроножная мышца голени – *m. gastrocnemius*, в ее начальном отделе имеются сесамовидные косточки, усиливающие работу мышцы. На латеральном мыщелке начинается мышца, сгибающая и пронирующая коленный сустав – *m. popliteus*. Также на латеральном мыщелке начинается длинный разгибатель пальцев *m. extensor digitorum longus*, разгибающая суставы пальцев, при этом мышца помогает сгибателям заплюсневого и разгибателям коленного суставов. В фазу отталкивания участвует в активном разгибании всех суставов задней конечности. Отдельного внимания заслуживает *m. plantares seu m. flexor digitalis pedis sublimis* – поверхностный сгибатель пальцев. Мышца начинается на латеральном мыщелке бедренной кости, в середине голени ее сухожилие перевивает ахиллово сухожилие и уходит на подошвенную сторону стопы.

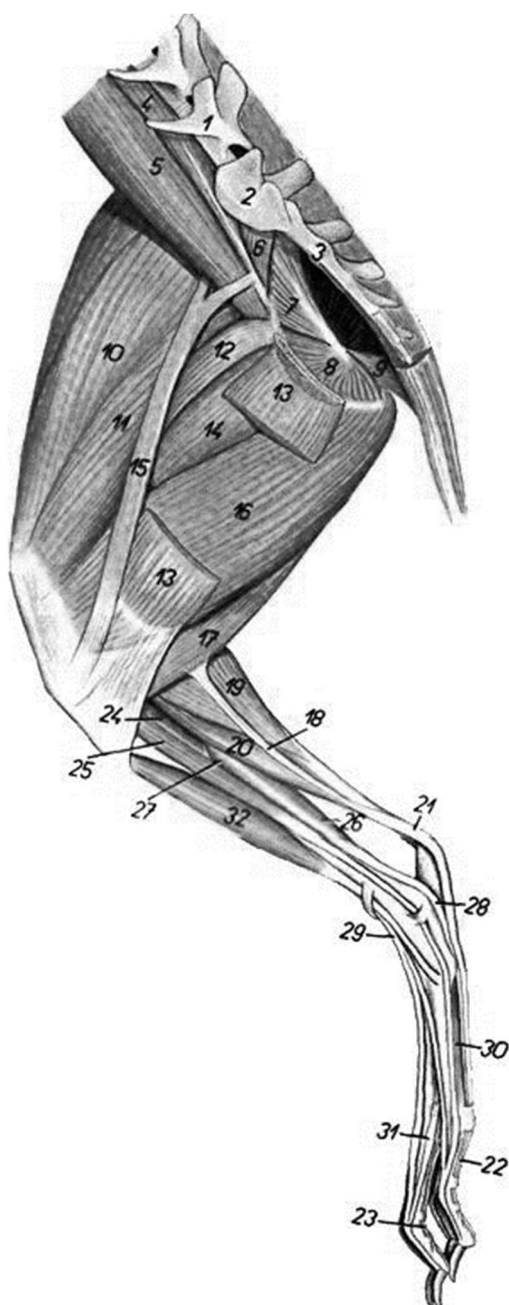


Рисунок 16 - Мышцы тазовой конечности кролика (Попеско П., 1974)

Примечание - 1 - поясничный позвонок, 2 - крыло тазовой кости, 3 - латеральная часть крестцовой кости, 4 - малая поясничная мышца, 5 - большая поясничная мышца, 6 - медиальная подвздошная мышца, 7 - подвздошная часть внутренней запирающей мышцы, 8 - внутренняя запирающая мышца, 9 - хвостовая мышца, 10 - прямая мышца бедра, 11 - медиальная широкая мышца, 12 - гребешковая мышца, 13 - стройная мышца, 14 - аддуктор, 15 - портняжная мышца, 16 - полуперепончатая мышца, 17 - полусухожильная мышца, 18 - добавочное сухожилие полусухожильной мышцы, 19 - икроножная мышца, 20 - поверхностный сгибатель пальцев, 21 - сухожилие поверхностного сгибателя пальцев, 22 - ветвь поверхностного сгибателя пальцев ко 2 пальцу, 23 - ветвь поверхностного сгибателя

пальцев к 3 пальцу, 24 - подколенная мышца, 25 - разгибатель 2 пальца, 26 - задняя большеберцовая мышца, 27 - длинный сгибатель 1 пальца, 28 - сухожилие глубокого сгибателя пальцев, 29 - длинный разгибатель пальцев, 30 – вторая межкостная мышца, 31 - коллатеральная ветвь межкостной мышцы к 3 пальцу, 32 - передняя большеберцовая мышца.

Таким образом, кости скелета проксимального сегмента свободной части конечности конечностей кролика, являясь частью опорно-двигательного аппарата животного с максимально развитым дорсомобильным галлопирующим типом локомоции, максимально дифференцированы по выполняемым функциям. Они отличаются в своем строении от костей типичных пальцеходящих животных. Передние конечности кролика предназначены для принятия веса животного в момент приземления и лишены вращательных движений в локтевом суставе, в отличие от костей псовых. Плечевая кость имеет прямой диафиз, минимально выражены апофизы, облегченный мышечный каркас передних конечностей не способен подтягивать туловище вперед, как у парнокопытных. Плечевая кость значительно короче бедренной кости. Бедренная кость кролика является звеном пружинного механизма, обеспечивающего галлопирующую локомоцию. Проксимальный эпифиз кости несет три вертела, к которым прикрепляются мышцы, обеспечивающие толчок при прыжке и совместную работу тазовой конечности с поясничным отделом позвоночника. Высокое расположение большого вертела ограничивает отведение конечности и стабилизирует локомоторный аппарат животного при линейных движениях.

1.4. Биомеханические предпосылки к возникновению особенностей строения костей проксимального сегмента свободных конечностей современного человека

Homo sapiens

Прямохождение, присущее человеку, представляет собой сложный биомеханический акт, который формировался в течение всего периода существования вида *Homo sapiens*. Успешность нашего вида связана прежде всего

с его бипедальностью и асимметричным типом локомоции, который проявляется последовательным переносом веса тела на одну из конечностей [124, 152, 157, 225, 314]. Вертикальное расположение туловища обеспечивается перестройкой всего опорно-двигательного аппарата. Изменилось строение осевого скелета. Позвоночный столб стал выполнять роль амортизатора - гасить колебания, возникающих при ходьбе. Стабилизация вертикального положения тела в разных плоскостях привела к возникновению его изгибов и вызвала плоскостную переориентацию суставных поверхностей *processus articularis* в разных отделах позвоночного столба. Для уравнивания действия сил на скелет во фронтальной плоскости (правое плечо – левое плечо) суставные поверхности *processus articularis* грудных позвонков расположены фронтально [240]. Биомеханически выгодные ограничения бокового смещения в поясничном отделе, выше центра масс, привели к сагиттальному расположению суставных поверхностей *processus articularis* в этом отделе [28, 85, 177, 444]. Для предотвращения потери вертикального положения тела усилился связочно-мышечный каркас спины, что в свою очередь, привело к видоизменению формы грудной клетки. Поперечные размеры грудной клетки стали преобладать над передне - задними [326]. Поддержание равновесия в сагиттальной плоскости вызвало усиление *m. erector spinae*. Под действием тяги последней сформировался угол ребра и глубокие легочные борозды на внутренней поверхности грудной клетки. В сагиттальной плоскости ребра как-бы окружили позвоночный столб. Спина человека приобрела плоское строение, сформировался баланс сил, действующих на передней и задней поверхности туловища [183, 227]. Лопатка под действием вертикального положения тела сместилась кзади и стала располагаться параллельно фронтальной плоскости, ключица приобрела изогнутость кзади. В след за костями пояса верхней конечности плечевой сустав стал располагаться параллельно фронтальной плоскости по бокам туловища. Верхняя конечность приобрела максимальную биомеханическую степень свободы, амплитуда движений в суставах, по сравнению с животными резко увеличилась. Она превратилась в орган труда, практически утратила функцию органа опоры.

Эволюционные изменения затронули пояс верхних конечностей и дистальные отделы руки. Биомеханически система свободной верхней конечности стала принимать активное участие в осуществлении трудовых локомоций, но и не потеряв своей роли в поддвержении вертикали туловища при ходьбе. В результате перестройки скелета грудной клетки и перемещения плечевого сустава на боковую поверхность тела мышцы пояса верхних конечностей и плеча у человека приобрели максимальную степень развития. Они обеспечили не только функционирование многоосного плечевого сустава, но и удержание суставных поверхностей плечевого и локтевого суставов на максимально близком расстоянии [90, 100]. Развитие мышц вращательной манжеты плеча у человека: надостной, подостной, круглой, подлопаточной и дельтовидной мышц привели к скрученности диафиза плечевой оси по вертикальной оси. Головка плечевой кости относительно локтевого сустава развернулась на 145–170 градусов, сформировался угол ретроверсии головки [22, 153, 241]. Степень скрученности с возрастом уменьшается, что связывают с дисбалансом мышц вращательной манжеты плеча [101, 359, 441]. Вертикальная торсионная деформация руки на уровне плечевой кости обеспечила изменение положения локтевого сустава. Благодаря ей, локтевые суставы человека направлены строго кзади, а ладонная поверхность кисти в физиологическом положении развернулась к туловищу. С увеличением функциональной активности предплечья и кисти – развитию вращательных движений, локтевой сустав видоизменился. В осуществлении ротационных движений предплечья большую роль стали играть плечелучевое сочленение и мышцы-вращатели [101, 126, 216]. Все отделы свободной конечности, а особенно предплечье, по сравнению с животными, укоротились и приобрели дополнительную свободу движений. Асимметричный тип локомоции, маятникообразные движения рук, перекрестная асимметрия с движениями ног гасят торсионные движения позвоночного столба и препятствуют потере равновесия при ходьбе. При этом сильнее выражены маятникообразные движения рук у левой руки правой, а у левой руки редко они бывают более выраженными в правой руке [320]. Левая рука у правой более вынослива к статическому усилию,

чаще служит опорой, тогда, как правая рука обладает большим объемом локомоции и их точностью [226, 275, 292]. У преобладающего большинства населения земли более развита правая рука, а доминирование левой руки рассматривается, как отклонение от типичной асимметрии [55, 82, 392, 404]. При этом авторы, исследующие функциональную асимметрию конечностей человека, практически не учитывают факт многозвеньевости строения конечностей человека и их функциональную дифференциацию. Как правило, в оценке функционирования верхней конечностей анализируется работа только дистальных сегментов конечностей [207, 324]. На уровне нижних конечностей до сих пор представлений о четком доминировании одной из конечностей нет [32, 41, 94, 178].

Вертикальное положение тела и бипедальная локомоция привели к морфологическим изменениям в нижней конечности. В первую очередь это касается изменений в строении пояса нижней конечности. Крылья тазовых костей развернулись горизонтально, таз приобрел воронкообразную форму. Широко расставленные тазобедренные суставы способствуют увеличению площади опоры. Тазовые кости при соединении с крестцом образовали амфиартроз и имеют наклонное положение [69, 193, 203, 240]. В качестве адаптации к вертикальному положению тела можно рассматривать увеличение объема вертлужной впадины, что привело к ограничению амплитуды движений в многоосном тазобедренном суставе [56, 250]. Мышцы пояса нижних конечностей приобрели массивность, не характерную для животных. Это касается *m. iliopsoas*, *m. gluteus maximus*. Они обеспечивают не только движения в тазобедренном суставе, но и гарантируют вертикальное положение туловища [92, 122, 379, 418]. Считается, что поддержание вертикального положения тела во фронтальной плоскости обеспечивается только работой мышц [270, 388].

Под действием силы тяжести уменьшился угол наклона сравнительно длинной шейки бедренной кости к ее диафизу. Диафиз бедренной кости сместился кзади, под действием силы тяжести и тяги мышц тазового пояса сформировался угол антеверсии шейки [19, 21, 92, 381]. Развились мышцы бедра, они приобрели многоглавое строение. Связочный аппарат коленного сустава изменил свое

расположение таким образом, что натяжение связок стало совпадать с разгибанием в суставе [440]. Увеличение массивности трехглавой мышцы голени, натяжение Ахиллова сухожилия препятствует запрокидыванию тела на уровне коленного сустава. Как и на уровне верхних конечностей, максимальные изменения произошли в дистальном отделе ноги. Мышцы стопы укрепили ее как в продольном, так и в поперечном направлении. Вместе с развитым связочным аппаратом они обеспечивают плавность и упругость движений по земле. Стопа человека имеет сводчатое строение.

Принципиальным моментом, определяющим особенности строения костей нижних конечностей, является их формирование под действием силы тяжести и силы тяги мышц, обеспечивающих локомоцию [2]. Наибольшие структурные изменения в диафизах вызываются статической нагрузкой и динамической нагрузкой на сгибание, а осевые механические воздействия в большей степени влияют на строение эпифизов длинных трубчатых костей человека [218, 305]. Для человека в момент постановки стопы на землю характерен двойной перекал с пятки на носок и снаружи внутрь, отличающий его от всех остальных животных [435]. Начальным этапом такого движения является сгибание в тазобедренном суставе неопорной конечности. Работа ягодичных мышц вместе со сгибанием приводит к наружной ротации ноги, располагая стопу в позиции максимально увеличивающей площадь опоры. Следом за сгибанием в тазобедренном суставе нога сгибается в коленном, а затем в голеностопном. В момент опоры на стопу коленный сустав разогнут, но закреплен связками, что позволяет выполнять ему наряду с суставами стопы рессорную функцию. Далее, под действием тяжести и инерции тела, нога несколько сгибается в коленном суставе и разгибается в голеностопном суставе. Баланс работы задней группы мышц голени и передних мышц бедра удерживает вертикальное положение туловища [239, 280, 328]. Нога полностью выпрямляется. Отталкивание от опорной поверхности происходит за счет сокращения четырехглавой, полусухожильной, полуперепончатой, длинной головки двуглавой мышцы бедра и, главным образом, ягодичных мышц. В тазобедренном суставе в этот момент вновь происходит отведение и вращение,

только в этот раз внутрь. В фазе заднего шага маховая нога разогнута, несколько отведена и повернута внутрь, что приводит к инерционному повороту туловища и таза в противоположную сторону. В этом положении маховая нога начинает сгибаться в тазобедренном и коленном суставе. Направленность такого движения обеспечивают подвздошно-поясничная, приводящая мышцы, мышцы заднего отдела бедра и отчасти разгибатели стопы. Сокращение четырехглавой мышцы бедра приводит к тому, что выпрямленная в тазобедренном и максимально согнутая в коленном суставе нога на уровне коленного сустава получает мощный толчок к разгибанию, голень выбрасывается вперед (Рисунок 17). После этого начинается новый цикл движения [403, 462, 463].

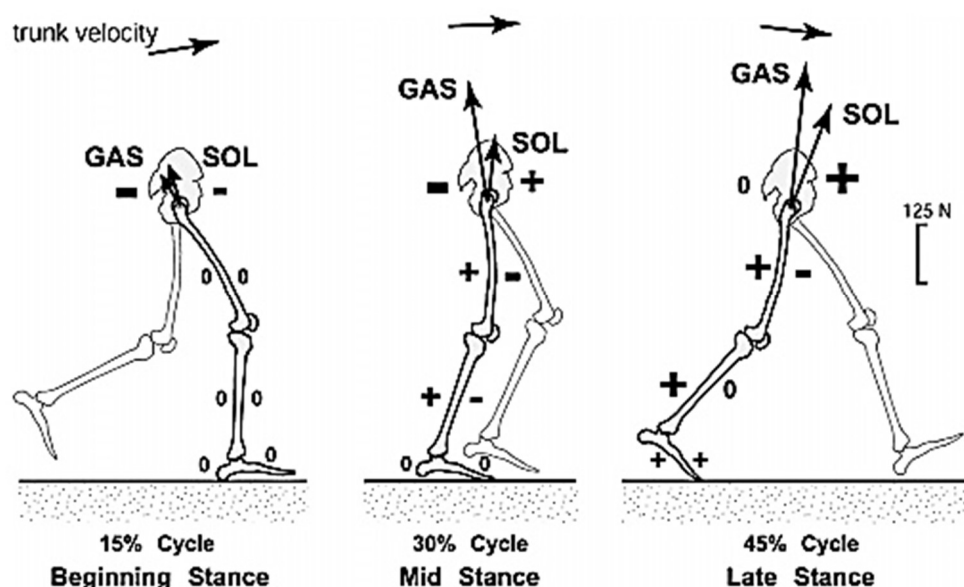


Рисунок 17 - Действие сил на тело человека в момент ходьбы и работа мышц (F.E. Zajac et al., 2003).

Примечание - SOL-односуставные флексоры стопы, GAS –двусуставной флексор стопы.

Смещение центра тяжести при ходьбе в норме происходят в боковом и в вертикальном направлении. Они связаны с перемещением на опорную ногу всей массы тела. Во фронтальной плоскости в состоянии покоя центр тяжести нашего тела незначительно (на 2,6 мм у мужчин и на 1,3 мм у женщин) смещен вправо, т. е. правая нога принимает несколько большую нагрузку, чем левая. В норме все

колебания центра тяжести происходят непосредственно над площадью опоры за счет чего и сохраняется прямохождение. Чем ходьба быстрее, тем эти колебательные движения меньше, что объясняется влиянием инерции тела [205, 310, 346, 462,]. Колебания позвоночного столба вперед-назад в норме отсутствуют, следовательно, по этому признаку человека можно отнести к представителям животного мира с дорсостабильным асимметричным типом локомоции.

И так, не подлежит обсуждению факт влияния работы мышц на формирование скелета в целом и, в частности, на формирование костей проксимального сегмента конечностей человека. А степень развития костных структур не может не отражать особенности локомоции современного человека.

Первые значимые исследования длинных трубчатых костей на выборках, репрезентативных по отношению к популяции вида *Homo sapiens*, были выполнены в IX-XX веках на материале, полученном при вскрытии захоронений (в том числе и массовых захоронений) средних веков, начала и первой половины 20 века [148, 166, 238, 274]. Несмотря на использование объективных методов остеометрии, исследователи тех лет при интерпретации полученных данных совершенно не учитывали особенности функциональной биомеханической нагрузки на кости разных сегментов конечностей современного человека. Это касается увеличения в геометрической прогрессии в популяции людей количества лиц, занятых интеллектуальной деятельностью и, вследствие этого, перераспределением соотношения объема выполняемой мелкой моторики пальцев и кисти, и силовой нагрузки проксимального и среднего сегмента руки в пользу первой, изменений в строении нижней конечности из-за преобладания сидячего образа жизни и набора веса, увеличения продолжительности жизни в человеческой популяции и, как следствие, повышения нагрузки на нижние конечности.

Все вышесказанное, наряду с феноменом функциональной асимметрии конечностей, не может не отражаться на строении костей скелета проксимального звена свободной части конечностей человека и должно сопровождаться явлениями асимметрии структурной организации и проявиться тонкими различиями в строении и степени развития анатомических структур контрлатеральных костей.

Однако, при исследовании массовых захоронений разных исторических эпох, ряд авторов указывают на проявление асимметрии в строении костей лишь в длине и поперечном размере обоих эпифизов [204, 274, 281, 292, 409], что в наше время, явно недостаточно для понимания тонкой структурной организации кости как органа, степени вовлеченности функционально различных анатомических структур кости в процесс адаптации к меняющейся по многим параметрам функциональной нагрузке, очередности наступления этих изменений.

1.4.1. Плечевая кость как часть скелета верхней конечности современного человека

Плечевая кость человека является частью проксимального сегмента верхней конечности (Рисунки 18 - 19). Эта длинная трубчатая кость, размеры которой в популяции современных людей достаточно вариабельны. Они зависят от роста человека, соматотипа, принадлежности к этнической группе, степени развития скелета, пола и возраста [9, 10, 135, 149, 224, 204, 414, 421, 422]. Независимо от перечисленных выше факторов, определяющих степень развития кости, формирование кости и степень выраженности ее структур в первую очередь находятся под влиянием мышечной работы.

В связи с бипедальностью человека и ее влиянием на строение скелета, многие авторы, изучающие анатомию плечевой кости, указывают на наличие асимметрии ее размеров в зависимости от принадлежности к стороне тела, которая, как правило, не подтверждается статистически. Так, длина справа варьирует в диапазоне от $292,3 \pm 22,9$ мм до $309,8 \pm 18,1$ мм, слева от $289,45 \pm 21,8$ мм до $307,0 \pm 2,01$ мм [21, 251, 252, 256, 285, 298]. Так же данные литературы противоречивы в отношении связи размеров плечевой кости с полом и возрастом [336, 413, 421, 428].

На проксимальном эпифизе плечевой кости медиально определяется полусферической формы головка – *caput humeri*. Размеры головки также

вариабельны, у мужчин несколько больше, чем у женщин, но статистически достоверных отличий в размерах нет.

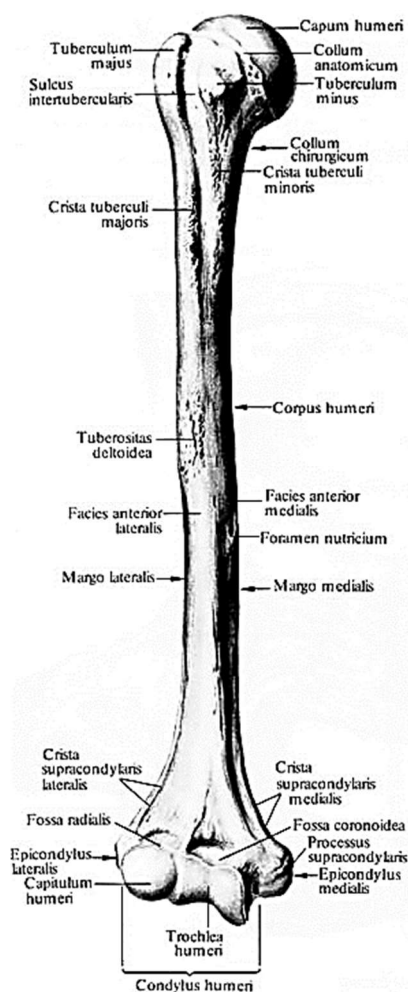


Рисунок 18 - Правая плечевая кость.

Вид спереди (Синельников Р.Д.,
Синельников Я.Р., 1989)

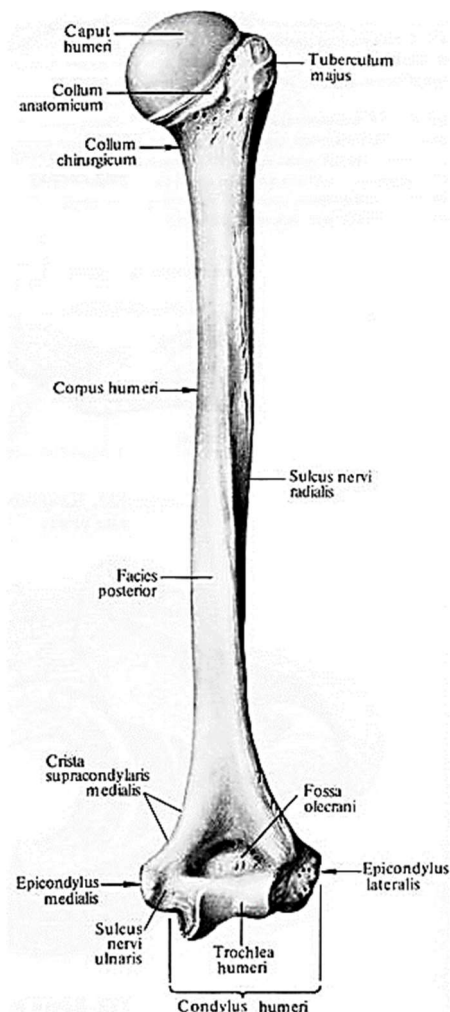


Рисунок 19 - Правая плечевая кость.

Вид сзади (Синельников Р.Д.,
Синельников Я.Р., 1989)

По данным В.И. Пашковой (1978) головка имеет вертикально вытянутую форму. Ее вертикальные размеры в среднем на 4 мм больше горизонтальных независимо от пола [166]. Анализ данных современных исследований размеров плечевых костей указывает на увеличение размеров головки. В среднем верхне-нижний размер головки $47,6 \pm 4,8$ мм [299, 333, 354, 390]. Головка соединяется с диафизом при помощи практически не выраженной анатомической шейки плеча. Вертикальный размер шейки $30,1 \pm 3,27$ мм у женщин и $32,5 \pm 4,96$ мм у мужчин

[138, 306]. Для анализа амплитуды движений в плечевом суставе и ее зависимости от геометрии проксимального эпифиза плеча в середине прошлого века стали использовать угол между краем суставной поверхности головки и осью диафиза кости. Его величина составляет от 40 до 47 градусов [330, 341, 347, 356]. Величина диафизарношеечного угла (инклинации головки) составляет от 132° до 141° и не показывает достоверных различий по полу и возрасту [322, 376, 378, 389]. Такое косое расположение диафиза кости по отношению к краю суставной поверхности полусферы головки обеспечивает максимальную амплитуду отведения руки в плечевом суставе во фронтальной плоскости [299]. Головка плечевой кости обращена кзади от оси диафиза и плоскости дистального эпифиза. Степень ретроверсии в среднем составляет 18,6°. Она формируется под действием тяги мышц, расположенных позади плоскости сустава и обеспечивающих разгибательно-супинационные движения плеча: *m. infraspinatus*, *m. teres minor* (рисунок 20) [53, 101, 179, 306, 310, 331, 337, 429].

Латерально на проксимальном эпифизе плечевой кости четко определяется большой бугорок - *tuberculum majus*. Его поверхность имеет несколько площадок для прикрепления мышц. В верхней части прикрепляется *m. supraspinatus* – отводящая плечо; сзади сверху вниз – *m. infraspinatus* et *m. musculus teres minor* – мышцы супинаторы. Поперечный размер проксимального эпифиза, измеренный между головкой и большим вертелом, в среднем для правой плечевой кости равен $6,9 \pm 1,2$ мм и для левой $7,1 \pm 1,1$ мм [166, 376, 378, 389, 415, 402, 422].

На передней поверхности плечевой кости располагается *tuberculum minus*. Его верхушка расположена несколько ниже верхушки большого бугорка. К малому бугорку прикрепляется *m. subscapularis* – пронатор плеча.

От бугорков вниз отходят их гребни. К *crista tuberculi majoris* прикрепляется *m. pectoralis major* – мышца, пронатор, сгибатель и аддуктор плеча. К *crista tuberculi minoris* сверху вниз прикрепляются *m. latissimus dorsi* et *m. teres major*. Широчайшая мышца спины обеспечивает разгибание, приведение и пронацию в плечевом суставе. Большая круглая мышца, помимо пронации и приведения, тянет руку кзади и книзу [354]. Мышцы, отвечающие за осуществление супинационно-

пронационных движений в плечевом суставе, также играют большую роль в сближении суставных поверхностей и стабилизации плечевого сустава [21, 161, 167, 293, 379, 429, 444, 448].

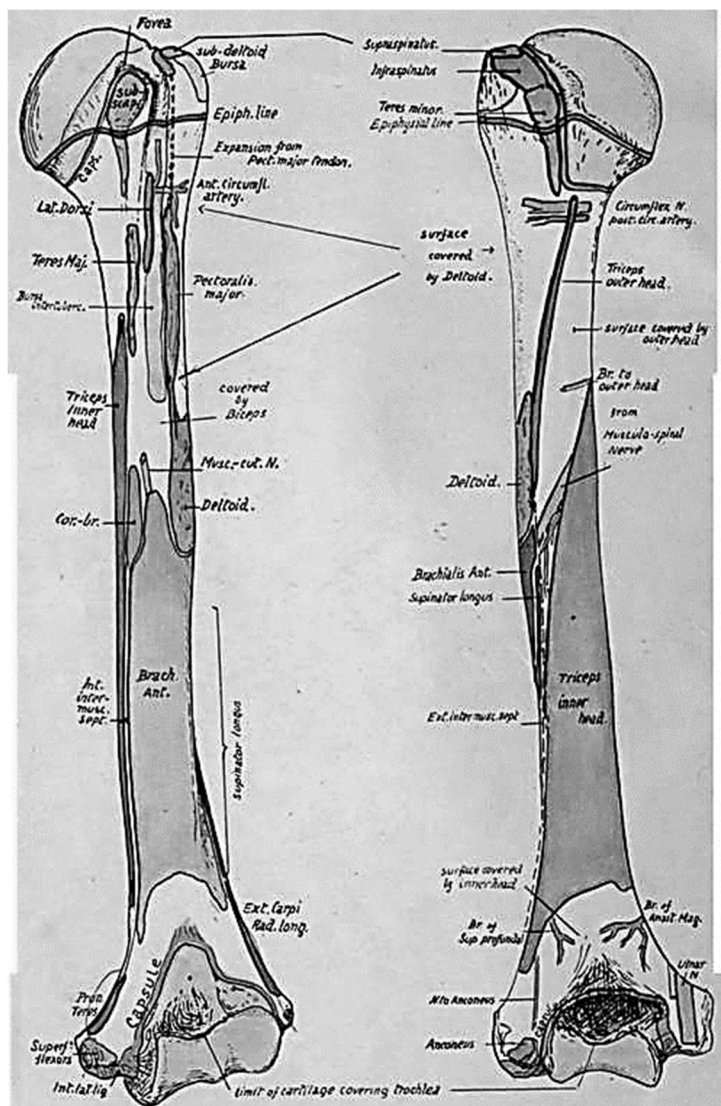


Рисунок 20 - Места прикрепления мышц на плечевой кости (J. Ernest Frazer The Anatomy Of The Human Skeleton, J. & A. Churchill, 1920 with 219 illustration)

Между гребнями располагается *sulcus intertubercularis*. В ней проходит длинная головка бицепса, обеспечивающая сгибание плеча и предплечья. Она не прирастает к плечевой кости, но играет важнейшую роль в функционировании конечности. Длинная головка бицепса вертикально сближает суставные

поверхности плечевого сустава, а вместе с короткой головкой ограничивает ротационные движения плеча [243, 391, 398, 406]. Степень выраженности межбугорковой борозды является видоспецифичным признаком *Homo sapiens* [4, 146, 148, 166]. Средняя длина межбугорковой борозды составляет около 8,1 см и соответствует 25, 2% длины плечевой кости. Ширина - 10,1 мм или 49,7 % - 54,5 % ширины диафиза плечевой кости. Глубина межбугорковой борозды достигает 4,0 мм [244, 341, 378]. Данных об отличии в размерах на правой и левой костях в доступной литературе нет.

Диафиз плечевой кости специфически скурчен. В верхних отделах плечевой кости он имеет форму, приближенную к окружности. Данные Murlimanju B.V., 2012 г. Указывают, что на уровне верхней трети диаметры диафиза переднезадний-поперечный равны: справа $27,5 \pm 4,3 \times 27,4 \pm 4,3$ мм, слева $24,6 \pm 3,9 \times 25,5 \pm 3,8$ мм [249]. В верхней части диафиза сечение диафиза практически имеет округлую форму. По данным В.Н. Николенко и О.А. Фомичевой, в средней части диафиза плечевой кости образуется характерная небольшая сдавленность с боков или вытянутость в сагиттальном направлении. Форма поперечного сечения средней части диафиза кости связана с соматотопом людей. Для долихогумерального типа она овальная, мезогумерального типа - округлая, брахигумерального типа вытянутая в поперечном направлении [22, 153].

На уровне середины диафиза латерально располагается *tuberositas deltoidea*. К ней прикрепляется дельтовидная мышца, обеспечивающая сгибание, отведение и разгибание плеча. Длина *tuberositas deltoidea* колеблется в пределах 43 - 79 мм; зависимости от пола и принадлежности к стороне тела исследователи не выявили [258, 276, 347, 376, 397, 430]. На передней медиальной поверхности к диафиру прикрепляется *m. coracobrachialis*. Она обеспечивает сгибание и приведение плеча.

Ниже середины длины плечевой кости диафиз приобретает треугольное сечение и к дистальному эпифизу уплощается в переднезаднем направлении. В области дистального эпифиза диафиз изгибается кпереди. Практически на всей передней поверхности диафиза в этом отделе кости прикрепляется *m. brachialis*, обеспечивающая сгибание в локтевом суставе. К латеральному краю диафиза на

уровне плечевой мышцы прикрепляется *m. brachioradialis*. Ее функция заключается в сгибании предплечья и супинации лучевой кости в физиологическое положение, обеспечивающее поворот предплечья с расположением ладонной поверхности кисти к туловищу [19, 21, 187]. К задней поверхности диафиза прикрепляются латеральная и медиальная головки *m. triceps brachii* – разгибающие предплечье.

В дистальном отделе по краям диафиза четко определяются латеральный и медиальный надмыщелковые гребни – *cristae supracondylaris lateralis et medialis* кости. К латеральному надмыщелковому гребню прикрепляется *m. extensor carpi radialis longus*, которая преимущественно обеспечивает разгибание кисти и ее отведение и играет роль в сгибании руки в локтевом суставе. К медиальному надмыщелковому гребню прикрепляются *m. pronator teres*, обеспечивающая пронацию и сгибание предплечья.

Дистальный эпифиз плечевой кости имеет сложное строение и предстает мышцелком, состоящим из медиально расположенного блока – *trochlea humeri* и латерально расположенной головочки – *capitulum humeri* и надмыщелками. Медиальный надмыщелок – *epicondylus medialis* – сгибательный. Он является местом прикрепления *m. flexor carpi radialis*, *m. palmaris longus*, *m. flexor carpi ulnaris*, *m. flexor digitorum superficialis*, обеспечивающих сгибание кисти, пальцев и приведение кисти. Латеральный надмыщелок – *epicondylus lateralis* – разгибательный. К нему прикрепляются мышцы разгибатели запястья и пальцев, мышца супинатор и локтевая мышца.

На передней поверхности выше блока располагается венечная ямка – *fossa coronoidea*, над головочкой – *fossa radialis*. На задней поверхности расположена глубокая ямка для локтевого отростка – *fossa olecrani*. Блок плечевой кости имеет вид катушки, расположенной косо по отношению к горизонтальной плоскости. Его медиальный гребень выражен сильнее латерального. Между гребнями спирально располагается борозда, которая разделяет блок на две неравные по размерам поверхности – медиальную и латеральную. На задней поверхности дистального эпифиза гребни блока ограничивают локтевую ямку. Поперечная ось блока с осью диафиза образуют кондило-диафизарный угол плеча или угол блока, описанный в

методике остеометрии В.П. Алексеева (1966). Данный угол обеспечивает приближенное к туловищу расположение дистальной части плечевой кости. Однако описаний его размеров в литературе не встречается. Также нет информации по величине угла наклона направляющей борозды блока. В доступной русскоязычной литературе имеется информация лишь о величине поперечного размера дистального эпифиза от 55 до 65 мм у женщин и 55 - 79 мм у мужчин [148, 166, 252, 292, 298]. Информации о размерах блока, его частей, размерах надмыщелков, выраженности ямок нет.

Сложную геометрию дистального эпифиза попытались в 2017 изучить иностранные исследователи [251]. По их данным, ширина дистального эпифиза справа $58,21 \pm 4,28$ и $56,36 \pm 5,01$ мм слева. Высота головочки больше ее ширины у правой кости ($18,32 \pm 1,60 \times 15,84 \pm 1,21$ мм). Левая плечевая кость на дистальном эпифизе имеет более сферическую форму головочки ($17,34 \pm 1,84 \times 17,12 \pm 1,84$ мм). Размеры бока не показывают таких ярких отличий: справа $21,13 \pm 1,92 \times 17,71 \pm 2,34$ мм и слева $20,71 \pm 2,04 \times 15,88 \pm 2,38$ мм. Также авторы указывают на увеличение всех исследуемых размеров локтевой ямки левой плечевой кости (Таблица 1).

Таблица 1 - Размеры ямок дистального эпифиза по А. Кабаксі, 2017г

	верхне-нижний размер, мм		поперечный размер, мм		глубина, мм	
	правая	левая	правая	Левая	правая	Левая
Локтевая ямка	$19,10 \pm 1,45$	$19,46 \pm 1,94$	$24,72 \pm 2,31$	$25,16 \pm 2,45$	$13,41 \pm 1,78$	$14,60 \pm 1,44$
Венечная ямка	$11,24 \pm 1,59$	$12,54 \pm 7,66$	$12,95 \pm 1,73$	$12,42 \pm 2,07$	$7,44 \pm 1,14$	$6,82 \pm 1,35$
Лучевая ямка	$8,52 \pm 1,23$	$8,03 \pm 1,43$	$12,82 \pm 1,79$	$10,90 \pm 1,89$	$3,41 \pm 1,1$	$3,34 \pm 1,01$

Степень развития костных структур зависит от развития мышечного каркаса, окружающего кость. Кинезиотерапевты, спортивные медики, врачи -

реабилитологи в конце 20 века обратили внимание не только на расположение мышц, но и на их совместное функционирование.

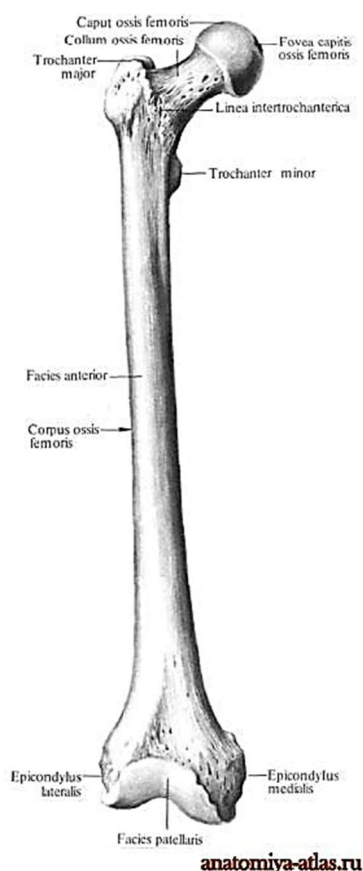
Анализ совместной работы мышц, расположенных на разных областях тела, но функционирующих вместе позволил сформировать понятие кинезиологических мышечных спиралей [79, 106, 208]. Так, на уровне верхних конечностей выделяют две взаимозакрученные поверхностные и две глубокие мышечные спирали [180]. Они начинаются на теле и соединяют воедино мышцы, фиброзный связочный каркас, надкостницу и суставы. Глубокая вентральная цепь руки на уровне плеча передает силовые нагрузки от медиальной поверхности проксимального эпифиза плеча на латеральный надмыщелок и далее на лучевую кость. Поверхностная вентральная цепь, в свою очередь, объединит ключицу, большую грудную мышцу через медиальную межмышечную перегородку с медиальным надмыщелком и сгибателями запястья. Глубокая дорсальная цепь начнется на уровне лопатки, будет включать мышцы вращательной манжеты плеча, трицепс и медиальный надмыщелок плечевой кости, локтевой отросток локтевой кости и завершиться на медиальной поверхности запястья. Поверхностная дорсальная цепь руки начнется с трапецевидной мышцы, далее переходит на дельтовидную мышцу и через латеральную межмышечную перегородку перейдет на латеральный надмыщелок и разгибатели запястья [99, 184]. В результате плечевая кость располагается в центре пересечения траекторий мышечных сил, обеспечивающих не только изолированную функциональную активность руки, но стабилизацию вертикального положения тела.

1.4.2. Бедренная кость как часть скелета нижней конечности современного человека

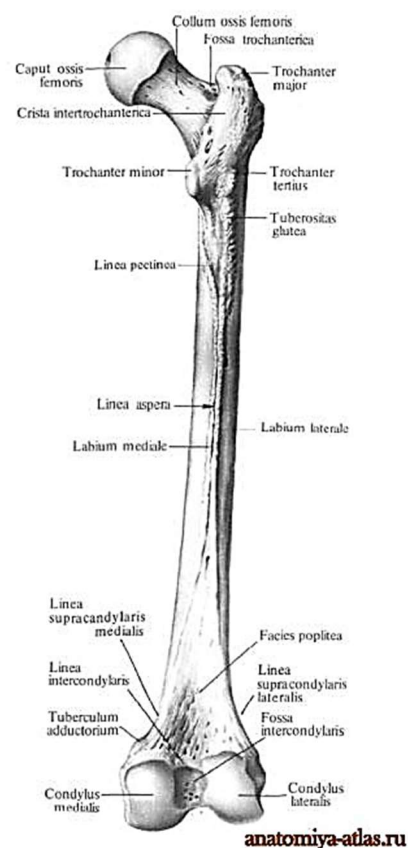
Постоянно растущая частота дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата, развитие эндопротезирования крупных суставов нижней конечности вызвали огромный интерес к строению бедренной кости, и, казалось бы, оно должно быть на настоящий момент полностью изучено. Однако,

в литературе информация о степени выраженности структур бедренной кости достаточно разнородна. Отсутствуют так же данные о структурной организации бедренной кости человека и изменениях, вызванных различиями функциональной нагрузки.

Бедренная кость человека составляет костную основу проксимального отдела свободной нижней конечности человека (Рисунки 21-22). Размеры бедренной кости переменны и, по данным В.Н. Николенко и соавт. (2006), ее длина составляет $43,48 \pm 0,45$ см [83, 95, 352]. По данным других авторов длина бедренной кости может достигать 52 см [148, 166, 174, 318, 451]. Н.Н. Медведева в 2004 указывает на увеличение длины трубчатых костей у современного населения, по сравнению с людьми, жившими в средние века [135]. Исследования полового, возрастного и популяционного диморфизма отличий в строении бедренной кости современного человека статистически достоверных различий не выявили, так же не выявлена связь с соматотипом человека [209, 296, 375, 377].



передняя поверхность



задняя поверхность

Рисунок 21 - Правая бедренная кость

Проксимальный эпифиз кости представлен головкой, шейкой и большим вертелом. Ширина проксимального эпифиза варьирует от $8,37 \pm 0,60$ см до $9,61 \pm 0,10$ см [1, 30, 66, 95, 238, 396, 425]. Головка – *caput femoris* имеет форму незавершенной сферы, занимая среднее положение между сферой и овоидом [67, 145, 150, 268]. Ее размеры переменны и, по мнению ряда авторов, определены полом. Хотя достоверных различий в величине головки бедренной кости на данный момент нет. Продольный диаметр головки бедренной кости у мужчин 42,4 - 53,5 мм (среднее значение 48,7 мм), поперечный – 43,0 - 53,0 мм (среднее значение 48,6 мм). Продольный диаметр головки у женщин варьирует от 38,5 до 48,9 мм (среднее значение 42,9 мм), поперечный – от 39,1 до 48,1 мм (среднее значение 43,0) [1]. И.В. Найнис (1972) заметил, что вертикальный диаметр головки бедренной кости несколько больше поперечного. Исследования последних лет эту информацию опровергают и указывают на большую сферичность суставной поверхности головки [66, 95, 96, 148, 238, 277]. Головка бедренной кости обращена медиально кпереди и располагается несколько выше большого вертела кости. На ее суставной поверхности несколько книзу и кзади от середины присутствует разной степени выраженности ямка для фиксации *lig. capitis femoris*. Внутри связки проходит артерия, питающая головку бедренной кости, а сама связка ограничивает патологические движения в тазобедренном суставе и принимает участие в стабилизации вертикального положения тела [26, 250]. Размеры ямки, ее площадь, глубина и положение на суставной поверхности головки достаточно переменны [250, 270, 306, 363].

С диафизом головка соединяется при помощи шейки – *collum femoris*. Для человека характерна уплощенная в передне - заднем направлении шейка, вертикальный диаметр которой равен $3,66 \pm 0,04$ см, сагиттальный диаметр - $2,98 \pm 0,04$ см. Данные о длине шейки достаточно противоречивы, что связано с различиями в методике определения последней. В доступной литературе указано, что в среднем длина шейки здоровой бедренной кости составляет от 20 мм до 45 мм [141, 142, 146, 217, 268]. Головка бедренной кости своей суставной поверхностью обращена кпереди от оси диафиза. Такое отклонение головки

кпереди связано с эволюционными изменениями нижних конечностей при формировании прямохождения. Угол отклонения в горизонтальной плоскости от оси диафиза получил название антеверсии шейки бедра. Считается, что он у взрослого человека в среднем равен 18 градусам, хотя данные литературы указывают на его большую вариабельность от 8° до 49°. Нижняя конечность ротируется кнутри в течение седьмой недели внутриутробного развития, поворачивая большой палец ноги к средней линии тела. С развитием плода антеверсия бедра снижается от 30° при рождении до 10° к периоду созревания. Изменяется угол антеверсии под действием тяги мышц, фиксирующихся к проксимальному эпифизу [62, 63, 202, 338, 339, 442, 452]. Антеверсия шейки бедренной кости играет ключевую роль в передаче веса тела на нижележащие отделы конечности. Отвесная линия центра тяжести головы начавшись впереди art. atlantooccipitalis, опускается вниз, проходит впереди X грудного позвонка, пересекает тело II крестцового позвонка и проецируется на 5 см позади тазобедренных суставов. Именно антеверсия шейки позволяет принять диафизу бедра весовые нагрузки [148, 249, 310, 380, 414, 461]. Затем книзу на уровне коленного сустава данная линия будет проходить на 0,5-1,5 см кпереди от сустава.

Шейка бедра соединяется с диафизом под углом во фронтальной плоскости. Величина шеечнодиафизарного угла различна и колеблется в диапазоне 120 - 138 градусов [311, 312, 348, 350, 405]. Асимметрии в значениях ДШУ контрлатеральных конечностей, связи с полом, расово-этнической принадлежностью у современных людей не выявлено [66, 217, 249, 307, 348, 375, 446]. Шейка бедренной кости соединяется с диафизом, при этом на передней поверхности образуется костный валик - *linea intertrochanterica*, а сзади массивный межвертельный гребень - *crista intertrochanterica*. Данные структуры образуются за счет противоположно направленной тяги мышц, начинающихся на туловище и фиксирующихся на линии и гребне, а также идущих от линии и гребня вниз на конечность. От межвертельной линии начинаются вверху *m. vastus lateralis* и ближе книзу и медиально *m. vastus medialis*, идущие к надколеннику. К межвертельному гребню фиксируется *m. quadratus femoris*, вращающая бедро кнаружи.

Межвертельный гребень соединяет между собой два вертела. Большой вертел – *trochanter major*, расположен вверху на латеральной поверхности диафиза. Его верхушка у человека расположена ниже головки и длина кости, измеренная от вертела на 1,5 - 2,0 см меньше длины, измеренной от головки. Между шейкой и большим вертелом располагается достаточно глубокая вертельная ямка – *fossa trochanterica*. Расстояние между верхушкой большого вертела и шейкой равняется $4,32 \pm 1,07$ см [141, 254, 312, 318, 401, 464]. В ней фиксируются к бедренной кости мышцы супинаторы – *mm. gemelli*, *mm. obturatorius externus et internus* (рисунок 22).

К вершине большого вертела вверху медиально прикрепляется *m. piriformis*, супинирующая и отводящая бедро. Латеральнее места прикрепления грушевидной мышцы располагается обширное плато для фиксации сухожилия *m. gluteus medius*, обеспечивающего поддержание вертикальной позы, отведение бедра и его вращение в обе стороны. При перенесении точки опоры к месту прикрепления мышцы на большом вертеле средняя ягодичная мышца наклоняет таз в сторону [21, 187, 194, 270, 328, 343].

На передней поверхности большого вертела латеральнее межвертельной линии прикрепляется *m. gluteus minimus* – отводящая ногу и поддерживающая вертикаль тела.

Медиально и книзу межвертельная линия и межвертельный гребень сближаются и заканчиваются малым вертелом – *trochanter minor*. Его основание расположено ближе к задней поверхности эпифиза, а вершина смещена кпереди. Такая позиция обусловлена тягой *m. iliopsoas*. Она имеет ключевое значение в сгибании тазобедренного сустава и его супинации. Супинационная активность мышц бедра не только играет формообразующую роль для проксимального эпифиза, но и позволяет максимально увеличить площадь опоры при стоянии [2, 163, 328, 343, 382, 399].

Специфическая форма проксимального эпифиза, формирование углов антеверсии и ДШУ обеспечивает передачу веса на диафиз бедренной кости. Под действием веса диафиз на середине длины кости выгибается кпереди в сагиттальной плоскости.

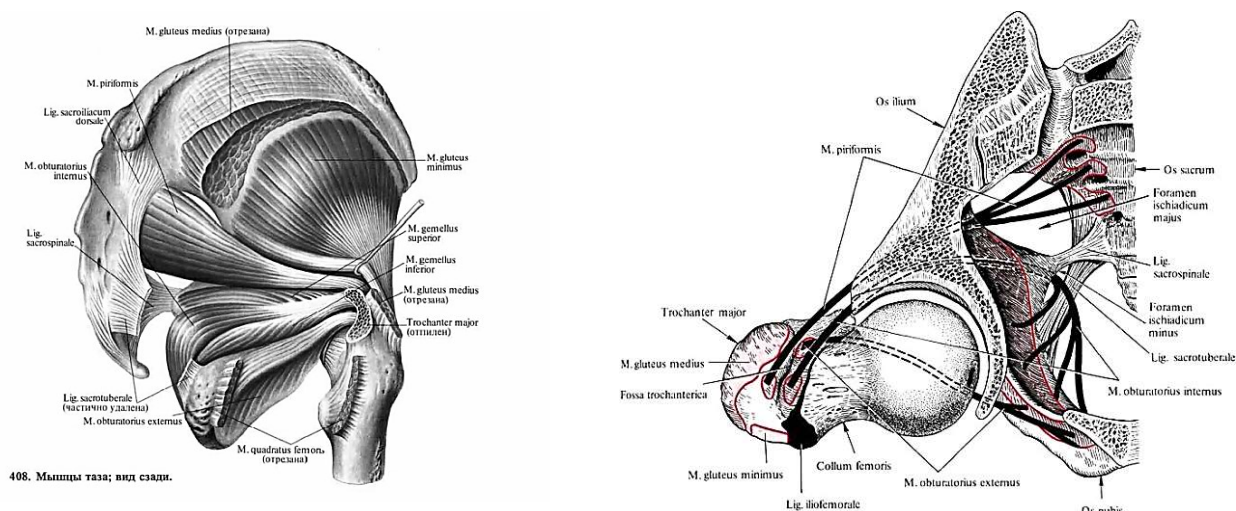


Рисунок 22 - Мышцы, обеспечивающие супинацию бедра (Синельников Р.Д., Синельников Я.Р., 1989)

На уровне середины длины кости ширина диафиза по данным В.Н. Николенко и соавт. (2009) составляет $2,93 \pm 0,03$ см, сагиттальный диаметр диафиза $3,18 \pm 0,06$ см. Отечественные и иностранные авторы также указывают на большее значение сагиттального размера диафиза [51, 154, 223]. Было выяснено, что у китайцев сечение диафиза имеет более округлую форму по сравнению с европейцами. А у афроамериканцев размеры диафиза больше, чем у европейцев [374, 380, 400, 426, 449, 461]. От верхних двух третей длины передней поверхности диафиза начинается *m. vastus intermedius*, а в нижней трети на передней поверхности прикрепляется *m. articularis genus*. Промежуточная широкая мышца бедра вместе с латеральной, медиальной и прямой мышцами образуют *m. quadriceps femoris*. Сухожилие четырехглавой мышцы бедра прирастает к бугристости большеберцовой кости и включает надколенник. Эта мышца, являясь разгибателем коленного сустава, обеспечивает вынос голени вперед, одновременно сгибая ногу в тазобедренном суставе. Суставная мышца натягивает капсулу сустава. На задней поверхности в проксимальной части диафиза от большого вертела вниз проходит *tuberositas glutea*. К ней фиксируется *m. gluteus maximus* - мышца, разгибающая тазобедренный сустав, обеспечивающая вертикаль туловища и пронирующая бедро. Начинаются губы шероховатой линии.

Медиально ниже малого вертела расположена *linea pectinea*. К ней прикрепляется одноименная мышца, обеспечивающая сгибание, приведение бедра и некоторую степень его супинации. От ягодичной бугристости вниз к дистальному эпифизу проходит латеральная губа шероховатой линии. От гребенчатой линии начинается медиальная губа шероховатой линии. Губы формируются под действием тяги мышц, прикрепляющихся на задней поверхности диафиза. К *labium laterale* фиксируются часть латеральной широкой мышцы бедра, затем более медиально прирастает межмышечная перегородка, а практически медиально – *m. biceps femoris* (короткая головка). Двуглавая мышца бедра разгибает бедро и сгибает голень в коленном суставе, вращая ее кнаружи. Перед *labium mediale* ниже гребенчатой линии медиально фиксируются промежуточная и медиальная широкие мышцы бедра. Затем, собственно на самой губе заканчиваются приводящие мышцы: *m. adductor brevis*, *m. adductor longus* и *m. adductor magnus*. Все они приводят бедро, сгибают его и супинируют. Нижняя порция большой приводящей мышцы прикрепляется на медиальном надмыщелке бедра, образуя приводящий бугорок – *tuberculum adductorium*. Поскольку, данная порция *m. adductor magnus* проходит позади оси тазобедренного сустава она является его разгибателем. К дистальному эпифизу губы расходятся, образуют подколенную поверхность, ограниченную двумя надмыщелками. К латеральному надмыщелку прикрепляются *m. plantaris* и латеральная головка *m. gastrocnemius*. К медиальному – медиальная головка *m. gastrocnemius*. Поскольку для вертикальной стабилизации нижней конечности обязательным условием является сильное развитие мышц задней поверхности голени, икроножная мышца срастется с камбаловидной, и единым сухожилием прирастет к пяточной кости. Ее функция сгибать коленный сустав и стопу, удерживать тело от падения вперед [21, 92, 198, 280]. Поскольку линия центра тяжести будет проходить на 0,5 - 1,5 см кпереди от коленного сустава.

Дистальный эпифиз кости представлен мыщелками, разделенными на задней поверхности межмышечной ямкой. Диафиз соединяется с эпифизом под углом. Угол наклона диафиза или кондилodiaфизарный угол в норме 8 - 14 градусов. Его изменения ведут к вальгусной или варусной деформации колен [34,

239, 461]. Ширина дистального эпифиза различна, но большинство авторов указывают, что средняя ширина дистального эпифиза укладывается в диапазон от 7 до 9 см [95, 301, 374]. Статистически достоверных отличий в размерах дистального эпифиза у лиц разных возрастов и полов не описано. Однако ряд исследователей считает, что среди представителей разных этнических групп и рас его размеры будут отличаться; так у европейцев мыщелки бедренной кости уже, чем у китайцев [374, 450].

На передней поверхности дистального эпифиза можно выделить надколенниковую поверхность- *facies patellaris*, от которой начинаются мыщелки. Четко они визуализируются на задней поверхности бедренной кости. Большим по размерам считается медиальный мыщелок. Так, Khalil Awadh Murshed (2005), изучая МРТ-снимки коленных суставов, заметил, что ширина латерального и медиального мыщелков для левой бедренной кости одинаковы, а для правой кости медиальный мыщелок практически на сантиметр шире латерального. Его данные о размерах мыщелков отличаются от данных В.Н. Николенко (2009), который указывает на доминирование в ширине латерального мыщелка. И.В. Гайворонский и соавт. (2015) пришел к выводу о том, что четкой связи с соматотипом, возрастом и полом при доминировании размеров того или иного мыщелка нет [50, 114]. Между мыщелками находится вырезка - *fossa intercondylaris*. Ее размеры в среднем около 2 см [51, 83, 95, 223, 238].

Формирование кости, ее постоянное ремоделирование происходит под действием силы тяжести и активной работы мышц. Бедренная кость человека располагается внутри мышечного массива бедра. И является частью биомеханического звена, участвующего в передаче веса тела, поддержании ортостатической позы и осуществлении движений. Сложная геометрия проксимального эпифиза связана с противодействием сил, работающих, как во фронтальной, так и сагиттальной плоскостях. Х.А. Янсон (1975), изучая биомеханику нижних конечностей, пришел к выводу о том, что развитие шейки бедра связано с действием сил тяжести, приложенным в вертикальном направлении. В результате формируется шейечно-диафизарный угол. Таким

образом, нагрузка всегда имеет плечо, по отношению к продольной оси бедра. Шейка в верхней своей части испытывает постоянное сжатие, в нижней находится под действием сил растяжения. Диафиз бедренной кости всегда находится в сложном напряженном состоянии, испытывая так называемый продольно-поперечный изгиб. В результате чего он изгибается кпереди, а на его задней поверхности формируется контрфорс, получивший название *linea aspera*. В подвертельной области происходит изменение направления векторов действующих сил, образуются два верхних контрфорса – межвертельная линия и гребень [34, 239]. Передача веса в нижележащие отделы конечности проходит через мышелки бедра, опорным при этом может оказаться любой из мышелков. Прохождение отвесной линии проекции общего центра тяжести тела (линии действия силы тяжести тела) впереди осей коленного и голеностопного суставов определяет распрямленное состояние коленного сустава при стоянии. При этом мышцы задней поверхности таза, передней поверхности бедра и задней поверхности голени, действуя совместно, препятствуют падению тела вперед.

Исследования биомеханики движений и поддержания ортостатической позы позволили на нижних конечностях определить наличие комплексов мышц, работающих совместно и образующих кинезиологические мышечные спирали [99, 170, 228].

Томас Майерс (2007) выделил в основу движения и вертикального положения тела 4 мышечные спирали, начинающихся на стопе и поднимающихся вверх: поверхностную фронтальную – включающую прямую мышцу бедра, глубинную фронтальную – включающую медиальный надмыщелок бедренной кости, шероховатую линию, приводящие мышцы, малый вертел и позвздошно-поясничную мышцу, латеральную спираль – состоящую из большой ягодичной мышцы и напрягателя широкой фасции и поверхностную линию спины, включающую задние мышцы голени и бедра [130]. П.Ф.Шапаренко в 1996 году в функциональном плане на нижних конечностях выделил три мышечные спирали: две супинационные, одну-пронационную [228]. Спираль наружной ротации, включала ягодичные мышцы, с четырехглавой мышцей бедра (широкую головку и

латеральную часть промежуточной головки). Большой вертел, ягодичная бугристость, как точки фиксации этих мышц, являются частью данной спирали. Эта спираль препятствует внутренней ротации конечности. Вторая кинематическая спираль представлена пояснично-подвздошной мышцей, которая проходит по передней поверхности тазобедренного сустава, прикрепляясь к малому вертелу бедренной кости. Тяга подвздошно-поясничной мышцы уменьшает напряжение сжатия под малым вертелом. Такое расположение мышц приводит к тому, что межвертельная линия служит перевалом напряжений; ниже этой линии появляется сила отличная по величине и направлению от сил, действующих на головку бедренной кости [63, 64, 98, 145, 146, 239]. Дистально вторая кинематическая спираль продолжается позади бедренной кости и переходит на двуглавую мышцу бедра. Вся цепь мышц, входящая в спираль, стабилизирует позицию бедра, противодействует внутренней торсии дистального отдела стопы. Третья спираль противостоит двум предыдущим. Это спираль, пронизывающая конечность. Она проходит вдоль осей мышц, приводящих бедро: тонкой, полусухожильной, полуперепончатой, гребенчатой, длинной, короткой и большой приводящих и максимальна по функциональной мощности. Она включает шероховатую линию. Такое строение динамического комплекса бедра создает углол антеверсии в надвертельной зоне и препятствует наружной ротации нижележащих отделов ноги [228].

Таким образом, на данный момент в научном морфологическом сообществе нет однозначного мнения о наличии или отсутствии асимметрии строения костей проксимальных сегментов конечностей современного человека. Безусловным является факт влияния функциональных нагрузок на формирование структур кости. Однако, четкой зависимости между степенью развития структур кости и асимметрией двигательных актов, присущих человеку, до сих пор не выявлено.

Несмотря на достаточно большое количество работ, посвященных исследованию строения костей в литературе, мы не встретили детального описания анатомической вариативности структур дистального эпифиза плечевой кости. Большинство работ по изучению строения трубчатых костей проксимального звена

конечностей человека носит прикладной характер и касается описания отдельно взятых частей: проксимального эпифиза, диафиза, степени развития надмыщелков, особенностей кровоснабжения и других частностей. Целостной картины, позволяющей выделить анатомические структуры костей в качестве параметров, формирующих структурную организацию плечевой и бедренной кости человека, как частей системы опорно-двигательного аппарата человека до сих пор нет.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования



Рисунок 23 - Дизайн исследования

2.2. Характеристика исследованного материала

Нами было произведено исследование плечевых и бедренных костей из скелетов животных с различными типами локомоций. Ни одно животное специально для исследования умерщвлено не было. Настоящее исследование проведено с соблюдением этических норм в рамках действующих нормативных актов, протокол заседания секции доклинических исследований РЭК ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России №6 от 6 ноября 2018 года.

Для исследования были выбраны кости плечевые и бедренные кости *Bos taurus taurus* (бык)- парнокопытных фалангоходящих тетраподов с опорой на 3-4 палец; *Canis lupus familiaris* (собака) - пальцеходящих животных, обладающих всем многообразием локомоторных актов; *Oryctolagus cuniculus* (кролик)- животных, тип локомоций которых до сих пор остается четко неопределенным, так как опора передних лап осуществляется на пальцы, строение дистальной части задних лап приближено к стопоходящим животным; и современного человека *Homo sapiens*, стопоходящего бипода с ярко выраженной функциональной дифференциацией конечностей без признаков костной патологии, с полным синостозированием эпифизов.

Распределение костного материала представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Видовая принадлежность исследуемого костного материала

Видовая принадлежность	Плечевая кость, os humerus		Бедренная кость, os femur	
<i>Bos taurus Taurus</i>	40	40	40	40
<i>Canis lupus familiaris</i>	39	39	39	39
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	40	40	40	40
<i>Homo sapiens</i>	77	77	77	77

Определение половой принадлежности из-за недостаточного уровня достоверности половой идентификации костей человека не проводилось (50-75% вероятности правильного определения), а метода половой идентификации костей животных на данный момент не разработано [73]. Данные литературы указывают на отсутствие статистически достоверных морфологических возрастных изменений в строении плечевых и бедренных костей взрослого человека [51, 96, 166, 330].

2.3 Методы исследования

2.3.1 Остеометрический метод

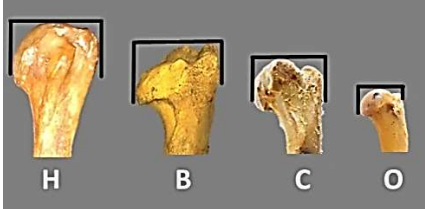
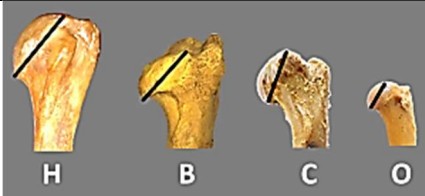
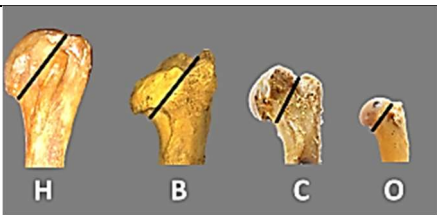
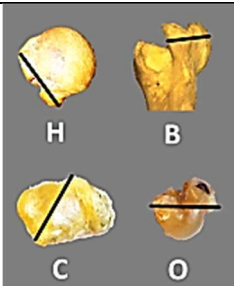
Метод остеометрии, несмотря на свой внушительный научный возраст, не потерял своей привлекательности в решении научных задач и сегодня. Благодаря своей экономической рентабельности и относительной простоте реализации, он широко используется не только в анатомических и антропологических, биоинженерных исследованиях, но и в судебной медицинской практике [73, 135, 148, 166, 224, 374-378]. Современное развитие техники обогатило данный метод измерительными приборами высокой точности и резко уменьшило процент ошибок измерений.

С целью измерения параметров, описывающих внешний вид костей животных и человека, в работе использовались устройство для измерений длинных трубчатых костей (патент С 1 2245101 RU А 61 В 5/103), цифровой штангенциркуль и транспортер. Все измерения производились одним исследователем дважды (единица измерения см), полученные средние значения заносились в таблицы Microsoft Excel.

Остеометрия плечевых и бедренных костей человека и животных проводилась по методике Алексеева, 1966 с рядом собственных дополнений [8]. На каждой плечевой кости были измерены 30 гомологичных для человека и животных структур, характеризующих степень ее развития. На плечевой кости человека дополнительно измерялись ширина локтевой и венечной ямок.

Все исследуемые структуры были разделены на группы, относящиеся к диафизам и к эпифизам костей (Таблицы 3 - 8).

Таблица 3 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу проксимального эпифиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения	
1	2	
	ШПЭ	Ширина проксимального эпифиза плечевой кости- наибольшее расстояние между головкой и большим бугром.
	ØГг	Горизонтальный диаметр головки (для плечевой кости человека сагиттальный, для животных фронтальный).
	ØГв	Вертикальный диаметр головки.
	ØШг	Горизонтальный диаметр шейки плечевой кости (для плечевой кости человека сагиттальный, для животных фронтальный).
	ØШв	Вертикальный диаметр шейки плечевой кости. Расстояние, измеренное между максимально удаленными верхней и нижней точками шейки плечевой кости.
	МБР	Межбугорковое расстояние. Расстояние между вершинами большого и малого бугорков плечевой кости.

Продолжение таблицы 3

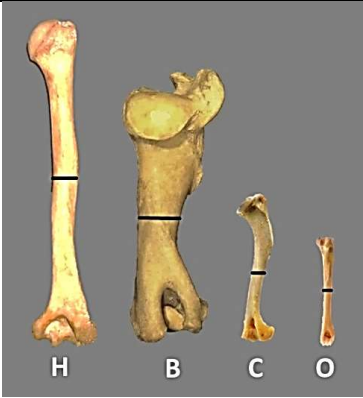
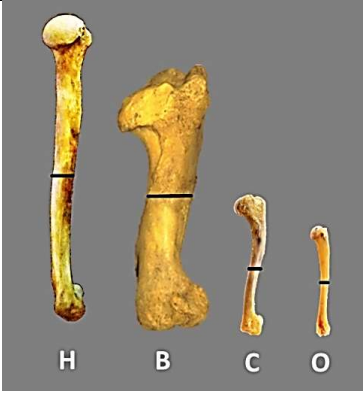
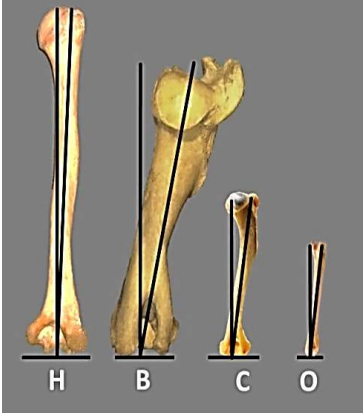
1	2
	ШМББ Ширина межбугорковой борозды. Внутреннее расстояние между гребнями бугорков.
	ГМББ Глубина межбугорковой борозды. Расстояние между дном и касательной линией, проведенной между гребнями бугорков.
	УХКГ Угол хрящевого края головки с диафизом (измеренный по методу В.Г. Властовского)

Примечание - в этой и всех следующих таблицах главы Н- человек, В – бык домашний, С – собака беспородная, О- кролик домашний.

Таблица 4 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу диафиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения
1	2
	Дг Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального гребня блока и наивысшей точкой на головке.

Продолжение таблицы 4

1	2
 Н В С О	Дбб Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального гребня блока и верхней поверхность большого бугорка
 Н В С О	ØДп Поперечный диаметр диафиза – расстояние между боковыми точками на середине диафиза во фронтальной плоскости.
 Н В С О	ØДс Сагиттальный диаметр диафиза – передне-заднее расстояние, измеренное на середине диафиза
 Н В С О	УНД Угол блока плечевой кости с диафизом или угол наклона оси диафиза по отношению к перпендикуляру, восстановленному от горизонтальной плоскости мыщелков плеча (измеренный по методу В.Г.Властовского)

Продолжение таблицы 4

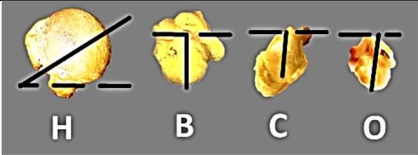
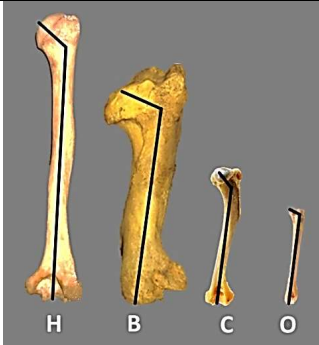
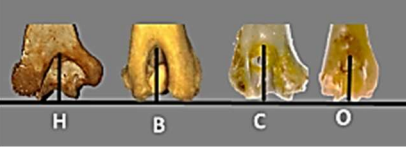
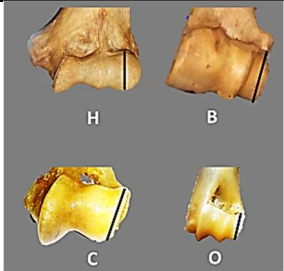
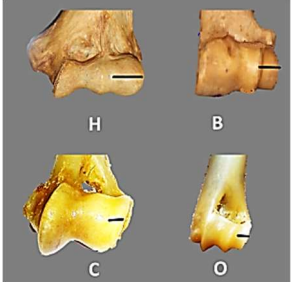
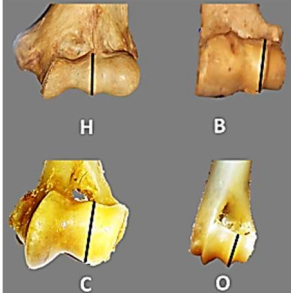
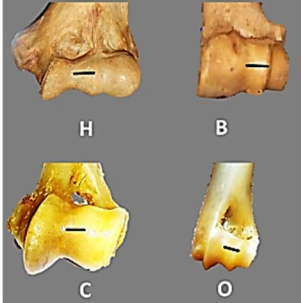
1	2	
	УСК	Угол скрученности плечевой кости или торсионной деформации диафиза, измерен между горизонтальными осью головки и шейки и межмышцелковой осью .
	ДШУ	Угол сочленения шейки плечевой кости с диафизом.

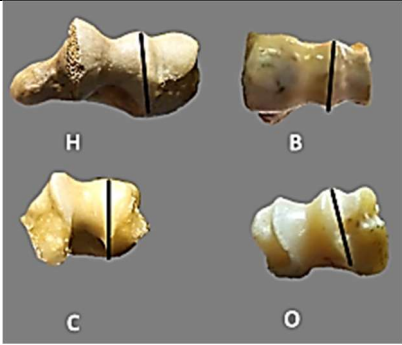
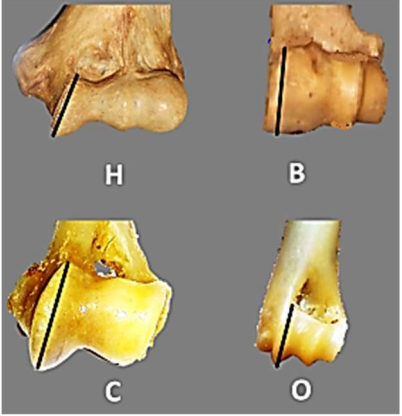
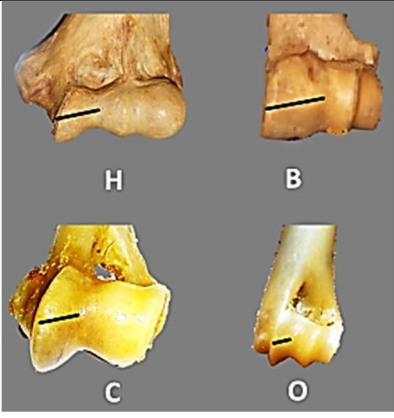
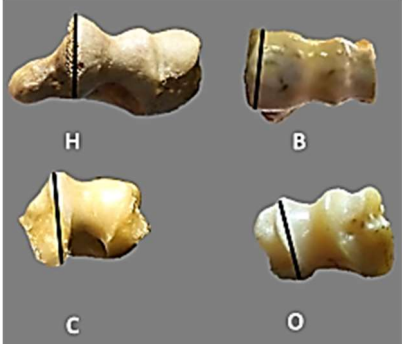
Таблица 5 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу дистального эпифиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения	
1		2
	ШДЭ	Ширина дистального эпифиза плечевой кости- наибольшее расстояние между надмыщелками.
	ШЛокЯ	Ширина локтевой ямки.
	ВЛокЯ	Высота локтевой ямки
	ШЛучЯ	Ширина лучевой ямки (при ее наличии)

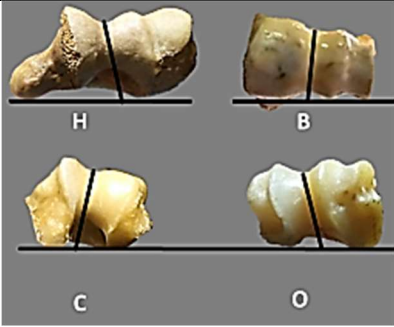
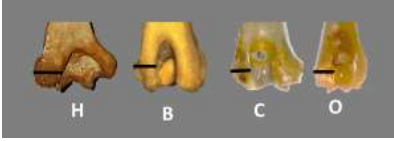
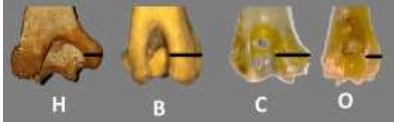
Продолжение таблицы 5

1	2
	ШВенЯ Ширина венечной ямки (при ее наличии).
	ØГчкиВ Вертикальный диаметр головочки - измеряется между нижней и верхней точками суставной поверхности головочки при виде спереди.
	ШГчки Ширина суставной поверхности головочки, ограниченной бороздой и латеральным гребнем, измеренная на середине высоты передней поверхности мыщелка. .
	ВØЛГБ Вертикальный диаметр латерального гребня блока - измеряется между нижней и верхней точками латерального гребня блока при виде спереди.
	ШЛЧБ Ширина латеральной части суставной поверхности блока, ограниченной бороздой и латеральным гребнем, измеренная на середине высоты передней поверхности блока.

Продолжение таблицы 5

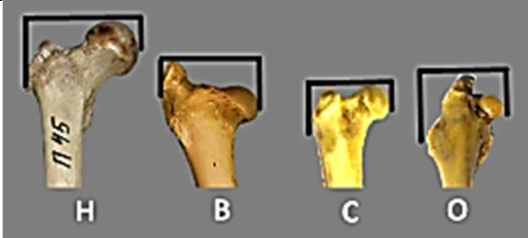
1	2
	СØЛГБ Сагиттальный размер латерального гребня блока
	ВØМГБ Вертикальный диаметр медиального гребня блока - измеряется между нижней и верхней точками медиального гребня блока при виде спереди.
	ШМЧБ Ширина медиальной части суставной поверхности блока, ограниченной бороздой и медиальным гребнем, измеренная на середине высоты передней поверхности блока.
	СØМГБ Сагиттальный размер медиального гребня блока

Продолжение таблицы 5

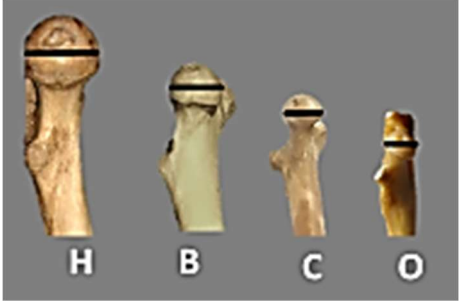
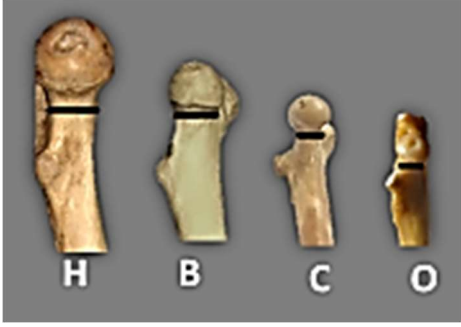
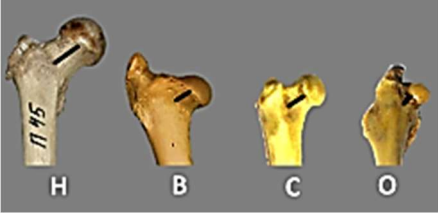
1	2	
	УНББ	Угол направляющей борозды блока, измеренный между фронтальной плоскостью позади мыщелка плеча и бороздой при виде снизу.
	ШЛНМ	Поперечный размер латерального надмыщелка или ширина
	ШМНМ	Поперечный размер медиального надмыщелка или ширина

На каждой бедренной кости были измерены 28 структур, характеризующих степень ее развития.

Таблица 6 - Параметры бедренной кости, отнесенные в группу проксимального эпифиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения	
1	2	
	ШПЭ	Ширина проксимального эпифиза бедренной кости- наибольшее расстояние между головкой и большим вертелом (для кроликов между третьим вертелом и головкой).

Продолжение таблицы 6

1	2
	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 бедренной кости. Расстояние, измеренное между максимально удаленными верхней и нижней точками шейки кости.
	МВР Межвертельное расстояние. Расстояние между вершинами большого и малого вертела бедренной кости.
	ПДШ Передняя длина шейки - расстояние между эпифизарной линией головки бедренной кости спереди до середины межвертельной линии.

Продолжение таблицы 6

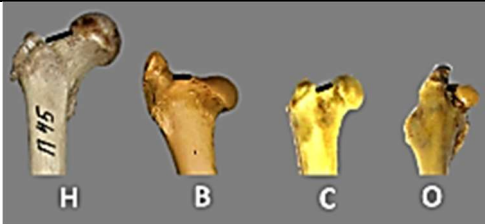
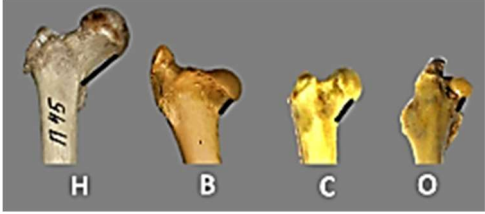
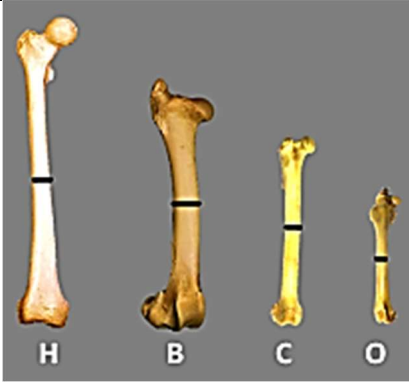
1	2
	ЗДШ Задняя длина шейки - расстояние между эпифизарной линией головки бедренной кости спереди до середины межвертельного гребня.
	ВДШ Верхняя длина шейки - расстояние между большим вертелом и эпифизарной линией головки бедренной кости сверху.
	НДШ Нижняя длина шейки - расстояние между эпифизарной линией головки бедренной кости снизу до малого вертела.

Таблица 7 - Параметры бедренной кости, отнесенные в группу диафиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения	
1	2	
	Дг Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального мыщелка и наивысшей точкой на головке.	

Продолжение таблицы 7

1	2
	Дбв Наибольшая длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального мыщелка и наивысшей точкой на большом вертеле.
	ØДп Поперечный диаметр диафиза – расстояние между боковыми точками на середине диафиза во фронтальной плоскости.
	ØДс Сагиттальный диаметр диафиза – передне-заднее расстояние, измеренное на середине диафиза
	СКД Степень изогнутости диафиза или расстояние между передней поверхностью диафиза на середине длины кости и плоскостью, проведенной между задними поверхностями головки и мыщелков, измеренное в сагиттальной плоскости.

Продолжение таблицы 7

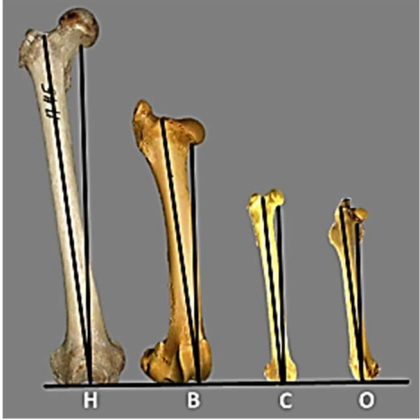
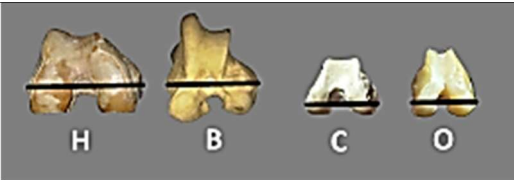
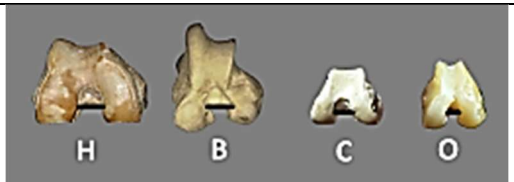
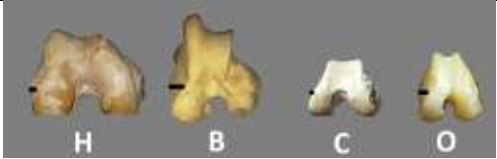
1	2	
	УНД	Угол наклона оси диафиза по отношению к перпендикуляру, восстановленному от горизонтальной плоскости мыщелков бедренной кости.
	АНТ	Угол анте- (ретро)версии шейки бедренной кости или угол отклонения оси шейки кпереди или кзади от фронтальной плоскости, проведенной по задней поверхности мыщелков.
	ТОР	Угол сочленения шейки бедренной кости с диафизом в сагиттальной плоскости.
	ДШУ	Шеечно-диафизарный угол, образованный при пересечении осей шейки и диафиза бедренной кости во фронтальной плоскости.

Таблица 8 - Параметры бедренной кости, отнесенные в группу дистального эпифиза

Обозначение измерения	Расшифровка обозначения структуры и методика измерения	
1	2	
	ШДЭ	Ширина дистального эпифиза - наибольшее расстояние между надмышелками.
	ШММЯ	Ширина межмышелковой ямки.
	ШНК	Ширина надколенниковой поверхности..
	ШММ	Ширина суставной поверхности медиального мышелка.
	РсММ	Сагиттальный диаметр медиального мышелка или его длина.
	ШЛМ	Ширина суставной поверхности латерального мышелка .
	РсЛМ	Сагиттальный диаметр латерального мышелка или его длина.
	ШЛМН	Поперечный размер латерального надмышелка или ширина

Продолжение таблицы 8

1	2	
	ШМНМ	Поперечный размер медиального надмыщелка или ширина

Все измерения производились одним исследователем дважды, полученные средние значения заносились в таблицы с указанием видовой принадлежности и принадлежности к стороне тела.

2.3.2. Методы статистической обработки данных, математический анализ

Все данные, полученные в ходе исследования, обрабатывались при помощи статистического пакета Microsoft Excel и Trial версиями программы STATISTICA 6.0 -10.0.

Полученные 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 ее диафиза на середине длины плечевой или бедренной кости) и обработаны с использованием методов описательной и вариационной статистики.

Формула для расчета пропорциональности выглядела следующим образом:

$$X_{отн} = X_{абс} / \text{ОДп.}$$

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. Так как в диапазон $M \pm s$ укладывается около 70 % значений нормального распределения оценивался доверительный интервал при $\alpha = 0,05$ [102, 93].

Многомерные методы статистического анализа данных постепенно входят в практику анализа результатов медицинских экспериментов и исследований. Зарубежные исследователи используют их примерно в 30 % публикаций, тогда как в российских публикациях их доля минимальна [125, 175, 211]. Основной задачей данного исследования явилось изучение структурной организации костей проксимальных сегментов свободных конечностей человека и животных с различными типами локомоции и выявление отличий, связанных с видовой принадлежностью. Попытки выявления зависимостей в строении бедренных костей человека были осуществлены многими учеными, однако они обнаружили огромную вариабельность корреляционных связей между структурами бедренной кости [166, 450, 461].

Поэтому для решения поставленных задач применили метод факторного анализа – Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Метод максимального правдоподобия позволяет найти решение, оптимально объясняющее присутствующие корреляции. При анализе в один фактор объединяются сильно коррелирующие между собой переменные, как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура факторов. После объединения коррелированность компонент внутри каждого фактора между собой будет выше, чем их коррелированность с компонентами из других факторов. Благодаря этому, отдельный фактор можно рассматривать как совокупность наиболее сильно взаимосвязанных между собой исходных признаков [72, 123, 125], определяющих один уровень структурной организации кости.

После введения коэффициента пропорциональности развития костей был проведен Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized структурной организации плечевых и бедренных костей отдельно для препаратов правой и левой сторон по каждому виду животных и человека. Все требования к выборкам для проведения факторного анализа были выполнены. В качестве корреляционной матрицы использовалась матрица ранговой корреляции Спирмена [48, 214]. Поскольку методологически алгоритмическая схема реализации метода

максимального правдоподобия включает последовательное выделение латентных факторов с объяснением наибольшей доли дисперсии исходных переменных, процесс выделения факторов был прерван на уровне отсутствия изменений в картине факторных нагрузок и их дисперсий при увеличении числа факторов [125, 212]. Для бедренной и плечевой кости изменения факторных нагрузок прекратились на уровне выделения 4 факторов или уровней структурной организации.

Глава 3. СОБСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей *Bos taurus taurus*

3.1.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

До настоящего момента исследования строения плечевой кости крупного рогатого скота на должном уровне не производились. В литературе встречаются данные лишь описательного характера, есть упоминания о длине кости. Степень развития структур плечевой кости, тем более их взаимоотношения, не описаны. Результаты остеометрического исследования представлены в Таблице 9.

Таблица 9 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК, см			ЛПК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	11,78	1,98	1,14	11,54	1,85	1,12
ØГГ	7,61	1,17	0,67	7,61	0,87	0,52
ØГВ	4,21	0,78	0,40	4,39	0,51	0,26
ØШГ	7,56	0,83	0,48	7,37	0,66	0,40
ØШВ	7,12	1,09	0,63	7,14	0,88	0,53
МБР	5,37	2,20	1,27	5,33	1,94	1,17
ШМББ	3,05	0,60	0,34	2,85	0,76	0,46
ГМББ	2,85	0,50	0,29	2,80	0,65	0,39
УХКГ	84,92	2,84	1,64	85,30	2,89	1,75
ДГ	27,90	2,13	1,17	28,4	1,68	1,05
Дбб	30,55	2,54	1,47	29,76	1,79	1,08

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7
ØДп	4,84	0,63	0,36	4,92	0,61	0,37
ØДс	5,04	1,04	0,06	5,61	0,99	0,60
УНД	55,57	36,79	21,24	55,61	38,23	23,10
УСК	-9,86	1,60	1,46	-9,60	1,46	1,24
ШДЭ	6,97	1,67	0,96	7,13	1,22	0,73
ШЛокЯ	2,69	0,26	0,15	2,67	0,25	0,15
ВЛокЯ	5,38	2,21	1,25	5,34	1,94	1,18
ØГчкиВ	3,64	0,21	0,12	3,53	0,23	0,13
ШГчки	1,78	0,09	0,05	1,73	0,08	0,04
ВØЛГБ	3,68	0,22	0,13	3,60	0,25	0,14
ШЛЧБ	1,74	0,08	0,04	1,73	0,08	0,04
СØЛГБ	8,01	1,00	0,06	8,41	0,96	0,48
ВØМГБ	5,50	2,20	1,26	5,34	1,92	1,20
ШМЧБ	3,49	0,24	0,12	3,54	0,28	0,17
СØМГБ	8,95	1,85	0,95	8,85	1,40	0,72
ШМНМ	2,77	0,96	0,48	2,72	0,85	0,46
ШЛНМ	2,40	0,35	0,20	2,40	0,23	0,12
УНББ	6,35	0,25	0,15	6,37	0,23	0,14

Примечание - УСК имеет отрицательное значение из-за ретроторсии головки. СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

Размеры плечевой кости быка домашнего прежде всего зависят от веса, поэтому для нормализации данных все линейные параметры были переведены в относительные величины. За единицу пропорциональности был взят поперечный диаметр диафиза на уровне середины длины кости. Результаты приведены в Таблице 10.

Таблица 10 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК			ЛПК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,47	0,50	0,29	2,39	0,52	0,31
ØГГ	1,60	0,33	0,19	1,56	0,25	0,15
ØГВ	0,86	0,20	0,11	0,84	0,19	0,10
ØШГ	1,58	0,24	0,14	1,51	0,23	0,14
ØШВ	1,49	0,29	0,17	1,47	0,24	0,14
МБР	1,09	0,38	0,22	1,09	0,39	0,23
ШМББ	0,63	0,13	0,07	0,58	0,16	0,10
ГМББ	0,59	0,09	0,05	0,56	0,11	0,06
ДГ	5,76	0,88	0,46	5,69	0,87	0,46
Дбб	6,40	0,97	0,56	6,12	0,76	0,46
ØДс	1,12	0,17	0,10	1,14	0,19	0,11
ШДЭ	1,44	0,29	0,17	1,48	0,37	0,22
ШЛокЯ	0,56	0,07	0,04	0,54	0,06	0,04
ВЛокЯ	1,11	0,17	0,09	1,08	0,16	0,09
ØГчкиВ	0,76	0,08	0,04	0,72	0,09	0,05
ШГчки	0,36	0,06	0,03	0,34	0,06	0,04
ВØЛГБ	0,76	0,18	0,11	0,73	0,09	0,06
ШЛЧБ	0,35	0,06	0,03	0,34	0,06	0,03
СØЛГБ	1,69	0,27	0,14	1,68	0,025	0,13
ВØМГБ	1,14	0,18	0,10	1,08	0,16	0,08
ШМЧБ	0,72	0,12	0,08	0,71	0,12	0,08
СØМГБ	1,95	0,46	0,23	2,05	0,47	0,24
ШМНМ	0,51	0,13	0,07	0,51	0,13	0,07

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
ШЛНМ	0,50	0,05	0,03	0,48	0,05	0,03

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации плечевых костей данного вида животных был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Выделение факторов для ППК остановилось на уровне трех. Структурная организация ЛПК имеет четырехуровневую структуру. Результаты представлены в Таблице 11.

Таблица 11 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Bos taurus taurus*

Структура	ППК				ЛПК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,75*	-0,11	0,16	-	0,87*	-0,30	0,06	0,27
ØГГ	0,60	-0,13	-0,14	-	0,72*	-0,11	0,23	-0,38
ØГВ	0,73*	-0,28	-0,17	-	0,83*	-0,21	-0,20	0,02
ØШГ	0,87*	0,17	0,01	-	0,81*	0,52	-0,16	0,06
ØШВ	0,80*	-0,27	0,23	-	0,80*	-0,31	0,10	0,12
МБР	-0,16	0,92*	-0,02	-	0,13	0,85*	0,39	-0,12
ШМББ	0,59	0,61	0,04	-	0,31	0,24	0,80*	-0,20
ГМББ	0,37	-0,54	-0,08	-	0,09	-0,29	0,10	0,83*
УХКГ	0,16	-0,49	0,56	-	0,10	-0,82*	0,03	0,02
Дг	0,87*	-0,16	-0,12	-	0,88*	-0,17	-0,02	-0,04
Дбб	0,89*	-0,20	-0,15	-	0,90*	-0,22	0,00	-0,06

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ØДс	0,37	0,39	-0,06	-	0,41	0,25	0,56	0,02
УСК	0,37	-0,44	-0,08	-	0,09	-0,29	0,10	0,26
УНД	0,34	-0,91*	0,12	-	0,14	-0,94*	-0,17	0,10
ШДЭ	0,23	0,77*	0,03	-	0,75*	0,33	-0,10	-0,22
ШЛокЯ	0,77*	0,03	0,34	-	0,85*	0,03	0,11	-0,07
ВЛокЯ	0,49	0,51	0,07	-	0,31	0,24	0,24	-0,24
ØГчкиВ	0,91*	-0,07	-0,06	-	0,90*	0,00	0,19	-0,23
ШГчки	0,23	0,61	0,03	-	0,35	0,33	-0,20	-0,10
ВØЛГБ	0,91*	-0,07	-0,06	-	0,90*	0,00	0,19	-0,23
ШЛЧБ	0,59	0,61	0,03	-	0,65	0,35	-0,23	-0,10
СØЛГБ	0,86*	0,30	-0,04	-	0,75*	0,18	0,08	0,14
ВØМГБ	0,72*	0,25	-0,01	-	0,73*	0,20	-0,05	0,00
ШМЧБ	0,74*	0,35	0,01	-	0,74*	0,23	0,15	0,02
СØМГБ	-0,04	0,22	0,70*	-	0,29	0,14	0,12	-0,47
ШМНМ	0,25	0,03	0,75*	-	0,22	0,41	0,08	0,58
ШЛНМ	0,75*	0,00	0,38	-	0,74*	0,16	-0,07	0,54
УНББ	-0,17	0,55	0,22	-	-0,11	0,20	-0,13	0,32
Общая дисперсия	6,72	4,05	1,18	-	7,19	3,29	1,41	1,47
Выделенная дисперсия	0,37	0,22	0,06	-	0,39	0,18	0,07	0,08

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.1.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Детального исследования бедренной кости *Bos taurus taurus* также до настоящего времени проведено не было. Результаты остеометрии бедренных костей с учетом латерализации представлены в Таблице 12.

Таблица 12 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК, см			ЛБК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	13,01	0,74	0,37	10,62	0,56	0,29
ØГс	5,54	0,36	0,18	5,47	0,39	0,20
ØГв	4,76	0,48	0,24	4,46	0,38	0,20
ØШс	4,68	0,34	0,17	4,46	0,32	0,15
ØШв	4,86	0,50	0,25	4,72	0,51	0,26
МВР	13,32	0,79	0,40	13,16	0,91	0,47
ПДШ	3,51	0,51	0,25	3,34	0,23	0,12
ЗДШ	4,44	0,47	0,24	4,50	0,43	0,22
ВДШ	4,67	0,58	0,29	4,11	0,53	0,27
НДШ	3,71	0,54	0,27	3,63	0,35	0,18
Дг	37,56	1,61	0,81	37,02	2,21	1,16
Дбв	39,38	2,17	1,09	38,78	1,85	0,97
ØДп	4,21	0,24	0,12	4,18	0,30	0,16
ØДс	4,51	0,38	0,19	4,47	0,26	0,13
СКД	9,34	1,2	0,65	9,11	1,08	0,52
УНД	7,56	0,96	0,48	7,64	1,15	0,60
АНТ	50,00	5,09	2,58	49,92	3,91	2,04

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7
ТОР	46,66	6,09	3,08	43,64	527	2,76
ДШУ	144,46	2,13	1,07	141,35	4,84	2,53
ШДЭ	10,44	0,46	0,23	10,62	0,56	0,29
ШММЯ	1,99	0,43	0,22	1,83	0,45	0,23
ШНК	4,20	0,20	0,10	4,32	0,24	0,12
ШММ	2,93	0,36	0,18	2,95	0,29	0,15
РсММ	14,34	1,62	0,84	14,52	1,80	0,92
ШЛМ	1,82	0,24	0,12	1,87	0,35	0,18
РсЛМ	12,54	1,58	0,81	12,84	1,72	0,90
ШМНМ	2,95	0,29	0,15	2,93	0,36	0,18
ШЛНМ	1,87	0,35	0,18	1,82	0,24	0,12

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

В Таблице 13 представлены результаты анализа относительных величин исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного.

Таблица 13 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК			ЛБК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	3,09	0,17	0,09	3,12	0,23	0,12
ØГс	1,32	0,12	0,06	1,31	0,11	0,06
ØГв	1,13	0,14	0,07	1,07	0,11	0,06

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
ØШс	1,11	0,12	0,06	1,06	0,11	0,06
ØШв	1,15	0,14	0,08	1,13	0,12	0,07
МВР	3,17	0,22	0,11	3,15	0,26	0,14
ПДШ	0,84	0,14	0,07	0,80	0,07	0,03
ЗДШ	1,05	0,12	0,06	1,08	0,11	0,05
ВДШ	1,11	0,16	0,08	0,98	0,13	0,06
НДШ	0,88	0,14	0,07	0,87	0,10	0,05
Дг	8,94	0,49	0,24	8,89	0,85	0,44
Дбв	9,34	0,59	0,30	9,31	0,78	0,41
ØДс	1,07	0,09	0,04	1,07	0,07	0,03
СКД	2,21	0,23	0,13	2,18	0,22	0,10
ШДЭ	2,48	0,1	0,05	2,55	0,25	0,13
ШММЯ	0,47	0,11	0,05	0,43	0,10	0,05
ШНК	0,99	0,10	0,05	1,03	0,05	0,02
ШММ	0,69	0,08	0,04	0,70	0,06	0,03
РсММ	3,40	0,26	0,13	3,48	0,28	0,15
ШЛМ	0,43	0,06	0,03	0,45	0,09	0,04
РсЛМ	2,98	0,22	0,11	3,07	0,25	0,13
ШМНМ	0,70	0,06	0,03	0,69	0,08	0,04
ШЛНМ	0,45	0,09	0,04	0,43	0,06	0,03

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации бедренных костей данного вида животных был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 14.

Таблица 14 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей
Bos taurus taurus

Структура	ПБК				ЛБК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,76*	0,09	0,27	0,41	0,89*	-0,09	-0,08	0,11
ØГс	0,74*	0,07	-0,30	-0,27	0,76*	0,14	0,13	-0,11
ØГв	0,83*	0,03	-0,24	0,18	0,71*	0,03	0,12	0,37
ØШс	0,71*	0,07	-0,32	-0,17	0,57	0,61	-0,04	0,30
ØШв	0,45	0,79*	0,12	0,03	0,63	0,47	0,28	0,15
МВР	0,79*	-0,20	-0,02	-0,26	0,65	0,09	0,24	0,15
ПДШ	0,67	-0,14	0,25	-0,34	0,47	-0,08	-0,37	0,01
ЗДШ	0,55	0,12	-0,22	-0,11	0,31	-0,49	0,01	-0,13
ВДШ	0,66	0,06	0,12	-0,31	0,36	0,70*	0,07	0,00
НДШ	0,32	0,28	0,27	-0,31	0,36	-0,30	-0,37	-0,09
Дг	0,79*	0,01	0,04	-0,02	0,86*	0,24	-0,12	-0,02
Дбв	0,79*	0,00	0,25	-0,15	0,88*	0,11	-0,06	0,01
ØДс	0,17	0,01	0,51	-0,61	0,84*	0,07	0,16	0,22
СКД	0,17	0,02	-0,88*	-0,02	0,78*	0,06	-0,24	0,36
УНД	-0,30	-0,01	-0,39	-0,10	-0,04	0,10	-0,19	0,71
АНТ	-0,18	-0,12	-0,21	0,21	-0,09	-0,54	-0,06	-0,13
ТОР	-0,11	0,01	0,02	0,34	-0,49	-0,54	-0,24	0,21
ДШУ	-0,14	-0,29	0,38	-0,23	-0,03	0,06	0,66	-0,12
ШДЭ	0,84*	0,05	0,11	0,20	0,86*	-0,01	-0,14	-0,24
ШММЯ	0,70*	0,13	-0,24	0,19	0,44	0,04	0,49	0,22
ШНК	0,44	-0,70*	-0,05	0,00	0,73*	-0,40	0,04	-0,45
ШММ	0,52	-0,45	-0,15	0,03	0,63	-0,35	0,48	0,10
РсММ	0,05	-0,70*	-0,25	-0,28	0,71*	-0,17	-0,27	-0,31

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШЛМ	0,52	-0,58	0,31	-0,14	0,53	-0,24	0,17	0,20
РсЛМ	0,44	-0,70*	-0,05	0,00	0,73*	-0,11	-0,30	-0,34
ШМНМ	0,58	-0,15	0,64	0,23	0,47	-0,12	0,92*	0,10
ШЛНМ	0,74*	-0,03	0,34	-0,04	0,54	0,39	0,75*	0,25
Общая дисперсия	11,09	4,33	4,14	3,75	16,61	3,30	3,67	3,23
Выделенная дисперсия	0,25	0,10	0,09	0,09	0,38	0,08	0,08	0,07

Примечание: Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.1.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей *Bos taurus taurus*

Bos taurus taurus фалангоходящий тетрапод большой массы с дорсостабильным типом локомоции, тяжелым шагом, опирающиеся при ходьбе одновременно на три конечности. Перечисленные особенности локомоции не могли не отразиться на структурной организации костей. Основываясь на результатах факторного анализа нами была разработана графическая модель структурной организации костей (Рисунки 24 - 25). Исходя из данных Таблиц 11 и 14, в структурной организации костей конечностей *Bos taurus taurus* выявлена асимметрия, которая проявилась различием уровней структурной организации. ППК отличается 3 уровнями структурной организации, ЛПК - 4. ПБК имела 2 уровня со значимыми ФН, ЛБК - 4 уровня структурной организации.

Независимо от принадлежности к конечности СО костей представлена на первом уровне базовыми стабильными структурообразующими параметрами: ширина проксимального эпифиза, вертикальный размер головки, длина кости, ширина дистального эпифиза и ширина латерального надмыщелка (рисунок 23).

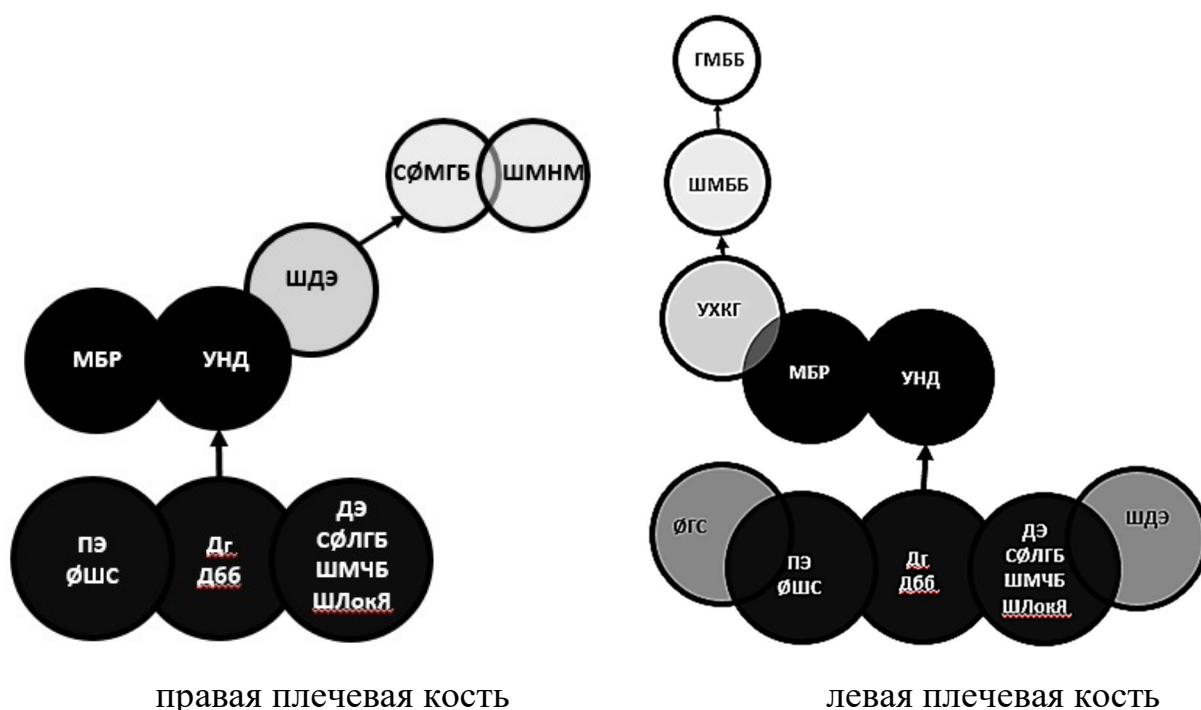


Рисунок 24 - Модели структурной организации плечевой кости *Bos taurus taurus*

Примечание - Темным 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 мыщелка и гребней блока, ширину латерального надмыщелка.

Морфофункциональная дифференциация костей конечностей на первом уровне организации проявилась наличием дополнительных структурообразующих параметров. Для плечевых костей животного это общие параметры, стабильные по факторным нагрузкам: размеры шейки, вертикальные размеры структур дистального эпифиза, ширина локтевой ямки. Данные параметры обеспечивают принятие и передачу веса на нижележащие отделы конечности. Для бедренных костей: сагиттальный диаметр головки, определяющий объем движений в тазобедренном суставе.

В структурной организации костей выявлены особенности, связанные с принадлежностью к стороне тела и разной степенью вовлеченности структур кости в выполнение ее функций.

У бедренных костей *Bos taurus taurus* присутствуют параметры 1 уровня, указывающие на морфофункциональную дифференциацию эпифизов,

асимметричные по величине ФН. Для ПБК – сагиттальный диаметр шейки, межвертельное расстояние, ширина межмышцелковой ямки. Для ЛБК – степень кривизны диафиза, ширина суставной поверхности надколенника, сагиттальные размеры мыщелков.

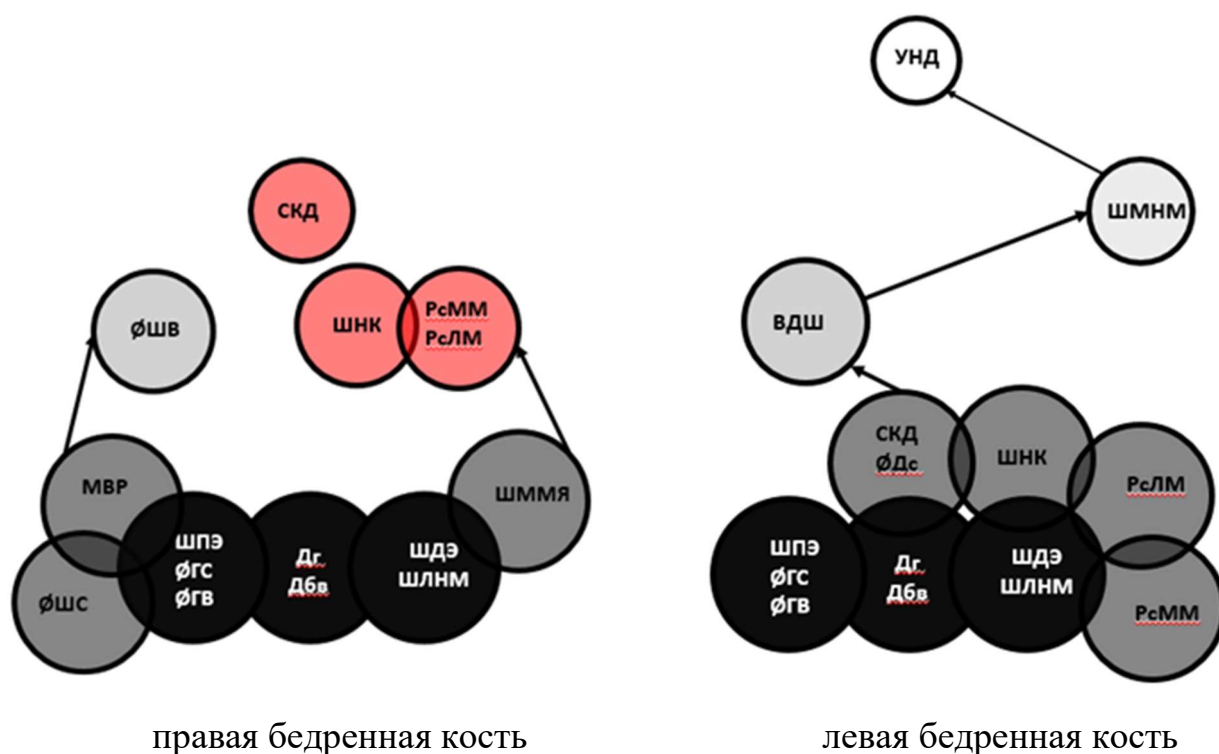


Рисунок 25 - Модели структурной организации бедренной кости *Bos taurus taurus*

Примечание - Темным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон

Второй уровень структурной организации костей проксимального звена конечностей *Bos taurus taurus* характеризует осуществление двигательной функции на уровне проксимального эпифиза плечевой и опорной у бедренной кости. Для плечевой кости структурообразующими параметрами явились межбугорковое расстояние, УХКГ и угол наклона диафиза. Угловые структуры имели отрицательные ФН, что указывает на ограничивающую роль этих параметров в осуществлении отведения в плечевом суставе животного. Для бедренной кости структурообразующие параметры 2-го уровня показывали

асимметрию СО, на параметры, передающие вес животного на нижележащие отделы: ПБК – вертикальный диаметр шейки, ЛБК – верхняя длина шейки и сагиттальный диаметр диафиза.

Третий уровень структурной организации в обоих случаях был образован нестабильными параметрами, имеющими асимметричные ФН. Для плечевой кости этот уровень был последним, при выделении большего числа факторов картина факторных нагрузок и величина выделенной дисперсии не изменялись. Для ППК – сагиттальный диаметр медиального гребня блока и ширина медиального надмыщелка, определяющие сгибательную активность нижележащих суставов. Для ЛПК – структуры межбугорковой борозды, определяющие сгибательную активность локтевого сустава. Структурообразующим параметром 3-го уровня для бедренной кости была ширина медиального надмыщелка, причем ФН присутствовали только в препаратах левой стороны. Таким образом, на 3 уровне СО костей проявились явления перекрестной координации в работе конечностей, не просматривавшиеся на вышележащих уровнях СО.

Бедренная кость *Bos taurus taurus* отличалась четырехуровневой СО. На последнем уровне структурообразующим параметром явился угол наклона диафиза, определяющий постав конечностей и передачу веса животного на нижележащие отделы задней конечности.

3.2. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей *Canis lupus familiaris*

3.2.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Исследования костей скелета конечностей собак в настоящее время вызывает живой интерес у ветеринарных врачей, что связано с возросшей частотой диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний крупных суставов в первую очередь у породистых собак. По требованиям международного

кинологического союза и Российского кинологического союза к разведению не должны допускаться собаки, имеющие патологию такого рода. Однако изучению строения костей беспородных животных уделено недостаточно внимания. Степень развития структур плечевой кости, тем более их взаимоотношения не описаны. Результаты остеометрического исследования представлены в Таблице 15.

Таблица 15 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК, см			ЛПК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	3,27	0,22	0,13	3,29	0,21	0,13
ØГГ	2,05	0,11	0,06	2,06	0,06	0,04
ØГВ	1,63	0,10	0,06	1,63	0,10	0,06
ØШГ	2,07	0,27	0,17	2,07	0,25	0,16
ØШВ	1,17	0,12	0,07	1,16	0,14	0,08
МБР	0,85	0,18	0,11	0,77	0,09	0,05
ШМББ	0,74	0,10	0,06	0,75	0,11	0,07
ГМББ	0,36	0,05	0,03	0,36	0,05	0,03
УХКГ	110,10	4,31	2,22	127,9	5,97	4,27
Дг	12,35	1,54	0,96	12,42	1,59	0,98
Дбб	12,95	1,53	0,94	12,97	1,55	0,96
ØДп	1,29	0,22	0,14	1,23	0,23	0,14
ØДс	1,30	0,18	0,11	1,31	0,27	0,16
УНД	34,5	1,58	0,97	31,15	9,83	6,09
УСК	-9,9	0,31	0,19	-10,9	0,40	0,19
ДШУ	156,16	3,78	2,13	154,92	3,76	2,08
ШДЭ	2,92	0,16	0,10	2,92	0,16	0,10
ШЛокЯ	0,94	0,18	0,11	0,92	0,15	0,09

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7
ØГчкиВ	1,75	0,13	0,08	1,75	0,15	0,09
ВЛокЯ	0,89	0,12	0,07	0,90	0,14	0,09
ШГчки	0,47	0,05	0,02	0,48	0,06	0,03
ВØЛГБ	1,43	0,09	0,05	1,40	0,07	0,04
ШЛЧБ	0,67	0,05	0,03	0,62	0,05	0,03
СØЛГБ	1,48	0,16	0,10	1,46	0,18	0,11
ВØМГБ	1,59	0,13	0,08	1,60	0,12	0,07
ШМЧБ	0,72	0,10	0,05	0,72	0,1	0,05
СØМГБ	1,69	0,21	0,13	1,73	0,18	0,11
ШМНМ	1,14	0,17	0,11	1,20	0,17	0,10
ШЛНМ	1,15	0,26	0,16	1,17	0,16	0,10
УНББ	12,9	0,31	0,19	12,88	0,33	0,21

Примечание - УСК имеет отрицательное значение из-за ретроторсии головки. СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

Поскольку в исследование были включены кости от скелетов животных с массой $10,68 \pm 0,24$ кг, для нормализации данных все линейные параметры были переведены в относительные величины. За единицу пропорциональности был взят поперечный диаметр диафиза на уровне середины длины кости. Результаты приведены в Таблице 16.

Таблица 16 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК			ЛПК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,59	0,39	0,24	2,73	0,40	0,28

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7
ØГГ	1,59	0,21	0,16	1,67	0,23	0,16
ØГВ	1,26	0,22	0,12	1,32	0,22	0,14
ØШГ	1,62	0,21	0,15	1,70	0,19	0,13
ØШВ	0,92	0,15	0,11	0,96	0,17	0,12
МБР	0,67	0,20	0,14	0,64	0,11	0,08
ШМББ	0,58	0,09	0,06	0,62	0,13	0,09
ГМББ	0,28	0,05	0,03	0,29	0,04	0,02
Дг	9,48	2,38	1,47	10,36	2,15	1,53
Дбб	10,33	2,24	1,39	10,84	2,21	1,58
ØДс	1,02	0,13	0,08	1,07	0,16	0,12
ШДЭ	2,32	0,39	0,24	2,42	0,34	0,24
ШЛокЯ	0,73	0,15	0,09	0,76	0,13	0,09
ВЛокЯ	0,70	0,13	0,08	0,74	0,14	0,10
ØГчкиВ	1,38	0,23	0,14	1,45	0,23	0,16
ШГчки	0,36	0,06	0,03	0,38	0,06	0,04
ВØЛГБ	1,13	0,20	0,14	1,17	0,17	0,12
ШЛЧБ	0,52	0,08	0,04	0,50	0,08	0,03
СØЛГБ	1,17	0,21	0,15	1,21	0,18	0,13
ВØМГБ	1,26	0,22	0,15	1,33	0,22	0,16
ШМЧБ	0,56	0,09	0,06	0,58	0,10	0,05
СØМГБ	1,33	0,18	0,13	1,43	0,17	0,12
ШМНМ	0,14	0,01	0,07	0,14	0,01	0,09
ШЛНМ	0,14	0,01	0,01	0,14	0,01	0,01

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации плечевых костей данного вида животных был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 17.

Таблица 17 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Canis lupus familiaris*

Структура	ППК				ЛПК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,91*	-0,13	-0,01	0,07	0,90*	0,01	-0,04	-0,20
ØГГ	0,76*	0,03	0,31	0,01	0,78*	-0,31	0,1	0,35
ØГВ	0,82*	0,17	0,01	0,56	0,79*	-0,27	0,24	0,13
ØШГ	0,78*	0,05	0,41	0,01	0,80*	-0,21	0,21	0,37
ØШВ	0,84*	0,03	0,16	0,13	0,81*	-0,33	0,25	0,13
МБР	0,62	0,17	0,01	0,56	0,72*	0,58	0,06	0,18
ШМББ	0,69	0,24	-0,07	-0,45	0,68	0,46	0,29	0,03
ГМББ	0,74*	-0,12	0,18	-0,28	0,60	0,10	-0,14	0,20
УХКГ	0,48	-0,80	-0,12	-0,12	0,42	0,15	-0,63	-0,11
Дг	0,28	0,05	0,82*	-0,10	0,86*	-0,22	-0,17	0,29
Дбб	0,87*	-0,14	0,29	0,17	0,87*	-0,20	-0,13	0,29
ØДс	0,64	-0,14	0,09	0,02	0,47	0,11	0,55	0,45
УНД	-0,29	-0,16	-0,02	- 0,84*	-0,05	0,77*	-0,02	0,00
УСК	-0,18	-0,28	0,11	0,01	-0,37	-0,01	0,24	-0,20
ДШУ	0,20	-0,26	0,13	0,04	-0,48	-0,35	-0,34	0,06
ШДЭ	0,93*	0,07	-0,10	-0,07	0,93*	0,04	-0,02	-0,20
ШЛокЯ	0,58	-0,34	0,14	-0,09	0,57	0,26	-0,31	0,13
ВЛокЯ	0,69	-0,02	0,10	0,28	0,65	-0,15	-0,05	0,35

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ØГчкиВ	0,89*	-0,03	-0,08	0,08	0,86*	0,13	-0,29	-0,09
ШГчки	0,61	-0,14	-0,33	0,13	0,85*	0,07	0,17	0,04
ВØЛГБ	0,88*	0,05	0,01	0,28	0,88*	0,09	-0,10	-0,01
ШЛЧБ	0,68	0,52	-0,19	0,30	0,87*	-0,08	0,20	-0,31
СØЛГБ	0,84*	0,21	-0,33	-0,03	0,75*	-0,05	0,04	-0,36
ВØМГБ	0,75*	0,38	-0,01	0,21	0,82*	-0,07	0,10	-0,11
ШМЧБ	0,59	-0,29	0,22	-0,42	0,75*	-0,11	-0,46	0,18
СØМГБ	0,69	0,43	-0,09	-0,42	0,85*	-0,05	0,11	-0,24
ШМНМ	0,89*	0,03	-0,04	-0,14	0,85*	0,11	-0,20	0,06
ШЛНМ	0,89*	0,06	-0,01	0,02	0,72*	0,11	-0,11	-0,05
УНББ	-0,48	0,80*	0,12	0,12	-0,11	0,09	0,14	0,62
Общая дисперсия	24,69	2,98	3,05	3,09	25,21	2,55	2,64	2,70
Выделенная дисперсия	0,55	0,07	0,07	0,07	0,56	0,06	0,06	0,06

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.2.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Детального исследования бедренной кости *Canis lupus familiaris* также до настоящего времени проведено не было.

Результаты остеометрии бедренных костей с учетом латерализации представлены в Таблице 18.

Таблица 18 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК, см			ЛБК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	3,30	0,26	0,15	3,34	0,30	0,18
ØГс	1,63	0,14	0,08	1,55	0,16	0,09
ØГв	1,54	0,15	0,09	1,3	0,16	0,09
ØШс	0,57	0,08	0,05	0,50	0,08	0,05
ØШв	1,49	0,19	0,11	1,54	0,14	0,08
МВР	2,96	0,28	0,16	2,92	0,25	0,15
ПДШ	0,86	0,14	0,08	0,92	0,12	0,07
ЗДШ	0,95	0,26	0,15	0,87	0,18	0,10
ВДШ	0,52	0,16	0,09	0,62	0,12	0,07
НДШ	0,95	0,20	0,12	0,94	0,14	0,08
Дг	13,65	2,06	1,21	13,61	2,01	1,18
Дбв	11,88	1,61	0,95	11,90	1,79	1,06
ØДп	1,14	0,11	0,06	1,14	0,15	0,08
ØДс	1,11	0,14	0,08	1,10	0,16	0,09
СКД	1,77	0,23	0,14	1,81	0,22	0,13
УНД	3,09	2,07	1,22	3,90	3,08	1,82
АНТ	21,72	3,16	1,87	19,54	4,15	2,45
ТОР	14,09	2,62	1,55	12,63	4,17	2,46
ДШУ	137,18	6,69	3,95	141,90	7,79	4,60
ШДЭ	2,72	0,19	0,11	2,70	0,20	0,12
ШММЯ	0,75	0,14	0,08	0,75	0,12	0,07
ШНК	0,99	0,11	0,07	0,99	0,12	0,07
ШММ	0,97	0,06	0,04	0,97	0,07	0,04

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7
РсММ	2,99	0,33	0,19	2,94	0,35	0,20
ШЛМ	1,03	0,09	0,05	1,10	0,14	0,08
РсЛМ	2,93	0,30	0,18	2,95	0,26	0,15
ШМНМ	0,97	0,07	0,06	0,97	0,06	0,05
ШЛНМ	1,10	0,14	0,10	1,03	0,09	0,08

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

В Таблице 19 представлены результаты анализа относительных величин исследуемых линейных препаратов БК *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного.

Таблица 19 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК			ЛБК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,88	0,15	0,09	2,92	0,25	0,15
ØГс	1,42	0,07	0,04	1,35	0,09	0,05
ØГв	1,34	0,10	0,06	1,34	0,13	0,07
ØШс	0,49	0,04	0,02	0,43	0,05	0,03
ØШв	1,30	0,12	0,07	1,34	0,10	0,06
МВР	2,58	0,12	0,07	2,55	0,16	0,09
ПДШ	0,75	0,10	0,06	0,81	0,12	0,07
ЗДШ	0,82	0,20	0,12	0,76	0,18	0,10
ВДШ	0,45	0,13	0,07	0,53	0,08	0,04

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7
НДШ	0,83	0,16	0,10	0,83	0,15	0,08
Дг	11,89	1,55	0,92	11,91	1,68	0,99
Дбв	11,88	1,61	0,95	11,90	1,79	1,06
ØДс	0,96	0,06	0,03	0,96	0,06	0,03
СКД	1,55	0,21	0,12	1,59	0,21	0,12
ШДЭ	2,38	0,15	0,09	2,36	0,18	0,70
ШММЯ	0,66	0,14	0,08	0,66	0,12	0,07
ШНК	0,86	0,10	0,06	0,87	0,10	0,06
ШММ	0,85	0,04	0,02	0,85	0,06	0,04
РсММ	2,60	0,12	0,07	2,56	0,22	0,13
ШЛМ	0,90	0,09	0,05	0,97	0,15	0,09
РсЛМ	2,55	0,15	0,09	2,59	0,20	0,12
ШМНМ	0,85	0,06	0,05	0,85	0,04	0,04
ШЛНМ	0,97	0,15	0,13	0,90	0,09	0,07

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации бедренных костей беспородных собак был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 20.

Таблица 20 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *Canis lupus familiaris*

Структура	ПБК				ЛБК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,57	0,28	0,18	-0,49	0,90*	-0,12	-0,12	0,01

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ØГс	0,23	0,82*	0,22	0,08	0,55	-0,19	0,35	0,08
ØГв	0,35	0,56	0,14	-0,02	0,79*	0,05	-0,14	0,03
ØШс	-0,26	0,49	0,07	0,33	0,22	-0,51	0,07	0,71*
ØШв	0,78*	0,28	-0,32	-0,05	0,90	0,16	0,04	-0,14
МВР	0,59	0,25	0,39	-0,04	0,74*	-0,03	0,43	-0,07
ПДШ	0,69	0,05	0,04	0,09	0,77*	-0,10	-0,21	-0,41
ЗДШ	0,83*	-0,07	-0,12	0,07	0,67	0,41	0,06	-0,23
ВДШ	0,54	-0,18	0,38	0,10	0,43	0,43	-0,57	-0,24
НДШ	0,86*	0,01	0,06	0,17	0,67	0,37	0,14	-0,23
Дг	0,87*	-0,07	0,22	0,21	0,72*	0,58	-0,13	-0,10
Дбв	0,89*	-0,08	0,21	0,15	0,72*	0,60	-0,10	-0,10
ØДс	-0,42	0,68	-0,41	0,25	0,18	-0,75	-0,15	0,18
СКД	0,69	0,35	-0,11	-0,34	0,71*	0,09	0,02	-0,57
УНД	0,05	-0,40	0,01	-0,55	-0,10	0,67	-0,04	0,00
АНТ	-0,54	0,36	-0,01	-0,16	-0,14	-0,20	0,05	0,61
ТОР	-0,15	-0,16	-0,43	0,74*	0,05	0,03	-0,47	-0,06
ДШУ	0,24	-0,21	-0,25	0,57	0,31	0,29	-0,35	-0,51
ШДЭ	0,19	0,72*	0,30	-0,24	0,80*	-0,33	0,37	0,04
ШММЯ	0,75*	0,32	0,02	-0,22	0,75*	0,25	0,01	-0,31
ШНК	0,47	-0,02	0,77*	0,16	0,62	0,34	0,33	0,44
ШММ	-0,10	0,44	0,59	-0,30	0,45	-0,08	0,55	0,24
РсММ	0,08	0,73*	-0,03	0,15	0,77*	-0,19	-0,15	0,25
ШЛМ	0,27	0,47	0,55	0,23	0,37	-0,57	0,57	-0,06
РсЛМ	0,21	0,86*	0,00	0,21	0,86*	-0,24	0,00	-0,08
ШМНМ	0,44	-0,07	0,54	0,29	-0,1	0,44	0,59	-0,30
ШЛНМ	0,37	-0,57	0,57	-0,06	0,27	0,46	0,75	0,23

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общая дисперсия	10,17	9,20	4,69	4,19	16,75	6,11	4,12	3,25
Выделенная дисперсия	0,23	0,20	0,10	0,09	0,37	0,14	0,09	0,07

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

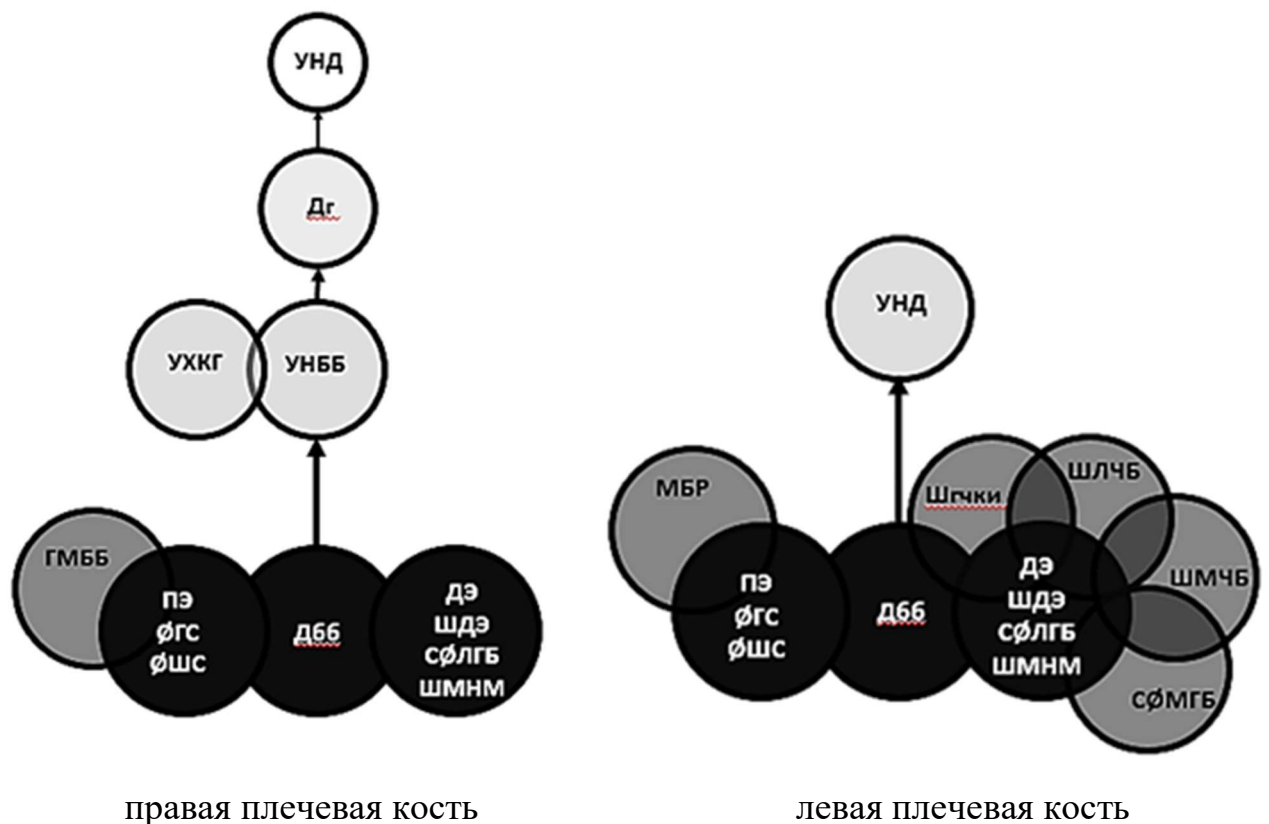
3.2.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей *Canis lupus familiaris*

Canis lupus familiaris пальцеходящее животное средней массы, активно использующее при локомоции позвоночный столб, имеющее дорсомобильный тип локомоции с расширенным объемом движений в суставах грудных и тазовых конечностей. Основываясь на результатах факторного анализа нами была разработана графическая модель структурной организации костей (Рисунки 26-27).

Структурная организация плечевой кости *Canis lupus familiaris* отличается асимметрией, выраженной разноуровневостью (Таблица 17): ППК обладает четырехуровневой организацией, ЛПК – двухуровневой. Структурная организация БК собаки более стабильна (Таблица 20) и имеет 4 уровня, независимо от латерализации кости.

Базовыми стабильными параметрами в структурной организации костей проксимальных сегментов свободной части конечностей *Canis lupus familiaris* независимо от принадлежности к конечности на первом уровне были: вертикальный диаметр шейки, длина кости, ширина дистального эпифиза. Морфофункциональная дифференциация костей проксимальных сегментов свободной части скелета конечностей проявилась на первом уровне дополнительными структурообразующими параметрами, имеющими равноценное

влияние на формирование плечевой кости, как части системы опорно-двигательного аппарата: ШПЭ, размеры головки, горизонтальный диаметр шейки, Дбб, вертикальные размеры головочки и латерального гребня блока, сагиттальный размер латерального гребня блока, размеры надмыщелков, что указывает на расширение локомоторной функции передней конечности. Дополнительным базовым параметром СО БК, стабильной по ФН, явилась ширина межмыщелковой ямки.



Риунок 26 - Модели структурной организации плечевой кости *Canis lupus familiaris*

Примечание - Темным 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 мыщелка и гребней блока, ширину латерального надмыщелка.

Асимметричными по ФН, структурообразующими параметрами 1-го уровня, указывающими на наличие особенностей, связанных с латерализацией и

разной степенью вовлеченности структур костей в выполнение функций для ППК стали глубина межбугорковой борозды, для ЛПК межбугорковое расстояние, длина, измеренная от головки, ширина головочки и медиальной части суставной поверхности блока, сагиттальный диаметр медиального гребня блока. Выявленная асимметрия свидетельствует о наличии доминирования ЛПК животного в осуществлении опорной функции на уровне дистального эпифиза.

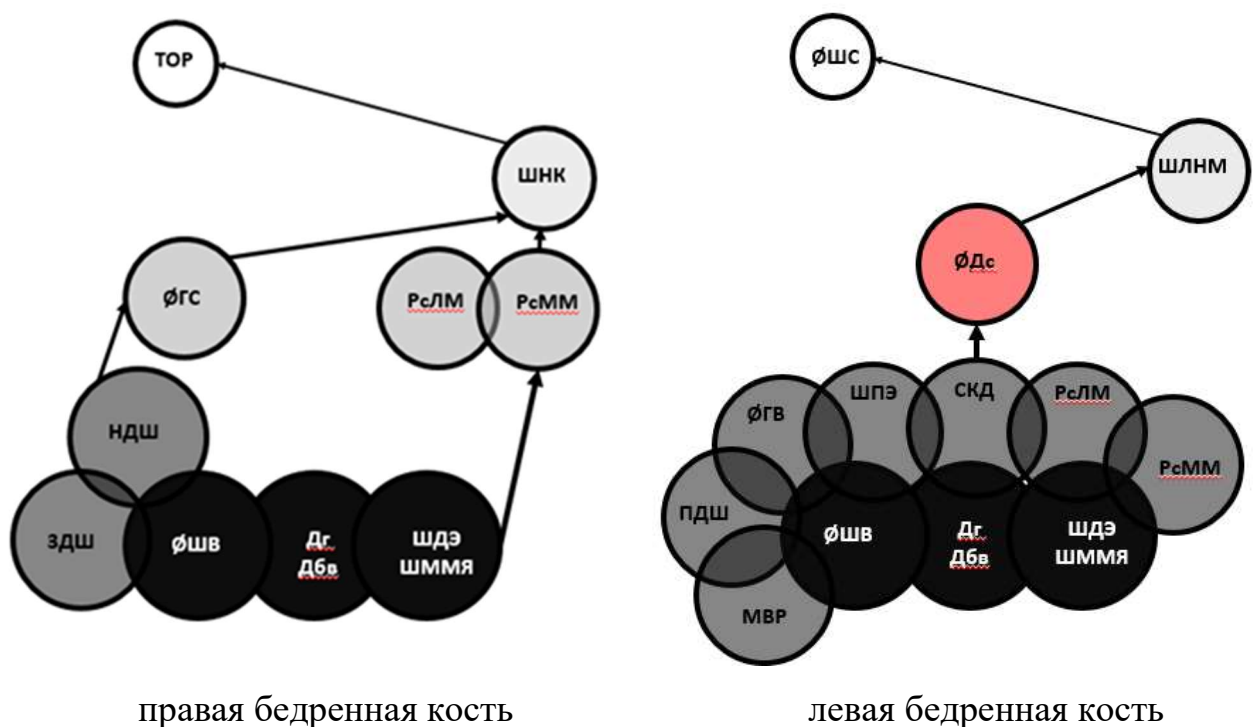


Рисунок 27 - Модели структурной организации бедренной кости *Canis lupus familiaris*

Примечание - Темным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон.

Для СО бедренной кости собак асимметричными по ФН, параметрами 1-го уровня, будут параметры проксимального эпифиза. Для ПБК задняя и нижняя длины шейки, для ЛБК – ширина проксимального эпифиза, вертикальный размер головки, передняя длина шейки, межвертельное расстояние. ЛБК отличается также наличием ФН на сагиттальные размеры мышечков.

Морфофункциональные особенности структурной организации плечевых и бедренных костей связанные с расширением локомоции у собак проявляются наличием нестабильных параметров начиная со второго уровня структурной организации.

Параметры, образующие 2-ой уровень структурной организации плечевых костей собаки еще раз подтверждают морфофункциональную дифференциацию эпифизов последней. С доминированием ППК в осуществлении вращательных движений на уровне локтевого сустава, что подтверждается ФН на УХКГ, угол направляющей борозды блока для ППК. Левосторонние ФН угла наклона диафиза указывают на беспрепятственную передачу веса по оси конечности вниз при изменении положения оси конечности, приближении ее к центральной линии тела, что вызвано дорсомобильным типом локомоции. Для ПБК структурообразующим параметром 2-го уровня явился сагиттальный диаметр головки, определяющий объем движений в тазобедренном суставе и сагиттальные размеры мышечков. Для ЛБК – сагиттальный диаметр диафиза и степень его кривизны, параметры отвечающие за передачу веса.

Третий уровень СО ППК составила длина кости до головки, 4-й уровень определил угол наклона диафиза с отрицательными факторными нагрузками. Третий уровень СО ПБК составила ширина суставной поверхности надколенника, параметр стабилизирующий коленный сустав в момент разгибания, у ЛБК – ширина латерального надмыщелка, отражающая степень активности подколенной мышцы-пронатора лапы и разгибателей пальцев. Четвертый уровень СО БК собаки составили для ПБК угол смещения головки в сагиттальной плоскости - TOP и сагиттальный диаметр шейки для ЛБК.

3.3. Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей *Oryctolagus cuniculus*

3.3.1. Результаты остеометрического исследования плечевой кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Несмотря на то, что кролик является распространенным лабораторным животным, изучением структурной организации костей этого животного ученые не занимались. Результаты остеометрического исследования представлены в Таблице 21.

Таблица 21 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК, см			ЛПК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	1,59	0,09	0,06	1,55	0,10	0,07
ØГГ	1,31	0,11	0,71	1,28	0,12	0,08
ØГВ	1,25	0,10	0,06	1,21	0,11	0,08
ØШГ	0,95	0,13	0,08	0,92	0,13	0,09
ØШВ	1,15	0,09	0,06	1,13	0,09	0,07
МБР	0,75	0,06	0,04	0,73	0,07	0,05
ШМББ	0,23	0,04	0,02	0,21	0,03	0,02
ГМББ	0,17	0,03	0,01	0,15	0,03	0,02
УХКГ	131,4	4,10	2,68	130,9	4,28	2,92
Дг	7,78	0,67	0,48	7,75	0,68	0,48
ØДс	0,75	0,07	0,04	0,72	0,07	0,05
Дбб	7,68	0,68	0,42	7,64	0,70	0,49
ØДп	0,63	0,08	0,05	0,59	0,08	0,06

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6	7
УНД	10,1	0,87	0,54	10,1	0,73	0,52
УСК	-7,42	0,84	0,52	-7,34	0,72	0,58
ДШУ	154,64	5,69	2,43	154,32	5,82	2,58
ШДЭ	1,20	0,07	0,04	1,17	0,08	0,06
ШЛокЯ	0,49	0,05	0,03	0,47	0,06	0,04
ВЛокЯ	0,40	0,06	0,03	0,38	0,06	0,04
ØГчкиВ	0,11	0,01	0,01	0,13	0,01	0,01
ШГчки	1,24	0,12	0,07	1,20	0,12	0,08
ВØЛГБ	0,60	0,05	0,03	0,57	0,05	0,04
ШЛЧБ	0,29	0,04	0,02	0,26	0,04	0,03
СØЛГБ	0,79	0,12	0,07	0,78	0,13	0,09
ВØМГБ	0,81	0,06	0,03	0,59	0,04	0,03
ШМЧБ	0,27	0,02	0,01	0,25	0,03	0,02
СØМГБ	0,88	0,07	0,05	0,86	0,07	0,05
ШМНМ	0,69	0,04	0,03	0,44	0,07	0,04
ШЛНМ	0,69	0,04	0,03	0,38	0,03	0,02
УНББ	9,06	0,87	0,54	12,00	0,81	0,58

Примечание - УСК имеет отрицательное значение из-за ретроторсии головки. СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

Поскольку в исследование были включены кости от скелетов животных с разной массой, для нормализации данных все линейные параметры были переведены в относительные величины. За единицу пропорциональности был взят поперечный диаметр диафиза на уровне середины длины кости. Результаты приведены в Таблице 22.

Таблица 22 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ППК			ЛПК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,55	0,23	0,14	2,66	0,28	0,17
ØГГ	2,11	0,32	0,20	2,21	0,39	0,24
ØГВ	1,99	0,19	0,12	2,07	0,24	0,15
ØШГ	1,50	0,11	0,07	1,57	0,11	0,07
ØШВ	1,82	0,23	0,14	1,94	0,30	0,19
МБР	1,20	0,10	0,06	1,24	0,11	0,07
ШМББ	0,37	0,05	0,03	0,37	0,06	0,03
ГМББ	0,28	0,04	0,02	0,25	0,04	0,02
Дг	12,37	0,93	0,58	13,24	0,13	0,08
Дбб	12,21	0,91	0,56	13,04	0,13	0,08
ØДс	1,19	0,12	0,07	1,23	0,13	0,08
ШДЭ	1,92	0,15	0,09	2,01	0,19	0,12
ШЛокЯ	0,79	0,12	0,07	0,81	0,16	0,10
ВЛокЯ	0,64	0,07	0,04	0,65	0,07	0,04
ØГчкиВ	1,70	0,22	0,13	1,78	0,28	0,17
ШГчки	0,17	0,02	0,01	0,22	0,04	0,02
ВØЛГБ	0,96	0,11	0,06	0,98	0,14	0,08
ШЛЧБ	0,47	0,06	0,04	0,44	0,07	0,04
СØЛГБ	1,26	0,11	0,07	1,31	0,10	0,06
ВØМГБ	0,99	0,10	0,06	1,02	0,12	0,08
ШМЧБ	0,44	0,05	0,03	0,40	0,04	0,02
СØМГБ	1,41	0,13	0,08	1,48	0,17	0,10
ШМНМ	0,93	0,18	0,16	0,75	0,11	0,07

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7
ШЛНМ	0,85	0,12	0,10	0,66	0,12	0,07

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации плечевых костей кроликов домашних был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 23.

Таблица 23 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Oryctolagus cuniculus*

Структура	ППК				ЛПК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,89*	0,11	0,15	0,20	0,93*	0,07	0,08	-0,07
ØГГ	0,73*	0,43	0,09	0,21	0,87*	-0,58	0,37	0,06
ØГВ	0,76*	0,47	-0,07	0,30	0,84*	-0,24	0,39	-0,03
ØШГ	0,15	0,00	0,42	0,84*	0,43	0,41	0,47	-0,58
ØШВ	0,89*	0,15	-0,21	0,00	0,92*	-0,14	-0,07	-0,05
МБР	0,69	-0,01	0,30	0,04	0,74*	0,22	-0,03	-0,03
ШМББ	0,29	0,19	0,57	0,24	0,57	0,39	0,47	0,01
ГМББ	0,40	0,46	0,25	0,60	-0,10	0,32	0,74*	-0,19
УХКГ	-0,55	0,02	-0,16	0,56	0,20	0,00	0,24	-0,01
Дг	0,71*	0,53	0,09	0,23	0,87*	-0,08	0,27	0,06
Дбб	0,68	0,58	0,14	0,20	0,84*	-0,08	0,31	0,12
ØДс	0,73*	0,47	-0,07	0,30	0,84*	-0,20	0,39	-0,03
УНД	0,13	0,20	0,59	-0,03	0,35	0,82*	0,23	0,07

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9
УСК	-0,20	-0,04	-0,07	-0,44	-0,40	0,13	0,21	0,19
ДШУ	-0,45	-0,71*	-0,12	0,18	-0,12	-0,09	0,00	-0,48
ШДЭ	0,92*	-0,05	0,03	-0,09	0,93*	0,02	-0,15	0,01
ШЛокЯ	0,69	0,48	-0,14	-0,12	0,76*	-0,34	0,14	0,09
ВЛокЯ	0,24	0,38	0,65	0,36	0,32	0,18	0,80*	0,16
ӨГчкиВ	0,91*	0,16	0,05	-0,07	0,92*	-0,08	0,05	0,10
ШГчки	0,90*	-0,07	-0,18	0,17	0,91*	-0,02	-0,08	-0,17
ВӨЛГБ	0,88*	-0,22	-0,04	-0,07	0,90*	0,02	-0,09	0,00
ШЛЧБ	0,68	0,03	0,02	-0,19	0,70*	-0,23	0,04	-0,09
СӨЛГБ	-0,02	-0,02	0,70*	0,21	-0,02	0,67	0,23	0,27
ВӨМГБ	0,81*	-0,40	0,01	-0,05	0,84*	0,18	-0,26	-0,05
ШМЧБ	0,84*	0,18	0,03	0,01	0,68	-0,08	0,20	0,38
СӨМГБ	0,79*	0,01	0,03	0,44	0,86*	0,20	0,03	-0,28
ШМНМ	0,25	0,03	0,77*	-0,37	0,22	0,41	0,08	0,58
ШЛНМ	0,73*	0,00	0,38	-0,44	0,70*	0,16	-0,07	0,54
УНББ	-0,29	- 0,74	-0,20	-0,33	-0,35	0,08	-0,18	0,50
Общая дисперсия	20,91	3,92	4,47	3,84	22,06	4,08	3,64	2,70
Выделенная дисперсия	0,45	0,09	0,10	0,08	0,48	0,09	0,08	0,06

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.3.2. Результаты остеометрического исследования бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Детального исследования бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* также до настоящего времени проведено не было. Результаты остеометрии бедренных костей с учетом латерализации представлены в Таблице 24.

Таблица 24 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК, см			ЛБК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	1,86	0,21	0,18	1,80	0,23	0,20
ØГс	0,90	0,05	0,05	0,87	0,04	0,03
ØГв	0,85	0,05	0,05	0,83	0,04	0,03
ØШс	0,83	0,04	0,03	0,80	0,06	0,05
ØШв	1,01	0,12	0,15	0,98	0,12	0,15
МВР	2,02	0,14	0,12	2,15	0,16	0,13
ПДШ	0,36	0,02	0,02	0,33	0,04	0,03
ЗДШ	0,24	0,04	0,03	0,22	0,04	0,03
ВДШ	0,35	0,01	0,01	0,33	0,02	0,01
НДШ	0,36	0,06	0,05	0,33	0,08	0,07
Дг	9,61	0,79	0,69	9,50	0,78	0,69
Дбв	9,78	0,67	0,58	9,69	0,74	0,65
ØДп	0,74	0,11	0,09	0,73	0,11	0,09
СКД	2,10	0,15	0,13	2,01	0,14	0,13
ØДс	0,70	0,04	0,03	0,67	0,05	0,04
УНД	28,2	0,83	0,73	27,6	0,54	0,48
АНТ	56,00	0,89	0,78	55,20	1,30	1,14

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7
ТОР	27,6	0,48	0,42	26,4	0,89	0,78
ДШУ	61,00	1,09	0,96	61,2	0,83	0,73
ШДЭ	1,65	0,11	0,10	1,60	0,13	0,11
ШММЯ	0,37	0,03	0,02	0,34	0,04	0,03
ШНК	0,55	0,18	0,14	0,53	0,18	0,16
ШММ	0,69	0,04	0,03	0,67	0,04	0,03
РсММ	1,56	0,19	0,17	1,53	0,21	0,18
ШЛМ	0,62	0,04	0,03	0,59	0,04	0,03
РсЛМ	1,44	0,28	0,25	1,41	0,32	0,28
ШМНМ	0,69	0,05	0,04	0,67	0,05	0,04
ШЛНМ	0,62	0,05	0,04	0,59	0,05	0,04

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

В Таблице 25 представлены результаты анализа относительных величин исследуемых линейных препаратов БК *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного.

Таблица 25 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного

Структура	ПБК			ЛБК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,51	0,23	0,19	2,47	0,27	0,21
ØГс	1,22	0,19	0,15	1,20	0,20	0,16
ØГв	1,15	0,14	0,11	1,14	0,14	0,11

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6	7
ØШс	1,12	0,13	0,11	1,11	0,14	0,11
ØШв	1,01	0,15	0,12	0,98	0,15	0,12
МВР	2,94	0,40	0,32	2,96	0,43	0,35
ПДШ	0,49	0,07	0,06	0,46	0,09	0,07
ЗДШ	0,32	0,04	0,03	0,30	0,05	0,04
ВДШ	0,48	0,09	0,07	0,46	0,10	0,08
НДШ	0,49	0,16	0,13	0,46	0,18	0,15
Дг	13,04	1,88	1,51	13,11	2,02	1,63
Дбв	13,29	2,07	1,67	13,39	2,18	1,75
ØДс	0,95	0,11	0,09	0,92	0,12	0,10
СКД	2,83	0,26	0,24	2,75	0,24	0,22
ШДЭ	2,24	0,28	0,22	2,20	0,30	0,24
ШММЯ	0,51	0,12	0,10	0,48	0,14	0,11
ШНК	0,74	0,12	0,11	0,75	0,24	0,22
ШММ	0,95	0,23	0,18	0,93	0,21	0,17
РсММ	2,11	0,30	0,24	2,11	0,37	0,30
ШЛМ	0,84	0,15	0,12	0,82	0,19	0,12
РсЛМ	1,91	0,24	0,20	1,91	0,28	0,23
ШМНМ	0,82	0,13	0,07	0,82	0,15	0,12
ШЛНМ	0,73	0,17	0,13	0,72	0,10	0,08

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации бедренных костей кроликов был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 26.

Таблица 26 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *Oryctolagus cuniculus*

Структура	ПБК				ЛБК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,51	0,76*	0,23	-0,10	0,24	0,92*	0,03	0,04
ØГс	0,87*	0,37	0,12	0,01	0,76*	0,56	-0,09	0,08
ØГв	0,95*	0,04	-0,07	-0,05	0,86*	0,32	-0,24	-0,03
ØШс	0,94*	-0,01	0,14	-0,10	0,80*	0,48	0,14	-0,17
ØШв	0,70*	0,10	-0,49	0,41	0,56	0,12	-0,62	0,45
МВР	0,89*	0,02	-0,05	-0,34	0,75*	0,40	-0,20	-0,38
ПДШ	0,73*	0,19	0,50	0,30	0,69	0,40	0,22	0,47
ЗДШ	-0,18	-0,38	0,30	0,80*	0,17	0,03	0,19	0,92*
ВДШ	0,89*	-0,14	0,24	-0,19	0,91*	0,21	0,16	-0,03
НДШ	0,60	0,09	0,72*	-0,14	0,66	0,31	0,62	-0,01
Дг	0,80*	0,34	0,38	-0,10	0,65	0,69	0,11	-0,08
Дбв	0,81*	0,29	0,39	-0,10	0,69	0,64	0,12	-0,09
ØДс	0,89*	0,33	0,08	-0,08	0,67	0,67	0,00	-0,03
СКД	0,84*	0,39	-0,21	-0,04	0,62	0,64	-0,32	-0,09
УНД	-0,70*	-0,47	0,44	0,06	-0,13	-0,16	0,92*	-0,11
АНТ	-0,82*	0,36	0,32	-0,02	- 0,87*	0,09	0,36	-0,16
ТОР	-0,65	0,68	0,16	-0,05	- 0,86*	0,37	-0,14	0,14
ДШУ	-0,27	0,25	0,23	0,85*	-0,58	0,25	0,70	-0,08
ШДЭ	0,79	0,14	-0,03	0,51	0,62	0,58	-0,12	0,42
ШММЯ	0,90*	-0,15	-0,22	-0,15	0,92*	-0,12	-0,22	-0,06
ШНК	-0,18	-0,05	-0,92*	-0,14	-0,19	0,08	-0,85*	-0,38
ШММ	0,92*	-0,09	0,18	0,16	0,93*	0,07	0,01	0,19

Продолжение таблицы 26								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РсММ	0,41	0,82*	0,12	0,23	0,19	0,89*	-0,15	0,23
ШЛМ	0,78*	-0,45	0,31	0,01	0,91*	-0,08	0,22	0,11
РсЛМ	-0,65	0,66	0,04	0,22	- 0,72*	0,57	-0,04	0,26
ШМНМ	0,86*	-0,24	0,18	0,26	0,58	0,74*	0,03	0,26
ШЛНМ	0,59	-0,62	0,16	0,40	0,32	0,83*	0,24	0,22
Общая дисперсия	18,77	5,87	5,03	3,89	17,67	6,88	5,47	3,54
Выделенная дисперсия	0,51	0,16	0,14	0,11	0,48	0,19	0,15	0,10

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.3.3. Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей *Oryctolagus cuniculus*

Oryctolagus cuniculus самое мелкое из исследованных животных, использующее специфический тип дорсомобильной локации – полупарный галоп (прыжки), при этом по строению лап занимает промежуточное положение между стопоходящими и пальцеходящими животными. Основываясь на результатах факторного анализа нами была разработана графическая модель структурной организации костей (Рисунки 28- 29).

Основываясь на данных Таблиц 23 и 26, в структурной организации костей проксимального сегмента свободной части скелета конечностей *Oryctolagus cuniculus* также присутствует асимметрия: ППК отличается 4 уровнями структурной организации, ЛПК - 3. Бедренные кости обладали 4 уровнями структурной организации.

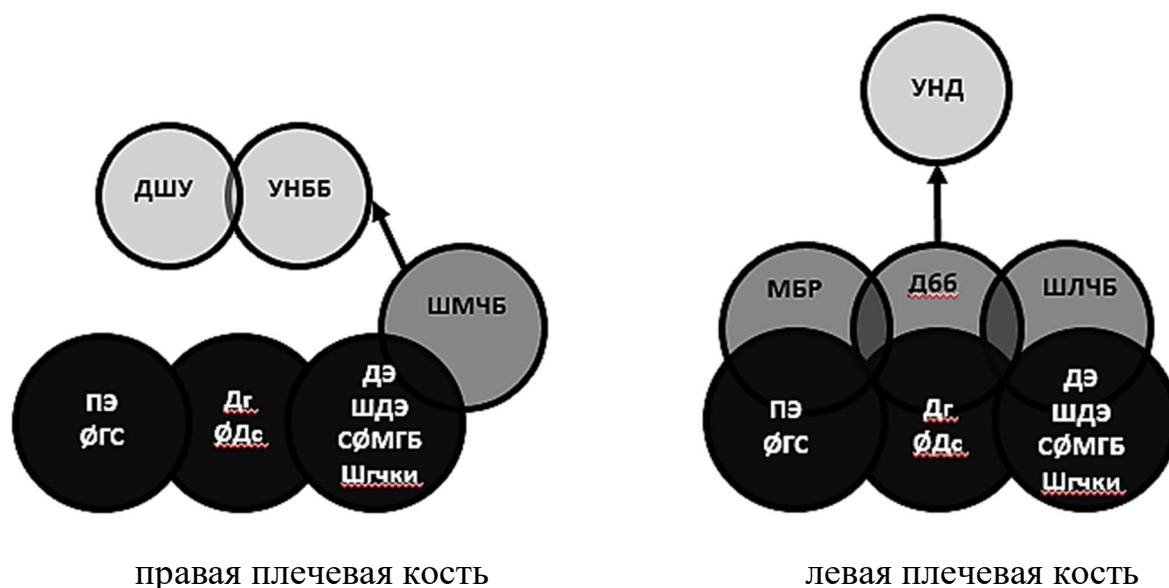


Рисунок 28 - Модели структурной организации плечевой кости *Oryctolagus cuniculus*

Примечание - Темным 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 мыщелка и гребней блока, ширину латерального надмыщелка.

Структурная организация плечевых и бедренных костей конечностей *Oryctolagus cuniculus* независимо от принадлежности к конечности представлена на первом уровне базовыми стабильными структурообразующими параметрами – размерами головок костей, определяющими движения в проксимальных суставах конечностей.

В структурной организации плечевой кости выявлены дополнительные параметры 1 уровня, стабильные по ФН: ШПЭ, вертикальные размеры шейки, длина кости, сагиттальный диаметр диафиза, ШДЭ, размеры головочки, вертикальные диаметры гребней блока, сагиттальный диаметр медиального гребня блока и ширина латерального надмыщелка. Данные параметры, также, как и у остальных исследованных животных обеспечивают принятие и передачу веса на нижележащие отделы конечности, кроме этого, они принимают участие в осуществлении локомоции, в первую очередь на уровне дистального эпифиза. Для бедренных костей также выявлены дополнительные базовые параметры 1 уровня,

стабильные по ФН: сагиттальный диаметр шейки, межвертельное расстояние, верхняя длина шейки, угол антеверсии БК с отрицательными ФН, ШММЯ, ширина мышечков и ширина медиального надмыщелка. определяющий участие кости в реализации опорной функции на уровне эпифизов.

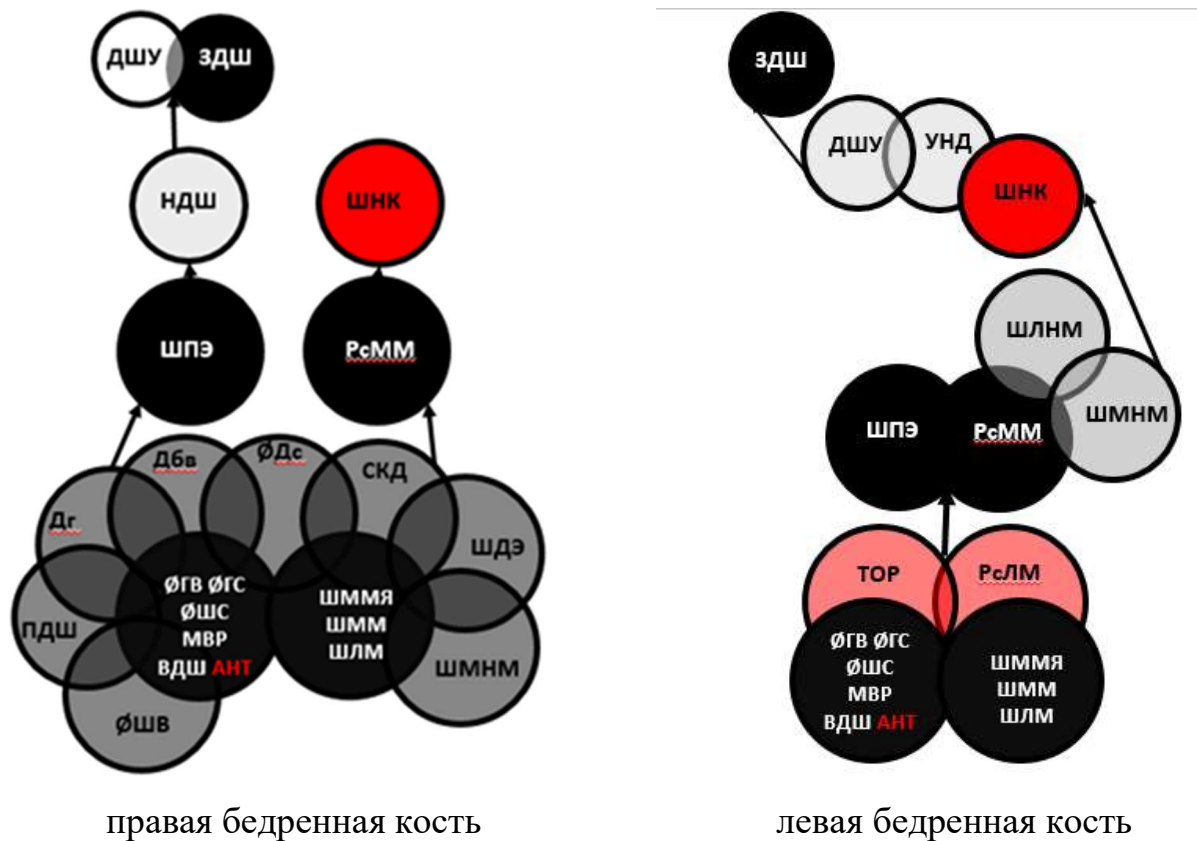


Рисунок 29 - Модели структурной организации бедренной кости *Oryctolagus cuniculus*

Примечание - Темным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон

Асимметрия структурной организации плечевых костей кроликов проявилась появлением ФН на параметры 1 уровня ЛПК: МБР, длину кости, измеренную от большого бугра, ширину латеральной части суставной поверхности блока. ППК испытывала ФН на ширину медиальной части блока. В СО бедренных костей *Oryctolagus cuniculus* присутствуют базовые параметры 1 уровня, асимметричные по величине ФН. Для ПБК – вертикальный диаметр шейки, передняя длина шейки, длины кости, сагиттальный диаметр диафиза, степень его

кривизны, ширина дистального эпифиза. Перечисленные параметры указывают на доминирующую роль ПБК. Для ЛБК отличалась отрицательными ФН на угол смещения головки кпереди в сагиттальной плоскости и сагиттальный размер латерального мыщелка.

Второй уровень структурной организации костей характеризует в большей степени опорные функции, присущие ЛПК животного, что проявилось ФН на УНД и отрицательными ФН для ППК на ДШУ и УНББ. СО бедренной кости на данном уровне отличается большей стабильностью с выделением общих базовых параметров ШПЭ и сагиттальный размер медиального мыщелка. Асимметрия СО проявляется ФН на ширину латерального надмыщелка. Такая структура ФН второго уровня СО плечевых и бедренных костей кроликов указывает на незначительную степень отличия в выполнении опорной функции.

Третий уровень структурной организации плечевых костей показал наличие морфофункциональной дифференциации костей на уровне дистального эпифиза. Для ППК структурообразующими параметрами стали сагиттальный диаметр латерального гребня блока и ширина медиального надмыщелка, влияющие на вращательные движения лапы животного. ЛПК имела ФН на глубину межбугорковой борозды, ширину и высоту локтевой ямки, отражающие сгибание на уровне локтевого сустава и стабилизацию последнего при разгибании. Третий уровень СО бедренных костей отличался наличием общих структурообразующих параметров. Это ширина суставной поверхности надколенника с отрицательными ФН, ограничивающая разгибание коленного сустава. Асимметрия, присутствующая в структурной организации ЛБК проявлялась ФН на угол наклона диафиза и ДШУ в четвертом уровне.

Четвертый уровень структурной организации плечевых костей нестабилен, присутствует в СО правых ПК и образован горизонтальным диаметром шейки. бедренная кость кролика имеет более стабильную структурную организацию на данном уровне, представленную общим параметром – задней длиной шейки, формирующейся под действием мышц, обеспечивающих сильное симметричное разгибание задних конечностей в тазобедренном суставе в момент прыжка.

3.4 Результаты исследования костей проксимального сегмента свободных конечностей *современного человека*

3.4.1 Результаты остеометрического исследования плечевой кости современного человека в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Остеометрические исследования костей человека имеют достаточно продолжительную историю. Однако данных, описывающих степень развития ряда структур, включенных в наше исследование, на настоящий момент нет. Так же отсутствует информация о степени развития костей лиц, умерших в конце двадцатого – начале двадцать первого веков.

Результаты остеометрического исследования плечевых костей современного человека представлены в Таблице 27.

Таблица 27 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости современного человека в зависимости от принадлежности кости к стороне тела

Структура	ППК, см			ЛПК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	5,10	0,17	0,09	4,94	0,12	0,07
ØГГ	4,84	0,25	0,13	4,74	0,23	0,13
ØГВ	5,02	0,28	0,14	4,90	0,26	0,14
ØШГ	4,32	0,26	0,14	4,17	0,12	0,07
ØШВ	4,68	0,24	0,13	4,38	0,4	0,21
МБР	3,18	0,42	0,23	3,01	0,25	0,13
ШМББ	0,93	0,14	0,07	0,85	0,14	0,07
ГМББ	0,43	0,06	0,03	0,46	0,06	0,03
УХКГ	135,92	4,30	2,34	142,92	5,37	2,91
Дг	32,88	1,32	0,72	32,30	1,31	0,71

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4	5	6	7
Дбб	32,40	1,22	0,66	31,81	1,37	0,74
ØДп	2,32	0,33	0,17	2,07	0,30	0,16
ØДс	2,35	0,12	0,06	2,29	0,11	0,06
УНД	8,76	2,59	1,41	7,59	2,67	1,45
УСК	35,92	4,37	2,37	35,65	3,72	2,02
ДШУ	137,92	3,36	1,82	132,80	3,93	2,14
ШДЭ	6,39	0,25	0,13	6,31	0,24	0,13
ШЛокЯ	2,41	0,27	0,14	2,22	0,36	0,19
ВЛокЯ	2,79	0,14	0,07	2,81	0,16	0,09
ШЛучЯ	1,09	0,19	0,10	1,04	0,21	0,11
ШВенЯ	1,64	0,35	0,19	1,70	0,29	0,16
ØГчкиВ	2,22	0,09	0,05	2,23	0,11	0,06
ШГчки	1,78	0,09	0,05	1,73	0,08	0,04
ВØЛГБ	1,93	0,15	0,08	1,90	0,08	0,04
ШЛЧБ	1,11	0,18	0,10	1,01	0,12	0,06
СØЛГБ	5,33	0,53	0,29	5,53	0,56	0,30
ВØМГБ	2,70	0,12	0,07	2,65	0,14	0,07
ШМЧБ	1,57	0,10	0,05	1,46	0,11	0,06
СØМГБ	6,1	0,33	0,18	6,01	0,53	0,29
ШМНМ	1,70	0,19	0,10	1,67	0,16	0,08
ШЛНМ	2,19	0,12	0,06	2,04	0,29	0,16
УНББ	14,46	2,48	1,24	16,76	3,94	2,14

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

Поскольку в исследование были включены кости от скелетов людей с разной массивностью для нормализации данных все линейные параметры были переведены в относительные величины. За единицу пропорциональности был взят

поперечный диаметр диафиза на уровне середины длины кости. Результаты приведены в Таблице 28.

Таблица 28 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости современного человека в зависимости от принадлежности кости к стороне тела

Структура	ППК			ЛПК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	2,30	0,14	0,07	2,45	0,49	0,26
ØГГ	2,08	0,12	0,06	2,28	0,13	0,07
ØГВ	2,16	0,14	0,07	2,36	0,14	0,08
ØШГ	1,95	0,11	0,06	2,07	0,45	0,24
ØШВ	2,11	0,13	0,07	2,13	0,18	0,10
МБР	1,44	0,19	0,11	1,49	0,31	0,17
ШМББ	0,42	0,06	0,03	0,42	0,11	0,06
ГМББ	0,19	0,03	0,01	0,22	0,04	0,02
Дг	14,88	1,17	0,63	16,03	3,45	1,87
Дбб	14,66	1,15	0,62	15,78	3,38	1,84
ØДс	1,06	0,10	0,05	1,13	0,23	0,12
ШДЭ	2,88	0,17	0,09	3,12	0,59	0,32
ШЛокЯ	1,08	0,08	0,04	1,09	0,26	0,14
ВЛокЯ	1,26	0,08	0,04	1,38	0,20	0,11
ШЛучЯ	0,48	0,09	0,05	0,51	0,11	0,06
ШВенЯ	0,73	0,16	0,08	0,81	0,10	0,05
ØГчкиВ	1,00	0,08	0,04	1,10	0,23	0,12
ШГчки	0,8	0,05	0,03	0,86	0,20	0,10
ВØЛГБ	0,87	0,08	0,04	0,94	0,20	0,11
ШЛЧБ	0,50	0,08	0,04	0,50	0,10	0,05

Продолжение таблицы 28

1	2	3	4	5	6	7
СØЛГБ	2,41	0,32	0,17	2,73	0,60	0,32
ВØМГБ	1,22	0,09	0,05	1,31	0,28	0,15
ШМЧБ	0,71	0,05	0,03	0,72	0,14	0,07
СØМГБ	2,76	0,31	0,16	2,95	0,49	0,26
ШМНМ	0,77	0,10	0,05	0,81	0,12	0,06
ШЛНМ	0,99	0,08	0,04	0,98	0,09	0,04

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации плечевых костей современного человека был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized. Результаты представлены в Таблице 29.

Таблица 29 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей современного человека

Структура	ППК				ЛПК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ШПЭ	0,96*	-0,06	0,08	0,07	0,99*	0,05	0,00	0,05
ØГГ	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
ØШГ	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

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Выделенная дисперсия	0,34	0,09	0,06	0,06	0,55	0,05	0,03	0,03

Примечание - Статистически значимые ФН с силой более 0,7, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

Структурная организация плечевой кости современного человека характеризуется трехуровневостью. Для структурной организации плечевой кости человека характерна латентная асимметрия, не выявляемая методами вариационной статистики. Препараты ППК и ЛПК отличаются асимметрией ФН, как среди параметров, составляющих один фактор, так и асимметрией факторной структуры (Таблица 29).

Первый фактор образован параметрами, испытывающими статистически значимые ФН как на препараты правой стороны, так и на препараты левой стороны. Это параметры проксимального эпифиза - ШПЭ, ØГв, ØШг, ØШв; общие параметры- Дг, Дбб, Дс; параметры дистального эпифиза: ШДЭ, ØГчкиВ, ШГчки, вертикальные и сагиттальные диаметры гребней блока и ШЛНМ. Так же первый фактор включил параметры, указывающие на латентную асимметрию структурной организации кости. Для левой плечевой кости человека группу факторообразующих параметров 1 уровня составили ØГг, МБР, ВЛокЯ, ШЛЧБ, ШМЧБ, ШМНМ. Для правой плечевой кости факторообразующим параметром 1 уровня явилась торсионная деформация диафиза кости.

Второй и третий факторы неустойчивы в своей факторной структуре. Вторым фактор ППК составили ШЛокЯ и ШВенЯ, ШЛучЯ.

Третий фактор включил ширину и глубину межбугровой борозды, УХКГ, УНД и ДШУ.

Плечевая кость человека, по коррелированности параметров, имеет одновременно сложную, но сбалансированную структурную организацию. Стабильных параметров выявлено 14, нестабильных, указывающих на

асимметричность организации – 16. Среди параметров проксимального эпифиза по коррелированности стабильных параметров выделено 4. Это ширина проксимального эпифиза, вертикальный размер головки и размеры шейки. Нестабильные параметры проксимального эпифиза плечевой кости человека, отражают различия в осуществлении двигательной функции на уровне плечевого сустава – сагиттальный размер головки, размеры межбугорковой борозды, межбугорковое расстояние, величина угла хрящевого края головки и ДШУ.

На уровне диафиза стабильными параметрами оказались длина кости, сагиттальный размер диафиза. Нестабильными параметрами явились угол наклона диафиза и торсион плечевой кости, формирующие основу для функциональной дифференциации дистального эпифиза.

Стабильными параметрами внутри дистального эпифиза явились 7 параметров: вертикальные и сагиттальные размеры гребней блока, вертикальный диаметр и ширина головочки, ширина латерального надмыщелка. Нестабильными параметрами дистального эпифиза оказались структуры, свидетельствующие о различной роли конечностей в осуществлении ротационных движений в локтевом суставе: размеры локтевой ямки, ширина лучевой и венечной ямок, ширина частей суставной поверхности блока, степень развития медиального надмыщелка.

3.4.2 Результаты остеометрического исследования бедренной кости современного человека в зависимости от принадлежности к стороне тела в норме

Вопросы строения бедренной кости интересуют не только анатомов. В первую очередь этот объект исследования вызывает интерес у травматологов ортопедов. Однако авторы ограничивают область своих интересов либо проксимальным эпифизом, либо дистальным [62, 66, 96].

Результаты остеометрии бедренных костей с учетом латерализации представлены в Таблице 30.

Таблица 30 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости современного человека в зависимости от принадлежности кости к стороне тела

Структура	ПБК, см			ЛБК, см		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
1	2	3	4	5	6	7
ШПЭ	9,46	0,34	0,17	9,01	0,70	0,35
ØГс	4,55	0,17	0,08	4,58	0,19	0,09
ØГв	4,46	0,15	0,07	4,47	0,16	0,08
ØШс	2,65	0,12	0,06	2,62	0,11	0,05
ØШв	3,37	0,15	0,07	3,35	0,14	0,07
МВР	5,53	0,31	0,15	5,71	0,26	0,13
ПДШ	2,67	0,18	0,09	2,59	0,14	0,07
ЗДШ	3,55	0,23	0,11	3,60	0,20	0,10
ВДШ	2,86	0,09	0,04	2,83	0,19	0,09
НДШ	4,29	0,33	0,16	4,23	0,30	0,15
Дг	43,32	1,30	0,64	43,52	1,28	0,64
Дбв	41,77	2,98	1,48	42,33	2,74	1,32
ØДп	2,74	0,10	0,05	2,76	0,11	0,05
ØДс	3,86	0,81	0,40	3,45	0,54	0,27
СКД	5,92	0,21	0,10	5,87	0,20	0,10
УНД	9,45	0,84	0,42	9,04	0,91	0,45
АНТ	15,46	5,18	2,59	17,25	4,60	2,27
ТОР	22,70	2,80	1,41	20,61	2,65	1,32
ДШУ	127,86	2,81	1,40	125,00	3,66	1,83
ШДЭ	7,07	0,47	0,23	7,17	0,46	0,23
ШММЯ	2,96	0,42	0,21	3,01	0,43	0,21
ШНК	4,14	0,96	0,48	4,17	0,97	0,48
ШММ	2,34	0,16	0,08	2,38	0,16	0,08

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7
РсММ	6,21	0,24	0,12	6,17	0,20	0,10
ШЛМ	2,84	0,18	0,09	2,90	0,20	0,10
РсЛМ	7,52	0,64	0,32	7,35	0,66	0,33
ШМНМ	0,96	0,06	0,03	0,92	0,07	0,04
ШЛНМ	0,68	0,04	0,02	0,70	0,04	0,02

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

В Таблице 31 представлены результаты анализа относительных величин исследуемых линейных препаратов БК современного человека в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного.

Таблица 31 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости современного человека в зависимости от принадлежности кости к стороне тела

Структура	ПБК			ЛБК		
	СА	СО	ДИ	СА	СО	ДИ
ШПЭ	3,46	0,12	0,06	3,27	0,24	0,12
ØГс	1,66	0,06	0,03	1,65	0,04	0,02
ØГв	1,63	0,04	0,02	1,62	0,04	0,02
ØШс	0,97	0,04	0,02	0,95	0,03	0,01
ØШв	1,23	0,04	0,02	1,21	0,04	0,02
МВР	2,02	0,12	0,06	2,06	0,08	0,04
ПДШ	0,97	0,06	0,03	0,94	0,05	0,02
ЗДШ	1,30	0,09	0,04	1,30	0,06	0,03
ВДШ	1,05	0,08	0,04	1,02	0,06	0,03
НДШ	1,57	0,12	0,06	1,53	0,11	0,05

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4	5	6	7
Дг	15,87	0,54	0,27	15,77	0,44	0,22
Дбв	15,24	0,48	0,24	15,33	0,50	0,25
ØДс	1,41	0,30	0,15	1,24	0,19	0,09
СКД	2,17	0,06	0,03	2,12	0,06	0,03
ШДЭ	2,60	0,18	0,09	2,60	0,16	0,08
ШММЯ	1,09	0,16	0,08	1,08	0,14	0,07
ШНК	1,50	0,34	0,17	1,51	0,35	0,17
ШММ	0,85	0,04	0,02	0,86	0,05	0,03
РсММ	2,27	0,08	0,04	2,23	0,06	0,03
ШЛМ	1,03	0,06	0,03	1,05	0,08	0,04
РсЛМ	2,74	0,22	0,11	2,66	0,22	0,11
ШМНМ	0,35	0,03	0,01	0,33	0,03	0,01
ШЛНМ	0,25	0,02	0,01	0,25	0,02	0,01

Примечание-СА – среднее арифметическое; СО-стандартное отклонение, ДИ - доверительный интервал при $\alpha \geq 0,05$.

С целью исследования структурной организации бедренных костей современного человека был произведен факторный анализ относительных линейных параметров и абсолютных угловых методом Maximum Likelihood Factor с вращением Equamax normalized.

Результаты представлены в Таблице 32.

Таблица 32 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей современного человека

Структура	ПБК				ЛБК			
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4
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
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

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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, обозначены*. Серым цветом залиты ячейки структур, имеющие ФН среди препаратов обеих групп.

3.4.3 Модель структурной организации костей проксимальных сегментов конечностей современного человека

Основываясь на результатах факторного анализа нами была разработана графическая модель структурной организации костей (Рисунки 30-31).

По результатам данного исследования структурная организация бедренной кости включает четыре уровня (Таблица 32). Так же, как и в структурной организации плечевой кости выявлена латентная асимметрия, не определяемая методами вариационной статистики. Препараты ПБК и ЛБК отличаются асимметрией ФН, как среди параметров, составляющих один фактор, так и асимметрией факторной структуры. Так в структурной организации ПБК выделено 4 фактора в структурной организации ЛБК - 3.

Стабильные параметры, образующие первый фактор и 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. Асимметрия структурной организации на первом уровне

проявилась ФН на ширину проксимального эпифиза справа и ширину латерального мыщелка дистального эпифиза слева. При этом правая БК испытывает большие ФН на ШПЭ, МВР, Д, ШДЭ, РсММ. Левая БК испытывает большие ФН на параметры головки и шейки, ШЛМ. На уровне середины диафиза кости функционально равноценны. ФН на СКД одинаковы.

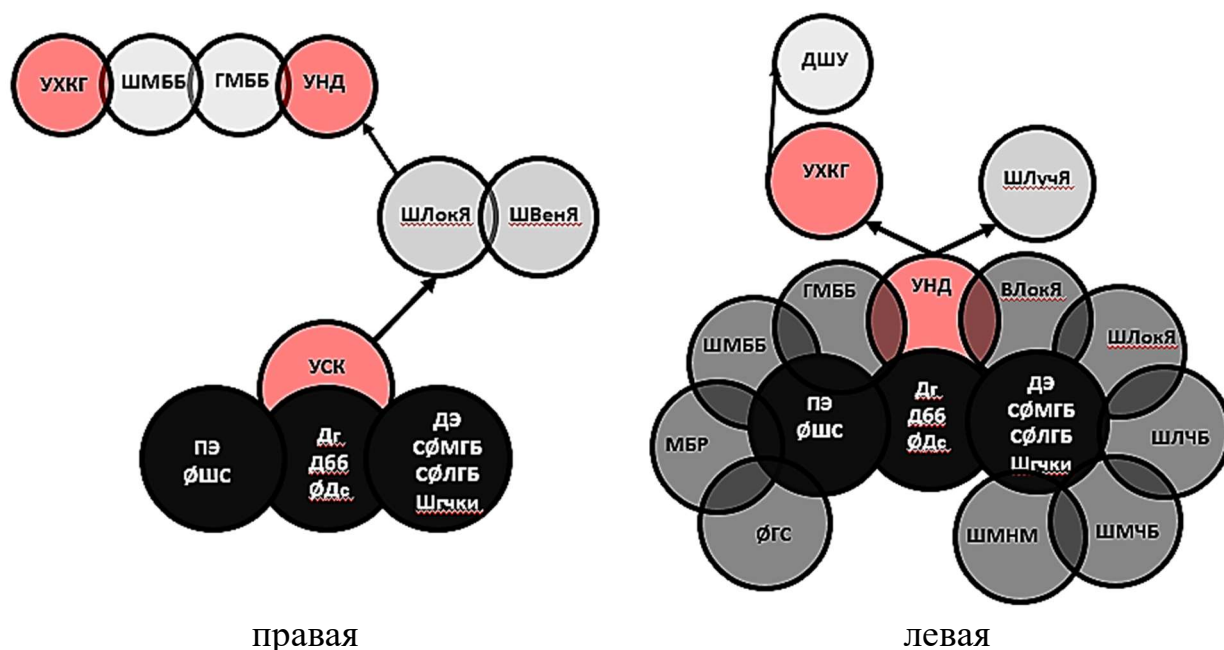


Рисунок 30 - Модель структурной организации плечевой кости человека

Примечание - Темным 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 и гребней блока, ширину латерального надмышелка.

Стабильные параметры, составившие второй уровень (Таблица 32) - ШММЯ, ШНК, ШММ, РсЛМ, размер медиального надмыщелка. При этом обе кости испытывают сопоставимо равные отрицательные ФН на ширину межмыщелковой ямки и суставной поверхности надколенника. Структурно нестабильные параметры второго уровня асимметричны. Для ПБК это размер латерального надмыщелка. Для левой – латерального мыщелка.

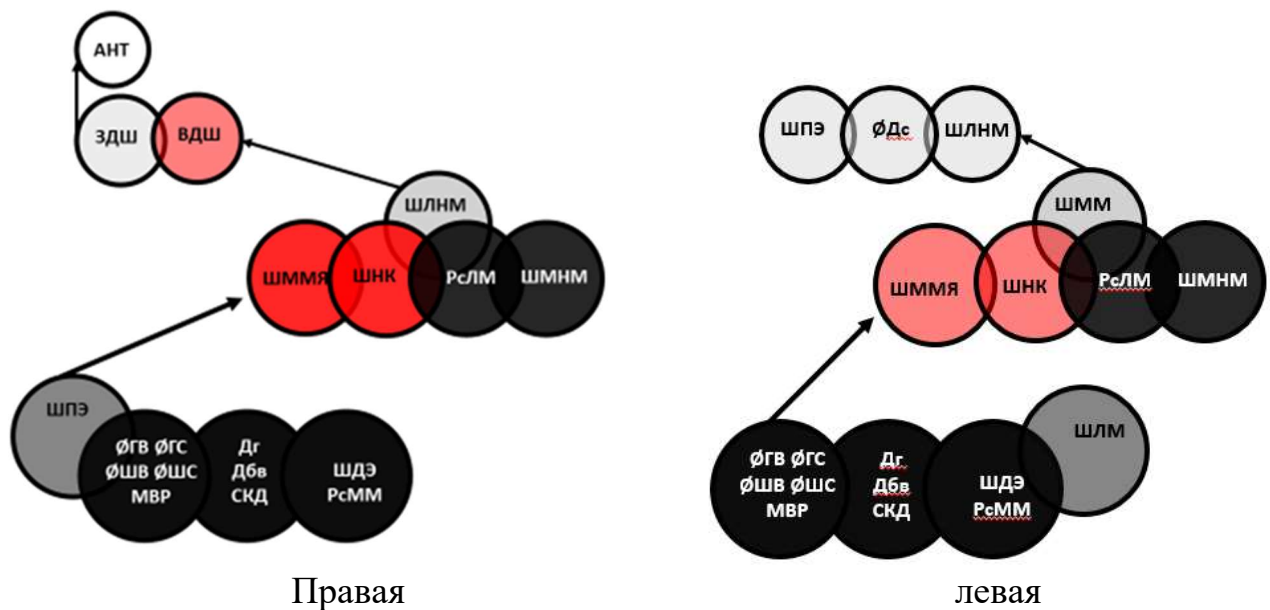


Рисунок 31 - Модель структурной организации бедренной кости человека

Примечание - Темным цветом обозначены стабильные структурообразующие параметры, присутствующие на костях обеих сторон.

Параметры, образующие третий фактор и четвертый уровни показывают максимальную асимметрию значений ФН. Они имеют только структурно нестабильные параметры. Для третьего уровня системной организации ПБК это длины шейки, измеренные сзади и сверху. Для ЛБК – ширина проксимального эпифиза, сагиттальный диаметр диафиза и размер латерального надмыщелка. Четвертый фактор структурной организации выявлен у правой бедренной кости и состоит лишь из одного параметра – угла антеверсии.

Бедренная кость человека, по коррелированности параметров, имеет стабильных параметров выявлено 15, нестабильных, указывающих на асимметричность организации – 8. Среди параметров проксимального эпифиза по коррелированности стабильных параметров выделено 5. Это размеры головки и размеры шейки, межвертельное расстояние. Нестабильные параметры проксимального эпифиза бедренной кости человека, отражают различия в осуществлении опорной функции на уровне тазобедренного сустава – ширина проксимального эпифиза, длины шейки, измеренные вверху и сзади, величина угла антеверсии. На уровне диафиза стабильными параметрами оказались длина кости,

степень изогнутости диафиза кпереди. Нестабильными параметрами явились сагиттальный диаметр диафиза.

Стабильными параметрами внутри дистального эпифиза явились 6 параметров: ширина дистального эпифиза, сагиттальные размеры мыщелков, ширина межмыщелковой ямки и суставной поверхности надколенника, степень развития медиального надмыщелка. Нестабильными параметрами дистального эпифиза оказались поперечные размеры мыщелков – их ширина и степень развития латерального надмыщелка.

Глава 4 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1 Особенности остеометрического исследования плечевой кости современного населения европейской части России

Изучение строения плечевой кости активно используется археологами, антропологами, анатомами, судебными медиками и многими другими специалистами в области медицины и не только. По размерам костных структур плечевой кости можно получить информацию о трудовой активности человека, его образе жизни, биомеханике конечности и др. Исследования костного материала, начатые учеными морфологами бывшего СССР, открыли новое направление в популяционной анатомии, и требуют продолжения в связи с изменениями функциональной активности верхней конечности в популяции современных людей [4, 9, 146, 148, 149, 166, 224, 410]. Результаты нашего исследования показали, что плечевая кость современного человека, умершего на рубеже XX-XXI века в европейской части России, по сравнению с индийской популяцией людей, населением Турции, Португалии и Японии длинее в среднем на 1,6 - 3,5 см и составляет у ППК $32,88 \pm 1,32$ см; У ЛПК $32,30 \pm 1,31$ см [256, 296, 428]. Также длиннее все вертикальные характеристики кости, что может объясняться разницей в росте людей [336, 376, 378]. Сравнение наших результатов с данными В.И. Пашковой и Б.А. Никитюка не выявили различий в длине костей лиц, умерших в середине двадцатого века и на рубеже XX-XXI веков [148, 166]. Интересным является факт отсутствия различий, по результатам нашего исследования, в степени развития структур контралатеральных костей.

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 дистального эпифиза лиц популяций Индии и составила для ППК $5,10 \pm 0,17$ см для ЛПК $4,94 \pm 0,12$ см [148, 166, 238, 376, 397, 428].

В своих исследованиях В.И.Пашкова (1978) указывает на доминирование вертикального размера головки над горизонтальным в среднем на 4 мм [166]. По нашим данным, разница между вертикальным и горизонтальным размерами головки сократилась и не превышает 2мм. 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° в пересчете на методику, примененную в нашем исследовании, его величина в среднем 133° , что несколько меньше результатов нашего исследования (ППК $135,92 \pm 4,30$ градуса, ЛПК $142,92 \pm 5,37$ градуса) [333, 336]. Для головки плечевой кости человека характерно специфическое положение. Она развернута несколько кзади. Величина угла ретроверсии, по данным разных авторов, колеблется в диапазоне $10-19^{\circ}$ [243, 330, 337, 359, 381]. В нашем исследовании данный параметр носит название, принятое в России – торсион или угол скрученности диафиза кости. Ретроверсия головки, по нашим данным, оказалась значительно большей (ППК $35,92 \pm 4,37$ и ЛПК $35,65 \pm 3,72$ градусов). Вероятно, разница в полученных нами и литературных данных связана с несовпадением методик остеометрии. Головка плечевой кости соединяется с диафизом посредством шейки. Анатомическая шейка с диафизом образует условный шейечно-диафизарный угол, величина которого, по данным литературы, колеблется в диапазоне $132 - 141^{\circ}$, что совпадает с результатами нашего исследования [53, 153, 243, 330].

Особый интерес клиницистов вызывает степень развития межбугорковой борозды, как наиболее чувствительной структуры при развитии патологии плечевого сустава [376, 378, 398, 406]. 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 на ППК $0,43 \pm 0,06$ см, на ЛПК $0,46 \pm 0,06$ см.

Остеометрическое исследование дистального эпифиза связано с определенными трудностями, вызванными сложной геометрией последнего. По нашим данным, 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 [148, 166, 238]. 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) ее ширина меньше в среднем на 3 мм [251]. Ширина локтевой и лучевой ямок не отличались от данных иностранных исследователей. Анализ формы головочки показал, что она имеет несколько вытянутую вертикально форму (ширина головочки справа $1,78 \pm 0,09$ см, вертикальный размер $2,22 \pm 0,09$ см; ширина головочки слева $1,73 \pm 0,08$ см, вертикальный размер $2,23 \pm 0,11$ см), что не совпадает с данными других исследователей (ширина×высота головочки ППК $18,32 \pm 1,60 \times 15,84 \pm 1,21$ мм, ЛПК $17,34 \pm 1,84 \times 17,12 \pm 1,84$ мм) [251].

В ходе нашего исследования мы предприняли попытку изучения геометрии блока плечевой кости. Сравнительные литературные данные по величине диаметров гребней блока, ширине частей суставной поверхности, расположению направляющей борозды блока отсутствуют. По нашим данным размеры структур медиальной части блока (ширина, вертикальный размер, сагиттальный размер) больше размеров латеральной части. А борозда, разделяющая части блока в горизонтальной плоскости расположена под углом к оси мыщелков. Открыт угол направляющей борозды блока медиально. Его величина равна для ППК $14,46 \pm 2,48$, для ЛПК $16,76 \pm 3,94$ градусов. Также в литературе нет данных о размерах надмыщелков плечевой кости. На задней поверхности дистального эпифиза шире оказался латеральный надмыщелок (ППК $2,19 \pm 0,12$ см, ЛПК $2,04 \pm 0,29$ см). Размеры медиального надмыщелка – $1,70 \pm 0,19$ см для ППК и $1,67 \pm 0,16$ см для ЛПК.

4.2 Адаптационная гармоничность в строении плечевой кости человека и животных

Введение коэффициента пропорциональности при изучении эволюции 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 по данным нашего исследования не выявлено (Таблицы 10, 16, 22, 28).

В целом плечевая кость человека по своим относительным значениям отличается максимальной длиной, измеренной как от головки, так и от большого бугра (Дг ППК $14,88 \pm 1,17$ и ЛПК $16,03 \pm 3,45$, Дбб ППК $14,66 \pm 1,15$ и ЛПК $15,78 \pm 3,38$ отн. ед.). Следующим животным, обладающим относительно длинной костью будет кролик (Дг ППК $12,37 \pm 0,93$ и ЛПК $13,24 \pm 0,13$, Дбб ППК $12,21 \pm 0,91$ и ЛПК $13,04 \pm 0,13$ отн.ед.). Относительно короче плечевая кость у собак (Дг ППК $9,48 \pm 2,38$ и ЛПК $10,36 \pm 2,15$, Дбб ППК $10,33 \pm 2,24$ и ЛПК $10,84 \pm 2,21$ отн.ед.). Самой короткой костью будет обладать самое тяжелое из исследованных животных – бык (Дг ППК $5,76 \pm 0,88$ и ЛПК $5,69 \pm 0,87$, Дбб ППК $6,40 \pm 0,97$ и ЛПК $6,12 \pm 0,76$ отн. ед.). Статистически достоверной разницы между длиной кости, измеренной от головки и длиной, измеренной от большого бугра не выявлено. По величине относительного сагиттального размера диафиза плечевые кости всех исследованных видов имели статистически равные значения. Расположение кости внутри плеча мы попытались оценить по величине угла наклона диафиза. У животных его значение было максимальным у быков и уменьшалось вместе с размерами животного, достигая минимума у кроликов. Сравнивать УНД плечевой кости человека с УНД плечевой кости животных, на наш взгляд не следует, поскольку торсионная трансформация плечевой кости человека привела к изменению плоскости измерения данного угла. Величина скрученности кости по вертикальной оси максимальная у человека (справа $35,92 \pm 4,37$ и слева $35,65 \pm 3,72$ градусов), для животных ее значения отрицательны и свидетельствуют о ретроторсии головки: у быка справа УСК - $9,86 \pm 1,06$ и слева - $9,60 \pm 0,46$; у собак справа - $9,90 \pm 0,31$ и слева - $10,90 \pm 0,40$; у кроликов справа - $7,42 \pm 0,84$ и слева - $7,34 \pm 0,82$ градусов.

Кости всех исследуемых видов не отличались по относительной ширине проксимального эпифиза. А по параметрам, описывающим форму головки плечевой кости максимальные значения принадлежат человеку. 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, ее суставная поверхность максимально приближена по форме к правильной полусфере. Соотношение $\text{ØГГ} \times \text{ØГВ}$ у быка - ППК $1,60 \pm 0,33 \times 0,86 \pm 0,20$, ЛПК $1,56 \pm 0,25 \times 0,84 \pm 0,19$; у собаки - ППК $1,59 \pm 0,21 \times 1,26 \pm 0,22$, ЛПК $1,67 \pm 0,23 \times 1,32 \pm 0,22$; у кролика - ППК $2,11 \pm 0,32 \times 1,99 \pm 0,19$, ЛПК $2,21 \pm 0,39 \times 2,07 \pm 0,24$; у человека - ППК $2,08 \pm 0,12 \times 2,16 \pm 0,14$, ЛПК $2,28 \pm 0,13 \times 2,36 \pm 0,14$ отн.ед. 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 (ППК $135,92 \pm 4,30$ и ЛПК $142,92 \pm 5,37$ градусов) и минимальную у быков (ППК $84,92 \pm 2,84$ и ЛПК $85,30 \pm 2,89$ градусов). С расширением объема движений в плечевом суставе УХКГ увеличивается. Среди угловых параметров статистически достоверная асимметрия выявлена в величине угла хрящевого края головки у собак: доверительный диапазон при $\alpha \geq 0,05$ справа $107 - 112^\circ$, слева $123 - 132^\circ$. Следующая структура, характеризующая движения в плечевом суставе и являющаяся, по мнению Никитюка Б.А., видоспецифичным критерием человека - межбугровая борозда [146]. Оценивая ее относительную ширину и глубину, мы не выявили их увеличения у человека: ширина $\times$ глубина у человека ППК $0,42 \pm 0,06 \times 0,19 \pm 0,03$, ЛПК $0,42 \pm 0,11 \times 0,22 \pm 0,04$; у быка ППК $0,63 \pm 0,13 \times 0,59 \pm 0,09$, ЛПК $0,58 \pm 0,16 \times 0,56 \pm 0,11$; у собак ППК $0,58 \pm 0,09 \times 0,28 \pm 0,05$, ЛПК $0,62 \pm 0,13 \times 0,29 \pm 0,04$; у кроликов ППК $0,37 \pm 0,05 \times 0,28 \pm 0,04$, ЛПК $0,37 \pm 0,06 \times 0,25 \pm 0,04$ отн. ед. Степень развития межбугровой борозды отражает силу двуглавой мышцы, которая у животных помимо сгибания в локтевом суставе, фиксирует плечевой сустав и передает нагрузку на нижележащие отделы конечности [12, 16, 155,]. Изменения, произошедшие с головкой плечевой кости, не могли не затронуть

шейку. Анатомическая шейка плечевой кости у всех исследуемых видов практически не выражена. Наиболее четко она визуализируется у человека. Среди параметров, описывающих ее строение в исследование были включены верхне-нижний размер и сагиттальный горизонтальный размер. Шейка плечевой кости человека имеет максимальные относительные размеры, при этом она вытянута в вертикальном направлении. Условный плечо-диафизарный угол, измеренный на костях собак, кроликов и человека показывает минимальное значение у человека и максимальное у собак (ДШУ у собак ППК $156,16 \pm 3,78$ и ЛПК $154,92 \pm 3,76$; ДШУ у человека ППК $137,92 \pm 3,36$ и ЛПК $132,80 \pm 3,93$ градусов). На костях быков из-за специфической формы головки, в виде «стекающей капли» точно определить величину данного угла было невозможно.

Относительные размеры структур дистального эпифиза также зависят от выполняемых функций. Дистальный эпифиз плечевых костей животных достоверно уже проксимального. У человека ширина дистального эпифиза больше ширины проксимального (ШДЭ ППК $2,88 \pm 0,17$, ЛПК $3,12 \pm 0,59$ и ШПЭ ППК $2,30 \pm 0,14$, ЛПК $2,45 \pm 0,49$ отн. ед.). Максимально приближен к человеку по относительной ширине дистальный эпифиз собак (ППК $2,32 \pm 0,39$, ЛПК $2,42 \pm 0,34$ отн. ед.), наименьшую относительную ширину дистального эпифиза имеет бык (ППК $1,44 \pm 0,29$, ЛПК $1,48 \pm 0,37$ отн. ед.). Анализируя соотношения поперечных размеров частей дистального эпифиза, его блока и головочки, выяснилось, что у быков, имеющих максимальный вес ширина медиальной части суставной поверхности блока больше относительной ширины его латеральной части (ШЛЧБ ППК $0,35 \pm 0,06$, ЛПК $0,34 \pm 0,06$ и ШМЧБ ППК $0,72 \pm 0,12$, 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 (ШЛЧБ ППК $0,50 \pm 0,08$, ЛПК $0,50 \pm 0,10$ и ШМЧБ ППК $0,71 \pm 0,05$, 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 (ШЛЧБ у человека ППК $0,50 \pm 0,08$, ЛПК $0,50 \pm 0,10$; у собаки ППК $0,52 \pm 0,05$, ЛПК $0,50 \pm 0,08$ отн. ед.), что связано с повышенной ротационной активностью предплечья у данных видов.

Амплитуда разгибательных движений в локтевом суставе зависит от сагиттальных размеров гребней блока плечевой кости. Максимальную относительную длину гребней блока имеет человек, минимальную 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 (одномоментному приземлению на обе передние лапы), таких как кролик и собака, вертикальные диаметры гребней блока практически одинаковы (ВØЛГБ кролика ППК $0,96 \pm 0,11$, ЛПК $0,98 \pm 0,14$ и ВØМГБ ППК $0,99 \pm 0,10$, ЛПК $1,02 \pm 0,12$; ВØЛГБ собаки ППК $1,13 \pm 0,20$, ЛПК $1,17 \pm 0,17$ и ВØМГБ ППК $1,26 \pm 0,22$, 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 ее максимальное значение, для быка минимальное (ШЛокЯ быка ППК $0,56 \pm 0,07$ и ЛПК $0,54 \pm 0,06$; человека ППК $1,08 \pm 0,08$ и ЛПК $1,09 \pm 0,26$ отн. ед.). Относительная высота локтевой ямки показывает ту же закономерность. Относительные размеры надмыщелков плечевой кости указывают на их функциональную неравноценность. У человека и собак латеральный надмыщелок 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 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 УНББ характерны для человека, минимальные для быка (УНББ быка ППК $6,35 \pm 0,25$ и ЛПК $6,37 \pm 0,23$; кролика ППК $9,06 \pm 0,87$ и ЛПК $12,0 \pm 0,81$; собаки ППК $12,90 \pm 0,31$ и ЛПК $12,88 \pm 0,33$; человека ППК $14,46 \pm 2,48$, ЛПК $16,76 \pm 3,04$ градусов).

Таким образом результаты введения коэффициента пропорциональности позволили выяснить, что основными направлениями эволюционных 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 ДШУ.

Плечевая кость увеличилась в длине с увеличением ее 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 и ширины локтевой ямки и большей величине угла направляющей борозды блока, что позволило при сгибании конечности кисти занимать 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.

4.3 Особенности остеометрического исследования бедренной кости современного человека

Результаты остеометрии бедренной кости современного человека не выявили статистически достоверной асимметрии ее 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 (2006) и других авторов [95, 135, 146, 148]. Сравнивая результаты данного исследования с результатами исследований зарубежных авторов, выяснено, что бедренная кость людей европейской части России по степени выраженности ее структур, длине и угловым характеристикам практически не отличается от костей людей, населяющих Иран и Турцию [464] и была гораздо массивнее и длиннее бедренной кости индусов и малайцев [307, 311, 312, 318, 375, 400, 452].

Ширина проксимального эпифиза ПБК несколько больше, чем ЛБК (справа $9,46 \pm 0,34$ см, слева $9,01 \pm 0,70$ см), что согласуется с данными Е.А. Анисимовой (2014) [145]. В результате исследования выяснено, что для современного жителя европейской части России характерны размеры проксимального эпифиза схожие с величиной проксимального эпифиза современных бразильцев [277]. 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 ее сагиттального размера к вертикальному 1,02, что отличается от данных приведенных в работах конца XX века. В работах тех лет указывалось на превалирование вертикальных размеров над горизонтальными [4, 56, 148, 166]. Головка соединяется с диафизом при помощи шейки бедренной кости. Вертикальный размер шейки больше ее сагиттального размера, что согласуется с данными других исследователей [96, 150, 209, 254, 306]. Верхние и передние отделы шейки бедра находятся под действием сил сжатия, и их размеры значительно меньше размеров нижней и задней части шейки, которые находятся под действием сил растяжения [1, 34, 138, 141, 142, 239]. Длина шейки, измеренная вверху у ПБК $2,86 \pm 0,09$ см, ЛБК $2,83 \pm 0,19$ см. Нижняя длина шейки у ПБК $4,29 \pm 0,33$ см, ЛБК $4,23 \pm 0,30$ см. Передняя длина шейки у ПБК $2,67 \pm 0,18$ см, ЛБК – $2,59 \pm 0,14$ см. Задняя длина шейки у ПБК $3,55 \pm 0,23$ см, 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) [62, 141, 202,

224, 268, 270, 306]. Выявленная диспропорция в размерах шейки бедренной кости человека, с доминированием препаратов ПБК по всем размерам шейки включая ее диаметры и ее длины- ПДШ, ВДШ, НДШ связана, на наш взгляд, с изменением положения элементов проксимального эпифиза не только во фронтальной плоскости, но и в сагиттальной. Для описания положения шейки и головки бедренной кости, мы измерили величину угла отклонения шейки кпереди в сагиттальной плоскости и назвали данный угол ТОР. Его величина справа также оказалась большей, чем слева ($22,70 \pm 2,8^\circ$ и $20,61 \pm 2,65^\circ$). Описаний величин длин шейки бедренной кости и угла ТОР в доступной литературе нет. Шейка бедренной кости соединясь с диафизом во фронтальной плоскости образует шеечно-диафизарный угол, величина которого справа несколько больше, чем слева ПБК $127,86 \pm 2,81$ и ЛБК $125,00 \pm 3,66$ градусов, однако статистически достоверными эти отличия не являются. В популяции Индии величина шеечно-диафизарного угла меньше, а в популяции Нигерии больше, чем выявлено в ходе данного исследования [306, 311, 312].

ЛБК имеет большее межвертельное расстояние, чем правая (ЛБК $5,71 \pm 0,26$ см ПБК $5,53 \pm 0,31$ см). Результаты данного исследования показывают меньшее значение МВР, чем в исследованиях Ю.В. Довгялло (2016) по данному параметру [83].

Диафиз бедренной кости человека изогнут кпереди, причем диафиз ПБК более изогнут, чем ЛБК. Диафиз соединяется с дистальным эпифизом под углом, УНД отклонен от вертикальной оси латерально в среднем на 9 градусов, что не отличается от данных других исследователей [83, 95, 166, 209, 380].

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 [95]. Исходя из данных таблицы 23 среди мыщелков бедренной кости большими размерами отличается латеральный мыщелок, что частично согласуется с данными И.В. Гайворонского (2015) и К.П. Чекалина (2016) [114, 223]. Структуры дистального эпифиза ЛБК при этом имеют несколько большие размеры, чем правой. Размеры латерального надмыщелка

меньше размеров медиального, что связано с особенностями фиксации мышц на дистальном эпифизе бедренной кости и наличием приводящего бугорка на медиальном надмыщелке [21, 50, 51, 58, 64, 83, 92, 166].

4.4 Адаптационная гармоничность в строении бедренной кости человека и животных

Введение коэффициента пропорциональности при изучении эволюции структурной организации бедренной кости позволило получить новые данные о степени развития структур костей в зависимости от локомоции, веса и массивности скелета животного. 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.

Сравнивая данные Таблиц 13, 19, 25 и Таблицы 31 выяснено, что наиболее длинная бедренная кость присуща человеку, затем кролику, собаке и самая короткая бедренная кость у быка. Проксимальный эпифиз бедренной кости человека оказался самым широким, он достоверно шире проксимального эпифиза бедренных костей животных. Между видами животных достоверной разницы в ширине проксимального эпифиза не выявлено. Такие отличия пропорций бедренной кости человека от костей остальных животных, отражают прямохождение человека. А увеличение массы животных ведет к увеличению массивности кости с относительным укорочением ее длины. Дистальный эпифиз бедренной кости по результатам исследования оказался такой же ширины, что и у животных, статистически достоверных отличий в относительной ширине дистального эпифиза не выявлено. Такое развитие дистального эпифиза кости, указывает на равноценность данного сегмента бедренной кости в выполнении опорной функции конечностей всех исследуемых видов независимо от способа локомоции и веса животного.

Головка бедренной кости оказалась максимально развитой у человека. Ее размеры достоверно больше, чем у животных. Форма головки бедренной кости

человека максимально сферична. Что обеспечивает не только максимальное число осей движения в тазобедренном суставе, но и плавность косоугольных движений [169, 174, 177]. У животных сагиттальный размер головки больше ее вертикального размера. Достоверных межвидовых отличий в размерах головки животных не выявлено. Однако, определена тенденция к уменьшению вертикального размера головки при уменьшении опорной нагрузки на заднюю конечность животного.

Сагиттальные размеры шейки бедренной кости человека оказались равными кролику и быку, и гораздо больше сагиттального размера шейки бедренной кости собаки, что может быть связано с максимальной опорной нагрузкой на задние конечности данных видов животных. Вертикальные размеры шейки БК человека оказались практически равными животным. Шейка бедренной кости соединяется с диафизом, после чего меняется направление сил, действующих на кость [183, 194, 198, 217]. Известно, что в верхних отделах шейка находится под действием сил сжатия, а в подвертельной зоне – т.е. снизу, под действием сил растяжения [6, 28, 34, 239]. Однако, на данный момент для понимания изменений в геометрии проксимального эпифиза бедренной кости этой информации недостаточно. Так, длина шейки, измеренная сверху и спереди у человека будет равна ПДШ и ВДШ быка и больше относительных размеров шейки собаки и кролика. ЗДШ БК человека максимальна. Она достоверно больше ЗДШ животных. Также ЗДШ человека достоверно больше его ПДШ. У быков и собак размеры ЗДШ и ПДШ не отличаются. У кроликов относительные размеры ПДШ больше относительных размеров ЗДШ. Такая геометрия шейки, формируется под действием тяги мышц, обеспечивающих как сгибательно-разгибательные движения, так и вращение на уровне тазобедренного сустава [58, 63, 79, 85, 92, 106, 126, 130, 177, 183, 198, 228]. 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 [248, 263, 266]. Длина шейки бедренной кости, измеренная снизу максимальная для человека. Она достоверно больше размеров ВДШ у человека. Тоже отношение НДШ И ВДШ присуще и собаке. У быков и кроликов относительные размеры ВДШ и НДШ не показывают

статистически достоверных отличий, что связано с расположением большого вертела выше головки бедренной кости, и более горизонтальным расположением ягодичных мышц [146, 163, 263]. Взаиморасположение осей шейки и диафиза отражается в величине угловых параметров. Исходя из данных Таблиц 13, 19, 25 и Таблицы 31, величина шеечно-диафизарного угла максимальна у быков, затем у собак и людей, причем статистически достоверных отличий в величине шеечно-диафизарного угла у людей и собак нет, и минимальна величина шеечно-диафизарного угла у кроликов. Уменьшение значений угла между шейкой и диафизом может быть связано с принятием веса животного при выталкивании тела вперед по вертикальной оси. Максимально крутую траекторию прыжка из всех исследованных имеет кролик. 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. В группах бык-кролик и человек-собака статистически достоверных отличий в величине угла антеверсии нет. Величина угла торсии (смещение оси шейки кпереди в сагиттальной плоскости) максимальна у быков, уменьшается у кроликов и человека, причем статистически достоверных отличий между ними не выявлено и минимальна у собак. Данные угловые параметры отличаются высокими показателями стандартного отклонения, что указывает на большую вариабельность параметров. Уменьшение величины углов антеверсии и торсии вместе с увеличением относительных размеров проксимального эпифиза бедренной кости человека указывают на поворот конечности кнутри 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 [271, 280, 297, 310, 335, 462, 463].

Вес тела животного передается на диафиз кости, вызывая его изгиб кпереди. Он минимален у человека, увеличивается у быков и собак и максимален у кролика. При этом 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 [342, 344, 346, 358, 362, 403].

Дистальный эпифиз бедренной кости по своей ширине не показывает межвидовых различий. Однако, по относительным размерам его структур бедренная кость человека отличается. Так, ширина надколенника и межмышцелковой ямки максимальная 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 дистального эпифиза минимальна у быков. Латеральный мыщелок БК у человека и собак незначительно шире медиального мыщелка. У быков и кроликов медиальный мыщелок БК незначительно шире латерального. Длина мыщелков больше их ширины у всех исследуемых костей. Только у человека длина латерального мыщелка достоверно больше длины медиального. Такая особенность в строении дистального эпифиза связана с возможностью вращения ноги вокруг медиального мыщелка на уровне коленного сустава [64]. Относительные размеры надмышцелков, максимальны у кроликов и собак и минимальны у человека. Видимо, это 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 [19-21, 58]. К латеральному мыщелку у животных, в отличие от человека, прикрепляются длинный разгибатель пальцев и третья малоберцовая мышцы [12-18, 81, 155, 162]. Удержание тазовой конечности в приведенном к туловищу положении обеспечивается аддукторами и формирует угол наклона диафиза к плоскости мыщелков. Величина угла наклона диафиза максимальна для кроликов, поскольку полупарный галоп кроликов связан с максимальной степенью приближения коленного сустава к туловищу при осуществлении прыжка и передаче веса на ось конечности. У человека УНД

уменьшается, еще меньше он будет у быков и минимален у собак. Величина УНД связана с прохождением механической оси конечности через коленный сустав.

В результате сравнительно анатомического исследования выяснено, что основные отличия в строении бедренной кости связаны с увеличением ее относительной длины, ширины проксимального эпифиза, увеличением головки и большей ее сферичностью, уменьшением углов антеверсии и ДШУ, уменьшением изгиба диафиза бедра кпереди и увеличением его относительного сагиттального диаметра.

При постоянстве ширины дистального эпифиза увеличились ширина суставной поверхности для надколенника и ширина межмыщелковой ямки, увеличились относительные размеры латерального мыщелка.

В связи с освобождением надмыщелков от прикрепления полуперепончатой мышцы и длинного разгибателя пальцев, третьей малоберцовой размеры надмыщелков уменьшились.

Таким образом, дистальный эпифиз бедренной кости человека приобрел большую свободу для осуществления вращательных движений в коленном суставе.

4.5 Структурная организация костей проксимального звена свободной конечности животных с различными типами локомоции

Исследований, посвященных изучению структурной организации и информационной гомологии костей проксимального сегмента свободных конечностей животных на данный момент нами не обнаружено.

Анализируя изменения, произошедшие в структурной организации плечевой кости у животных выявлено изменение числа коррелирующих параметров внутри факторов. У животных грудные конечности более специализированы на выполнении поддерживающей роли [294, 297, 423, 449], что отражается на структурной организации кости. Так, выявлено 15 стабильных системообразующих параметров у быков, 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. Параметры, обеспечивающие принятие и передачу веса тела по оси конечности и осуществление сгибательно-разгибательных движений в обоих суставах [12, 13, 313, 317, 417, 423]. Нестабильных параметров, отражающих изменения в строении плечевой кости, связанных с расширением объема и типов движений в суставах, у быков и кроликов, чьи грудные конечности практически лишены вращения в локтевом суставе выявлено – 7, у собак, имеющих достаточно развитые мышцы вращатели – 10. Расширению локомоции ведет 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 структурообразующие параметры проксимального эпифиза – размеры головки и шейки, ширина проксимального эпифиза, межбугорковое расстояние. Эволюционные изменения структурной организации проксимального эпифиза связаны с расширением амплитуды сгибательных движений в локтевом суставе и разгибательных в плечевом, что отражается статистически достоверными ФН на размеры межбугорковой борозды у быков и собак. У кроликов амплитуда движений в плечевом и локтевом суставах ограничена [13-18, 260, 267], поэтому размеры межбугорковой борозды не важны для структурной организации проксимального эпифиза. Также максимальные изменения структурной организации связаны с увеличением значений угла хрящевого покрытия головки и уменьшением угла инклинации, данные параметры обеспечивают постав грудной конечности -ДШУ и амплитуду приведения конечности к срединной линии тела - УХКГ.

На уровне диафиза стабильных параметров выделено 3 у быков, 2 у собаки и 4 у кролика, нестабильным параметром во всех случаях будет угол наклона диафиза, формирующий опорную ось конечности.

Коррелированность параметров дистального эпифиза плечевой кости изменчива и зависит от объема движений в локтевом суставе. У кроликов стабильных параметров дистального эпифиза 6, у собак и быков – 7. Общими межвидовыми стабильными параметрами являются вертикальные диаметры головочки и гребней блока, сагиттальный размер латерального гребня блока, ширина латерального надмыщелка – разгибательного и ширина медиальной части суставной поверхности блока [25, 43, 52, 110]. Данные параметры обеспечивают принятие веса тела при прохождении механической оси конечности через центр локтевого сустава и амплитуду сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе животных [52, 60]. У быков, чьи локтевые суставы при опоре принимают большую массу тела [61, 70, 74] имеются ФН на локтевую ямку. У собак и кроликов вместо ямки присутствует наблоковое отверстие [65, 81, 117, 189, 253], участвующее в стабилизации оси конечности животного при статической нагрузке. С появлением ротационной активности в локтевом суставе 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 [136, 156, 197, 246] на уровне дистального эпифиза нестабильных параметров выделено 5. У быков и кроликов – 3.

В структурной организации бедренной кости животных также выявлено изменение числа коррелирующих параметров. Для бедренной кости быков и собак характерно наличие 20 структурообразующих параметров, у кроликов – 27. Независимо от принадлежности к виду и стороне тела в ее основе лежат параметры, отвечающие за передачу веса по оси конечности, и осуществление сгибательно-разгибательных движений в обоих суставах [75, 78, 247, 248, 282]. Эти параметры стабильны, они присутствуют у большинства исследуемых видов на костях обеих сторон тела. Это размеры головки, шейки, межветельное расстояние, длина кости и ширина эпифизов.

С расширением объема и амплитуды движений в тазобедренном суставе у животных увеличивается число параметров проксимального эпифиза. Так, в

проксимальном эпифизе бедренной кости быков выявлено 3 стабильных и 4 нестабильных параметра, у собак – 1 стабильный и 9 нестабильных, у кроликов – 8 стабильных и 5 нестабильных параметров. Увеличение числа нестабильных параметров, присутствующих только лишь на одной из костей свидетельствует о дифференциации конечностей, проявляющейся латентной асимметрией структурной организации бедренной кости на уровне проксимального эпифиза. У собак и кроликов возникают ФН на нестабильные параметры, отражающие стереометрию шейки: переднюю, заднюю длины шейки, величины угла антеверсии, торсии и ДШУ и определяющих не только прохождение механической оси, но амплитуду движений в суставе [283, 284, 288, 385].

На уровне диафиза бедренной кости с расширением объема локомоции и уменьшением веса животного снижается число стабильных параметров и увеличивается число нестабильных. В структурной организации кроликов нет стабильных параметров диафиза.

Бедренная кость животных характеризуется большей коррелированностью параметров дистального эпифиза на всех уровнях структурной организации. У быков выявлено 3 стабильных параметра. Это ширина дистального эпифиза и размер латерального надмыщелка. Первый принимает участие в принятии веса по оси конечности, второй является местом фиксации сгибателей коленного сустава и разгибателей нижележащих суставов конечности. Нестабильных параметров структурной организации дистального эпифиза бедренной кости у быков выделено 5. Они указывают на слабую дифференциацию конечностей в осуществлении опорной и двигательной функции. У собак также выделено 2 стабильных параметра, обеспечивающих принятие веса животного. Это ширина дистального эпифиза и ширина межмыщелковой ямки. В структуре коррелированности нестабильных параметров отличий с быками не выявлено. У кроликов в дистальном эпифизе выделено 5 стабильных параметров, обеспечивающих трансляцию веса на нижележащие отделы конечности: ширина мыщелков и межмыщелковой ямки, ширина суставной поверхности надколенника и сагиттальный размер медиального мыщелка. Нестабильных параметров в дистальном эпифизе выделено 4. Это

размеры надмышцелков, ширина дистального эпифиза и сагиттальный размер латерального мыщелка, указывающие на слабую дифференциацию контрлатеральных костей животного на уровне коленного сустава.

В заключении можно сказать, что изменения структурной организации костей проявляются различиями числа уровней организации и коррелированностью параметров контрлатеральных костей животных. У представителя фалангоходящих тетраподов *Bos taurus taurus* кости проксимальных сегментов свободной части скелета передних и задних контрлатеральных конечностей имеют разное количество уровней структурной организации. 2 и 4 уровня обнаружены в контрлатеральных бедренных костях. Плечевая кость, выполняющая у быка в основном опорную функцию, имеет 3-х и 4-х уровневую структурную организацию. У представителя пальцеходящих тетраподов *Canis lupus familiaris* плечевые и бедренные кости вследствие включения в локомоцию осевого скелета и дифференциации нижележащих отделов конечности также дифференцируются по спектру факторной нагрузки, что приводит к усилению билатеральной асимметрии структурной организации плечевой кости. Напротив, контрлатеральные бедренные кости собак имеют одинаковое количество уровней структурной организации. У представителя пальце-стопоходящих тетраподов *Oryzomys cuniculus* плечевые и бедренные кости имеют разное количество уровней структурной организации. 4 уровня обнаружены в бедренной кости. Плечевая кость имеет более стабильную (2 уровневую) структурную организацию вследствие выполнения опорной функции.

Для эпифизов котей исследуемых костей животных независимо от типа опоры и локомоции характерна вертикальная дифференциация, связанная с различной степенью участия в передаче опорной нагрузки и осуществлении движений и проявляющаяся латентной асимметрией структурной организации. Для плечевой кости животных выявлена большая коррелированность параметров дистального эпифиза, увеличивающаяся с расширением объемов движений в локтевом суставе. Структурная организация бедренной кости животных отличается большей коррелированностью параметров проксимального эпифиза. Расширению

локомоции ведет к увеличению числа нестабильных структурообразующих параметров. Величина градиента структурной организации эпифизов плечевых и бедренных костей животных с разными типами локомоций, опоры на конечности прямо пропорциональна количеству функционально специализированных конечностей и обратно пропорциональна степени функциональной универсализации конечностей.

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

Результаты факторного анализа указывают на наличие вертикальной дифференциации плечевых костей человека по выполняемым функциям.

Стабильные структурообразующие параметры, присутствующие в структурной организации обеих костей на уровне проксимального эпифиза обеспечивают функциональную активность плечевого сустава и представлены размерами шейки, вертикальным диаметром головки и шириной проксимального эпифиза. Так же, результаты исследования структурной организации плечевой кости на уровне проксимального эпифиза выявили 3 структурно нестабильных параметра в правой плечевой кости. Это угол хрящевого покрытия головки ($135,92 \pm 2,34^\circ$) и размеры межбугорковой борозды (ширина $0,42 \pm 0,03$ отн.ед. и глубина $0,19 \pm 0,01$ отн. ед.), определяющие амплитуду отведения руки в плечевом суставе и движений в сагиттальной плоскости [392, 394, 403, 406, 429, 448, 449]. Диафиз правой плечевой кости испытывает факторные нагрузки на величину торсионной деформации ($35,92 \pm 2,37^\circ$), обеспечивающий разворот нижележащих отделов руки к телу [53, 85, 100, 101, 359, 441].

Обе кости на уровне диафиза имеют стабильные параметры: длина и сагиттальный диаметр диафиза. Нестабильный параметр правой плечевой кости – степень торсии диафиза, обеспечивает разворот кисти к телу человека.

На уровне дистального эпифиза стабильных параметров выделено 7. Это параметры, обеспечивающие движение в сагиттальной плоскости: размеры гребней

блока, размеры головочки, ширина латерального надмыщелка. Нестабильных параметров в структурной организации ППК выделено всего два. Это ширина локтевой ($1,08 \pm 0,04$ отн.ед.) и венечной ямок ($0,73 \pm 0,08$ отн.ед.), обеспечивающие люфт плечевой кости при супинации в локтевом суставе [101, 157, 410].

Эпифизы левой плечевой кости, по результатам факторного анализа, имеют большую структурированность. Так, структурно нестабильных коррелирующих параметров внутри проксимального эпифиза выделено 6. Это сагиттальный диаметр головки ($2,28 \pm 0,07$ отн.ед.), размеры межбугорковой борозды (ширина $0,42 \pm 0,06$ отн. ед, глубина $0,22 \pm 0,02$ отн.ед.), расстояние между бугорками ($1,49 \pm 0,17$ отн.ед.), угол хрящевого края головки ($142,92 \pm 2,91^\circ$) и ДШУ ($132,80 \pm 2,14^\circ$). Наличие указанных коррелированных 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 [161, 429,]. Дистальный эпифиз левой плечевой кости отличается наличие стабильных параметров, присутствующих в структурной организации обеих костей – правой и левой, обеспечивающие движения в сагиттальной плоскости: вертикальные и сагиттальные размеры структур дистального эпифиза, размер латерального надмыщелка, ширина головочки головочки. Асимметрия в строении плечевых костей на уровне дистального эпифиза связана с наличием ФН на параметры, обеспечивающие передачу нагрузки по оси конечности и осуществление сгибательных движений [6, 28, 167, 177, 441]. Это ширина частей суставной поверхности блока (медиальная часть $0,72 \pm 0,07$ отн.ед., латеральная часть $0,50 \pm 0,05$ отн.ед.), высота локтевой ямки ($1,38 \pm 0,11$ отн.ед.), степень развития медиального надмыщелка ($0,81 \pm 0,06$ отн.ед.). Последний по данным остеометрии достоверно менее развит, чем латеральный ($0,98 \pm 0,04$ отн.ед.), 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 [45, 101, 177]. При этом центром принятия веса будет являться медиальная часть суставной поверхности блока плечевой кости.

Формирование и развитие структурной организации плечевой кости шло в неразрывной связи с изменениями локомоции и адаптации к условиям существования. Но, несмотря на все многообразие наземных животных в структурной организации плечевой кости определился ряд закономерностей, не выявляемых классическими методами анализа строения костей.

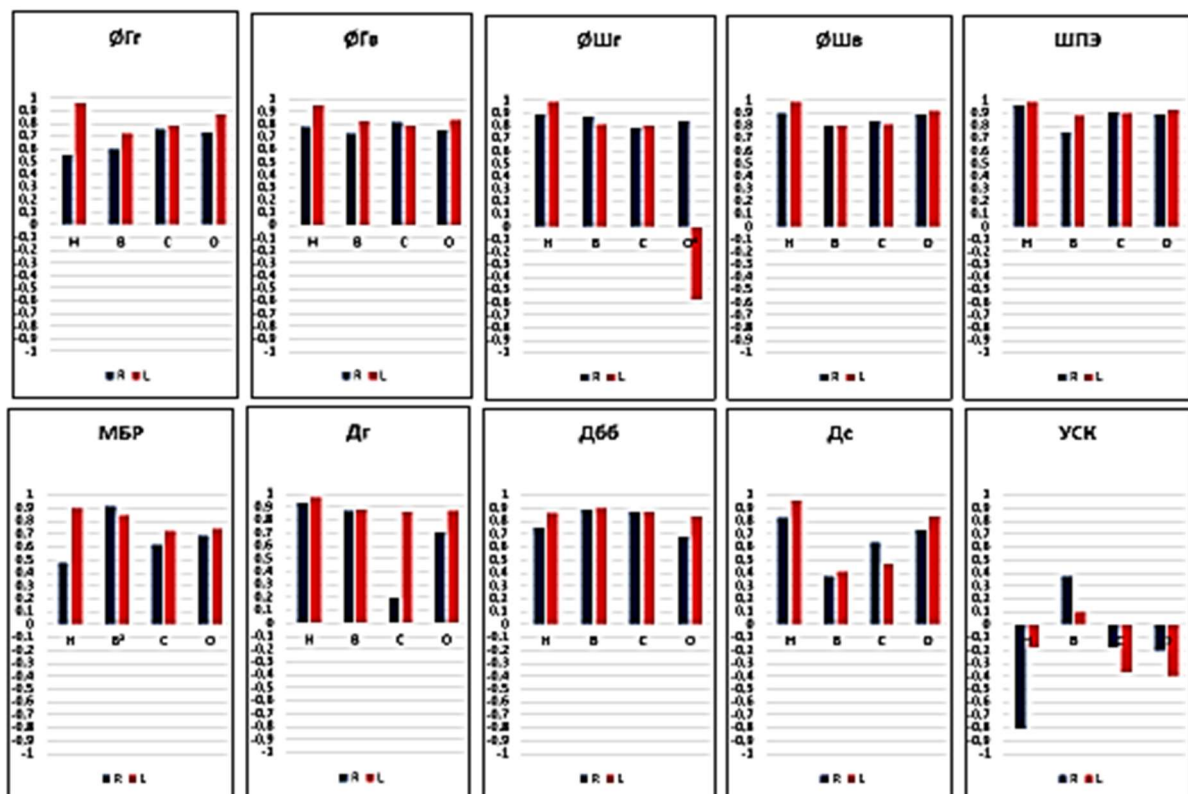


Рисунок 32 - Величина факторных нагрузок на параметры проксимального эпифиза и диафиза плечевых костей, образующие первый уровень структурной организации

Примечание - На этом и всех последующих рисунках Н-homo sapiens, В - Bos taurus taurus, С - Canis lupus familiaris, О - Oryctolagus cuniculus, R – правая сторона, L – левая. Статистически значимы $ФН \geq 0,7$. Для параметра ØШг кролика представлены ФН четвертого фактора.

Исходя из данных Таблиц 11, 17, 23 и 29 и обобщающих диаграмм Рисунков 32 - 35, мы смогли выделить в структурной организации плечевой кости человека базовые параметры, испытывающие сопоставимо равные ФН среди всех исследованных видов животных и человека. Данные параметры указывают на равноценное участие контрлатеральных плечевых костей в передаче веса тела и осуществлении сгибательно-разгибательных движений в суставах. Это ширина эпифизов, вертикальный размер головки и шейки, длина кости, вертикальный диаметр латерального гребня блока, вертикальный диаметр головочки и ширина латерального надмыщелка.

Так, по результатам факторного анализа, выявлена следующая закономерность: параметры отвечающие за принятие веса, а это ширина эпифизов, имеют равные ФН у человека и «легких» животных, ФН на ШПЭ и ШДЭ быков резко асимметричны, большие ФН испытывает при этом правая конечность быка. Передача веса тела на нижележащие отделы грудной конечности у животных и противодействие весу руки у человека проходит по определенной траектории, которая получила название оси конечности. Вопрос о ее точной проекции на данный момент остается открытым. Однако, на уровне шейки плечевые кости всех исследованных животных имеют одинаковые ФН на ее вертикальный диаметр, у человека большие ФН при этом испытывает ЛПК. ФН на горизонтальный диаметр шейки одинаковы у собак, увеличены на ППК быков и кроликов и ЛПК человека, что указывает на наличие филогенетической морфофункциональной асимметрии. У всех животных ФН на вертикальные диаметры латерального гребня блока и вертикальный размер головочки имеют одинаковую силу. ФН на вертикальный диаметр медиального гребня блока имеет большее значение у быков и кроликов, что указывает на большее участие данного параметра в реализации опорной функции и свидетельствует о прохождении оси конечности через медиальную часть блока плечевой кости.

При этом ФН на ширину латеральной части суставной поверхности блока полностью утратили свою значимость в структурной организации ПК быков и

кроликов. Плечевые кости человека по вертикальным диаметрам блока, имеют большие ФН на левой руке. Диафиз плечевой кости человека испытывает ФН при передаче веса, не характерные для животных. Сагиттальный диаметр диафиза животных, видимо более адаптирован к передаче веса. Так же, у животных не имел статистически значимых ФН и торсион плеча. У человека он играет ограничивающую роль в передаче веса по оси конечности.

Вытянутая в переднезаднем направлении и сжатая в поперечном направлении головка плечевой кости животных своей суставной поверхностью обращена каудально, большой бугорок направлен кпереди. Угол скрученности диафиза минимален и открыт кзади. Для обеспечения максимальной степени свободы руки человека горизонтальная ось локтевого сустава человека в физиологическом должна совпадать с сагиттальной плоскостью тела, а у животных она расположена фронтально. Под действием тяги мышц, диафиз плечевой кости специфически скручивается, что приводит к появлению отрицательных ФН на УСК человека и отсутствием ФН на данный параметр у животных.

Анализ ФН параметров, отвечающих за объем движений на уровне плечевого сустава выявил влияние параметров как первого, так и третьего уровней. ФН на головку ПК показали равноценность участия ØГг и ØГв только у собак, способных к движениям с полной реализацией всех аллюров [18, 44, 59, 60, 164]. Характерная для человека и быка асимметрия горизонтального размера головки плечевой кости подтверждает асимметричность двигательной активности в плечевом суставе, зависящую от способа локомоции. Представителей обоих видов объединяет дорсостабильный тип локомоции. Амплитуда движений в плечевом суставе зависит не только от формы суставной поверхности головки, но и от степени покрытия головки хрящем.

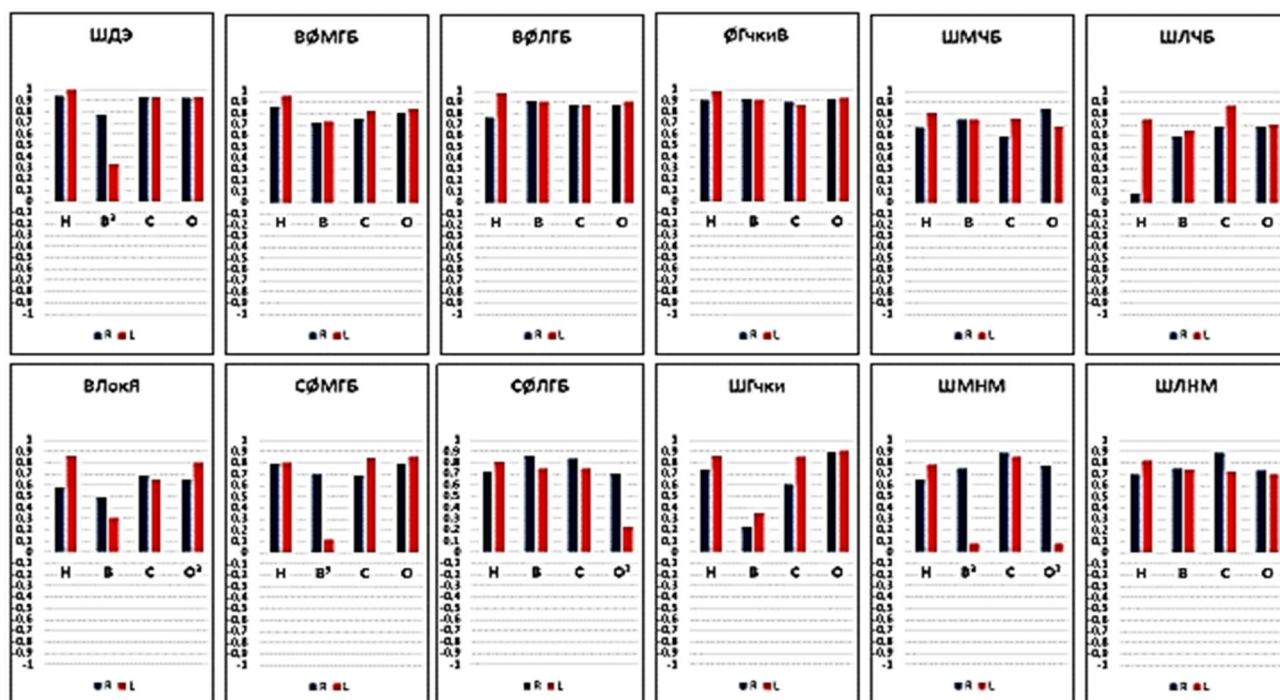


Рисунок 33 - Величина факторных нагрузок на параметры дистального эпифиза плечевой кости, образующие первый уровень структурной организации

Примечание - Для параметра ШДЭ быка представлены ФН второго фактора; для ВЛокЯ кроликов представлены ФН 3 фактора; для СФМГБ у быков представлены ФН 3 фактора; для СФЛГБ у кроликов представлены ФН третьего фактора; для ШМНМ у быков и кроликов представлены ФН третьего фактора.

У человека ФН на УХКГ асимметричны и имеют максимальное значение по сравнению с животными (Рисунок 34), чем меньше ФН на УХКГ, тем больше амплитуда движения во фронтальной плоскости – отведения руки. ППК человека будет испытывать максимальные нагрузки по данному параметру, что вместе с повышением ФН на торсион ППК, свидетельствует о доминировании правой руки в осуществлении супинационно-пронационных движений на уровне локтевого сустава.

Амплитуда движений в плечевом суставе будет зависеть от величины шейно-диафизарного угла, и угла наклона диафиза. У человека, имеющего максимальную амплитуду движения в плечевом суставе [28, 53, 107, 243] характерны асимметричные ФН на ДШУ, указывающие на доминирование левой руки в осуществлении движений в плечевом суставе (Рисунок 34).

Эту же закономерность подтвердили ФН на межбугорковое расстояние. Бугры плечевой кости являются местами прикрепления мышц вращательной манжеты плеча. Значимые ФН на данный параметр присущи ЛПК человека в 1 факторе 0,96 и для ЛПК быка в 3 факторе 0,80. Внутри межбугорковой борозды у животных и человека проходит длинная головка бицепса. У человека двуглавая мышца плеча является флексором плеча, у животных – экстензором, хотя во всех случаях дистальный эпифиз плечевой кости будет смещаться кпереди и вверх [5, 13, 19-21, 136, 241, 253, 256].

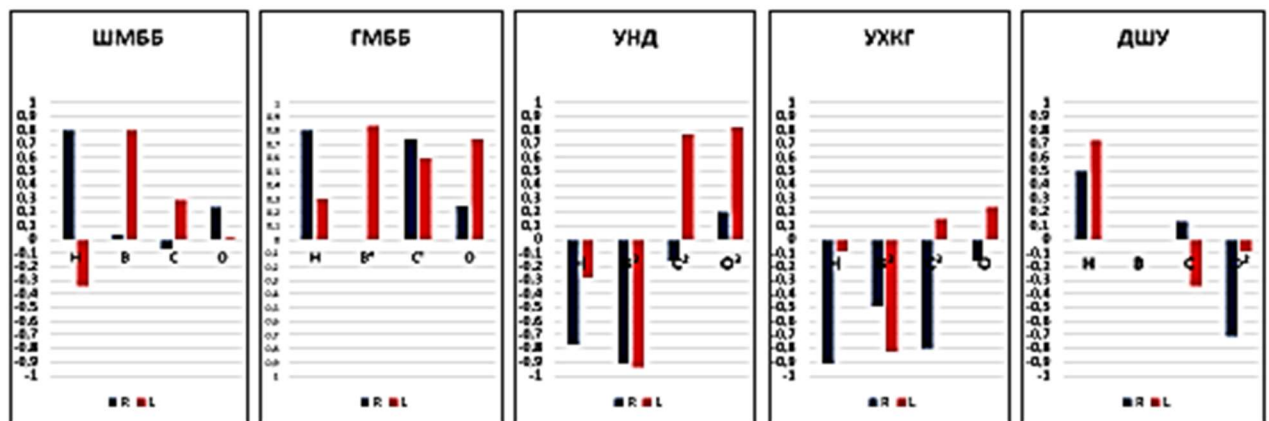


Рисунок 34 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие третий уровень структурной организации плечевой кости

Примечание - Для параметра ГМББ быка представлены ФН четвертого фактора, собаки первого фактора; для УНД быков представлены ФН второго фактора; для УХКГ быков и собак представлены ФН второго фактора; для ДШУ у кроликов представлены ФН второго фактора.

Такая миграция значимости факторных нагрузок может свидетельствовать о незавершенности формирования плечевой кости, как части системы двигательного звена конечности. Глубина межбугорковой борозды, косвенно характеризующая силу двуглавой мышцы показывает максимальные ФН у человека.

ФН на вертикальные диаметры гребней блока, вертикальный диаметр головочки указывают на симметричность участия конечности в осуществлении опорной функции и сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе. А степень развития латерального надмыщелка зависит от силы мышц – разгибателей

запястья и II-V пальцев, стабилизирующих вертикаль конечности у животных (“запирающих” нижележащие уставки) и человека при выполнении силовых упражнений [248, 260, 265, 267, 280, 293].

Несостоятельность фиксирующего аппарата локтевого сустава человека на принятие вертикальных нагрузок, относительное недоразвитие локтевого отростка локтевой кости, отсутствие надблокового отверстия, как части замыкательного аппарата сустава проявляется достоверно высокими ФН на структуры локтевой ямки. А асимметричность ФН указывает на неравнозначное участие рук человека в движениях в суставе (Рисунок 35). Так, высота локтевой ямки, определяющая объем разгибательных движений в локтевом суставе и формирующая ось верхней конечности, показывает большие ФН слева. А величина ФН ширины локтевой и венечных ямок, определяющих амплитуду вращательных движений, больше у правой плечевой кости.

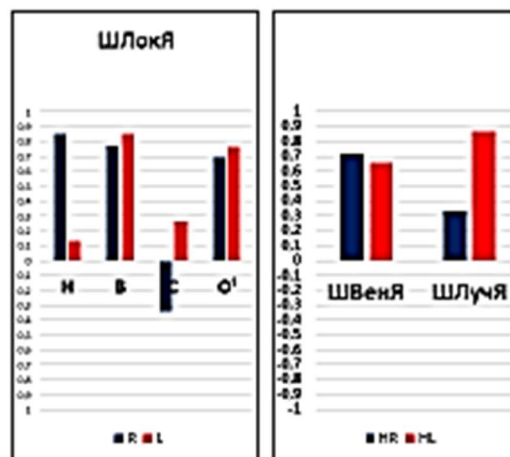


Рисунок 35 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие второй уровень структурной организации плечевой кости

Параметры дистального эпифиза плечевой кости человека указывают на асимметрию выполнения опорной функции на уровне локтевого сустава. Повышенные факторные нагрузки на поперечные размеры частей блока, ширину головочки свидетельствуют о доминировании левой плечевой кости в реализации

опорной функции. ФН на сагиттальный диаметр медиального гребня блока у человека не отличаются асимметричностью, что может указывать на равнозначность принятия и передачи веса. Независимо от вида животного и у человека через латеральную часть блока проходит вертикальная ось конечности. А увеличение ФН на сагиттальный диаметр латерального гребня блока вместе с асимметрией ФН на ширину головочки, параметры локтевой ямки и медиальный надмыщелок могут указывать на асимметрию конечностей в реализации пронации кисти и разницы в силе мышц сгибателей [3, 25, 52, 55, 58, 85, 90].

Таким образом, эволюционные изменения в структурной организации плечевой кости человека наряду со снижением ее роли в передаче нагрузки привели к развитию морфофункциональной дифференциации ее эпифизов с расширением объема движений в суставах не характерных для исследуемых видов животных. При этом для левой плечевой кости характерно доминирование в осуществлении двигательной функции по всем осям движений на уровне плечевого сустава, для правой характерно доминирование в осуществлении супинационно-пронационных движений на уровне локтевого. Для структурной организации плечевой кости человека характерно величение числа системно нестабильных параметров проксимального эпифиза, отражающих асимметрию участия в выполнении движений в суставе. Для дистального эпифиза плечевой кости человека выявлено увеличение числа нестабильных параметров, указывающих на асимметрию участия в выполнении движений на уровне локтевого сустава, связанных с нарастающей дифференциацией эпифизов кости.

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

Результаты факторного анализа указывают на наличие вертикальной дифференциации бедренных костей человека по выполняемым функциям. 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 [6, 26, 85, 106, 122, 150, 310]. На уровне диафиза кости стабильными параметрами оказались длина и степень изогнутости диафиза кпереди, параметр отражающий передачу веса на нижележащие отделы ноги [84, 163]. Дистальный эпифиз бедренной имеет большее число коррелированных параметров. Они обеспечивают принятие и передачу веса на нижележащие отделы ноги: ширина дистального эпифиза, ширина межмыщелковой ямки и суставной поверхности надколенника, а также движения в сагиттальной плоскости: сагиттальные размеры мыщелков и степень развития медиального надмыщелка [94, 99, 169].

Так же, результаты исследования структурной организации бедренной кости на уровне проксимального эпифиза выявили 4 структурно нестабильных параметра в правой бедренной кости. Это ширина проксимального эпифиза ($3,46 \pm 0,06$ отн.ед.), верхняя длина шейки ($1,05 \pm 0,04$ отн.ед.), ограничивающая функционирование на уровне тазобедренного сустава, и задняя длина шейки ($1,30 \pm 0,04$ отн. ед.), угол антеверсии ($15,46 \pm 2,59^\circ$), определяющие не только передачу нагрузки по оси конечности в сагиттальной и фронтальной плоскостях, но и вертикальную стабилизацию тела [62, 170, 177, 183, 198, 217, 239, 270]. На уровне дистального эпифиза ПБК выделен один нестабильный параметр - ширина латерального надмыщелка ($0,25 \pm 0,01$ отн.ед.), обеспечивающего симметричность участия латеральной и медиальной части дистального эпифиза в осуществлении движений в коленном суставе (ширина латерального надмыщелка $0,25 \pm 0,01$ отн.ед.) [64, 184].

Эпифизы левой бедренной кости, по результатам факторного анализа, имеют большую структурированность. Так, структурно нестабильных коррелирующих параметров внутри проксимального эпифиза выделен всего один. Это ширина проксимального эпифиза ($3,27 \pm 0,12$ отн.ед.). Для левой бедренной кости выявлены факторные нагрузки на сагиттальный диаметр диафиза ($1,24 \pm 0,09$ отн.ед.), он определен как структурно нестабильный параметр и так же обеспечивает трансляцию веса на нижележащие отделы ноги [249, 310, 335]. Дистальный эпифиз

левой бедренной кости отличает наличие нестабильных параметров, обеспечивающие передачу нагрузки по оси конечности – ширина мышцелков (ширина латерального мышцелка $1,05 \pm 0,04$ отн.ед. и ширина медиального мышцелка $0,86 \pm 0,03$ отн.ед) и осуществление движений в коленном суставе (ширина латерального надмышцелка $0,25 \pm 0,01$ отн.ед.) [346, 403, 461]. По результатам данного исследования структурная организация бедренной кости включает четыре уровня (Рисунки 36 - 39).

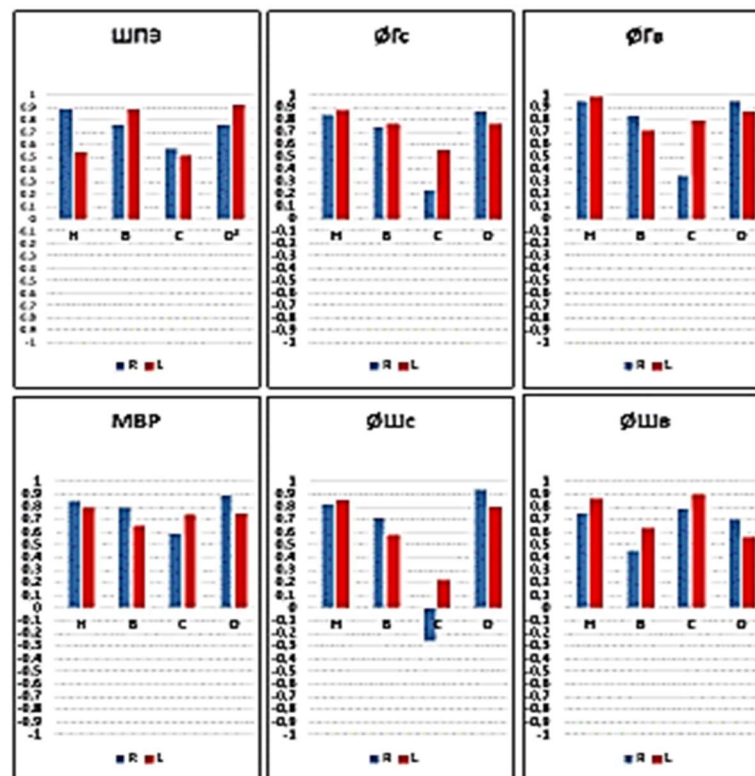


Рисунок 36 - Величина факторных нагрузок на параметры проксимального эпифиза бедренной кости, образующие первый уровень структурной организации

Примечание - Для ШПЭ кролика представлены ФН второго фактора.

Так же, как и в структурной организации плечевой кости выявлена латентная асимметрия, не определяемая методами вариационной статистики. Препараты ПБК и ЛБК отличаются асимметрией ФН, как среди параметров, составляющих один фактор, так и асимметрией факторной структуры.

Параметры, образующие первый фактор (Рисунки 36 - 37) и формирующие первый уровень структурной организации бедренной кости человека, обеспечивают передачу механической нагрузки по оси конечности от головки через межвертельный гребень на медиальный мыщелок. Они также являются местами прикрепления мышц, стабилизирующих вертикальное положение туловища и обеспечивающих локомоцию.

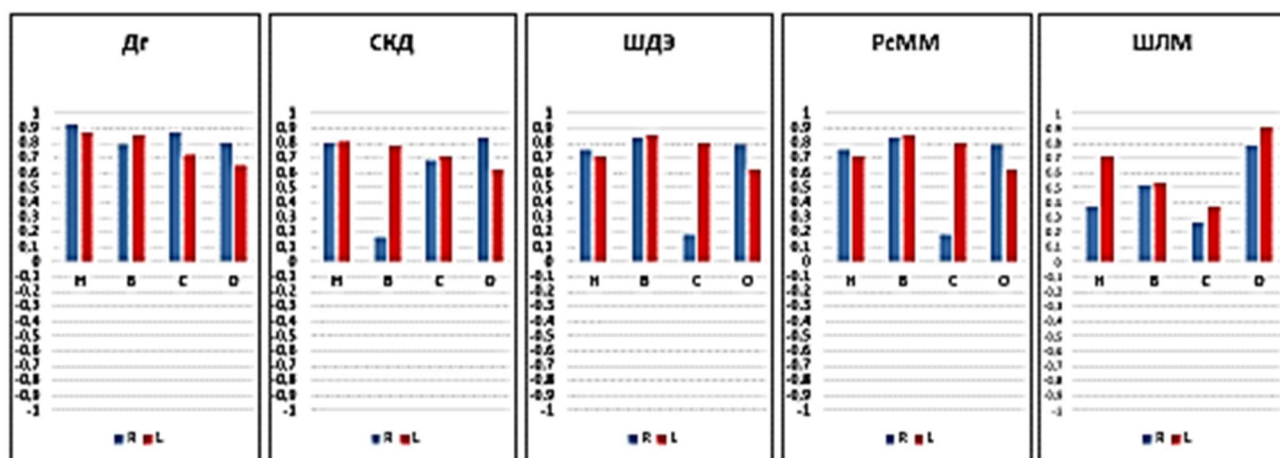


Рисунок 37 - Величина факторных нагрузок на параметры диафиза и дистального эпифиза бедренной кости, образующие первый уровень структурной организации

Правая БК испытывает большие ФН на ШПЭ, МВР, Д, ШДЭ, РсММ. Левая БК испытывает большие ФН на параметры головки и шейки, ШЛМ.

Обнаруженные различия ФН на параметры эпифизов позволили выдвинуть предположение о наличии функциональной дифференциации отделов бедренной кости человека с разной степенью их вовлеченности в двигательный процесс. На уровне середины диафиза кости функционально равноценны. ФН СКД одинаковы.

Параметры, составившие 2 фактор (Рисунок 38), обеспечивают функционирование кости на уровне коленного сустава. Это ШММЯ, ШНК, ШММ, РсЛМ, размеры надмыщелков. Латеральный мыщелок является полукружностью, по которой вращается конечность с центром вращения, расположенном на медиальном мыщелке БК. Ширина суставной поверхности для надколенника и ширина межмыщелковой ямки лимитируют амплитуду вращения вокруг

вертикальной оси. Картина ФН асимметрична, препараты правой бедренной кости испытывают меньшие ФН, что еще раз подтверждает гипотезу о функциональном неравенстве эпифизов бедренной кости и функциональной дифференциации эпифизов.

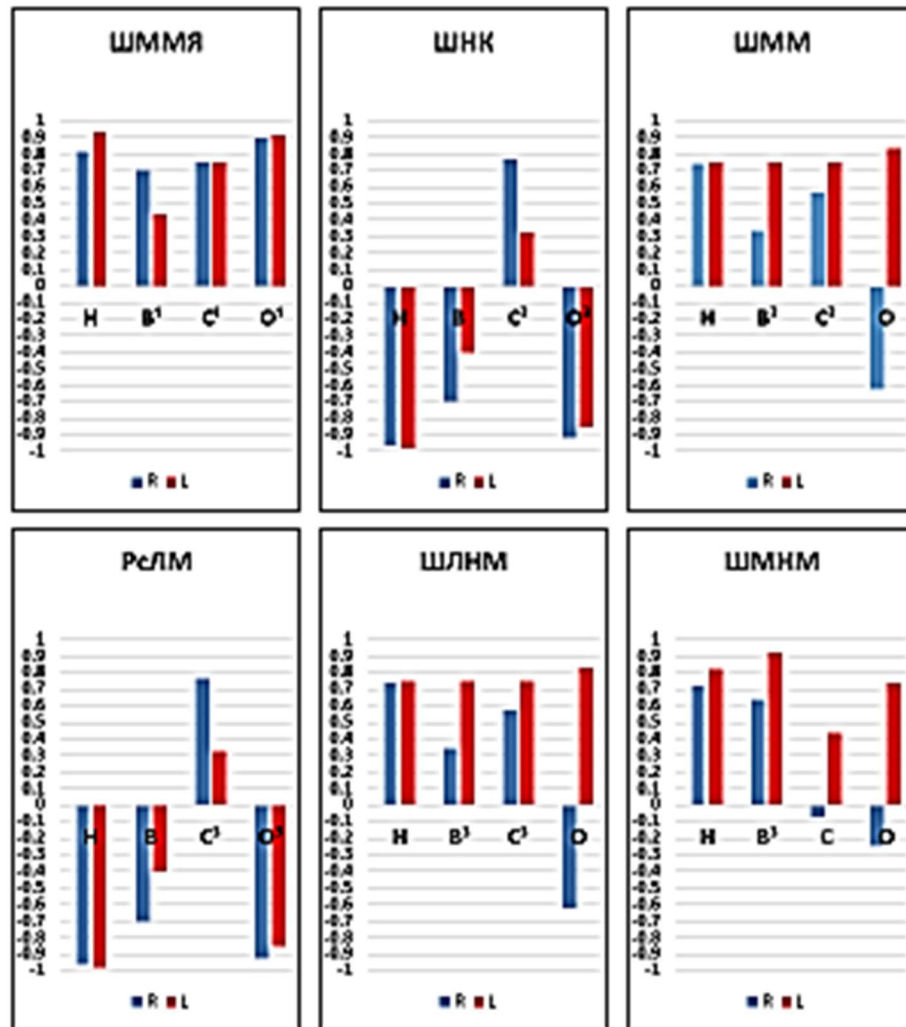


Рисунок 38 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие второй уровень структурной организации бедренной кости

Примечание - Для параметра ШММЯ животных представлены ФН 1 фактора, для ШНК у собак и кроликов представлены ФН третьего фактора, для РсЛМ у кроликов представлены ФН первого фактора, для ШМНМ у быков представлены ФН третьего фактора, для ШЛНМ у человека для ЛБК представлены ФН третьего фактора, у быков и кроликов представлены ФН третьего фактора, для ШММ у кролика представлены ФН первого фактора.

Параметры, образующие третий фактор и четвертый факторы (Рисунок 39), отражают функцию вращения ноги на уровне тазобедренного сустава при

прямохождении. Это и действие сил сжатия - ВДШ и работа задней группы мышц пояса нижних конечностей - ЗДШ, и возврат оси диафиза бедра к отвесной линии из общего центра тяжести тела расположенной примерно на 5 см кзади от центра тазобедренного сустава с формированием угла антеверсии шейки БК. По результатам ФА, левая бедренная кость более адаптирована к осуществлению вращательных движений при стабилизации вертикали тела в сагиттальной плоскости на уровне тазобедренного сустава.

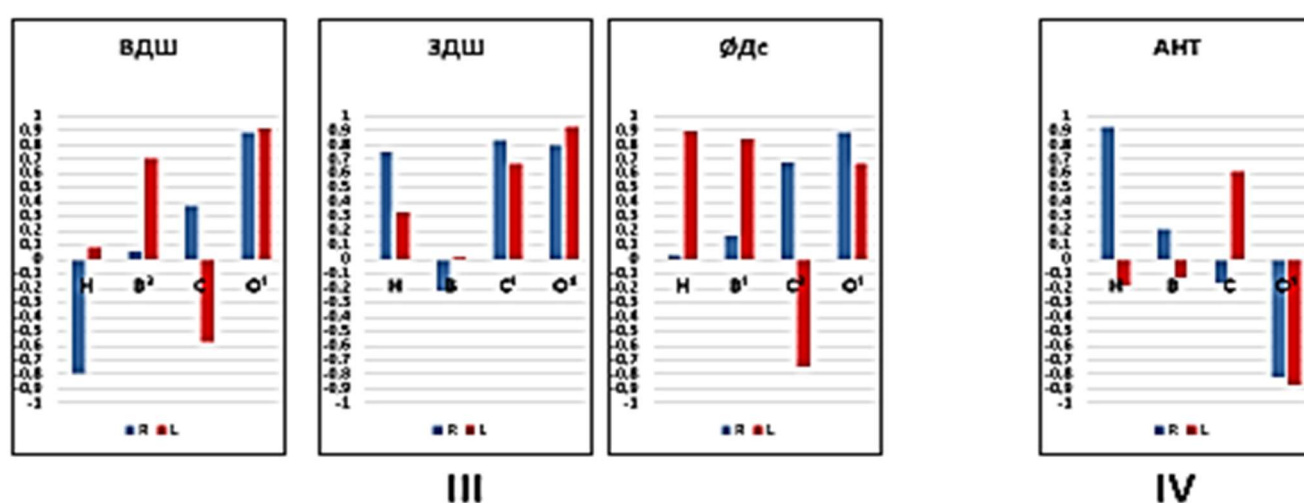


Рисунок 39 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие третий и четвертый уровни структурной организации бедренной кости

Примечание - Для параметра ВДШ быка представлены ФН второго фактора, у кроликов первого фактора; для ЗДШ у собак представлены ФН первого фактора, у кроликов четвертого фактора; для ØДс у быков и кроликов представлены ФН первого фактора, у собак второго фактора; для АНТ у кролика представлены ФН первого фактора.

Анализируя данные Таблиц 14, 20, 26 и 32, и обобщающих диаграмм ФН на Рисунках 36 - 39, можно сделать вывод о том, что бедренная кость человека подверглась большей структурной перестройке по сравнению с плечевой костью. Но несмотря на это, в структурной организации бедренной кости человека можно определить параметры, имеющие филогенетические связи с животными.

Размеры головки БК у человека не показывают различий в величине ФН, при этом у кроликов, испытывающих максимальные нагрузки на заднюю конечность

при прыжке ПБК будет иметь большие ФН на ØГс, а левая на ØГв. 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. Такая особенность будет связана, на наш взгляд с большей вовлеченностью у животных в линейную локомоцию на уровне тазобедренного сустава ПБК.

Проксимальный эпифиз у человека и животных образует плечо рычага, передающего нагрузки на диафиз кости. Для человека характерны большие ФН на ПБК по ШПЭ, длинам шейки и величине угла антеверсии, что связано с прямохождением. У крупных животных – быков и человека, у кроликов ПБК имеет большие ФН на межвертельное расстояние. Резко отрицательные ФН на ВДШ на ПБК человека также указывают на передачу веса по оси конечности с ограничением двигательной активности ПБК в тазобедренном суставе. Что свидетельствует о большей вовлеченности ПБК человека в поддержание вертикального положения тела и передаче веса тела человека на нижележащие отделы конечности.

Ширина суставной поверхности надколенника имеет равновеликие отрицательные ФН у человека, что свидетельствует о ограничении разгибания ноги в колене. У животных ФН выше на ПБК. ФН на ШММЯ асимметричны у человека, ЛБК показывает высокие ФН, и имеют равные значения у кроликов и собак. У крупных животных (быков) и человека медиальный мышцелок в сагиттальной плоскости будет испытывать равные ФН. Во фронтальной плоскости медиальные мышцелки БК человека будут иметь равные ФН, а у животных ЛБК будет иметь большие ФН, чем правая. Латеральные мышцелки ЛБК человека и кролика имеют ФН выше, чем ПБК. У быков и собак ФН на ШЛМ оказались не информативны. ФН на поперечный размер дистального эпифиза бедренной кости у человека равны, у животных на ЛБК ФН выше. 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 мышцелкам. Асимметричные ФН с большими ФН на ЛБК у животных на ШЛНМ и

ШМНМ указывают на асимметричность осуществления двигательной функции нижележащими отделами конечности у животных.

Таким образом, по результатам факторного анализа бедренных костей человека и животных можно сделать следующие выводы: структурная организация бедренной кости человека подверглась большой перестройке, связанной с прямохождением, для нее характерна латеральная асимметрия структурной организации и дифференциация эпифизов. Бедренная кость, 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.

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 шейечно-диафизарного угла. Расширение спектра функциональной нагрузки привело к увеличению относительной длины плечевой кости человека и появлению феномена ее 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 ее относительной длины и ширины проксимального эпифиза по сравнению с животными, увеличение относительных размеров головки и возрастание ее сферичности, уменьшение значений углов антеверсии и шейечно-диафизарного 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 ее 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, шейчно-диафизарный 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 межмыщелковой 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

- Н – *Homo sapiens*,
 В - *Bos taurus taurus*,
 С – *Canis lupus familiaris*,
 О - *Oryctolagus cuniculus*,
 ПК – плечевая кость,
 ПКП – правая плечевая кость,
 ЛПК – левая плечевая кость,
 БК – бедренная кость,
 ПБК – правая бедренная кость,
 ЛБК – левая бедренная кость,
 ШПЭ - ширина проксимального эпифиза,
 ØГг - горизонтальный диаметр головки плечевой кости,
 ØГв - вертикальный диаметр головки,
 ØШг - горизонтальный диаметр шейки плечевой кости,
 ØШв - вертикальный диаметр шейки,
 МБР - межбугорковое расстояние,
 ШМББ - ширина межбугорковой борозды,
 ГМББ - глубина межбугорковой борозды,
 УХКГ - угол хрящевого края головки с диафизом,
 Дг - длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального гребня блока и наивысшей точкой на головке,
 Дбб - длина кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального гребня блока и верхней поверхностью большого бугорка плечевой кости,
 ØДп - поперечный диаметр диафиза,
 ØДс - сагиттальный диаметр диафиза,
 УНД - угол наклона диафиза кости,
 УСК - угол скрученности плечевой кости,
 ДШУ – шейечно-диафизарный угол,

ШДЭ - ширина дистального эпифиза,
 ШЛокЯ - ширина локтевой ямки,
 ВЛокЯ – высота локтевой ямки,
 ШЛучЯ - ширина лучевой ямки,
 ШВенЯ - ширина венечной ямки,
 ØГчкиВ - вертикальный диаметр головочки мыщелка плечевой кости,
 ШГчкиВ - ширина суставной поверхности головочки мыщелка плечевой кости,
 ВØЛГБ - вертикальный диаметр латерального гребня блока плечевой кости,
 ШЛЧБ - ширина латеральной части суставной поверхности блока плечевой кости,
 СØЛГБ - сагиттальный размер латерального гребня блока плечевой кости ,
 ВØМГБ - вертикальный диаметр медиального гребня блока плечевой кости,
 ШМЧБ - ширина медиальной части суставной поверхности блока плечевой кости,
 СØМГБ - сагиттальный размер медиального гребня блока плечевой кости,
 УНББ - угол направляющей борозды блока,
 ШЛНМ – ширина латерального надмыщелка,
 ШМНМ – ширина медиального надмыщелка,
 МВР - межвертельное расстояние,
 ПДШ - передняя длина шейки бедренной кости,
 ЗДШ - задняя длина шейки бедренной кости
 ВДШ - верхняя длина шейки бедренной кости,
 НДШ - нижняя длина шейки бедренной кости,
 Дбв - длина бедренной кости, измеренная между максимально удаленными точками на нижней поверхности медиального мыщелка и наивысшей точкой на большом вертеле,
 АНТ - угол анте- (ретро)версии шейки бедренной кости,
 ТОР - угол сочленения шейки бедренной кости с диафизом в сагиттальной плоскости,
 ШММЯ - ширина межмыщелковой ямки,
 ШНК - ширина надколенниковой поверхности,
 ШММ - ширина суставной поверхности медиального мыщелка бедренной кости,

РсММ - сагиттальный диаметр медиального мыщелка бедренной кости,

ШЛМ - ширина суставной поверхности латерального мыщелка бедренной кости,

РсЛМ - сагиттальный диаметр латерального мыщелка бедренной кости,

m. – мышца, mm. – мышцы,

ФН – факторная нагрузка,

СО – структурная организация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, А. И. Вариационная характеристика остеометрических параметров проксимального конца бедренной кости / А. И. Авдеев, Е. С. Потеряйкин // Медицинская экспертиза и право. – 2012. – № 3. – С. 24–26.
2. Авдеев, А. И. Возрастные изменения рельефа большого вертела бедренной кости / А. И. Авдеев, Е. С. Потеряйкин, Ю. М. Котцова // Судебная медицина. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 155–156.
3. Авдюничева, Л. И. Экспериментально-морфологическое исследование влияния функции мышц на рост и строение костей передней конечности // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1964. – Т. 46, № 3. – С. 54–71.
4. Автандилов, Г. Г. Медицинская морфология / Г. Г. Автандилов. – М. : Медицина, 1990. – 382 с.
5. Акаевский, А. И. Анатомия домашних животных / А. И. Акаевский. – М. : Колос, 1984. – 543 с.
6. Александер, Р. Биомеханика / Р. Александер. – М. : Мир, 1970. – 340 с.
7. Александров, Н. Н. Профилактика и лечение болезней копыт у молодняка крупного рогатого скота в откормочных комплексах / Н. Н. Александров, И. Ф. Абсалямов, В. В. Гимранов // Организация лечебно-профилактических и ветеринарно-санитарных мероприятий в животноводстве. – Ульяновск, 1987. – С. 64-68.
8. Алексеев, В. А. Остеометрия / В. А. Алексеев – М., 1966. – 250 с.
9. Алексеева, Т. И. Морфофункциональная характеристика посткраниального скелета азиатских эскимосов / Т. И. Алексеева, В. Ю. Коваленко // Палеоантропология Сибири. – М.: Наука, 1980. – С. 131-153.
10. Алексина, Л. А. Возрастные особенности и динамика окостенения проксимальных отделов плечевых костей / Л. А. Алексина // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2015. – Т. 4, № 1. – С. 38–44.

11. Алиев, М. М. Синовиальные влагалища сухожилий и сумки тазовых конечностей крупного рогатого скота / М. М. Алиев // Ученые записки Кировобадского педагогического института. – Кировобад, 1961. – С. 113–130.
12. Анатомия домашних животных / И. В. Хрусталева [и др.] ; под ред. И. В. Хрустальной. – М. : Колос, 1994. – 704 с.
13. Анатомия кролика / В. Н. Жеденов [и др.] ; под ред. В. Н. Жеденова. – М. : Сов. Наука, 1957. – 309 с.
14. Анатомия скелета плеча и предплечья у собак породы бассет хаунд / М. В. Щипакин [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (50). – С. 114–119.
15. Анатомия собаки / Н. В. Зеленский [и др.]. – СПб. : Право и управление, 1997. – 340 с.
16. Анатомия собаки: учеб. пособие для вузов / Н. В. Зеленецкий [и др.]. – СПб. : ИКЦ, 2015. – 267 с.
17. Анатомия собаки и кошки / Б. Фольмерхаус [и др.] ; пер. с нем. Е. Болдырева, И. Краевец. – М. : Аквариум БУК, 2003. – 580 с.
18. Анатомия собаки. Соматические системы / Н. А. Слесаренко [и др.]. – СПб. : Лань, 2003. – 96 с.
19. Анатомия человека / под ред. М. Р. Сапина. – М.: Медицина, 1993. – Т. 1. – 543 с.
20. Анатомия человека / под ред. М. Г. Привеса. – Л. : Медицина, 1968. – 812 с.
21. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии) / под ред. Б.А. Никитюка, А.А. Гладышевой, Ф.В. Судзиловского. — М.: Олимпия, 2008. – 624 с.
22. Анатомо-клиническое обоснование вариантов внешней фиксации при переломах плечевой кости с учетом особенностей ее васкуляризации / В. Н. Николенко [и др.] // Гений ортопедии. – 2006. – № 2. – С. 45–49.
23. Андреев, И. Д. Атлас оперативной хирургии для ветеринаров атлас / И. Д. Андреев. – М. : ГОЭТАР-Медиа, 2009. – 224 с.

24. Андреева, Е. Г. О строении костей некоторых диких и домашних животных / Е. Г. Андреева // Проблемы происхождения домашних животных. – М. : Изд-во АН СССР, 1933. – С. 263–307.
25. Артеменко, Б. А. Кинематический принцип строения конечностей наземных животных / Б. А. Артеменко // Труды Пятого Всесоюзного съезда АГиЭ (Ленинград, 5–11 июля 1949 г.). – Л. : Медгиз, 1951. – С. 107–108.
26. Архипов, С. В. Роль связки головки бедренной кости в патогенезе коксартроза / С. В. Архипов, М. А. Абдулхабирова, Д. В. Скворцов // Вестник РУДН. Сер. Медицина. – 2013. – № 1. – С. 64–69.
27. Аствацатуров, М. И. О происхождении праворукости и функциональной асимметрии мозга / М. И. Аствацатуров // Научная медицина. – Петроград, 1925. – № 11. – С. 76–90.
28. Бальсевич, В. К. Онтокинезиология человека / В. К. Бальсевич. – М. : Теория и практика физической культуры, 2000. – 275 с.
29. Барсуков, Н. А. К вопросу об активных движениях при гнойных синовитах и артритах / Н. А. Барсуков // Ученые записки Якутского университета. – [Б.м.], 1967. – Вып. 17. – С. 23–25.
30. Белосельский, Н. Н. Рентгеноморфометрические особенности проксимальных отделов бедренных костей в норме и при переломах шейки бедра / Н. Н. Белосельский, А. Ю. Прибытков, Г. Л. Дарбазов // Невский радиологический форум. – СПб., 2005. – С. 275–276.
31. Берг, Р. Т. Мясной скот: концепции роста / Р. Т. Берг, Р. М. Баттерфидьд. – М. : Колос, 1979. – 280 с.
32. Бердичевская, Е. М. Функциональные асимметрии и спорт : рук-во по функц. межполушар. асимметрии / Е. М. Бердичевская, А. С. Гронская. – М. : Научный мир, 2008. – 836 с.
33. Берштейн, Н. А. О построении движения / Н. А. Берштейн. – М. : Медгиз, 1947. – 254 с.

34. Биомеханические характеристики тазобедренного сустава при его эндопротезировании / В. А. Неверов [и др.] // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 1996. – № 4-6. – С. 38–42.
35. Бирих, В. К. Возрастная морфология крупного рогатого скота / В. К. Бирих, Г. М. Удовин. – Пермь, 1972. – С. 192–204.
36. Бляхер, Л. Я. Очерк истории морфологии животных / Л. Я. Бляхер. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 263 с.
37. Бляхер, Л. Я. Проблемы морфологии животных / Л. Я. Бляхер. – М.: Наука, 1976. – 358 с.
38. Боголюбский, С. Н. Происхождение и преобразование домашних животных: пособие для вузов / С. Н. Боголюбский. – М.: Сов. наука, 1959. – 594 с.
39. Бойд, Д. С. Топографическая анатомия кошки и собаки: цветной атлас / Д. С. Бойд; пер. с англ. Г. Ш. Чиковани. – М.: Скорпион, 1998. – 190 с.
40. Бондарько, Д. Н. Заболевания копыт у крупного рогатого скота / Д. Н. Бондарько // Земля сибирская, дальневосточная. – 1982. – № 9. – С. 44–45.
41. Брандт, А.Ф. Десноручие, шуеручие и перекрестная асимметрия конечностей / А.Ф. Брандт // Русский антропологический журнал. – 1927. – Т. 15, № 3-4. – С. 7–28.
42. Бровар, В. Я. Закономерности роста скелета домашних млекопитающих / В. Я. Бровар // Сборник научных трудов ТСХА. – М., 1944. – Вып. 31. – С. 185–204.
43. Брошко, Е. О. Некоторые структурно-функциональные особенности длинных костей конечностей пресмыкающихся и млекопитающих / Е. О. Брошко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, Химия». – 2014. – Т. 27, № 1. – С. 12–23.
44. Бунак, В. В. О механизме приспособительных изменений трубчатых костей / В. В. Бунак // Проблемы функциональной морфологии двигательного аппарата: сб. науч. тр. – Л., 1956. – С. 20–43.
45. Бунак, В. В. Род Ното, его возникновение и последующая эволюция / В. В. Бунак. – М. : Наука, 1980. – 328 с.

46. Бурденюк, А. Ф. Ветеринарная ортопедия / А. Ф. Бурденюк, Г. С. Кузнецов. – Л.: Колос, 1976. – 200 с.
47. Бурденюк, А. Ф. Об остеоартрозах у быков / А. Ф. Бурденюк // Ветеринария. – 1962. – № 7. – С. 61–63.
48. Бююль, А. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цёфель. – СПб.: ДиаСофтЮп, 2002. – 603 с.
49. Вагин, Е. А. Кролики, нутрии и птица в приусадебных и крестьянских хозяйствах / Е. А. Вагин, Р. П. Цветкова. – М.: Ириус, 1991. – 192 с.
50. Вариабельность геометрической формы дистального эпифиза бедренной кости / С. Е. Байбаков [и др.] // Сеченовский вестник. – 2016. – № 3 (25). – С. 29–33.
51. Виноградов, Д. А. Параметры бедренной кости в зависимости от формы тела, пола и возраста / Д. А. Виноградов, А. А. Виноградов // Университетская наука: взгляд в будущее: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 81-летию Курского гос. мед. ун-та и 50-летию фармацевт. фак-та: в 3 т. – Курск, 2016. – Т. 2. – С. 313–318.
52. Власенко, А. Н. Морфофункциональные предпосылки дисплазии и система оценки состояния локтевого сустава у собак / А. Н. Власенко // Современная ветеринарная медицина. – 2014. – № II. – С. 42–46.
53. Власенко, А. Н. От чего зависит точность броска? «Вынужденные траектории» в движении плечевого сустава / А. Н. Власенко, С. В. Дробышевский // Вестник Московского университета. Сер. XXIII. Антропология. – 2016. – № 1. – С. 46–53.
54. Власенко, А. Н. Причины и механизмы развития дисплазии тазобедренного сустава у собак / А. Н. Власенко // Современная ветеринарная медицина. – 2011. – № 4. – С. 22–34.
55. Войно, М. С. Влияние упражнений на развитие асимметрии верхних конечностей у детей в раннем возрасте / М. С. Войно // Труды 6 Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. – Киев, 1958. – Т. 2. – С. 565–567.

56. Воробьев, Н. А. Разнообразие анатомического строения области тазобедренного сустава / Н. А. Воробьев // Вопросы ортопедии и травматологии. – Киев, 1958. – Вып. 7. – С. 157–174.
57. Вракин, В. Ф. Морфология сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / В. Ф. Вракин, М. В. Сидорова. – М.: Колос, 1991. – 527 с.
58. Гайворонский, И. В. Нормальная анатомия человека: в 2 т. / И. В. Гайворонский. – 4-е изд. – СПб.: СпецЛит, 2004. – Т. 2. – 230 с.
59. Гамбарян, П. П. Происхождение многообразия аллюров у млекопитающих / П. П. Гамбарян // Журнал общей биологии. – 1967. – Т. 28, № 3. – С. 289–305.
60. Гамбарян, П. П. Бег млекопитающих. Приспособительные особенности органов движения / П. П. Гамбарян. – Л.: Наука, 1972. – 334 с.
61. Гамота, А. А. К патогенезу заболеваний суставов у быков-производителей / А. А. Гамота // Научные труды УСХА. – [Б.м.], 1975. – Вып. 156, т. 2. – С. 45–47.
62. Гафаров, Х. З. Какова же величина торсии бедренной кости и какое значение она имеет в клинике? / Х. З. Гафаров // Практическая медицина. – 2013. – № 2-2 (68). – С. 37–44.
63. Гафаров, Х. З. Механизм торсии при развитии сегментов нижних конечностей / Х. З. Гафаров // Ортопедия и травматология. – 1981. – № 9. – С. 5–9.
64. Гафаров, Х. З. Торсионное развитие коленного сустава в норме и при некоторых заболеваниях / Х. З. Гафаров // Ортопедия и травматология. – 1984. – № 7. – С. 31–36.
65. Гашимова, А. А. Сравнительная анатомия скелета грудной и тазовой конечностей собаки и кролика / А. А. Гашимова, И. В. Арефьева, С. Г. Сайко // Молодежь и наука. – 2017. – № 1. – С. 16–22.
66. Гелашвили, П. А. Морфометрическая характеристика проксимального эпифиза бедренной кости человека различных возрастных периодов / П. А. Гелашвили, С. Н. Юхимец, Е. Н. Буракова // Морфологические ведомости. – 2008. – № 1-2. – С. 146–147.

67. Геометрические особенности кости у больных с переломами проксимального отдела бедренной кости / Ж. Х. Хамзабаев [и др.] // Медицинская визуализация. – 2007. – № 2. – С. 120–123.
68. Гинзбург, В. В. Об асимметрии конечностей человека / В. В. Гинзбург // Природа. – 1947. – № 8. – С. 42–46.
69. Гиртль, И. Руководство по анатомии человеческого тела: пер. с нем. / И. Гиртль. – 6-е изд. – СПб.: Кн. магазин Черкесова, 1869. – 750 с.
70. Глаголев, П. А. Анатомия сельскохозяйственных животных с основами гистологии и эмбриологии: учеб. пособие / П. А. Глаголев, В. И. Ипполитова. – М. : Колос, 1977. – 480 с.
71. Глаголев, П. А. Об изучении возрастных и породных особенностей строения системы органов произвольного движения сельскохозяйственных животных / П. А. Глаголев // Доклады Московской сельско-хозяйственной академии. – М. : МСХА, 1961. – Вып. 69. – С. 285–290.
72. Горяинова, Е. Р. Прикладные методы анализа статистических данных / Е. Р. Горяинова, А. Р. Панков, Е. Н. Платонов. – М. : ИД ВШЭ, 2012. – 310 с.
73. Григорьева, М. А. Применение дискриминантного анализа в оценке соматотипа человека по длинным костям конечностей / М. А. Григорьева, // Судебно-медицинская экспертиза. – 2004. – Т. 47, № 1. – С. 28–31.
74. Гринаф, П. Ф. Болезни конечностей крупного рогатого скота / П. Ф. Гринаф, Ф. Маккалум, А. Уивер. – М. : Колос, 1976. – 384 с.
75. Громова, В. И. Определитель млекопитающих СССР по костям скелета / В. И. Громова. – М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1950. – 240 с.
76. Губин, С. Н. Морфологические особенности осевого и периферического скелета мелких жвачных и собаки / С. Н. Губин. – М., 2000. – 20 с.
77. Гуди, П. К. Топографическая анатомия собаки: пер. с англ. / П. К. Гуди. – М.: Аквариум-Принт, 2006. – 175 с.
78. Гуреев, А. А. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. III, вып. 10. Зайцеобразные (lagomorpha) / А. А. Гуреев. – М.: Наука, 1964. – 280 с.

79. Гурфинкель, В. С. Регуляция позы человека / В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, М. Л. Шик. – М.: Наука, 1965. – 256 с.
80. Гусев, В. Г. Кинология: пособие для экспертов и владельцев племенных собак / В. Г. Гусев, Е. С. Гусева. – М.: Аквариум-Принт, 2006. – 232 с.
81. Денни, Х. Р. Ортопедия собак и кошек / Х. Р. Денни, С. Д. Баттервоф; пер. с англ. М. Дорош, Л. Евелева. – М.: Аквариум БУК, 2004. – 696 с.
82. Доброхотова, Т. А. Загадки неправорукого меньшинства человечества / Т. А. Доброхотова, Н. Н. Брагина // Вопросы философии. – 1980. – № 1. – С. 124–154.
83. Довгялло, Ю. В. Индивидуальная изменчивость бедренной кости / Ю. В. Довгялло // Знание. – 2016. – № 2–3 (31). – С. 71–74.
84. Доля, Г. В. Асимметрия развития силы мышц ног и спортивный результат в прыжках в высоту / Г. В. Доля // Теория и практика физической культуры. – 1973. – № 12. – С. 25–27.
85. Донской, Д. Д. Биомеханика / Д. Д. Донской, В. М. Зациорский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
86. Дубров, М. З. Стандарты пород собак: На базе стандартов FCI / М. З. Дубров. – М.: Центрполиграф, 2000. – 604 с.
87. Емельянов, А. В. Причины выбраковки быков-производителей / А. В. Емельянов // Ветеринария. – 1973. – № 7. – С. 76–78.
88. Зеленовский, Н. В. Анатомия и физиология животных / Н. В. Зеленовский, А. П. Васильев, Л. К. Логинова. – М.: Академия, 2009. – 464 с.
89. Зеленовский, Н. В. Анатомия собаки / Н. В. Зеленовский, В. И. Соколов, В. Ю. Шумаков. – СПб.: Право и управление, 1997. – 340 с.
90. Зубарева, Т. В. Стабилизирующая роль мышц плечевого пояса при эндопротезировании плечевого сустава / Т. В. Зубарева, С. В. Гюльназарова, В. И. Мамаев // Гений ортопедии. – 2015. – № 2. – С. 21–25.
91. Зуссман, М. Биология развития / М. Зуссман. – М.: Мир, 1977. – 301 с.;
92. Иваницкий, М. Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии) / М. Ф. Иваницкий. – М., 2008. – 624 с.

93. Ивченко, Г. И. Введение в математическую статистику / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – М.: ЛКИ, 2010. – 600 с.
94. Ильин, Е. П. О функциональной асимметрии ног / Е. П. Ильин // Теория и практика физической культуры. – 1965. – № 1. – С. 22–25.
95. Индивидуально-типологическая изменчивость бедренной кости и морфология питательных отверстий / В. Н. Николенко [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – Т. 5, № 4. – С. 485–488.
96. Индивидуально-типологические особенности морфогеометрии проксимального отдела бедренной кости / В. Н. Николенко [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 6, № 1. – С. 36–39.
97. Ипполитова, В. И. Морфологические параметры трубчатых костей в зависимости от положения их в тазовой конечности / В. И. Ипполитова // Доклады ТСХА. – 1972. – Вып. 174. – С. 167–172.
98. Кабак, С. Л. Костно-суставная система: Морфологические и биохимические аспекты формирования / С. Л. Кабак, С. П. Фещенко, Е. П. Аниськова. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 181 с.
99. Кадырова, Л. А. Учет спирального распределения мышечных нагрузок при постизометрической релаксации / Л. А. Кадырова, Я. Ю. Попелянский, Н. Н. Сак // Мануальная медицина. – 1991. – № 1. – С. 5–7.
100. Камалов, И. И. Диагностика патологических изменений плечевого пояса / И. И. Камалов // Вертеброневрология. – 1993. – № 2. – С. 11–13.
101. Капанджи, А. И. Верхняя конечность. Физиология суставов / А. И. Капанджи. – М. : Эксмо, 2014. – 368 с.
102. Каримов, Р. Н. Статистика для врачей, биологов, и не только. Ч. I. Сбор, представление и предварительный анализ данных / Р. Н. Каримов, Ю. Г. Шварц. – Саратов : Изд-во Саратов. мед. ун-та, 2007. – 200 с.
103. Карузин, П. И. Руководство по пластической анатомии. Вып. 1. О размерах, росте и пропорциях человеческого тела / П. И. Карузин. – [М.] : Гос. изд-во, 1921. – 88 с.

104. Карчикян, С. И. К вопросу о происхождении праворукости / С. И. Карчикян // Труды ВМА им. С. М. Кирова. – Л.: ВМА, 1947. – Т. 38. – С. 459–463.
105. Касьяненко, В. Г. Приспособительные изменения в органах движения в связи с различной опорной функцией / В. Г. Касьяненко // Труды IV Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. – Киев, 1961. – Т. 1. – С. 48–56.
106. Кашуба, В. А. Биомеханика осанки / В. А. Кашуба. – Киев : Олимп. лит., 2003. – 280 с.
107. Кинематические параметры движения в плечевом суставе при нормальной ходьбе человека / Л. А. Удочкина [и др.] // Морфология. – 2017. – № 6. – С. 67–71.
108. Клебанова, Е. А. Морфофункциональные характеристики органов движения зайцеобразных / Е. А. Клебанова, Р. С. Полякова, А.С. Соколов // Морфология и экология позвоночных: тр. зоол. ин-та. – Л., 1971. – Т. 48. – С. 58–120.
109. Климов, А. Ф. Анатомия домашних животных / А. Ф. Климов. – 2-е изд., испр. – М. : Сельхозгиз, 1941. – Т. 1. – 559 с.
110. Климов, А. Ф. Конечности сельскохозяйственных животных: Скелет и мускулатура / А. Ф. Климов. – М.; Л.: Гос. изд-во, 1927. – 269 с.
111. Клыкова, В. А. Морфология и биомеханический анализ скелета конечностей канны / В. А. Клыкова, М. Ю. Треус. – Киев, 1991. – 36 с.
112. Ковешникова, А. К. Изменение костно-мышечной системы под влиянием различных условий / А. К. Ковешникова // Проблемы функциональной морфологии двигательного аппарата. – М., 1966. – С. 5–19.
113. Комарова, И. П. Особенности эмбриогенеза конечностей амфибий в норме и эксперименте / И. П. Комарова // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. 3, № 4. – С. 142–145.
114. Корреляции морфометрических параметров мышечков бедренной и большеберцовой костей / И. В. Гайворонский [и др.] // Морфология. – 2015. – Т. 148, № 6. – С. 79–83.
115. Криштофорова, Б. В. Возрастные изменения костей грудной конечности крупного рогатого скота под влиянием ограниченной подвижности / Б. В.

Криштофорова // Сборник научных трудов Украинской сельскохозяйственной академии. – Киев : УСХА, 1980. – Вып. 250. – С. 64–67.

116. Криштофорова, Б. В. Морфофункциональная адаптация костной системы молодняка продуктивных животных / Б. В. Криштофорова // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 4. – С. 90–95.

117. Кролик / А. А. Алиев [и др.]. – СПб. : Агропромиздат, 2002. – 448 с.

118. Кузнецов, А. Н. Планы строения конечностей и эволюция техники бега у тетрапод / А. Н. Кузнецов // Зоологические исследования. – 1999. – № 3. – С. 5–94.

119. Кузнецов, А. Н. Обзор подвески парных конечностей позвоночных с функциональных позиций / А. Н. Кузнецов // Журнал общей биологии. – 1995. – Т. 56, № 2. – С. 221–238.

120. Куропаткина, М. В. Спаниели / М. В. Куропаткина. – М. : Вече, 2005. – 235 с.

121. Кэррол, Р. Палеонтология и эволюция позвоночных / Р. Кэррол. – М. : Мир, 1993. – Т. 3. – 312 с.

122. Лавджой, О. К. Эволюция выпрямленного способа передвижения у человека / О. К. Лавджой // В мире науки. Scientific American. – 1989. – № 1. – С. 45–56.

123. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика / М. Б. Лагутин. – М. : Бином, Лаборатория знаний, 2007. – 472 с.

124. Лебединский, М. С. Праворукость // БМЭ. – 2-е изд. – М., 1962. – Т. 26. – С. 509–510.

125. Леонов, В. П. Факторный анализ: основные положения и ошибки применения / В. П. Леонов // Международный журнал медицинской практики. – 2005. – Вып. 3. – С. 14–16.

126. Лечебная физическая культура в системе медицинской реабилитации: рук-во для врачей / под ред. А. Ф. Каптелина, И. П. Лебедевой. – М.: Медицина, 1995. – 400 с.

127. Лихачев, А. И. Приспособительные морфо-функциональные особенности в системе органов движения лося / А. И. Лихачев // Зоологический журнал. – 1956. – Вып. 3. – С. 445–458.

128. Лукьяновский, В. А. Биотехнологические закономерности возникновения ортопедических болезней у коров / В. А. Лукьяновский // Ветеринария. – 2005. – № 9. – С. 52–57.
129. Мазовер, А. П. Охотничьи собаки / А. П. Мазовер. – М.: Агропромиздат, 1985. – 240 с.
130. Майерс, Т. В. Анатомические поездки. Миофасциальные меридианы для мануальной и спортивной медицины / Т. В. Майерс. – Лондон: Harcourt Publishers, 2007. – 298 с.
131. Маккракен, Т. Атлас анатомии мелких домашних животных / Т. Маккракен, Р. Кайнер. – М.: Аквариум-Принт, 2009. – 144 с.
132. Малашко, В. В. Анатомия мясопромышленных животных / В. В. Малашко. – Минск: Ураджай, 1998. – 152 с.
133. Манзий, С. Ф. Морфо-функциональный анализ грудных конечностей млекопитающих / С. Ф. Манзий, В. Ф. Мороз. – Киев: Наук. думка, 1978. – 134 с.
134. Манзий, С. Ф. Особенности строения запястья млекопитающих в связи с различной функцией грудных конечностей / С. Ф. Манзий // Проблемы функциональной анатомии двигательного аппарата. – Л., 1956. – С. 79–82.
135. Медведева, Н. Н. Длинные трубчатые кости населения города Красноярска / Н. Н. Медведева // Сибирское медицинское обозрение. – 2004. – № 1 (30). – С. 51–54.
136. Мельник, К. П. Локомоторный аппарат млекопитающих: Вопросы морфологии и биомеханики скелета / К. П. Мельник, В. И. Клыков. – Киев: Наук. думка, 1991. – 207 с.
137. Мельник, К. П. Реакция костной ткани на ограничения подвижности животных / К. П. Мельник, В. И. Клыкова, В. Г. Луценков // Труды Рижского НИИ травматологии и ортопедии. – Рига: РНИИТиО, 1975. – Вып. 13. – С. 76–78.
138. Меньшикова, Л. В. Факторы риска переломов проксимального отдела бедренной кости в популяции Иркутска / Л. В. Меньшикова, Н. А. Храмцова, А. А. Дзизинский // Факторы риска, адаптация, первичная и вторичная профилактика

хронических неинфекционных заболеваний: матер. Всерос. конф. с междунар. участием (Иваново, 14–15 июня 2001 г.). – М.: Иваново, 2001. – С. 38.

139. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е. К. Меркурьева. – М.: Колос, 1970. – 423 с.

140. Мина, М. В. Рост животных / М. В. Мина, Д. А. Клевезаль. – М.: Наука, 1976. – 217 с.

141. Михайлов, Н. Н. Переломы шейки бедренной кости в свете анатомических исследований / Н. Н. Михайлов, А. А. Арапов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2006. – № 3 (19). – С. 73–75.

142. Михайлов, Н. Н. Структурные преобразования проксимального конца бедренной кости на этапах онтогенеза человека: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.02 / Михайлов Николай Николаевич. – Волгоград, 2008. – 108 с.

143. Мищенко, В. А. Проблема заболеваний дистальных участков конечностей у высокопродуктивных коров / В. А. Мищенко // Ветеринария Кубани. – 2008. – № 4. – С. 4–7.

144. Мороз, В. Ф. Морфо-функциональный анализ грудных конечностей млекопитающих / В. Ф. Мороз. – Киев: Наук. думка, 1978. – 134 с.

145. Морфология костных структур вертлужной впадины и бедренного компонента тазобедренного сустава / Е. А. Анисимова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 32–38.

146. Морфология человека: учеб. пособие / под ред. Б. А. Никитюка, В. П. Чтецова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 344 с.

147. Морфофизиологические факторы формирования мясной продуктивности в онтогенезе у крупного рогатого скота / Г. Г. Черепанов [и др.] // Доклады ВАСХНИЛ. – 1989. – № 12. – С. 26–28.

148. Найнис, И. В. Идентификация личности по проксимальным костям конечностей / И. В. Найнис. – Вильнюс: Минтис, 1972. – 160 с.

149. Неклюдов, Ю. А. Экспертная оценка возрастных изменений скелета верхней конечности / Ю. А. Неклюдов. – Саратов, 1992. – 124 с.

150. Некоторые топографоанатомические и биомеханические особенности строения проксимального эпифиза бедренной кости человека / Н. И. Ананьев [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2003. – № 10. – С. 50–53.
151. Нестер, В. В. Справочник кролиководы-любителя / В. В. Нестер, Л. Г. Уткин. – М.: Колос, 1993. – 224 с.
152. Нестурх, М. Ф. Происхождение человека / М. Ф. Нестурх. – М.: Наука, 1970. – 436 с.
153. Николенко, В. Н. Индивидуальная и типовая анатомическая изменчивость макро-микроскопического строения плечевой кости / В. Н. Николенко, О. А. Фомичева // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2007. – № 3. – С. 29–31.
154. Нурлыгаянов, Р.З. Частота переломов проксимального отдела бедренной кости среди жителей города Уфы (ретроспективное эпидемиологическое исследование) / Р.З. Нурлыгаянов, Н.Х. Хафизов, А.А.Файзуллин // Остеопороз и остеопатии. -2009. - № 1. - С. 7-9.
155. Ноздрачев, А. Д. Анатомия кролика / А. Д. Ноздрачев, Е. Л. Поляков, А. Н. Федин. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2009. – 356 с.
156. Общая ветеринарная хирургия / А. В. Лебедев [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 448 с.
157. Огуренков, В. И. Двигательная асимметрия в боксе по показателям психомоторики / В. И. Огуренков, А. В. Родионов // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 6. – С. 15–17.
158. Оливков, Б. М. Заболевание суставов / Б. М. Оливков // Общая хирургия домашних животных / Б. М. Оливков. – М., 1952. – С. 397.
159. Опаринская, З. С. Общий экстерьер собак: (пособие для курсов судей-экспертов по собаководству) / З. С. Опаринская. – М., 2008. – 72 с.
160. Оперативная хирургия / И. И. Магда [и др.]; под ред. И. И. Магды. – М.: Агропромиздат, 1990. – 333 с.
161. Органов, В. В. Особенности структурно-функциональной организации проксимального отдела плечевой кости, обеспечивающие стабилизацию плечевого

- сустава / В. В. Органов, А. А. Тяжелов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – № 2. – С. 70–72.
162. Ортопедия ветеринарной медицины / И. С. Колесниченко [и др.]. – СПб. : Лань, 2003. – 352 с.
163. Оценка дисфункции мышц нижних конечностей на предоперационном этапе у больных коксартрозом с деформацией бедренной кости / А. С. Тряпичников [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1-5. – С. 1042–1045.
164. Ошмарин, П. Г. Следы в природе / П. Г. Ошмарин, Д. Г. Пикунов. – М. : Наука, 1990. – 296 с.
165. Павлинов, И. Я. Современные представления о гомологии в биологии (теоретический обзор) / И. Я. Павлинов // Журнал общей биологии. – 2011. – Т. 72, № 4. – С. 298–320.
166. Пашкова, В. И. Судебно-медицинское отождествление личности по костным останкам / В. И. Пашкова, Б. Д. Резников. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1978. – 317 с.
167. Персон, Р. С. Мышцы-антагонисты в движениях человека / Р. С. Персон. – М.: Наука, 1965. – 115 с.
168. Петраков, К. А. Практическая ветеринарная хирургия / К. А. Петраков. – Киров: Киров. обл. тип., 1995. – 160 с.
169. Петров, В. А. Механика спортивных движений / В. А. Петров, Ю. А. Гагин. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 232 с.
170. Петрова, Р. Н. Перекресты в мышечной системе человека / Р. Н. Петрова, Г.Ф. Кейс // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1981. – Т. 80, вып. 4. – С. 32–38.
171. Пигарева, С. Н. Исследование функциональной моторной асимметрии в работе четырёхглавых мышц бедра у лиц, занимающихся физической культурой при выполнении интенсивной физической нагрузки / С. Н. Пигарева, Н. А. Фудин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 4. – С. 31–35.
172. Писменская, В. Н. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных / В. Н. Писменская, Е. М. Ленченко, Л. А. Голицына. – М. : Колос, 2006. – 280 с.

173. Погосян, А. Р. Влияние образа жизни на строение скелета конечностей некоторых грызунов / А. Р. Погосян, Л. Е. Огоносян // Айастан генсапанакан антес. Биологический журнал Армении. – 1973. – Т. 26, № 6. – С. 69–74.
174. Подрушняк, Е. П. Возрастные изменения и заболевания опорно-двигательного аппарата человека / Е. П. Подрушняк. – Киев: Здоровья, 1987. – 304 с.
175. Пономарев, В. П. Применение факторного и кластерного статистического анализа в медицине / В. П. Пономарев, И. Ю. Белоглазов // Перспективные информационные технологии: тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2016. – С. 589–592.
176. Попеско, П. Атлас анатомии домашних животных: учеб. пособие: в 3 т. / П. Попеско. – М. : НИК, ИКЦ, 1974. – 232 с.
177. Попов, Г. И. Биомеханика двигательной деятельности / Г. И. Попов, А. В. Самсонова. – М. : Академия, 2011. – 320 с.
178. Поцелуев, А. А. Асимметрия движений / А. А. Поцелуев, // Теория и практика физической культуры. – 1960. – Т. 25, № 27. – С. 496–498.
179. Привес, М. Г. Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. – СПб. : Гиппократ, 2000. – 683 с.
180. Принцип спиралевидного строения скелетных мышц – основа двигательной оптимальности активной нижней конечности / П.Ф. Шапаренко, [и др.] // Морфология. – 1996. – Т. 109, № 1. – С. 71–75.
181. Прогнозирование ортопедических болезней у высокопродуктивного крупного рогатого скота / Э. И. Веремей [и др.] // Современные проблемы ветеринарной хирургии: матер. Междунар. науч.-практ. конф. / СПбГАВМ. – СПб., 2004. – С. 10–12.
182. Пэттен, Б. М. Эмбриология человека / Б. М. Пэттен; пер. с англ. О. Е. Вязова, Б. В. Конюхова; под ред. Г. А. Шмидта. – М.: Медгиз, 1959. – 800 с.
183. Рябина, К. Е. Биомеханика поддержания вертикальной позы (обзор моделей поддержания равновесия) / К. Е. Рябина, А. П. Исаев // Вестник ЮУрГУ. Сер. Образование, здравоохранение, физ. культура. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 93–98.

184. Сак, Н. Н. Этюды о функциональных мышечных объединениях (анатомия, виды, функциональное назначение) / Н. Н. Сак, А. Е. Сак // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2001. – № 4. – С. 120–125.
185. Свечин, К. Б. Породные особенности формирования мясной продуктивности скота в онтогенезе / К. Б. Свечин // Труды УСХА. – Киев, 1976. – С. 6–13.
186. Северцов, А. Н. Собрание сочинений. Т. 2. Происхождение и эволюция конечностей / А. Н. Северцов. – М. ; Л. : Изд. акад. наук СССР, 1950. – 396 с.
187. Синельников, Р. Д. Атлас анатомии человека: в 4 т. / Р. Д. Синельников, Я. Р. Синельников. – М. : Медицина, 1989. – Т. 1. – 344 с.
188. Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные предпосылки развития дисплазии локтевого сустава у собак / Н. А. Слесаренко, А. Н. Власенко // Морфология. – 2008. – Т. 133, № 2: Материалы докл. XI конгр. междунар. ассоц. Морфологов (Бухара, Респ. Узбекистан, 14–17 мая 2008 г.). – С. 123.
189. Слесаренко, Н. А. Оценка развития дисплазии тазобедренного сустава у собак и позиций функциональной анатомии / Н. А. Слесаренко, А. Н. Власенко // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2007. – № 4. – С. 9–12.
190. Слесаренко, Н. А. Структурный адаптогенез скелета конечностей животных при различной статолокомоции / Н. А. Слесаренко, Э. К. Гасангусейнова, Е. О. Широкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5 (43). – С. 94–97.
191. Соколов, И. И. Морфо-функциональные особенности органов движения сайги и джейрана / И. И. Соколов, Е. А. Клебанова, А. С. Соколова // Морфология позвоночных животных. – М. ; Л., 1964. – С. 319–347. – (Тр. Зоол. ин-та / Акад. наук СССР; т. 33).
192. Сопина, Н. К. Морфология скелета конечностей кабарги / Н. К. Сопина // Биология и хозяйственное использование промысловых зверей и птиц Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1983. – С. 19–28.
193. Сорокин, А. П. Общие закономерности строения опорного аппарата человека / А. П. Сорокин. – М.: Медицина, 1973. – 264 с.

194. Специфические и неспецифические компенсаторные проявления функциональной недостаточности конечности у пациентов с диспластическим коксартрозом после реконструктивного лечения / Д. В. Долганов [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 – С. 35–40.
195. Справочник ветеринарного врача / сост.: В. Г. Гавриш, И. И. Калюжный. – Ростов н/Д. : Феникс, 1997. – 608 с.
196. Спрингер, С. Левый мозг, правый мозг / С. Спрингер, Г. Дейч. – М.: Мир, 1983. – 256 с.
197. Сравнительная характеристика лопаточной, плечевой и бедренной костей зайцеобразных на примере зайца-русака (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) и кролика (*Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758) / Т. Ю. Паршина [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 231–232.
198. Стабилометрическое исследование статической устойчивости у больных с фиксированной порочной установкой в тазобедренном суставе / Т. И. Долганова [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 1999. – Т. 3, № 2. – С. 29–30.
199. Студитский, А. Н. Материалы по развитию и строению мускулатуры млекопитающих / А. Н. Студитский. – М. : АН СССР, 1960. – 167 с.
200. Студитский, А. Н. Механизм движения: Опорно-двигат. аппарат животных и человека / А. Н. Студитский. – М. : Знание, 1983. – 63 с.
201. Таннер, Дж. Рост и конституция человека / Дж. Таннер // Биология человека. – М., 1968. – С. 247–326.
202. Тейкина, О. Ю. Статистический анализ углов скрученности бедренных костей человека из некрополя Пятницкого конца древнего Смоленска / О. Ю. Тейкина, В. Г. Меренков, И. М. Прудников // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2018. – Т. 17, № 2. – С. 47–54.
203. Тонков, В. Н. Учебник нормальной анатомии человека / В. Н. Тонков. – Л. : Медгиз, 1962. – 763 с.

204. Тур, С. С. Билатеральная асимметрия длинных костей конечностей у скотоводов Алтая эпохи бронзы и раннего железного века / С. С. Тур // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2014. – № 3 (59). – С. 141–156.
205. Тюпа, В. В. Особенности динамических характеристик периода опоры в спринтерском беге / В. В. Тюпа, Л. М. Райцин, М. А. Каймин // Теория и практика физической культуры. – 1978. – № 5. – С. 12–16.
206. Федоров, В. И. Рост, развитие и продуктивность животных / В. И. Федоров. – М. : Колос, 1973. – 271 с.
207. Федорук, А. Г. Функциональные ассиметрии человека в операторской деятельности / А. Г. Федорук, Т. А. Доброхотова // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1980. – № 5. – С. 39–42.
208. Физиологический эффект нагрузочного костюма как средства профилактики неблагоприятного действия невесомости / А. С. Барер [и др.] // Космическая биология и авиакосмическая медицина: тез. докл. 4 Всесоюз. конф. – Калуга, 1972. – Т. 1. – С. 165–168.
209. Филиппов, А. А. Бедренные и берцовые кости мужчин разных типов телосложения / А. А. Филиппов // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 5. – С. 72.
210. Фольмерхауз, Б. Анатомия собаки и кошки: пер. с нем. / Б. Фольмерхауз, Й. Фревейн. – [М.] : Аквариум, 2003. – 580 с.
211. Фролков, В. К. Некоторые проблемы информационно-статистического обеспечения исследований в медико-биологических науках / В. К. Фролков, А. А. Шандицев // Rus. J. Rehabilitation Medicine. – 2015. – № 2. – С. 30–57.
212. Халафян, А. А. Современные статистические методы медицинских исследований / А. А. Халафян. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 320 с.
213. Халилова, Г. Р. Раннее развитие дисплазии тазобедренного сустава у собак / Г. Р. Халилова, Ю. Т. Филиппов // Ветеринария и кормление. – 2014. – № 4. – С. 44–45.
214. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М. : Статистика, 1972. – 486 с.

215. Хирургические болезни сельскохозяйственных животных / К. И. Шакалов [и др.]. – Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 255 с.
216. Ходжанов, И. Ю. Наш опыт хирургического лечения детей и подростков с ложными суставами головки мыщелка плечевой кости с вальгусной деформацией локтевого сустава / И. Ю. Ходжанов, И. Э. Хужаназаров // Травматология и ортопедия России. – 2007. – № 4 (46). – С. 54–57.
217. Храмцова, Н. А. Особенности строения проксимального отдела бедренной кости как фактор риска переломов шейки бедра в популяции Иркутска / Н. А. Храмцова, Л. В. Меньшикова // Факторы риска, адаптация, первичная и вторичная профилактика хронических неинфекционных заболеваний: матер. Всерос. конф. с междунар. участием (Иваново, 14–15 июня 2001 г.). – М. ; Иваново, 2001. – С. 57.
218. Хрисанфова, Е. Н. Эволюция структуры длинных костей человека / Е. Н. Хрисанфова. – М. : Наука, 1967. – 102 с.
219. Хрусталева, И. В. Морфофункциональная зависимость аппарата движения от разной степени двигательной активности / И. В. Хрусталева // Функциональная морфология и патология аппарата движения сельско-хозяйственных животных. – М.: МВА, 198. – С. 6–13.
220. Хрусталева, И. В. Строение и функции скелета в зависимости от двигательной активности животных / И. В. Хрусталева, Б. В. Криштофорова // Сборник научных трудов Московской ветеринарной академии. – М., 1982. – С. 22–25.
221. Цикл движения верхних конечностей при нормальной ходьбе человека / О. И. Воронцова [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 11, № 6 (66). – С. 53–58.
222. Частная ветеринарная хирургия / под ред. Б. С. Семенова, А. В. Лебедева. – 2-е изд. – М. : Колос, 2003. – 496 с.
223. Чекалин, К. П. Размеры мыщелков бедренной кости у мужчин первого зрелого возраста / К. П. Чекалин // Морфология. – 2016. – Т. 149, № 3. – С. 227.

224. Чикун, В. И. Идентификация типа телосложения мужчин по длинным трубчатым костям конечностей / Чикун, В. И. // Морфологические ведомости. – 2004. – № S1-2. – С. 117.
225. Членов, Л. Г. Леворукость // БМЭ. – 2-е изд. – М., 1960. – Т. 15. – С. 305–306.
226. Чхаидзе, Л. В. Координация произвольных движений человека / Л. В. Чхаидзе. – М. : Наука, 1968. – 135 с.
227. Шамов, Д. М. Движения позвоночника и костей плечевого пояса при максимально глубоком вдохе и их прикладное значение для разработки физкультурно-оздоровительных программ / Д. М. Шамов // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 1. – С. 70–71.
228. Шапаренко, П. Ф. Принцип спиралевидного расположения скелетных мышц человека и животных / П. Ф. Шапаренко, Н. Ф. Пшеничный // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1988. – Т. 14, № 6. – С. 55–59.
229. Шимкевич, В. Курс сравнительной анатомии позвоночных животных / В. Шимкевич. – М. ; Петроград : Госиздат, 1922. – 620 с.
230. Шмальгаузен, И. И. Основы сравнительной анатомии позвоночных / И. И. Шмальгаузен. – М. : Советская наука, 1947. – 540 с.
231. Шмальгаузен, И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса / И. И. Шмальгаузен. – М. : Наука, 1983. – 360 с.
232. Шмидт-Ниельсен, К. Размеры животных: почему они так важны? / К. Шмидт-Ниельсен. – М. : Мир, 1987. – 259 с.
233. Щеглов, Е. В. Генетика и разведение собак / Е. В. Щеглов, В. В. Попов, Е. К. Мельникова. – М. : КолосС, 2004. – 111 с.
234. Эллиот, Р. П. Движение собак: иллюстрированное пособие для оценки экстерьера с первого взгляда: (пособие для заводчиков, экспертов и любителей собак) / Р. П. Эллиот. – СПб., 1994. – 52 с.
235. Юдичев, Ю. Ф. Морфофункциональное обоснование адаптивных преобразований аппарата движения наземных позвоночных / Ю. Ф. Юдичев // Функциональная макро- микроморфология органов и систем животных. – М., 1980. – С. 26–28.

236. Юрьев, К. Б. Обзор сухожильных и связочных окостенений у современных и ископаемых позвоночных / К. Б. Юрьев // Ученые записки Ленинградского государственного университета. Сер. Биология. – 1954. – Вып. 181, № 38. – С. 198–214.
237. Ягников, С. А. Лечение дисплазии тазобедренного сустава у собак / С. А. Ягников // Ветеринария. – 2012. – № 3. – С. 660.
238. Янковский, В. Э. Идентификация личности по длинным трубчатым костям / В. Э. Янковский, С. В. Пятчук. – Новосибирск: Сиб. издат. фирма РАН, 2005. – 234 с.
239. Янсон, Х. А. Биомеханика нижней конечности человека / Х. А. Янсон. – Рига: Зинатне, 1975. – 324 с.
240. A comparative study of aimed throwing by monkeys and humans / G. C. Westergaard [et al.] // Neuropsychologia. – 2000. – Vol. 38, № 11. – P. 1511–7.
241. A morphometric evaluation of the humeral component in shoulder arthroplasty / Cihan Iyem [et al.] // Biomed. Res. (India). – 2017. – Vol. 28, № 6. – P. 2666–72.
242. Abid, T. Slaughterhouse survey of bovine foot disorders / T. Abid, S. Eshoue Badrani, A. Singh // Indian Vet. J. – 1989. – Vol. 66, № 2. – P. 154–7.
243. Ackland, D. C. Lines of action and stabilizing potential of the shoulder musculature / D. C. Ackland, M. G. Pandy // J. Anat. – 2009. – Vol. 215, № 2. – P. 184–97.
244. Akman, S. D. The Morphometric measurements of Humerus segments / S. D. Akman, P. Karkas, M. G. Bozkir // Turk. J. Med. Sci. – 2006. – Vol. 36, № 2. – P. 81–85.
245. Alexander, R. M. Allometry of the limbs of antelopes (Bovidae) / R. M. Alexander // J. Zool. – 1977. – Vol. 183. – P. 125–46.
246. Alexander, R. M. The mechanics of a dog jumping (*Canis familiaris*) / R. M. Alexander // J. Zool. – 1974. – Vol. 173. – P. 549–73.
247. Alexander, R. M. Principles of Animal Locomotion / R. M. Alexander. – Princeton: Princeton University Press, 2003. – 384 p.
248. Allometry of the leg muscles of mammals / R. Alexander McN. [et al.] // J. Zool. – 1981. – Vol. 194. – P. 539–552.

249. Amtmann, E. Mechanical stress, functional adaptation and the variation structure of the human femur diaphysis / E. Amtmann. – Berlin: Springer, 1971. – Vol. 44. – 90 p.
250. An Investigation of the Acetabulum, the Femoral Head and the Ligament of Femoral Head in Human Fetuses / I. I. Uysal [et al.] // Turk. J. Med. Sci. – 2004. – Vol. 34. – P. 301–307.
251. An osteometric study on humerus bones / A. D. Aydin Kabakci [et al.] // Int. J. Morphol. – 2017. – Vol. 35, № – P. 219–226.
252. An Anthropometric Study of the Humerus in Adults / Singh Anudeep [et al.] // RRJMHS. – 2014. – Vol. 3, № – P. 77–82.
253. Anatomy of the Dog / K.-D. Budras, P. H. McCarthy, W. Fricke, R. Richter. – 4th ed. – Berlin: Schlutersche, 2002. – 209 p.
254. Anatomy of the greater femoral trochanter: clinical importance for intramedullary femoral nailing: Anatomic study of 100 cadaver specimens / W. Grechenig [et al.] // Acta Orthop. – 2006. – Vol. 77, № 6. – P. 899–901.
255. Annet, M. A classification of hand preference by association analysis // Br. J. Psychol. – 1970. – Vol. 61, № 3. – P. 303–332.
256. Anthropometric study of the bicipital groove in Indians and its clinical implicatins / B. V. Murlimanju [et al.] // Chang Gung Med. J. – 2012. – Vol. 35, № 2. – P. 155–159.
257. Arshovsky, Y. Investigation of the biomechanics of running by the dog / Y. Arshovsky, Y. M. Katz, G. N. Orlovsky // Biofizika. – 1965. – Vol. 10. – P. 665.
258. Auerbach, B. M. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans / B. M. Auerbach, C. B. Ruff // J. Hum. Evol. – 2006. – Vol. 50, № 2. – P. 203–218.
259. Bailey, J. V. Bovine arthritides. Classification, diagnosis, prognosis, and treatment / J. V. Bailey // Vet. Clin. North Am. Food. Anim. Pract. – 1985. – № 1. – P. 39–51.
260. Bardet, J. F. Shoulder instability and joint pain in dog and cats / J. F. Bardet // ESVOT-VOS: Proc. of the 1-st World Orthopaedic Veterinary Congress. – Munich, 2002 – P. 40–42.

261. Barnsley, R. Handedness: proficiency versus stated preference / R. Barnsley, M. Rabinovitch // *Percept. Mot. Skills.* – 1970. – Vol. 30, № 2. – P. 343–362.
262. Bartels, J. E. Femoral-tibial osteoarthritis in the bull: I. Clinical survey and radiological interpretation / J. E. Bartels // *Vet. Radiol. Ultrasound.* – 1975. – № 5. – P. 151–158.
263. Bensley, B. A. Bensley's Practical anatomy of the rabbit: an Elementary Laboratory Text-Book in Mammalian Anatomy / B. A. Bensley, E. H. Craigie. – 8 ed. – Philadelphia: Blakiston, 1948. – 392 p.
264. Biancardi, C. M. Biomechanical determinants of transverse and rotatory gallop in cursorial mammals / C. M. Biancardi, A. E. Minetti // *J. Exp. Biol.* – 2012. – Vol. 215, № 23. – P. 4144–4156.
265. Biewener, A. A. Animal locomotion: (Oxford Animal Biology Series) / A. A. Biewener. – Oxford: Oxford University Press, 2003. – 281 p.
266. Biewener, A. A. Allometry of quadrupedal locomotion: the scaling of duty factor, bone curvature and limb orientation to body size / A. A. Biewener // *J. Exp. Biol.* – 1983. – Vol. 105. – P. 147–171.
267. Biomechanical properties of the canine shoulder joint / J. Maiers [et al.] // *ESVOT-VOS: Proc. of the 1-st World Orthopaedic Veterinary Congress.* – Munich, 2002 – P. 136.
268. Biyani, A. Intertrochanteric fractures of the femur and osteoarthritis of the ipsilateral hip / A. Biyani, A. J. Simison, L. Klenerman // *Acta Orthop. Belg.* – 1995. – Vol. 61, № 2. – P. 83–91.
269. Boelling, D. Locomotion, lameness, hoof and leg traits in cattle II: Genetic relationships and breeding values / D. Boelling, G. E. Pollott // *Livestock Prod. Sci.* – 1998. – Vol. 54, № 3. — P. 205–215.
270. Bombelli, R. Structure and function in normal and abnormal hip: how to rescue mechanically jeopardized hip / R. Bombelli. – 3rd. ed. – Berlin etc.: Springer Verlag, 1993. – 221 p.
271. Bowtell, G. Anguilliform body dynamics: modelling the interaction between muscle activation and body curvature / G. Bowtell, T. L. Williams // *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* – 1991. – Vol. 334. – P. 385–390.

272. Brewer, N. R. Biology of the rabbit / N. R. Brewer // J. Am. Ass. Lab. Anim. Sci. – 2006. – Vol. 45, № 1. – P. 8–24.
273. Bridges, P. S. Changes in activities with the shift to agriculture in the southeastern United States / P. S. Bridges // Curr. Anthropol. – 1989. – № 30. – P. 385–394.
274. British Archeological Reports / ed. by B. M. Auerbach, I. HersHKovitz. – Oxford, 1989. – P. 405–433.
275. Bryden, M. Measuring handedness with questionnaires / M. Bryden // Neuropsychologia. – 1977. – Vol. 15, № 4–5. – P. 617–624.
276. Burr, D. B. Sexual dimorphism and mechanics of the human hip: a multivariate assessment / D. B. Burr, D. P. Van Gerven, B. L. Gustav // Am. J. Phys. Anthropol. – 1977. – Vol. 47, № 2. – P. 273–278.
277. Caetano, E. B. Study of the Collo-diaphyseal Angle of the Femur of Corpses in the Anatomy Department of the PUC-SP Medical School / E. B. Caetano, A. G. Serafim, E. H. Padoveze // Int. J. Morphol. – 2007. – Vol. 25, № 2. – P. 285–288.
278. Camp, C. L. Skeletal and muscular differences in the hind limbs of *Lepus*, *Sylvilagus*, and *Ochotona* / C. L. Camp, A. E. Borell // J. Mammalogy. – 1937. – Vol. 18. – P. 315–326.
279. Canine hip dysplasia: study of heritability in 401 litters of German Shepherd Dogs / A. Hedhammer [et al.] // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 1979. – Vol. 174, № 9. – P. 1012–1016.
280. Cappozzo, A. Instrumental observation of human movement: historical development / A. Cappozzo, J. P. Paul // Three-dimensional analysis of human locomotion / ed. by P. Allard [et al.]. – New York: Wiley & Sons, 1997. – P. 1–25.
281. Carlson, K. J. Robusticity and sexual dimorphism in the postcranium of modern hunter-gatherers from Australia / K. J. Carlson, F. E. Grine, O. M. Pearson // Am. J. Phys. Anthropol. – 2007. – Vol. 134, № 1. – P. 9–23.
282. Carr, B. J. Canine gait analysis / B. J. Carr, D. L. Dycus // Today's veterinary practice: recovery & rehab. – 2016. – March/April. – P. 93–100.
283. Chapman, J. A. Rabbits, Hares and Pikas. Status Survey and Conservation Action Plan / J. A. Chapman, J. E. C. Flux. – Gland: IUCN, 1990. – 168 p.

284. Christiansen, P. Scaling of mammalian long bones: small and large mammals compared / P. Christiansen // *J. Zool.* – 1999. – Vol. 247, № 3. – C. 333–348.
285. Churchill, S. E. A modern human humerus from the early Aurignacian of Vogelherdhöhle (Stetten, Germany) / S. E. Churchill, F. H. Smith // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2000. – Vol. 112, № 2. – P. 251–273.
286. Cole, R. W. *An Eye for a Dog: Illustrated Guide to Judging Purebred Dogs* / R. W. Cole. – Dogwise Publishing, 2004. – 168 p.
287. Constandse-Westermann, T. S. Limb lateralization and social stratification in western European Mesolithic societies / T. S. Constandse-Westermann, R. R. Newell. – Amsterdam, 1989. – 534 p.
288. Conzemius, M. G. Total joint replacement in the dog / M. G. Conzemius, J. Vandervoort // *Vet. Clin. North Am. Small. Anim. Pract.* – 2005. – Vol. 35. – P. 1213–1231.
289. Craigie, E. H. *A Laboratory Guide to the Anatomy of the Rabbit* / E. H. Craigie. – 2nd ed. – Toronto: University of Toronto Press, 1966. – 124 p.
290. Craigie, E. H. *Bensley's Practical Anatomy of the Rabbit* / E. H. Craigie. – Toronto: University of Toronto Press, 1948. – 391 p.
291. Crum, J. A. The anatomy of the posterolateral aspect of the rabbit knee / J. A. Crum, R. F. La Prade, F. A. Wentooft // *J. Orthop. Res.* – 2003. – Vol. 21, № 4. – P. 723–729.
292. Cuk, T. Lateral asymmetry of human long bones / T. Cuk, P. Leben-Seljak, M. Stefancic // *Variability and Evolution.* – 2001. – Vol. 9. – P. 19–32.
293. Culham, E. Functional anatomy of the shoulder complex / E. Culham, M. Peat // *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* – 1993. – Vol. 18, № 1. – P. 342–350.
294. De Beer, G. *Vertebrate zoology; an introduction to the comparative anatomy, embryology, and evolution of chordate animals* / G. de Beer. – N. Y.: Macmillan, 1932. – 505 p.
295. De Camp, C. E. Is kinematic gait analysis necessary? / C. E. De Camp // *ESVOT-VOS: Proc. of the 1-st World Orthopaedic Veterinary Congress.* – Munich, 2002. – P 73.

296. De Mendonça, M. C. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population / M. C. De Mendonça // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2000. – Vol. 112, № 1. – P. 39–48.
297. Denny, M. W. Limits to running speed in dogs, horses and humans / M. W. Denny // *J. Exp. Biol.* – 2008. – Vol. 211, Pt. 24. – P. 3836–3849.
298. Desai, S. D. A Morphometric Study of Humerus Segments / S. D. Desai, H. S. Shaik // *J. Pharm. Sci. Res.* – 2012. – Vol. 4, № 10. – P. 1943–1945.
299. Determination of humeral head size in anatomic shoulder replacement for glenohumeral osteoarthritis / A. R. Youderian [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2014. – Vol. 23, № 7. – P. 955–963.
300. Determination on handedness using hand: efficiency tests / A. R. Bigal [et al.] // *Percept. Mot. Skills.* – 1974. – Vol. 59, № 1. – P. 253–254.
301. Distal femur morphometry: A gender and bilateral comparative study using magnetic resonance imaging / K. A. Murshed [et al.] // *J. Surg. Radiol. Anat.* – 2005. – Vol. 27. – P. 108–112.
302. Dueland, R. Force plate technique for canine gait analysis of total hip and excision arthroplasty / R. Dueland, D. L. Bartel, E. Antonson // *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* – 1977. – Vol. 13. – P. 547.
303. Dyce, K. M. Textbook of Veterinary Anatomy / K. M. Dyce, W. O. Sack, C. J. G. Wensing. – 3rd ed. – WB Saunders, 2002. – 840 p.
304. Effect of dog breed and body conformation on vertical ground reaction forces, impulses, and stance times / K. Voss [et al.] // *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* – 2011. – Vol. 24, № 2. – P. 106–112.
305. Effect of femoral canal shape on mechanical stress distribution and adaptive bone remodelling around a cementless tapered-wedge stem / M. Oba [et al.] // *Bone Joint Res.* – 2016. – Vol. 5, № 9. – P. 362–369.
306. Ethnic variability in bone geometry as assessed by hip structure analysis: Findings from the Hip Strength Across the Menopausal Transition study / M. E. Danielson [et al.] // *J. Bone Miner. Res.* – 2013. – Vol. 28, № 4. – P. 771–779.

307. Evaluating Anthropometric Dimensions of the Femur Using Direct and Indirect Methods / S. H. E. Vaghefi [et al.] // *Anat. Sci. J.* – 2015. – Vol. 12, № 2. – P. 89–92.
308. Evaluation of bilateral asymmetry between upper limb masses in right-handed young adults of both sexes / B Gutnik [et al.] // *Percept. Mot. Skills.* – 2015. – Vol. 120, № 3. – P. 804–815.
309. Evans, R. Accuracy and optimization of force platform gait analysis in Labradors with cranial cruciate disease evaluated at a walking gait / R. Evans, C. Horstman, M. Conzemius // *Vet. Surg.* – 2005. – Vol. 34, № 5. – P. 445–449.
310. Farley, C. T. Biomechanics of walking and running: center of mass movements to muscle action / C. T. Farley, D. P. Ferris // *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 1998. – Vol. 26. – P. 253–285.
311. Femoral neck angles: a specimen study with special regard to bilateral differences / O. Reikeras [et al.] // *Acta Orthop. Scand.* – 1982. – Vol. 53, № 5. – P. 775–779.
312. Femoral neck shaft angles: A radiological anthropometry study / T. O. Adekoya-Cole [et al.] // *Niger. Postgrad. Med. J.* – 2016. – Vol. 23, № 1. – P. 17–20.
313. Frandson, R. D. *Anatomy and Physiology of Farm Animals* / R. D. Frandson, A. D. Fails, W. L. Wilke. – 6th ed. – [S.l.]: Lippincott Williams & Wilkins Publishers, 2003. – 600 p.
314. Fresia, A. Temporal decline in bilateral asymmetry of the upper limb on the Georgia Coast / A. Fresia, C. B. Ruff, C. S. Larsen // *Anthrop. Papers Am. Mus. Nat. Hist.* – 1990. – Vol. 68. – P. 121–132.
315. Frolich, L. M. Kinematic and electromyographic analysis of the functional role of the body axis during terrestrial and aquatic locomotion in the salamander *ambystoma tigrinum* / L. M. Frolich, A. A. Biewener // *J. Exp. Biol.* – 1992. – Vol. 62. – P. 107–130.
316. Gambaryan, P. P. *How Mammals Run. Anatomical Adaptations* / P. P. Gambaryan. – Jerusalem: Keter Publishing House, 1974. – 368 p.
317. Genetic parameters for body condition score, locomotion, angularity, and production traits in Italian Holstein cattle / M. Battagin [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2013. – Vol. 96, № 8. – P. 5344–5351.

318. Genome-Wide Association Study for Femoral Neck Bone Geometry / L.-J. Zhao [et al.] // J. Bone Miner. Res. – 2010. – Vol. 25, № 2. – P. 320–329.
319. Geometric analysis of the proximal medullary cavity of the femur in the German shepherd dog / S.V.N. Jaecques [et al.] // Vet. Comp. Orthop. Traumatol. – 1998. – Vol. 11. – P. 29–36.
320. George, M. Right-handedness: a consequence of infant supine headorientation preference? / M. George // Science. – 1981. – Vol. 212. – P. 685–687.
321. Gillette, R. L. Recent developments in canine locomotor analysis: A review / R. L. Gillette, T. C. Angle // Vet. J. – 2008. – Vol. 178, № 2. – P. 165–176.
322. Gilligan, I. Femoral neck-shaft angle in humans: variation relating to climate, clothing, lifestyle, sex, age and side / I. Gilligan, S. Chandraphak, P. Mahakkanukrauh // J. Anat. – 2013. – Vol. 223, № 2. – P. 133–151.
323. Gillis, G. B. Anguilliform locomotion in an elongate salamander (Siren intermedia): Effects of speed on axial undulatory movements / G. B. Gillis // J. Exp. Biol. – 1997. – Vol. 200. – P. 767–784.
324. Gordon, H. Left-handedness and mirror writing especially among defective children / H. Gordon // Brain. – 1920. – Vol. 45. – P. 313–368.
325. Gray, J. Studies in the mechanics of the tetrapod skeleton / J. Gray // J. Exp. Biol. – 1944. – Vol. 20. – P. 88–116.
326. Green, D. J. Australopithecus afarensis scapular ontogeny, function, and the role of climbing in human evolution / D. J. Green, Z. Alemseged // Science. – 2012. – Vol. 338, № 6106. – P. 514–517.
327. Haines, R. W. The tetrapod knee joint / R. W. Haines // J. Anat. – 1942. – Vol. 76, Pt. 3. – P. 270–301.
328. Hardt, D. E. Determining muscle forces in the leg during normal human walking: an application and evaluation of optimization methods / D. E. Hardt // J. Biomech. Eng. – 1978. – Vol. 100. – P. 72–78.
329. Harkness, J. E. The Biology and Medicine of Rabbits and Rodents / J. E. Harkness, J. E. Wagner. – 4th ed. – Media, PA: Williams and Wilkins, 1995. – 372 p.

330. Harrold, F. A three-dimensional analysis of humeral head retroversion / F. Harrold, C. Wigderowitz // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2012. – Vol. 21, № 5. – P. 612–617.
331. Harrold, F. Humeral head arthroplasty and its ability to restore original humeral head geometry / F. Harrold, C. Wigderowitz // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2013. – Vol. 22, № 1. – P. 115–121.
332. Henricson, B. On the etiology and pathogenesis of hip dysplasia: a comparative review / B. Henricson, I. Norberg, S. E. Olsson // *J Small Anim. Pract.* – 1966. – Vol. 7, № 11. – P. 673–687.
333. Hertel, R. Geometry of the proximal humerus and implications for prosthetic design / R. Hertel, U. Knothe, F. T. Ballmer // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2002. – Vol. 11, № 4. – P. 331–338.
334. Hildebrand, M. Symmetrical gaits of dogs in relation to body build / M. Hildebrand // *J. Morphol.* – 1968. – Vol. 124, № 3. – P. 353–360.
335. Hildebrand, M. Walking and running / M. Hildebrand // *Functional Vertebrate Morphology* / ed. by M. Hildebrand [et al.]. – Cambridge: Belknap Press, 1985. – P. 38–57.
336. Hiramoto, Y. Right-left differences in the lengths of human arm and leg bones / Y. Hiramoto // *Kaibogaku Zasshi.* – 1993. – Vol. 68, № 5. – P. 536–543.
337. Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus: New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff / T. Mochizuki [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* – 2008. – Vol. 90, № 5. – P. 962–969.
338. Inclination and anteversion angles of the femoral head and neck in the dog. Evaluation of a standard method of measurement / P. M. Montavon [et al.] // *Vet. Surg.* – 1985. – Vol. 14, № 4. – P. 277–282.
339. Increased femoral anteversion and osteoarthritis of the hip joint / T. Terjesen [et al.] // *Acta Orthop. Scand.* – 1982. – Vol. 53, № 4. – P. 571–575.
340. Influence of femoral head and neck conformation on hip dysplasia in the German shepherd dog / A. Wigger [et al.] // *Vet. Radiol. Ultrasound.* – 2008. – Vol. 49, № 3. – P. 243–248.

341. Intertubercular sulcus of the humerus as an indicator of handedness and humeral length / S. Vettivel [et al.] // Clin. Anat. – 1995. – Vol. 8, № 1. – P. 44–50.
342. Iriarté-Diaz, J. Differential scaling of locomotor performance in small and large terrestrial animals / J. Iriarté-Diaz // J. Exp. Biol. – 2002. – Vol. 205, № 18. – P. 2897–2908.
343. Isometric performance following total hip arthroplasty and rehabilitation / K. S. Frost [et al.] // J. Rehabil. Res. Dev. – 2006. – Vol. 43, № 4. – P. 435–444.
344. Jayes, A. S. Mechanics of locomotion of dogs (*Canis familiaris*) and sheep (*Ovis aries*) / A. S. Jayes, R. M. Alexander // J. Zool. – 1978. – Vol. 185, № 3. – P. 289–308.
345. Jessen, C. R. Heritability of canine hip dysplasia / C. R. Jessen, F. A. Spurrell // Proceedings of the Canine Hip Dysplasia Symposium. Workshop. – [S.l.], 1973. – P. 53–61.
346. Johnson, A. T. Biomechanics and Exercise Physiology / A. T. Johnson. – New York [etc.]: Wiley-Interscience Publ., 1991. – 493 p.
347. Kantha, L. Estimation of total length of humerus from its fragments in south indian population / L. Kantha, R. Kulkarni // Int. J. Anat. Res. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 213–220.
348. Kate, B. R. The angle of femoral neck in Indians / B. R. Kate // Eastern Anthropologist. – 1967. – Vol. 20. – P. 54–60.
349. Keebaugh, A. E. Influence of leash side and handlers on pressure mat analysis of gait characteristics in small breed dogs / A. E. Keebaugh, D. Redman-Bentley, D. J. Griffon // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 2015. – Vol. 246, № 11. – P. 1215–1221.
350. Khan, S. M. Study on neck shaft angle and femoral length of south Indian femurs / S. M. Khan, S. H. Saheb // Int. J. Anat. Res. – 2014. – Vol. 2, № 4. – P. 633–635.
351. Kharma F. C. Gait abnormalities before and after total hip arthroplasty differ in men and women // Journal of Biomechanics. – 2016. – Vol.49, Iss.14. – P. 3582–3586.
352. Kimura, D. A comparison of left- and right-arm movements during speaking / D. Kimura, C. A. Humphrys // Neuropsychologia. – 1981. – Vol. 19, № 6. – P. 807–812.

353. Kimura, T. On the cross section of lower limb long bones in Minatogawa Man from Okinawa / T. Kimura, H. Takahashi // *J. Anthropol. Soc. Nippon.* – 1984. – Vol. 98. – P. 69–78.
354. King, H. G. What's Your Angle: Understanding Angulation and Structure for the Performance Dog / H. G. King. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012. – 166 p.
355. Krogman, W. M. The Human skeleton in forensic medicine / W. M. Krogman, M.Y. Iscan. –Springfield: Charles. C. Thomas Publisher, 1986. – 551 p.
356. Kronberg, M. Retroversion of the Humeral Head in the Normal Shoulder and its Relationship to the Normal Range of Motion / M. Kronberg, L-A. Brostrom, V. Soderlund // *Clin. Orthop.* – 1990. –Vol. 253. – P. 113–117.
357. Kummer, B. Biomechanische konsequenzen der tetrapoden Lokomotion / B. Kummer // *Zool. Jahrb. Abt. 2.* – 1978. – Vol. 99, № 2. – S. 117–128.
358. Kuo, T. Y. Comparison of human, primate, and canine femora: implications for biomaterials testing in total hip replacement / T. Y. Kuo, J. G. Skedros, R. D. Bloebaum // *J. Biomed. Mater. Res.* –1998. – Vol. 40, № 3. – P. 475–489.
359. Larson, S. G. Humeral torsion and throwing proficiency in early human evolution / S. G. Larson // *J. Hum. Evol.* – 2015. – Vol. 85. – P. 198–205.
360. Latimer, H. B. Bilateral asymmetry in weight and in length of human bones / H. B. Latimer, E. W. Lowrance // *Anat. Rec.* – 1965. – Vol. 152, № 2. – P. 217–224.
361. Lieber, R. L. Skeletal muscle architecture of the rabbit hind limb: functional implications of muscle design / R. L. Lieber, F. T. Blevins // *J. Morphol.* – 1989. – Vol. 199, № 1. – P. 93–101.
362. Limbs are moving: where are they going? / J. W. Schwabe [et al.] // *Trends Genet.* – 1998. – Vol. 14, № 6. – P. 229–225.
363. Lingamdenne, P. E. Examination evaluation and statistical analysis of human femoral anthropometry in Hyderabad and Secunderabad regions, India / P. E. Lingamdenne, P. Marapaka // *Indian J. Clin. Anat. Physiol.* – 2016. – Vol. 3, № 4. – P. 427–432.

364. Lisca, W. D. Femur fractures associated with canine total hip replacement / W. D. Lisca // *Vet. Surg.* – 2004. – Vol. 33, № 2. – P. 164–172.
365. Love, A. C. Functional homology and homology of function: biological concepts and philosophical consequences / A. C. Love // *Biol. Philos.* – 2007. – Vol. 22, № 5. – P. 691–708.
366. Lumer, H. Evolutionary allometry in the skeleton of the domesticated dog / H. Lumer // *Am. Naturalist.* – 1940. – Vol. 74. – P. 439.
367. Lust, G. Canine hip dysplasia: concepts and diagnosis / G. Lust, V. T. Rendano, B. A. Summers // *J. Am. Vet. Med. Assoc.* – 1985. – Vol. 187, № 6. – P. 638–640.
368. Macho, G. A. Anthropological evaluation of left-right differences in the femur of southern African populations / G. A. Macho // *Anthropol. Anz.* – 1991. – Vol. 49, № 3. – P. 207–216.
369. Madsen, J. S. Inclination and anteversion of collum femoris in hip dysplasia and coxarthrosis / J. S. Madsen, E. Svalastoga // *Acta Vet. Scand.* – 1994. – Vol. 35, № 2. – P. 115–119.
370. *Mammalogy Adaptation, Diversity, Ecology* / G. A. Feldhamer [et al.]. – 3rd ed. – [S.l.]: Johns Hopkins University Press, 2007 – 672 p.
371. Marchi, D. Relationships between lower limb cross-sectional geometry and mobility: the case of a Neolithic sample from Italy / D. Marchi // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2008. – Vol. 137, № 2. – P. 188–200.
372. Measurement of femoral angles in four dog breeds / J. Tomlinson [et al.] // *Vet. Surg.* – 2007. – Vol. 36, № 6. – P. 593–598.
373. Miller, M. E. *Anatomy of the dog* / M. E. Miller. – [S.l.]: Cornell University, 1964. – 950 p.
374. Morphological measurement of the knee: race and sex effects / P. Li [et al.] // *Acta Orthop. Belg.* – 2014. – Vol. 80, № 2. – P. 260–268.
375. Morphology study of the proximal femur in Malay population / M. Y. Baharuddin [et al.] // *Int. J. Morphol.* – 2011. – Vol. 9, № 4. – P. 1321–1325.
376. Morphometric study of the humerus segment in Indian population / M. S. Somesh [et al.] // *Int. J. Morphol.* – 2011. – Vol. 29, № 4. – P. 1174–1180.

377. Morphometric study of the proximal femur extremity in Brazilians / E. De Sousa [et al.] // *Int. J. Morphol.* – 2010. – Vol. 28, № 3. – P. 835–840.
378. Morphometry of the human bicipital groove (sulcus intertubercularis) / N. Wafae [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2010. – Vol. 19, № 1. – P. 65–68.
379. Musculo-skeletal loading conditions at the hip during walking and stair climbing / M. O. Heller [et al.] // *J. Biomech.* – 2001. – Vol. 34, № 7. – P. 883–893.
380. Nakatsukasa, M. Cross section of femoral shaft at the mid point: variation in modern Japanese and Jomon populations / M. Nakatsukasa // *J. Anthropol. Soc. Nippon.* – 1990. – Vol. 98. – P. 1–12.
381. Nemeth, G. In vivo moment arm lengths for hip extensor muscles at different angles of hip flexion / G. Nemeth, H. Ohlsen // *J. Biomech.* – 1985. – Vol. 18, № 2. – P. 129–140.
382. Nunamaker, D. M. Normal and abnormal gait / D. M. Nunamaker, P. D. Blauner // *Textbook of Small Animal Orthopaedics* / ed. by C. D. Newton, D. M. Nunamaker. – Philadelphia: JB Lippincott, 1985. – P. 1084–1085.
383. Olsson, S.-E. Etiology and pathogenesis of canine hip dysplasia: introduction of a new concept, in *Proceedings* / S.-E. Olsson, H. Kasstrom // *Am. Vet. Med. Assoc. Symp. Hip Dysplasia.* – 1973. – Vol. 3. – P. 1–52.
384. On the allometry of long bones in dogs (*Canis familiaris*) / A. Casinos [et al.] // *J. Morphol.* – 1986. – Vol. 190, № 1. – P. 73–94.
385. Osteomorphometry of the bones of the thigh, crus and foot in the New Zealand white rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) / I. E. Ajayi [et al.] // *Ital. J. Anat. Embryol.* – 2012. – Vol. 117, № 3. – P. 125–133.
386. Pasquini, C. *Anatomy of Domestic Animals: Systemic and Regional Approach* / C. Pasquini, T. Spurgeon, S. Pasquini. – 9th ed. – [S.l.]: Sudz Publ., 1999. – 651 p.
387. Patterson, C. Morphological characters and homology / C. Patterson // *Problems of Phylogeny Reconstruction* / ed. by K. A. Joysey, A. E. Friday. – N. Y.: Acad. Press, 1982. – P. 21–74.
388. Pauwels, F. *Gesammelte Abhandlung zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates* / F. Pauwels. – Berlin etc.: Springer-Verlag, 1965. – 543 p.

389. Pearl, M. L. Geometric variables in anatomic replacement of the proximal humerus: how much prosthetic geometry is necessary? / M. L. Pearl, S. Kurutz, R. Postachini // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2009. – Vol. 18, № 3. – P. 366–370.
390. Pearl, M. L. Proximal humeral anatomy in shoulder arthroplasty: Implications for prosthetic design and surgical technique / M. L. Pearl // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2005. – Vol. 14, № 1 (Suppl. S). – P. 99–104.
391. Pearson, O. M. Activity, climate, and postcranial robusticity: implications for modern human origins and scenarios of adaptive change / O. M. Pearson // *Curr. Anthropol.* – 2000. – Vol. 41, № 4. – P. 569–607.
392. Peters, M. Why the preferred hand taps more quickly than the nonpreferred hand: Three experiments on handedness / M. Peters // *Can. J. Psychol.* – 1980. – Vol. 34, № 1. – P. 62–71.
393. Phillips, C. J. C. *Cattle Behaviour* / C. J. C. Phillips. – Ipswich: Farming Press, 1993. – 212 p.
394. Plato, C. C. Measures of lateral functional dominance: foot preference, eye preference, digital interlocking, arm folding and foot overlapping / C. C. Plato, K. M. Fox, R. M. Garruto // *Hum. Biol.* – 1985. – Vol. 57, № 3. – P. 327–334.
395. Proximal and distal alignment of normal canine femurs: A morphometric analysis / M. E. Kara [et al.] // *Ann. Anat.* – 2018. – Vol. 217. – P. 125–128.
396. Racial differences in hip axis length might explain racial differences in rates of hip fracture / A. R. Cummings [et al.] // *Osteoporos. Int.* – 1994. – Vol. 4, № 4. – P. 226–229.
397. Rai, R. Morphometry of adult humerus bone in Moradabad region / R. Rai, M. Chawla // *Int. J. Biomed. Advance Res.* – 2014. – Vol. 5, № 3. – P. 163–165.
398. Rajan, Y. S. Morphometric study on bicipital groove among south Indian population / Y. S. Rajan, S. K. Kumar // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2016. – Vol. 10, № 7. – P. AC01–AC03.
399. Rasch, A. Muscle strength, gait, and balance in 20 patients with hip osteoarthritis followed for 2 years after THA / A. Rasch, N. Dalén, H. E. Berg // *Acta Orthop.* – 2010. – Vol. 81, № 2. – P. 183–188.

400. Reconstruction of total length of femur from its proximal and distal fragments / A. M. Parmar [et al.] // *Int. J. Anat. Res.* – 2015. – Vol. 3, № 4. – P. 1665–1668.
401. Referential geometrical entities for reverse modeling of geometry of femur / M. Stojkovic [et al.] // *VipIMAGE 2009: Proc. of the Second Thematic Conf. on Computational Vision & Medical Image.* – Porto: CRC Press, 2009. – P. 189–194.
402. Replicating proximal humeral articular geometry with a third-generation implant: a radiographic study in cadaveric shoulders / M. A. Wirth [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2007. – Vol. 16. – P. 111–116.
403. Richards, J. Biomechanics in Clinic and Research: An interactive teaching and learning course (Paperback) / J. Richards. – Elsevier Health Sciences, 2008. – 232 p.
404. Rigal, R. A. Determination on handedness using hand: efficiency tests / R. A. Rigal // *Percept. Mot. Skills.* – 1974. – Vol. 59, № 1. – P. 253–254.
405. Ripamonti, C. Femoral neck shaft angle width is associated with hip-fracture risk in males but not independently of femoral neck bone density / C. Ripamonti, L. Lisi, M. Avella // *Br. J. Radiol.* – 2014. – Vol. 87. – P. 20130358.
406. Role of the long head of the biceps brachii in glenohumeral stability: A biomechanical study in cadaver / M. J. Pagnani [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 1996. – Vol. 5, № 4. – P. 255–262.
407. Roth, G. Brain size and morphology in miniaturized plethodontid salamanders / G. Roth, J. Blanke, M. Ohle // *Brain, Behav. Evol.* – 1995. – Vol. 45, № 2. – P. 84–95.
408. Roy, W. E. Examination of the canine locomotor system / W. E. Roy // *Vet. Clin. North Am.* – 1971. – № 1. – P. 53–70.
409. Ruff, C. B. Bilateral asymmetry in cortical bone of the humerus and tibia-sex and age factors / C. B. Ruff, H. H. Jones // *Hum. Biol.* – 1981. – Vol. 53, № 1. – P. 69–86.
410. Ruff, C. B. Biomechanical analyses of archaeological human skeletal samples / C. B. Ruff // *Biological anthropology of the human skeleton* / ed. by M. A. Katzenburg, S. R. Saunders. – New York: Alan R. Liss, 2000. – P. 71–102.
411. Ruff, C. B. Postcranial biomechanical adaptations to subsistence changes on the Georgia Coast / C. B. Ruff, C. S. Larsen // *Anthropol. Pap. Am. Mus. Nat. Hist.* – 1990. – Vol. 68. – P. 94–120.

412. Ruff, C. B. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans / C. B. Ruff // *J. Hum. Evol.* – 2000. – Vol. 38, № 2. – P. 269–290.
413. Ruff, C. B. Limb bone bilateral asymmetry: Variability and commonality among modern humans / C. B. Ruff // *J. Hum. Evol.* – 2006. – Vol. 50, № 2. – P. 203–218.
414. Ruff, C. B. Mechanical determinants of bone form: insights from skeletal remains / C. B. Ruff // *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* – 2005. – Vol. 5, № 3. – P. 202–212.
415. Ruff, C. B. Sexual dimorphism in human lower limb bone structure: relationship to subsistence strategy and sexual division of labor / C. B. Ruff // *J. Hum. Evol.* – 1987. – Vol. 16. – P. 391–416.
416. Running in cheetahs, gazelles and goats: energy cost and limb configuration / C. R. Taylor [et al.] // *Am. J. Physiol.* – 1974. – Vol. 227, № 4. – P. 848–850.
417. Sandoval, J. Biomechanical influence of partial resection of the quadriceps femoris muscle of the dog / J. Sandoval, E. Aguera // *Anat. Histol. Embryol.* – 1978. – № 7. – P. 369.
418. Schenau, G. J. van From rotation to translation: constraints on multi-joint movement and the unique action of bi-articular muscles / G. J. van Schenau // *Hum. Mov. Sci.* – 1989. – Vol. 8. – P. 301–337.
419. Segmentation of the canine population in different femoral morphological groups / S. Palierne [et al.] // *Res. Vet. Sci.* – 2008. – Vol. 85, № 3. – P. 407–417.
420. Sevil-Kilimci, F. The Geometry of the Proximal Femoral Medullary Canal in German Shepherd and Kangal Dogs / F. Sevil-Kilimci, M. E. Karaci // *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi.* – 2017. – Vol. 43, № 1. – P. 52–60.
421. Sex determination and estimation of stature from the long bones of the arm / G. Mall [et al.] // *Forens. Sci. Int.* – 2001. – Vol. 117, № 1–2. – P. 23–30.
422. Sexual dimorphism in the humerus: A comparative analysis of Chinese, Yapanese and Thais / M. Y. Iscan [et al.] // *Forest. Sci. Int.* – 1998. – Vol. 98, № 1–2. – P. 17–29.
423. Shahar, R. Morphometric and anatomic study of the forelimb of the dog / R. Shahar, S. J. Milgram // *J. Morphol.* – 2005. – Vol. 263, № 1. – P. 107–117.

424. Simons, R. S. Running, breathing and visceral motion in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*): testing visceral displacement hypotheses / R. S. Simons // *J. Exp. Biol.* – 1999. – Vol. 202, № 5. – P. 563–577.
425. Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture: the study of Osteoporotic fractures / K. G. Faulkner [et al.] // *J. Bone Miner. Res.* – 1993. – Vol. 8, № 10. – P. 1211–1217.
426. Singh, I. Functional asymmetry in the lower limbs / I. Singh // *Acta Anatomica.* – 1970. – Vol. 77. – P. 131–138.
427. Smythe, R. H. Dog Structure and Movement / R. H. Smythe. – London: Popular Dogs, 1970. – 144 p.
428. Somatometric Evaluation of Long Bones of the Upper Extrimity: A Forensic Tool / J. Ekezie [et al.] // *Forens. Res. Criminol. Int. J.* – 2015. – Vol. 1, № 5. – Art. 00029.
429. Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles / J. E. Labriola [et al.] // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2005. – Vol. 14, № 1 (Suppl. S). – P. 32S–38S.
430. Stature estimation from radiographically determined long bone length in a Spanish population sample / J. I. Munoz [et al.] // *J. Forens. Sci.* – 2001. – Vol. 46, № 2. – P. 363–366.
431. Steele, J. Handedness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb / J. Steele, S. Mays // *Int. J. Osteoarchaeol.* – 1995. – Vol. 5. – P. 39–49.
432. Stock, J. Linking structural variability in long bone diaphyses to habitual behaviors: foragers from the southern African Later Stone Age and the Andaman Islands / J. Stock, S. Pfeiffer // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2001. – Vol. 115, № 4. – P. 337–348.
433. Stock, J. T. Long bone robusticity and subsistence behavior among Later Stone Age foragers of the forest and fynbos biomes of South Africa / J. T. Stock, S. K. Pfeiffer // *J. Archaeol. Sci.* – 2004. – Vol. 31. – P. 999–1013.
434. Sukhanov, V. B. General system of symmetrical locomotion of terrestrial vertebrates and some features of movement of lower tetrapods / V. B. Sukhanov. – New Delhi, 1974. – 274 p.

435. Sutherland, D. H. The evolution of clinical gait analysis. Part 1: Kinesiological EMG / D. H. Sutherland // *Gait Posture*. – 2001. – Vol. 14, № 1. – P. 61–70.
436. Swett, W. W. Comparison of Conformation, Anatomy, and Skeletal Structure of the Cow and Bull of a Dairy Breed (Key No, 1-13) / W. W. Swett, R. R. Graves, F. W. Miller // *J. Agric. Res.* – 1932. – Vol. 45, № 11.
437. Tandon, V. K. Functional asymmetry of lower limbs: A study of Palthi posture among Khattris of Lucknow / V. K. Tandon // *Przegląd Antropologiczny*. – 1987. – Vol. 53, № 1-2. – P. 207–210.
438. Taylor, C. R. Why change gaits? Recruitment of muscles and muscle fibers as a function of speed and gait / C. R. Taylor // *Am. Zool.* – 1978. – Vol. 18. – P. 153–162.
439. *Textbook of Rabbit Medicine* / ed. by F. Harcourt-Brown. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. – 427 p.
440. The anterior cruciate ligament-deficient knee with varus alignment. An analysis of gait adaptations and dynamic joint loadings / F. R. Noyes [et al.] // *Am. J. Sports Med.* – 1992. – Vol. 20. – P. 707–716.
441. The effect of humeral torsion on rotational range of motion in the shoulder and throwing performance / N. T. Roach [et al.] // *J. Anat.* – 2012. – Vol. 220, № 3. – P. 293–301.
442. The Frank Stinchfield Award: Morphological features of the acetabulum and femur: anteversion angle and implant positioning / M. Marujama [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2001. – № 393. – P. 52–65.
443. The geometry of adult canine proximal femur / D. R. Sumner [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 1990. – Vol. 8, № 5. – P. 671–677.
444. *The humerus* // *Gray's Anatomy* / P. L. Williams [et al.]. – 37th ed. – Edinburgh, Churchill Livingstone, 1989. – 406 p.
445. The locomotion of dairy cows in passageways with different light intensities / C. J. C. Phillips [et al.] // *Animal Welfare*. – 2000. – № 9. – P. 421–431.
446. The proximal femur - a second look at rational of implant design / A. K. Mishra [et al.] // *Nepal Med. Coll. J.* – 2009. – Vol. 11, № 4. – P. 278–280.

447. The relationship of the canine femoral head to the femoral neck: an anatomic study with relevance for hip arthroplasty implant design and implantation / S. P. Franklin [et al.] // *Vet. Surg.* – 2012. – Vol. 41, № 1. – P. 86–93.
448. Thoracohumeral muscle activity alters glenohumeral joint biomechanics during active abduction / G. G. Konrad [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 2006. – Vol. 24, № 4. – P. 748–756.
449. Three-dimensional assessment of curvature, torsion, and canal flare index of the humerus of skeletally mature nonchondrodystrophic dogs / E. J. Smith [et al.] // *Am. J. Vet. Res.* – 2017. – Vol. 78, № 10. – P. 1140–1149.
450. Three-dimensional morphology of the knee reveals ethnic differences / M. Mahfouz [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2012. – Vol. 470, № 1. – P. 172–185.
451. Toogood, P. A. Proximal femur anatomy in the normal human population / P. A. Toogood, A. Skalak, D. R. Cooperman // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2009. – Vol. 467, № 4. – P. 876–885.
452. Vemavarapu, M. Estimation of collo-diaphyseal angle of femur by Martin's dioptrograph: a comparative study / M. Vemavarapu, J. Kothapalli, V. Kulkarni // *Int. J. Anat. Res.* – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 1772–1776.
453. *Veterinary Medicine: a Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses* / ed. by O. M. Radostits [et al.]. – 10th ed. – [S.l.]: W B Saunders, 2007. – 2065 p.
454. Weaver, A. D. Cattle foot problems / A. D. Weaver // *Surgical techniques. Agri-Pract.* – 1988. – № 3. – P. 14–16.
455. Weiss, E. The effects of rowing on humeral strength / E. Weiss // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 2003. – Vol. 121. – P. 293–302.
456. Wentink, G. H. Biokinetical analysis of hind limb movement of the dog / G. H. Wentink // *Anst. Embryol.* – 1977. – Vol. 151. – P. 171.
457. Wentink, G. H. The action of the hind limb musculature of the dog in walking / G. H. Wentink // *Acta Anat.* – 1976. – Vol. 96. – P. 70.

458. Wheatley, M. A comparison of intact and in-vitro locomotion in an adult amphibian / M. Wheatley, M. Edamura, R. B. Stein // *Exp. Brain Res.* – 1992. – Vol. 88, № 3. – P. 609–614.
459. Wingerd, B. D. *Rabbit Dissection Manual* / B. D. Wingerd. – Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1985. – 80 p.
460. Witte, H. Hints for the construction of anthropomorphic robots based on the functional morphology of human walking / H. Witte // *J. Robot. Soc. Jap.* – 2002. – Vol. 20, № 3. – P. 25–32.
461. Yoshioka, Y. The anatomy and functional Axes of the Femur / Y. Yoshioka, D. Siu, T. D. Cooke // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1987. – Vol. 69, № 6. – P. 873–880.
462. Zajac, F. E. Biomechanics and muscle coordination of human walking. Part I: Introduction to concepts, power transfer, dynamics and simulations / F. E. Zajac, R. R. Neptune, S. A. Kautz // *Gait Posture.* – 2002. – Vol. 16, № 3. – P. 215–232.
463. Zajac, F. E. Biomechanics and muscle coordination of human walking: Part II: Lessons from dynamical simulations and clinical implications / F. E. Zajac, R. R. Neptune, S. A. Kautz // *Gait Posture.* – 2003. – Vol. 17, № 1. – P. 1–17.
464. Züylan, T. An analysis of Anatolian human femur anthropometry / T. Züylan, K. A. Murshid // *Turk. J. Med. Sci.* – 2002. – Vol. 32. – P. 231–235.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

1. Рисунок 1 - Плечевая кость коровы (левая) по Л.С. Тодду
2. Рисунок 2 - Схема расположения мышц на грудной конечности КРС по В.А.Никанорову
3. Рисунок 3 - Бедренная кость коровы (левая) по Л.С. Тодду
4. Рисунок 4 - Схема расположения мышц на тазовой конечности КРС по В.А.Никанорову
5. Рисунок 5 - Передние конечности собаки, расположение мышц и проекция костей по Miller, 1964
6. Рисунок 6 - Биомеханическая пропорциональность скелета собаки
7. Рисунок 7 - Строение плечевой кости А- латеральная сторона, В –медиальная сторона, по Д.Бойд, 1998
8. Рисунок 8 - Строение плечевой кости А- каудальная сторона, В –краниальная сторона, по Д.Бойд, 1998
9. Рисунок 9 - Места фиксации мышц на плечевой кости собаки по Miller, 1964
10. Рисунок 10 - Строение бедренной кости собаки А - краниальная сторона, В – каудальная сторона, по Д.Бойд, 1998
11. Рисунок 11 - Места прикрепления мышц на бедренной кости собаки, по Miller, 1964
12. Рисунок 12 - Скелет кролика Bensley's Practical anatomy of the rabbit, 1948
13. Рисунок 13 - Плечевая кость кролика Гашимова А.А., 2017
14. Рисунок 14 - Мышцы передней конечности кролика (медиальная поверхность), Попеско П., 1974
15. Рисунок 15 - Передняя поверхность бедренной кости кролика. I.E. Ajayi, 2012
16. Рисунок 16 - Мышцы тазовой конечности кролика. Попеско П., 1974
17. Рисунок 17 - Действие сил на тело человека в момент ходьбы и работа мышц. F.E. Zajac et al. (2003)
18. Рисунок 18 - Правая плечевая кость. Вид спереди. Синельников Р.Д Синельников Я.Р., 1989

19. Рисунок 19 - Правая плечевая кость. Вид сзади. Синельников Р.Д, Синельников Я.Р., 1989
20. Рисунок 20 - Места прикрепления мышц на плечевой кости. J. Ernest Frazer The Anatomy Of The Human Skeleton, J. & A. Churchill, 1920 with 219 illustration
21. Таблица 1 - Размеры ямок дистального эпифиза по А. Кабаксі, 2017г
22. Рисунок 21 - Правая бедренная кость
23. Рисунок 22 - Мышцы, обеспечивающие супинацию бедра. Синельников Р.Д, Синельников Я.Р., 1989
24. Рисунок 23 - Дизайн исследования
25. Таблица 2 - Видовая принадлежность исследуемого костного материала
26. Таблица 3 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу проксимального эпифиза
27. Таблица 4 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу диафиза
28. Таблица 5 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу дистального эпифиза
29. Таблица 6 - Параметры бедренной кости, отнесенные в группу проксимального эпифиза
30. Таблица 7 - Параметры плечевой кости, отнесенные в группу диафиза
31. Таблица 8 - Параметры бедренной кости, отнесенные в группу дистального эпифиза
32. Таблица 9 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Bos Taurus Taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
33. Таблица 10 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Bos Taurus Taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
34. Таблица 11 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Bos Taurus Taurus*

35. Таблица 12 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Bos Taurus Taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
36. Таблица 13 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Bos taurus taurus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
37. Таблица 14 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *Bos taurus taurus*
38. Рисунок 24 - Модели структурной организации плечевой кости *Bos taurus taurus*
39. Рисунок 25 - Модели структурной организации бедренной кости *Bos taurus taurus*
40. Таблица 15 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
41. Таблица 16 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
42. Таблица 17 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Canis lupus familiaris*
43. Таблица 18 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
44. Таблица 19 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Canis lupus familiaris* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
45. Таблица 20 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *Canis lupus familiaris*
46. Рисунок 26 - Модели структурной организации плечевой кости *Canis lupus familiaris*

47. Рисунок 27 - Модели структурной организации бедренной кости *Canis lupus familiaris*
48. Таблица 21 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
49. Таблица 22 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
50. Таблица 23 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *Oryctolagus cuniculus*
51. Таблица 24 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
52. Таблица 25 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *Oryctolagus cuniculus* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
53. Таблица 26 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *Oryctolagus cuniculus*
54. Рисунок 28 - Модели структурной организации бедренной кости *Oryctolagus cuniculus*
55. Рисунок 29 - Модели структурной организации бедренной кости *Oryctolagus cuniculus*
56. Таблица 27 - Результаты остеометрии препаратов плечевой кости *современного человека* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
57. Таблица 28 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов плечевой кости *современного человека* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
58. Таблица 29 - Картина факторных нагрузок при исследовании плечевых костей *современного человека*

59. Таблица 30 - Результаты остеометрии препаратов бедренной кости *современного человека* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
60. Таблица 31 - Относительные величины исследуемых линейных препаратов бедренной кости *современного человека* в зависимости от принадлежности кости к стороне тела животного
61. Таблица 32 - Картина факторных нагрузок при исследовании бедренных костей *современного человека*
62. Рисунок 30 - Модель структурной организации плечевой кости человека
63. Рисунок 31 - Модель структурной организации бедренной кости человека
64. Рисунок 32 - Величина факторных нагрузок на параметры проксимального эпифиза и диафиза плечевых костей, образующие первый уровень структурной организации
65. Рисунок 33 - Величина факторных нагрузок на параметры дистального эпифиза плечевой кости, образующие первый уровень структурной организации
66. Рисунок 34 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие третий уровень структурной организации плечевой кости
67. Рисунок 35 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие второй уровень структурной организации плечевой кости
68. Рисунок 36 - Величина факторных нагрузок на параметры проксимального эпифиза бедренной кости, образующие первый уровень структурной организации
69. Рисунок 37 - Величина факторных нагрузок на параметры диафиза и дистального эпифиза бедренной кости, образующие первый уровень структурной организации
70. Рисунок 38 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие второй уровень структурной организации бедренной кости
71. Рисунок 39 - Величина факторных нагрузок на параметры, образующие третий и четвертый уровни структурной организации бедренной кости