

МОРФОЛОГИЯ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ, ОТДЕЛЬНЫХ КОСТНЫХ ОРГАНОВ БЫКА ДОМАШНЕГО ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЛОКОМОЦИИ

Криштофорова Б.В., д.вет.н., профессор

ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет»

Исследовали влияние различной двигательной активности на морфологию костной системы, костных органов грудной и тазовой конечностей с применением комплекса методик на разных уровнях структурной организации. Установили, что условия гиподинамии обуславливают на анатомическом уровне уменьшение абсолютной и относительной массы костной системы, отдельных органов, а также их длины, толщины и периметров диафиза и эпифизов на фоне увеличения высоты костномозгового участка диафиза. На тканевом уровне уменьшается количество губчатой костной тканей, происходит истончение компактной, более интенсивное превращение красного костного мозга в желтый и наступления синостоза диафиза и эпифизов. Применение дозированного принудительного движения профилактирует негативное воздействие гиподинамии на костную систему на отдельные костные органы, способствуя повышению жизнеспособности животных.

Ключевые слова: бык домашний, гиподинамия, костная система, костные органы, костная ткань, костный мозг.

Постановка проблемы. Технизация производственных процессов и деятельность человека обуславливают интенсивное изменение параметров экосистемы, что отрицательно влияет на адаптивные возможности организма животных. В наибольшей мере интенсивное изменение параметров экосистемы негативно сказывается на органах аппарата движения. Сужение и постоянство факторов экосистемы при современном ведении скотоводства, особенно ограничении двигательной активности, способствует не только атрофии скелетных мышц, но и приводит к изменению гомеостатической функции костной системы, вследствие чего снижается жизнеспособность животных.

Анализ последних публикаций. Морфология костной системы, отдельных костных органов в филогенезе проходила под действием биомеханических нагрузок. Выход животных из водной среды на сушу, в новое гравитационное поле, обусловил необходимость организма животных в увеличении потребления кислорода для большего образования энергии [1]. В связи с этим костная система, как система, в наибольшей мере испытывающая действие биомеханических нагрузок при локомоции животных, приняла на себя функцию универсального гомеостатического элемента, что проявляется уже у земноводных [1]. В костных органах, вследствие

рекрутизации, остеобластический костный мозг трансформировался в гемоиммунопозитический (красный). Красный костный мозг выявляется в костных органах энхондрального остеогенеза, что присуще наземным позвоночным животным [2]. Исследования красного костного мозга свидетельствуют, что его количество в полной мере зависит от двигательной активности животного [3]. Как правило, его количество превалирует в костных органах всей костной системы у тех животных, которые проявляют максимальную двигательную активность [5, 6]. И. В. Хрусталёва [2] в своих научных исследованиях доказывает, что от биомеханической нагрузки зависят как структура костных органов, так и их многочисленные функции и определяется жизнеспособность животных.

Цель исследований. Определить морфологию костной системы, отдельных костных органов при различной локомоции.

Материал и методы исследований. Исследовали костную систему, отдельные костные органы (плечевые, бедренные, предплечья, большеберцовые, пястные и плюсневые), испытывающие максимальную биомеханическую нагрузку при локомоции бычков чернопестрой породы возрастом 12 месяцев. Подопытных бычков выращивали на пастбище, а контрольных - в станках в соответствии с технологией, принятой в хозяйстве. Определяли живую массу, абсолютную и относительную (к живой) массы костной системы, а также абсолютную и относительную массы каждого костного органа. После анатомического препарирования проводили остеометрию отдельных костей по Алексееву В.Р [7], определяя длину, толщину, периметры диафиза и эпифизов, а также высоту костномозгового участка диафиза, объем и плотность. Рентгенографией и световой микроскопией срезов, окрашенных гематоксилином и эозином, импрегнированных серебром по Футу, выясняли структуру губчатой и компактной костных тканей трубчатых костных органов конечностей животных. Статистическую обработку морфологических данных проводили при помощи персонального компьютера.

Результаты исследования. Закономерным проявлением отрицательного действия условий гиподинамии (содержание животных в стойлах) является уменьшение абсолютной и относительной массы костной системы отдельных костных органов, а также их морфометрических параметров. У суточных бычков живая масса составляет $38,60 \pm 0,54$ кг, абсолютная масса костной системы $8,51 \pm 0,36$ кг, а относительная - 21,2 %. К 12-месячному возрасту животных абсолютная масса костной системы увеличивается, тогда как относительная, наоборот, уменьшается. Живая масса подопытных бычков увеличивается до $216,34 \pm 1,94$ кг, контрольных - $216,31 \pm 1,86$ кг, абсолютная масса костной системы, соответственно $39,46 \pm 0,98$ и $37,54 \pm 1,14$ кг, а относительная - $16,89 \pm 0,94$ % и $15,79 \pm 0,84$ %. В условиях гиподинамии у бычков происходит более интенсивное уменьшение относительной массы костной системы, что свидетельствует о трансформации гемоиммунопозитического костного мозга в жировой и

грубоволокнистой костной ткани - в пластинчатую с возрастанием количества неорганических веществ.

При различной локомоции (пастбищное или стойловое содержание) изменяются морфологические параметры длинных трубчатых костей конечностей бычков. Исследование длины и распилов длинных трубчатых костей конечностей свидетельствуют, что наиболее консервативно изменяется их длина и в меньшей мере - высота костномозгового участка диафиза (табл. 1).

Таблица 1

Изменение длины трубчатых костных органов конечностей бычков при различной локомоции, мм

№ п/п	Название костного органа	Пастбищное содержание		Стойловое содержание	
		длина	высота	длина	высота
1	Плечевая	246,60±3,72	51,32±0,94	234,62±2,94	49,36±0,84
2	Бедренная	346,17±4,26	54,28±0,64	316,28±3,04	51,17±0,69
3	Лучевая	246,58±1,94	65,36±0,86	216,56±1,86	62,74±0,74
4	Большеберцовая	318,42±2,48	67,18±0,84	306,98±2,04	64,18±0,56
5	Пястные	213,34±2,86	66,14±0,92	201,34±1,92	61,34±0,92
6	Плюсневые	238,12±2,16	68,16±0,36	226,66±2,06	64,09±0,72

Различная двигательная активность животных при пастбищном и стойловом содержании больше влияет на массу, объем и плотность длинных трубчатых органов конечностей. Максимальное изменение данных параметров костных органов при различной биомеханической нагрузке происходит в проксимальном звене конечностей, в наибольшей мере испытывающем действие натяжения мышц, а наименьшее – метаподия, на которое приходится статика массы организма животных (табл. 2).

Таблица 2

Изменение массы, объема и плотности трубчатых костных органов бычков при различной локомоции

№ п/п	Костный орган	Пастбищное содержание			Стойловое содержание		
		Масса, г	Объем, см ³	Плотность, г/см ³	Масса, г	Объем, см ³	Плотность, г/см ³
1	Плечевая	1025,26±4,15	791,11±3,91	1,297±0,008	863,20±2,44	692,26±3,04	1,24±0,007
2	Бедренная	1298,83±4,96	1104,20±5,03	1,249±0,004	1215,1±2,92	990,18±2,36	1,234±0,004
3	Лучевая	801,16±2,11	594,46±2,15	1,366±0,008	652,18±2,44	508,09±2,13	1,379±0,006
4	Большеберцовая	843,84±2,96	634,18±1,94	1,329±0,005	784,12±2,10	598,11±2,44	1,311±0,002
5	Пястная	355,26±2,19	240,20±1,89	1,458±0,008	303,4±2,06	221,14±1,98	1,377±0,011
6	Плюсневая	396,18±2,43	291,15±21,20	1,465±0,009	362,14±1,98	246,64±1,89	1,463±0,009

Анализ исследований массы, объема и плотности трубчатых костных органов свидетельствует, что данные морфологические параметры присущи для каждого органа и зависят от положения его в звене конечности. Максимальные масса, объем и плотность характерны для бедренной кости бычков, находящихся в условиях пастбищного содержания. Данные показатели у животных стойлового содержания меньше (соответственно на 14,77 %, 19,25 % и 16,39 %).

В дистальных звеньях конечностей, в частности, в метаподии, масса и объем костных органов меньше, а их плотность больше по сравнению с таковыми зейго- и метаподия. Однако условия пастбищного содержания бычков способствуют увеличению массы больше всего плюсневых на 11,26 % , 6,15 и 1,99 % (соответственно). Двигательная активность животных при пастбищном содержании во время потребления корма благоприятно влияет на рост и развитие костных органов. У животных, выращиваемых в условиях пастбищного содержания, высота губчатой костной ткани и толщина компактной костной ткани (на дорсальной поверхности) костных органов больше (табл. 3).

Таблица 3

Изменение количества губчатой костной ткани и толщины компактной костной ткани костных органов бычков при различной локомоции

№ п/п	Костный орган	Пастбищное содержание		Стойловое содержание	
		Высота, %	Толщина, мм	Высота, %	Толщина, мм
1	Плечевая	55,36±0,44	10,93±0,46	50,26±0,97	8,69±0,47
2	Бедренная	53,68±0,52	7,68±0,63	50,13±0,46	6,08±0,36
3	Лучевая	36,17±0,64	7,26±0,24	30,26±0,52	5,69±0,44
4	Большеберцовая	31,53±0,71	7,11±0,36	26,52±0,11	5,20±0,64
5	Пястная	26,97±0,63	7,15±0,84	20,96±0,23	6,11±0,36
6	Плюсневая	28,74±0,29	9,15±0,72	22,44±0,38	6,89±0,56

В процентном отношении количество губчатой костной ткани, находящейся в эпифизах, а также в проксимальном и дистальном участках диафиза, максимально выявляется в плечевой кости бычков пастбищного содержания и достигает $55,36 \pm 0,44$ %. С расположением костного органа в звене конечности в дистальном направлении количество губчатой костной ткани уменьшается, и в пястных костях уже составляет $26,97 \pm 0,63$ %. У животных при стойловой технологии выращивания количество губчатой костной ткани в костных органах меньше - $50,26 \pm 0,97$ % и $20,96 \pm 0,23$ % (соответственно).

Толщина компактной костной ткани дорсальной поверхности костных органов у животных при различной технологии выращивания также неодинакова. У бычков пастбищного содержания толщина компактной костной ткани дорсальной поверхности достигает $10,93 \pm 0,44$ мм, тогда как у аналогов при стойловом содержании - $8,69 \pm 0,42$ мм, бедренной - $7,68 \pm 0,63$ мм и $6,08 \pm 0,36$ мм. В плюсневых костях у бычков пастбищного содержания толщина компактной костной ткани на дорсальной поверхности достигает $9,15 \pm 0,72$ мм, тогда как у аналогов стойлового - $6,89 \pm 0,56$ мм. Видимо, сочетание динамических нагрузок, и статики тела при локомоции животных способствует

более интенсивной ремоделиции костных органов, проявляясь утолщением (увеличением количества) компактной костной ткани.

Микрорентгенографические исследования свидетельствуют, что в условиях гиподинамии выращивания животных при современной технологии стойлового выращивания происходит не только уменьшение губчатой костной ткани, но и существенно изменяется ее структура (рис. 1 и 2).

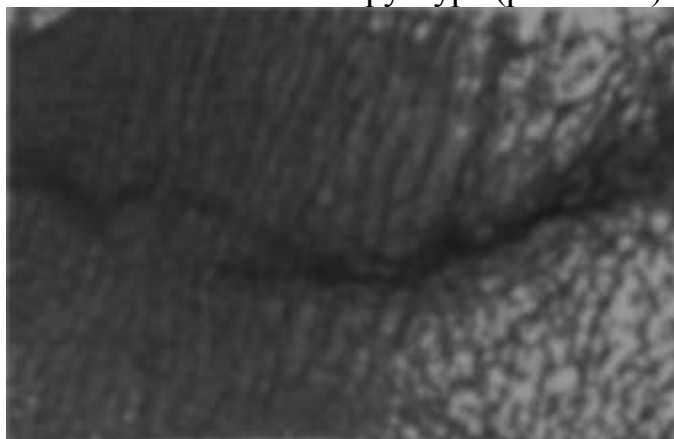


Рис.1. Микрорентгенограмма дистального эпифиза и участка диафиза большеберцовой кости бычка пастбищного содержания: синостоз (склеротическая линия)

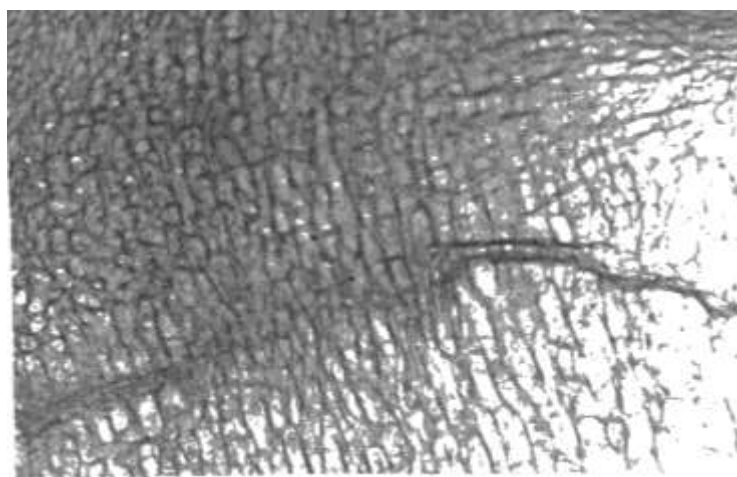
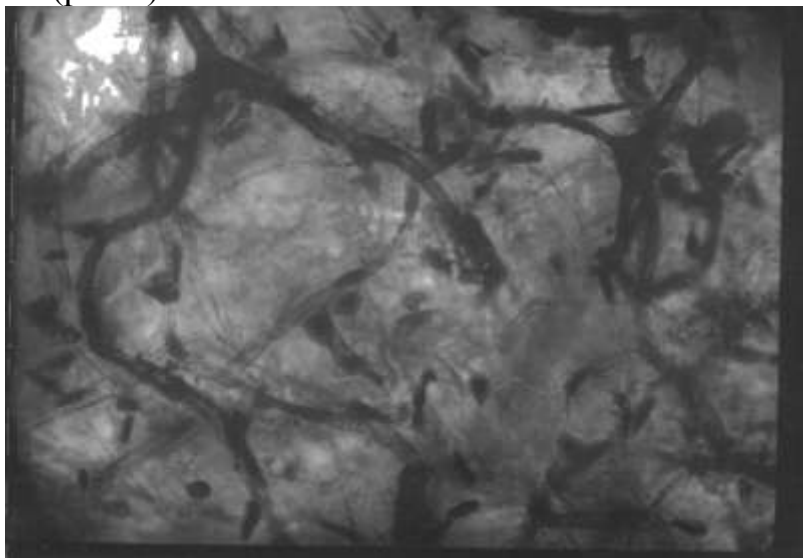


Рис. 2. Микрорентгенограмма дистального эпифиза и участка диафиза большеберцовой кости бычка стойлового содержания: синостоз (склеротическая линия)

Происходит не только истончение костных трабекул и увеличение костномозговых ячеек, но и расположение их перпендикулярно действию сил упругих деформаций. Условия гиподинамии способствуют более интенсивному синостозу эпифизов и диафизов костных органов, особенно дистального звена. Линия синостоза (склеротическая линия) у животных, выращиваемых в условиях гиподинамии, истончена, ее костные балки образуют прерывистую фронтальную линию, расположенную на месте метафизарного хряща. Микрорентгенографические исследования свидетельствуют, что на первом этапе происходит полный синостоз проксимального эпифиза и диафиза, а в последнюю очередь - дистального

эпифиза и диафиза этого же костного органа. У бычков, выращиваемых в условиях гиподинамии, линия синостоза (склеротическая линия) в центральной части лучевой кости разрушена, и костномозговой участок диафиза проникает в ее проксимальный эпифиз. Исследования с помощью световой микроскопии гистограмм костного органа свидетельствуют, что костные балки синостоза находятся в состоянии разрушения. На их наружных поверхностях выявляются лакуны, а сами костные трабекулы имеют выраженную слоистую структуру. Костномозговые ячейки губчатой костной ткани заполнены жировым (желтым) костным мозгом. Среди адипоцитов выявляются тонкие капилляры обычной структуры, присущей для жировой ткани (рис.3).



**Рис. 3. Гистограмма плечевой кости бычка стойлового содержания. Импрегнация азотнокислым серебром. МБИ-6,10x10
1-Капилляры жирового костного мозга.**

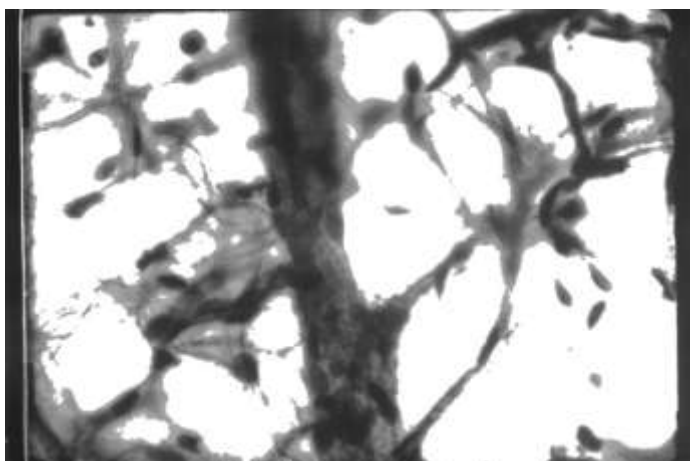


Рис. 4. Гистограмма плечевой кости бычка стойлового содержания. Импрегнация азотнокислым серебром. МБИ-6,15x10: 1-Прекапилляры желтого костного мозга, 2-Артериола желтого костного мозга.

Характерно, что цитоплазма эндотелиоцитов, образующих капилляры жирового костного мозга, образует тонкие замкнутые трубочки меньше в

поперечнике, чем те, в которых располагается ядро. Более крупные кровеносные сосуды имеют выраженную неровную, несколько сморщенную неровную поверхность, с выступающими наружу овальными ядрами (Рис.4). Видимо, в звеньях микроциркуляторного русла форменные элементы крови проникают в наименьшей мере, что создает условия гипоксии, способствуя трансформации гемоиммунопозитического костного мозга в жировой. Наличие артериовенулярных анастомозов обуславливает проникновение клеточных структур в венозную сеть, минуя капилляры с малым поперечником. Превращение грубоволокнистой костной ткани в пластинчатую, с более высокой минерализацией, обуславливает снижение упругих свойств костных органов, что отражается на их гемодинамических свойствах с особой структурой капиллярной сети. Незначительные скопления гемоиммунопозитических клеток выявляются в эндоосте длинных трубчатых костных органов у животных как пастбищного, так и стойлового содержания.

Выводы. Выращивание животных в условиях ограниченной двигательной активности (гиподинамии) современной экосистемы обуславливает изменение интенсивности остеогенеза костной системы, отдельных костных органов, и даже отдельных ее участков на всех уровнях структурной организации. Происходит уменьшение абсолютной и относительной массы костной системы отдельных костных органов. Плотность костных органов уменьшается в зависимости от расположения кости в звене конечностей – она вырастает в дистальном направлении. Однако она меньше в костных органах животных, выращенных в условиях гиподинамии, что обусловлено уменьшением количества компактной костной ткани. Синостоз эпифизов и диафизов происходит с нарушением костных трабекул склеротической линии на фоне проникновения костномозгового участка диафиза в эпифиз. В жировом костном мозге выявляются капилляры, образованные эндотелиоцитами и свернутые в трубочки.

Список использованных источников:

1. Коржуев А.П. Гемоглобин / Коржуев А.П. М. Наукова думка, 1964-356 с.
2. Хрусталева И.В. Морфофункциональная зависимость аппарата движения от различной степени двигательной активности / Хрусталева И.В. // функциональная морфология и патология органов движения с/х животных. Сб. науч. Тр. МВА.- М.1984.-С.13-17.
3. Криштофорова Б.В. Морфологические критерии влияния гиподинамии и ее профилактика у телят. / Криштофорова Б.В. / Матер. и закономерности индив. Разв. Организма млекопитающих: сб. статей межд. науч.-практ. конф, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ, д.в.н., профессор Э.Д. Ложкина: в Т.2 под ред. Н.Ю.Парамоновой, Л.П. Савельевой - Караваево-Костромская ГСХА, 2013- С.61-66.
4. Антипов Г.П. Скелет, костный мозг и гемопоэз у новорожденных телят / Антипов Г.П. Доклады ТСХА, 1967, вып. 130, М.,1967 С.107-111.
5. Бунак В.В. О механизме приспособительных изменений в строении трубчатых костей / Бунак В.В.. Сб. «Проблемы и функции опорно-

двигательного аппарата М.-Л., 1956,- С.20-43.

6. Алексина Л.А. Изменение размеров длинных трубчатых костей и массы тела у крыс при физической нагрузке, дозированной по времени уток / Алексина Л.А.. Архив анат. Т. 88, №10, 1984, с. 29-39.

7. Алексеев В.П. Остеометрия. Методика антропологических исследований / Алексеев В.П.. М., «Наука», 1966.- 208 с.

Криштофорова Б. В. Морфологія кісткової системи, окремих кісткових органів бика домашнього при різній локомоції

Досліджували вплив різної рухової активності на морфологію кісткової системи, кісткових органів грудної та тазової кінцівки із застосуванням комплексу методик на різних рівнях структурної організації. Встановили, що умови гіподинамії обумовлюють на анатомічному рівні зменшення абсолютної відносної маси кісткової системи, окремих органів, а також їх довжини, товщини і периметрів діафіза та епіфізів на тлі збільшення висоти кістковомозкової ділянки діафіза. На тканинному рівні зменшується кількість губчастої кісткової тканини, відбувається витончення компактної, більш інтенсивне перетворення червоного кісткового мозку в жовтий і настання синостоза діафіза і епіфізів. Застосування дозованого примусового руху профілактірує негативний вплив гіподинамії на кісткову систему, окремі кісткові органи, що сприяє підвищенню життєздатності тварин.

Ключові слова: бик домашній, гіподинамія, кісткова система, кісткові органи, кісткова тканина, кістковий мозок.

Kryshthoforova B.V. Morfology of bone system, divided organs of domestic ox with varying locomotion

We analyzed effect of varying moving activity on morphology of bone's system, bone's organs of limb and pelvis with application of complex methods for different levels of organization. We established, that terms of hypodynamy stipulate on anatomical level decreasing of absolute and relative mass of bone's system, organs, and their length, thickness and perimetry of diaphysis and epiphysis on bone of increasing of height bone marrow tracts of diaphysis. With decreasing of sponge bone tissue, thinning compact tissue, intensive changing from red bone marrow into yellow and beginning of synostosing diaphysis and epiphysis. Application of dozing movement prevents negative impact of hypodynamy on the bone system, what promotes improving animals viability.

Keywords : domestic ox, hypodynamy, bone's system, bones, bone's tissue, marrow.