

УДК 636.42:612.751.1

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЯСТНЫХ КОСТЕЙ В СВЯЗИ С ИХ ОПОРНОЙ ФУНКЦИЕЙ У СВИНЕЙ РАЗНЫХ ПОРОД

А. В. ШИЛОВА, Л. А. БАРСЕГОВА, В. П. ПИЛИПЕНКО, Е. П. БЕЛЕНЬКОВ,  
Е. П. ПОЛЯКОВА

(Государственный музей животноводства им. Е. Ф. Лискуна)

Распределение минеральных элементов в организме неразрывно связано с выполняемыми ими функциями. От структуры скелета и его минерального состава в значительной степени зависит крепость конституции животных. Скелет не только выполняет функцию опоры для мягких тканей и органов, но и является своеобразным лабильным депо минеральных веществ. В костной ткани содержится более 80 % неорганических солей организма. В процессе минерального обмена происходит извлечение макро- и микроэлементов из костного резерва в результате резорбции костной ткани [3].

В связи с повышением требований к крепости конституции свиней в условиях промышленной технологии и необходимостью балансирования рационов по минеральным ингредиентам [4, 6] особую актуальность приобретает контроль за минеральным обменом в организме животных. Для этой цели используют не только данные о минеральном составе отдельных органов, крови, молока, но и результаты определения уровня минеральных веществ в костной ткани. Так, по данным Е. Н. Слесаревой [10], снижение количества магния в костях и повышение кальциево-магниевого отношения указывают на нарушение минерального обмена у крупного рогатого скота. Концентрация минеральных элементов в скелете зависит от уровня кормления, сезона года, возраста, физиологического состояния животных и других факторов. Их локализация в различных костях скелета неравнозначна и во многом определяется выполняемыми ими функциями.

Поскольку содержание макроэлементов, в частности магния, и микроэлементов в составе костной ткани свиней пока мало изучено, задачей наших исследований явилось определение химического состава пястных костей, выполняющих опорную функцию (*os metacarpi tertium* — III, *os metacarpi quartum* — IV) и не выполняющих ее (*os metacarpi secundum* — II, *os metacarpi quintum* — V). Исследова-

лись пястные кости правой передней конечности 39 подсвинков 13 пород и селекционных групп в возрасте 6—7 мес (живая масса 95—102 кг), снятых с контрольного откорма на Центральной контрольно-испытательной станции по свиноводству при племенном заводе «Заря коммунизма» Московской области [7]. Животные поступили на станцию из разных хозяйств (с постановочной живой массой 30 кг) и находились в период откорма в одинаковых условиях кормления и содержания, что дало возможность выявить некоторые породные различия по изучаемым показателям. Они были клинически здоровыми, симптомов минеральной недостаточности не наблюдалось. Среднесуточные приросты живой массы составили в среднем за период откорма 707 г.

Кости очищали от мягких тканей, взвешивали, обезжировали серным эфиром, доводили до постоянной массы в термостате при температуре 105° и озоляли в муфельной печи при температуре 550—560° [1]. Озоленные кости растирали в агатовых ступках, золу хранили в бюксах с притертými крышками для последующего определения в ней кальция, магния, а также меди, марганца, цинка и железа методом атомно-абсорбционной спектроскопии на Р-1900.

Результаты химического анализа пястных костей приведены в табл. 1.

В расчете на воздушно-сухую массу содержание воды в III—IV костях составило 11,76 %, во II—V — 13,77 %, количество золы в сухом веществе — соответственно 58,74 и 56,04, органических веществ — 41,26 и 43,96 %.

Как видно из приведенных данных, в сухом веществе большой удельный вес имеет зола, что свидетельствует о высокой степени минерализации костной ткани.

Пястные кости свиней, выполняющие опорную функцию, отличаются меньшим содержанием воды и более высоким жира, а также большим количеством в сухом веществе зольных элементов.

Химический состав пястных костей

Пястные кости	Масса сырых костей, г	Вода	Жир*	Сухое вещество	Зола	Органическое вещество (без жира)
III—IV	42,28	7,44	36,83	55,73	32,73	23,00
II—V	11,24	9,44	31,49	59,07	33,10	25,97

\* Количество жира определяли по разности между массой костей до и после обезжиривания.

Заметные различия между III—IV и II—V пястными костями наблюдаются и по содержанию отдельных минеральных элементов (табл. 2).

Известно, что около 99 % всего кальция, находящегося в организме, входит в состав кристаллов гидроксиапатита, откуда он извлекается при резорбции костной ткани. В минеральном обмене участвует также лабильный кальций, адсорбирующийся на поверхности кристаллов. Дефицит кальция в рационе молодняка вызывает заболевание рахитом [2].

По данным П. Е. Ладана и др. [5], в пястных костях 6-месячных подсвинков кальция содержится 15,2—16,0 % от воздушно-сухой массы, по данным Л. Н. Симолюкина и др. [8], 13,3—13,9 %. В нашем опыте его концентрация в сухом веществе III—IV пястных костей варьировала от 15,35 до 25,76 %, II—V — от 13,43 до 24,42 %. Разница по среднему значению этого показателя в указанных костях составила 1,25 % ( $P = 0,01$ ), что свидетельствует о более слабой гомеостатической и буферной функциях III—IV костей, выполняющих основную опорную функцию.

Магний также относится к остеотропным элементам и находится преимущественно (до 70 % от всего количества в организме) в костных кристаллах, способствуя увеличению прочности костей. Лабильная фракция откладывается на поверхности костных кристаллов. Повышенный уровень магния в костях с высоким содержанием красного костного мозга указывает на участие его в кроветворении. В небольших количествах он находится в органической части костей — белковой матрице. Этот элемент, являясь активатором щелочной костной фосфатазы, имеет важное значение для формирования костной ткани.

Уровень магния в III—IV пястных костях варьировал от 0,35 до 0,59 %, во II—V — от 0,31 до 0,58 %, т. е. был более чем в 42 раза ниже по сравнению с уровнем кальция. Средняя концентрация магния в сухом веществе пястных костей, выполняющих опорную функцию, была несколько выше — на 0,03 % ( $P = 0,01$ ).

В костной ткани содержится более 25 % цинка, имеющегося в организме. Он влияет на рост, развитие, воспроизводительные функции, кроветворение, обмен белков, нуклеиновых кислот и углеводов, входит в состав кристаллической решетки гидроксиапатита, активирует щелочную фосфатазу.

Концентрация цинка в сухом веществе III—IV пястных костей колебалась от 5,73 до 12,39 мг%, в IV—V — от 4,53 до 11,69 мг%. Установлена положительная корреляция между этим показателем и содержанием золы ( $r = +0,351$  при  $P = 0,05$ ). Количество цинка в сухом веществе III—IV пястных костей превышало уровень железа, меди и марганца соответственно в 1,3; 13,6 и 16 раз, в II—V — в 1,3; 10,7 и 15,6 раза. Разница в средней концентрации цинка в пользу III—IV пястных костей составила 0,53 мг% ( $P < 0,2$ ).

Соединения железа выполняют окислительные функции, 65 % общего его количества в организме находится в циркулирующей крови. Основными депо этого элемента являются печень и селезенка. В скелете содержится 5—6 % железа. При дефиците железа у свиней наблюдается микроцитарная гипохромная анемия вследствие недостаточного синтеза гемоглобина [3].

Содержание железа в сухом веществе III—IV пястных костей колебалось от 4,16 до 12,95 мг%, во II—V — от 3,18 до 11,62 мг%. Средняя концентрация железа в III—IV пястных костях была боль-

Т а б л и ц а 2

Концентрация макро- и микроэлементов в золе пястных костей (в числителе) и в сухом веществе (в знаменателе)

Пястные кости	Кальций, %	Магний, %	Цинк	Железо	Медь	Марганец
III—IV	34,49	0,81	13,97	10,42	1,05	0,87
	20,36	0,48	8,27	6,25	0,61	0,52
II—V	33,71	0,79	13,72	9,88	1,32	0,88
	19,12	0,45	7,74	5,82	0,73	0,50

ше, разница составила 0,43 мг% ( $P < 0,2$ ).

Медь наряду с железом необходима для кроветворения. Этот микроэлемент является катализатором ферментативных реакций в остеобластах и энзиматических процессов минерализации костной матрицы. При дефиците меди у свиней наблюдаются замедление роста, анемия (вследствие уменьшения числа эритроцитов), нарушение остеогенеза, деформация конечностей, кровоизлияния. В основном медь локализуется в печени, мышцах и скелете.

Содержание меди у подопытных животных в расчете на 100 г сухих веществ в III—IV пястных костях находилось в пределах 0,22—0,19 мг%, во II—V — 0,39—1,55 мг%. Средняя концентрация меди в III—IV пястных костях в отличие от всех остальных макро- и микроэлементов была ниже, чем во II—V (разница составила 0,12 мг%,  $P < 0,1$ ), концентрация меди во II—V и III—IV пястных костях — соответственно в 8 и 10,3 раза меньше, чем железа.

Как известно, относительное содержание меди в теле животных с возрастом снижается. В организме новорожденных меди больше, чем железа, а у взрослых — в 30 раз меньше [3, 9]. Можно предположить, что онтогенетически II—V пястные кости свиней менее развиты, поэтому снижение содержания меди, обусловленное возрастом, проявилось в них слабее.

Установлена высокая отрицательная корреляция ( $r = -0,996$ ) между содержанием меди и золы, что подтверждает наличие положительной взаимосвязи этого микроэлемента с органической матрицей кости [9].

Марганец наряду с магнием выполняет важную роль в образовании костной ткани — активирует щелочную фосфатазу, а также синтез кислых мукополисахаридов в матрице кости и хрящах. В организме марганец содержится преимущественно в скелете (55—57 %).

Концентрация марганца в пястных костях подсвинков по сравнению с содержанием остальных изученных элементов наименьшая — от 0,29 до 0,77 мг% в III—IV пястных костях и от 0,27 до 0,68 мг% во II—V. Различия в средней концентрации этого элемента между пястными костями, выполняющими и не выполняющими опорную функцию, практически отсутствуют.

Таким образом, у 6—7-месячных подсвинков наблюдается несколько более высокое содержание в пястных костях, выполняющих опорную функцию, минеральных элементов (за исключением меди). Средняя концентрация кальция в пястных костях, не выполняющих опорную функцию, по сравнению с III—IV пястными костями составляет 93,9 %, магния — 93,7, цинка — 93,6, железа — 93,2, марганца — 95,6 и меди — 119,2 %.

Кальциево-магниевое отношение в III—IV пястных костях равно 42,67, в II—V — 42,86, соотношение цинк : железо : медь : марганец составило соответственно 52,9 : 39,9 : 3,9 : 3,3 и 52,5 : 39,2 : 5,0 : 3,3.

Выявлены также некоторые породные различия в химическом составе пястных костей (табл. 3).

Наиболее высокое содержание сухого

вещества в пястных костях в процентах к массе сырых костей отмечено у свиней групп селекции Молдавского НИИЖВ, ВИЖ и Полтавского НИИ свиноводства, наименьшее — у подсвинков группы селекции Донского сельскохозяйственного института, брейтовских чистопородных и помесных, казахских гибридных (разница между крайними вариантами достоверна при  $P < 0,01$ ).

Более высокой степенью минерализации пястных костей характеризуются ландрасы, сибирские северные, молдавские окорочные, уржумские и цивильские подсвинки. Сравнительно низкое содержание золы в пястных костях в расчете на 100 г сухого вещества у свиней крупной белой и брейтовской пород, а также групп селекции Донского сельскохозяйственного института в ВИЖ ( $P < 0,01$ ).

В пястных костях, выполняющих опорную функцию, концентрация кальция наибольшая у подсвинков групп селекции ВИЖ и Донского сельскохозяйственного института, уржумской и сибирской северной пород, казахской гибридной породной группы, наименьшая — у крупных белых, группы селекции Полтавского НИИ свиноводства, брейтовских помесных и цивильских ( $P < 0,01$ ). По уровню магния первое место занимают свиньи группы селекции Донского сельскохозяйственного института, украинские степные белые, казахские гибридные, брейтовские помесные, последнее — крупные белые, цивильские, сибирские северные, брейтовские чистопородные и группы селекции Полтавского НИИ свиноводства (разница малодостоверна,  $P < 0,1$ ).

Концентрация цинка в среднем по группам варьирует от 6,06 до 11,7 мг%, железа — в пределах 4,16—8,93, меди — 0,48—1,19, марганца — 0,29—0,65 мг%. Наибольшее количество цинка содержится в пястных костях подсвинков казахской гибридной породной группы, уржумской породы и селекционной группы ВИЖ; железа — групп селекции Молдавского НИИЖВ и ВИЖ, сибирской северной, брейтовских помесных; меди — казахских гибридных, группы селекции ВИЖ, украинской степной белой породы; марганца — брейтовских помесных, казахских гибридных и ландрас.

Значительно ниже средних показателей концентрация цинка в III—IV пястных костях брейтовских помесей, свиней селекции Полтавского НИИ свиноводства, цивильских; железа — у брейтовских чистопородных, цивильских, крупных белых; меди — у сибирских северных, уржумских, брейтовских помесных; марганца — у подсвинков селекции ВИЖ, сибирских северных, брейтовских чистопородных. Разница между крайними вариантами достоверна по содержанию цинка ( $P < 0,05$ ), меди ( $P < 0,01$ ) и марганца ( $P < 0,001$ ) и достоверна по уровню железа. Отдельные породы характеризуются относительно низким содержанием в пястных костях одновременно нескольких микроэлементов: сибирская северная — цинка, меди, марганца; группа селекции Полтавского НИИ свиноводства — цинка, меди, железа; цивильская породная группа — цинка, железа, марганца.

Концентрация макро- и микроэлементов в сухом веществе пястных костей, выполняющих опорную функцию (в числителе) и не выполняющих ее (в знаменателе)

Порода, селекционная группа	Масса сырых костей, г	Сухое вещество, %	Зола, % к сухому веществу	Концентрация в сухом веществе					
				кальций, %	магний, %	цинк, мг%	железо, мг%	медь, мг%	марганец, мг%
Брейтовская чистопородная	41,4	53,82	58,38	20,30	0,45	7,84	4,16	0,59	0,48
	11,6	50,01	54,79	21,53	0,47	6,85	5,48	0,71	0,49
Брейтовская помесная	36,4	52,23	59,46	19,38	0,50	6,06	6,54	0,54	0,65
	8,6	52,64	56,98	18,75	0,44	5,47	5,13	1,08	0,68
Казахская гибридная породная группа	39,2	52,62	59,43	21,34	0,51	11,70	5,94	1,19	0,59
	10,6	52,49	42,23	13,43	0,31	7,39	4,65	1,27	0,38
Ландрас	40,4	56,16	60,60	20,22	0,48	8,00	6,36	0,64	0,58
	10,9	64,96	57,70	20,19	0,49	7,63	7,30	0,63	0,53
Уржумская	43,5	52,25	60,17	21,95	0,51	10,16	6,28	0,50	0,48
	11,5	61,39	57,22	19,47	0,45	9,63	5,51	0,70	0,45
Украинская степная белая	41,1	55,43	58,15	20,54	0,51	7,82	6,05	0,67	0,55
	11,1	61,35	56,84	18,82	0,45	7,43	5,26	0,74	0,57
Цивильская породная группа	42,0	57,88	59,39	19,51	0,43	7,04	5,35	0,59	0,48
	11,5	56,29	58,80	20,43	0,49	7,27	5,28	0,99	0,56
Сибирская северная	40,6	57,18	60,35	21,36	0,44	7,12	6,64	0,48	0,30
	13,0	58,23	57,71	19,68	0,44	6,58	5,77	0,75	0,58
ГСС МолдНИИЖВ	39,2	61,41	60,28	20,49	0,47	7,72	7,72	0,56	0,54
	10,3	62,03	57,79	19,07	0,42	6,73	7,14	0,58	0,44
ГСС ПолтНИИ свиноводства	36,2	57,08	58,20	19,18	0,47	6,50	5,92	0,57	0,53
	9,7	62,48	56,50	17,79	0,43	5,79	5,28	0,59	0,45
ГСС Дон. с.-х. института	51,3	47,41	58,45	21,86	0,52	8,26	5,85	0,64	0,53
	12,1	57,13	54,21	18,24	0,42	7,92	4,08	1,03	0,54
ГСС ВИЖ	41,2	58,03	58,85	22,07	0,48	8,53	7,06	0,71	0,29
	12,4	61,64	54,58	19,43	0,48	7,97	5,46	0,71	0,49
Крупная белая	46,7	56,83	55,73	17,78	0,42	8,03	5,52	0,58	0,55
	12,4	53,83	55,15	18,28	0,42	7,52	5,98	0,60	0,42

По минеральному составу пястных костей, не выполняющих функции опоры, отмечается достоверная разница: по концентрации кальция — между животными брейтовской породы и казахской гибридной породной группы ( $P < 0,001$ ); магния — между свиньями цивильской породной группы и ландрасами, с одной стороны, и казахскими гибридными, с другой ( $P < 0,001$ ); цинка — между уржумской и брейтовскими помесами ( $P < 0,02$ ); железа — между ландрасами и селекции Донского сельскохозяйственного института ( $P < 0,02$ ); меди — между казахскими гибридными и селекции Молдавского НИИЖВ ( $P < 0,001$ ); марганца — между брейтовскими помесами и казахскими гибридными ( $P < 0,01$ ). У казахских гибридных подсвинков концентрация кальция, магния и марганца наиболее низкая.

Для выявления взаимосвязи между изучаемыми показателями в III—IV и II—V пястных костях у животных разных пород были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции. Достоверная положительная ранговая корреляция установлена по содержанию золы в сухом веществе ( $r = +0,649$  при  $P < 0,05$ ) и концентрации цинка ( $r = +0,681$  при  $P < 0,01$ ).

Между остальными показателями взаимосвязь отсутствует, так как коэффициенты корреляции недостоверны.

Отмеченные различия в концентрации минеральных элементов в пястных костях свиней разных пород и селекционных групп, проходивших контрольный откорм в одинаковых условиях кормления и содержания, по-видимому, обусловлены генетическими факторами, а также различиями в условиях кормления и содержания этих животных в раннем возрасте и их родителей.

Установленную концентрацию минеральных элементов в пястных костях подсвинков можно считать физиологической нормой, поскольку животные были клинически здоровыми, признаков минеральной недостаточности и каких-либо патологических отклонений не наблюдалось. Высокие среднесуточные приросты живой массы свиней и достижение ими живой массы 100 кг в возрасте 6—7 мес свидетельствуют о хороших условиях кормления и содержания.

#### Выводы

1. У подсвинков разных пород в возрасте 6—7 мес в сухом веществе III—IV

паястных костей содержание кальция в среднем составляло 20,36%, магния — 0,48%, цинка — 8,27 мг%, железа — 6,25, меди — 0,61, марганца — 0,52 мг%. Полученные в данном опыте значения концентрации перечисленных элементов можно считать физиологической нормой и использовать для контроля за состоянием минерального обмена, определяемого условиями кормления и содержания животных.

2. Пястные кости свиней, выполняющие опорную функцию, характеризуются меньшим содержанием воды и большим жира (в % от массы сырых костей), а также более высоким содержанием золы в сухом веществе, что свидетельствует о большей степени их минерализации, чем пястных костей, не выполняющих опорную функцию.

3. Концентрация кальция, магния, цинка и железа в III—IV пястных костях вы-

ше, чем во II—V, что связано, по-видимому, с тем, что гомеостатическая и буферная функции у первых слабее. Различия в содержании марганца практически отсутствуют. Уровень меди, наоборот, выше во II—V пястных костях, что, возможно, обусловлено их меньшей онтогенетической развитостью.

4. Установлены некоторые различия по концентрации кальция, магния, цинка, меди, марганца и железа в пястных костях между животными отдельных пород и селекционных групп, обусловленные генетическими факторами, а также условиями кормления и содержания подопытных животных в раннем возрасте и их родителей.

5. Выявлена положительная взаимосвязь между III—IV и II—V пястными костями по содержанию золы в сухом веществе и концентрации цинка. Для остальных изученных минеральных элементов коэффициенты ранговой корреляции недостоверны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арзуманян Е. А., Слесарева Е. Н. К вопросу методики определения величины и крепости скелета сельскохозяйственных животных. — Докл. ТСХА, 1963, вып. 90, с. 63—68. — 2. Георгиевский В. И. Минеральный обмен. — В кн.: Физиол. с.-х. животных. Л.: Наука, 1978, с. 217—255. — 3. Георгиевский В. И. и др. Минеральное питание животных. М.: Колос, 1979. — 4. Зайцева Н. И. и др. Интенсивный откорм свиней. — В сб.: Кормление — фактор интенсификации животноводства/Зап. Лен. с.-х. ин-та, т. 247. Л.: Пушкин, 1974, с. 31—35. — 5. Ладан П. Е. и др. Физико-химические свойства костяка свиней плановых пород СССР. — В кн.: Биол. особенности свиней плановых пород СССР (Донской с.-х. ин-т). Новочеркасск, 1967, с. 147—155. — 6. Мороз З. М. и др. Роль комплекса биологически актив-

ных веществ в эффективности использования кормов. — В сб.: Кормление — фактор интенсификации животноводства/Зап. Лен. с.-х. ин-та, т. 247. Л.: Пушкин, 1974, с. 53—57. — 7. Плаксин Б. А. и др. Откормочные и мясные качества отечественных пород, линий и групп свиней. — В кн.: Породы свиней/Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1981, с. 3—14. — 8. Симолкин Л. Н. и др. Изучение прочности и твердости пястных костей у свиней разных пород. — Там же, с. 85—90. — 9. Слесарева Е. Н. Содержание меди и никеля в костях крупного рогатого скота. — Докл. ТСХА, 1961, вып. 65, с. 251—255. — 10. Слесарева Е. Н. Содержание магния в костях крупного рогатого скота и его значение для организма животного. — Изв. ТСХА, 1965, вып. 3, с. 180—186.

*Статья поступила 17 ноября 1982 г.*

## SUMMARY

Comparative analysis was carried out of chemical and mineral composition of metacarpus bones having the main supporting function (os metacarpi tertium — III, os metacarpi quartum — IV), and not having this function (os metacarpi secundum — II, os metacarpi quintum — V) with 6—7 months old gilts of 13 breeds and breeding groups. Metacarpus bones III and IV contained less water, more fat, ash, calcium, magnesium, zinc, iron and less copper than metacarpus bones II and V. Manganese concentration in all the bones was equal.

Data obtained can be used to control mineral metabolism in connection with feeding and management conditions.