

РОСТ И СООТНОШЕНИЕ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ МЫШЦ У
МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫВ.П. ПАНОВ¹, В.Е. НИКИТЧЕНКО², Д.В. НИКИТЧЕНКО²,
А.Э.СЕМАК¹, Г.В.СНОЗ³, Г.П. ТАБАКОВ¹, И.Г. СЕРЕГИН¹⁽¹⁾ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ⁽²⁾ Российский университет дружбы народов;⁽³⁾ Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии имени К.И. Скрябина)

Приводятся результаты исследований по росту скелетных мышц свинок крупной белой породы (от рождения до возраста 259 дней). Изучены 23 мышцы, относящиеся к четырем типам, которые различаются по своей внутренней структуре: 10 динамических (тип I), 8 динамостатических (тип II), 4 полустатодинамических (тип III) и 1 статодинамическая (тип IV). Для определения скорости роста использовано аллометрическое уравнение: $y = ax^b$. Отмечается, что нет четкой зависимости интенсивности роста от принадлежности отдельных мышц к тому или иному морфофункциональному типу. Примером могут служить три мышцы, имеющие различную внутреннюю структуру: наружная косая живота (*m.obliquus externus abdominis*) – тип I ($b=1,217$), длиннейшая спины (*m.longissimus dorsi*) – тип II ($b=1,200$), прямая живота (*m.rectus abdominis*) – тип III ($b=1,194$). По-видимому, интенсивность роста отдельных мышц связана с их функцией. В процессе постнатального онтогенеза их функциональное значение может усиливаться, частично замещаться другими структурами или даже ослабляться. Достаточно высокая скорость роста характерна для заднебедренной группы мышц типа I: полусухожильной ($b = 1,153$) и полуперепончатой ($b = 1,163$). Эти мышцы, при одновременном действии с другими экстензорами, ответственны за разгибание тазобедренного, коленного и заплюсневого суставов. Наряду с этими мышцами, высокую интенсивность роста имеют мышцы, входящие в состав брюшной стенки: наружная косая ($b=1,217$) и прямая мышца живота ($b=1,194$). Их особенностью является принадлежность к крайним морфофункциональным типам, выполняющим совместно ряд важных функций. Хорошо развитые межреберные мышцы являются структурами, специально приспособленными для дыхания. Однако их относительный рост не является высоким ($b=1,036$). Поскольку межреберные мышцы не являются единственными образованиями, ответственными за дыхание, то в процессе роста животного респирация параллельно осуществляется и другими мышцами. Подобные исследования имеют большое значение, т.к. они позволяют выявить закономерности роста и развития мускулатуры, определяющие количественную и качественную сторону мясной продуктивности животных.

Ключевые слов: мышцы, аллометрический рост, морфофункциональные типы мышц, интенсивность роста, функциональное значение.

Введение

По внутреннему строению и выполняемой работе соматическая мускулатура животных подразделяется на несколько типов. По данным П.А.Глаголева (1) и А.А. Грандицкой (3), можно выделить 5 морфофункциональных типов скелетных мышц: динамический, динамостатический, полустатодинамический, статодинамический и статический. Распределение и соотношение выделенных групп мышц связано с ви-

дом животного, его образом жизни и особенностями локомоции. У хищных стопоходящих животных (медведь), передвигающихся относительно медленно, строение мускулатуры иное, чем у пальцеходящих животных - более ловких, с гибким телом. Еще большие особенности в строении мускулатуры, в отличие от стопоходящих, наблюдаются у травоядных животных, вынужденных поедать корм, долгое время оставаясь на месте, или спастись бегством при опасности. При этом у всех копытных млекопитающих в проксимальных звеньях конечностей мускулатура ближе к динамическому типу, а дистальных – к статическому типу (1). В период постнатального онтогенеза отмечены изменения в морфофизиологических характеристиках некоторых мышц животных (4). Морфофункциональные типы мышц выражены у различных видов животных неодинаково. Среди сельскохозяйственных млекопитающих мускулатура свиней ближе, чем у других копытных, к динамическому типу (1). В отечественной и зарубежной литературе опубликованы данные об относительном росте отдельных мышц и их групп у различных сельскохозяйственных животных, но без учета их внутренней структуры (5,6,7, 9, 13). Дифференцированный подход при установлении закономерностей роста мышц, которые выполняют различные функции и обладают различными качествами, является важным как с биологических, так и с практических позиций.

Целью данного сообщения является установление особенностей роста различных морфофункциональных типов мышц и их групп у свинок крупной белой породы.

Методика исследований

Морфологические исследования мышц проведены на свинках заводского типа КБ-В-1а крупной белой породы, которые находились в зоотехнических опытах сотрудников ВНИИ ГПЗ «Большое Алексеевское». Для эксперимента при подборе возрастных групп животных руководствовались периодизацией индивидуального развития свиней и соответствующими ГОСТами. Объектами исследования служили новорожденные животные как исходный материал постнатального развития животных, а также 2-хмесячные свинки. Подопытные свиньи старших возрастов входили в производственный цикл. Их выращивали и откармливали до живой массы, согласно принятой на ГПЗ технологии.

Учетный период начинали при достижении подсвинками живой массы (в среднем по группе) 30 кг (100 суток). Взвешивали животных в конце каждого месяца и при достижении предубойной живой массы 100 и 120 кг. Свинки достигали живой массы 100 кг за 225 дней (ГОСТ 31476-2012 «Свиньи для убоя. Свинина в тушах и полутушах» // М.: Стандартинформ, 2013), при этом затраты корма на 1 кг прироста составляли 4,03 корм.ед., толщина шпика над 6-7-м грудными позвонками равнялась 23,8 мм, масса окорока - 10,5 кг. Живую массу 120 кг свинки достигли за 259 дней (ГОСТ 31476-2012). Убой животных проводили на убойном пункте ГПЗ, согласно «Технологической инструкции по переработке скота на предприятиях мясной промышленности». После товароведческой оценки туши помещали в холодильную камеру, где их выдерживали 24-72 ч. при температуре 0-4°C. Затем, после взвешивания, туши брали для препарирования. Морфометрические исследования мышц проводили в исследовательской лаборатории РУДН и убойном пункте «Большое Алексеевское». Препарировали правую полутушу в связи с тем, что целостность ее мягких тканей не повреждается при распиловке туши.

Полутуши препарировали с учетом методических указаний [1]. Мышцы массой до 500 г взвешивали на весах ВЛТК-500, массой до 1000 г — на технических весах со шкалой 200 г с точностью до 1 г. Мышцы отделяли с дифференциацией по анато-

мическим областям. Часть мышц в области голени, предплечья, туловища по отдельности не препарировали из-за их малой значимости в мясности туши, а взвешивали общей массой. Если мышца имела несколько головок или частей, то их не разделяли, а взвешивали все вместе. При наличии одного или нескольких сухожилий в мышце их не отделяли, а включали в общую массу мышцы.

Мышцы были идентифицированы и классифицированы в соответствии с Международной ветеринарной анатомической номенклатурой. Для анализа материала производили группировку мышц по морфофункциональным типам (1). Всего было изучено отдельно 23 основных мышцы 4-х морфофункциональных типов: динамического (тип I), динамостатического (тип II), полустатодинамического (тип III) и статодинамического (тип IV). К типу I относятся 8 мышц (глубокая грудная – *m. pectoralis profundus*, широчайшая спины – *m. latissimus dorsi*, трапецевидная – *m. trapezius*, межреберные – *m. intercostalis*, наружная косая живота – *m. obliquus externus abdominis*, полуперепончатая – *m. semimembranosus*, полусухожильная – *m. semitendinosus*, большая поясничная – *m. psoas major*). Тип II представляют 10 мышц (остистая и полуостистая спины и шеи – *m. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis*, полуостистая головы – *m. semispinalis capitis*, зубчатая вентральная – *m. serratus ventralis*, длиннейшая спины – *m. longissimus dorsi*, трехглавая плеча – *m. triceps brachii*, лучевой разгибатель запястья – *m. extensor carpi radialis*, средняя ягодичная – *m. gluteus medius*, четырехглавая бедра – *m. quadriceps femoris*, икроножная – *m. gastrocnemius*). Тип III включает 4 мышцы (предостную – *m. supraspinatus*, заостную – *m. infraspinatus*, двухглавую плеча – *m. biceps brachii*) и прямую живота – *m. rectus abdominis* (IV тип). При изучении относительного роста мышц использовали формулу простой аллометрии $y=ax^b$ (5). В этой формуле: x – преддубойная масса, y – масса органа (мышцы), b – аллометрический, или степенной коэффициент, показывающий во сколько раз быстрее ($b>1$ положительная аллометрия) или медленнее ($b<1$ отрицательная аллометрия) растет орган относительно массы всего организма. Если коэффициент $b=1$, рост массы животного и изучаемого органа происходит изометрично. Показатель a является константой начального роста живого организма. Статистическая оценка степенного коэффициента b аллометрических уравнений проводилась согласно А.А.Зотину (3).

Цифровой материал обрабатывали по стандартным программам статистической обработки.

Результаты исследований

Общая масса исследованных мышц всех морфофункциональных типов свинок составляет 62,5-66,3% от всей массы их мускулатуры. Из них 8 мышц динамического, 10 - динамостатического, 4 – полустатодинамического и 2 -статического типа. Несмотря на меньшее количество мышц второго типа, общая масса их в целом составляет 33,8%, а динамических мышц – 21,3%. Третий и четвертый типы мышц по массе различаются незначительно – 4,5 и 4,6%. Подобное соотношение различных типов мышц наблюдается на протяжении всего периода выращивания.

Увеличение массы мышц на протяжении постнатального онтогенеза имеет индивидуальные особенности. При рождении отдельные мышцы по массе могут превосходить другие, однако, в ряде случаев в последующем подобных различий не наблюдается. Мышцы растут с различной скоростью, и это не зависит от первоначальной их количественной закладки у новорожденных животных. Мышцы внутри каждой морфофункциональной группы существенно различаются по скорости роста. В среднем масса динамических мышц от рождения до возраста 259 суток увеличивается от 72,1 г до 9619,3 г, динамостатических – от 133,0 г до 17763,6г, по-

лустатодинамических – от 22,8 г до 2244,5 г и статодинамических - от 6,0 г до 1154,9 г, т.е. соответственно в 133, 134, 98 и 192 раза. Медленней всего возрастает масса у полустатодинамической группы мышц.

В структуре каждой группы мускулатуры также наблюдаются определенные различия. В динамической группе наиболее интенсивно растут наружная косая брюшная (увеличивается в 198 раз), полуперепончатая (в 171 раз), полусухожильная (в 158 раз), трапецевидная (в 147 раз) мышцы. Широкая и межреберные мышцы растут существенно медленнее, несмотря на достаточно высокие их количественные закладки по массе у новорожденных (10,8 г и 16,9 г) (табл. 1).

У динамостатической группы приоритет в росте можно отдать длиннейшей мышце спины (увеличивается в 194 раза). Менее существенная интенсивность наращивания массы наблюдается у зубчатой вентральной (в 138 раз), двуглавой бедра (в 133 раза), средней ягодичной и четырехглавой (в 129 раз) мышц. Трехглавая плеча и лучевой разгибатель запястья растут заметно медленнее (в 77 и 63 раз соответственно).

Мышцы полустатодинамического типа растут в среднем с меньшей скоростью (увеличиваются в 98 раз), чем мускулы других групп. Наиболее высокая интенсивность роста отмечена у заостренной мышцы (в 117 раз). У двуглавой плеча и подлопаточной мышц величина этого показателя ниже на 21% и 28% соответственно.

Прямая мышца живота (статодинамическая группа), входящая в состав брюшной стенки, растет с большей интенсивностью (увеличивается в 192 раза), что определяется ее важной функцией в составе мышечной системы животных (табл. 1).

Таблица 1.

Возрастная динамика массы отдельных мышц свинок, г

	Возраст, дн.				
	новорожденные	60	100	225	259
Живая масса, г (92)	1310	18400	30000	100000	120000
Масса мышц, г (125)	368,6	6360	9626	39300	46380
Мышцы динамического типа (I)					
Глубокая грудная (131)	10,6	185,7	229,4	1167,2	1391,4
Широкая спины (98)	10,8	125,9	232,0	888,1	1062,1
Трапецевидная (146)	4,4	92,2	140,5	542,3	644,7
Межреберные (93)	16,9	214,3	335,0	1336,1	1576,9
Наружная косая живота (197)	7,4	174,3	251,2	1198,7	1461,0
Полуперепончатая (171)	11,4	288,1	425,5	1666,3	1948,0
Полусухожильные (158)	5,4	108,1	176,2	727,1	853,4
Большая поясничная (131)	5,2	87,8	142,5	557,7	681,8
Всего (133)	72,1	1276,4	1932,3	8083,5	9619,3
В % от всех мышц	19,5	20,1	20,1	20,6	20,7
Мышцы динамостатического типа (II)					
Остистая и полуостистая спины и шеи (130)	5,2	78,2	136,7	581,6	677,1
Полуостистая головы (146)	5,4	84,0	142,5	660,2	788,5
Зубчатая вентральная (138)	13,6	230,2	382,2	1414,8	1873,8
Длиннейшая спины (194)	24,4	478,3	844,2	3945,7	4730,8
Трехглавая плеча (77)	22,0	288,1	396,6	1442,3	1688,2

	Возраст, дн.				
	новорожденные	60	100	225	259
Лучевой разгибатель запястья (63)	4,0	43,9	57,8	216,2	250,5
Средняя ягодичная (129)	11,8	118,3	303,2	1269,4	1521,3
Двуглавая бедра (148)	20,2	374,0	604,5	2330,9	2996,1
Четырехглавая бедра (129)	17,6	368,8	526,5	1957,1	2268,0
Икроножная (110)	8,8	146,3	207,9	837,1	969,3
Всего (134)	133,0	2210,1	3602,1	14654,3	17763,6
В % от всех мышц	36,1	34,7	37,3	37,3	38,4
Мышцы полустатодинамического типа (III)					
Предостная (93)	10,6	136,1	279,2	845,0	987,9
Заостная (117)	6,4	120,2	195,4	640,5	751,4
Подлопаточная (84)	3,6	60,4	75,1	259,4	301,5
Двуглавая плеча (90)	2,2	39,4	43,3	176,9	204,1
Всего (98)	22,8	384,3	593,0	1921,8	2244,5
В % от всех мышц	6,2	6,0	6,2	4,9	4,8
Мышцы статодинамического типа (IV)					
Прямая брюшная (92)	6,0	132,3	200,2	990,3	1154,9
В % от всех мышц	1,6	2,1	2,1	2,5	2,5
Итого	233,7	4003,1	6327,6	25649,9	30782,7
В % от всех мышц	63,4	62,9	65,8	65,3	66,4

Примечание: Числа в скобках означают, во сколько раз увеличилась масса мышц свинок от рождения до возраста 259 дней.

Полученные данные свидетельствуют о большой изменчивости показателей увеличения массы мышц у свинок от рождения до возраста 259 суток. Коэффициент вариации у мышц динамического типа составляет 25,1%, динамостатического - 29,3% и полустатодинамического - 14,6%.

Средние значения и вариабельность массы мышц разных морфофункциональных типов имеют определенные различия по периодам выращивания (табл.2). Наибольшая средняя масса в период выращивания отмечена у мышц типа II, а наименьшая - у мышц типа III. Судя по нашим данным, показатели роста мышц различных типов отличаются, в основном, незначительно и не связаны с их развитием у новорожденных животных. Вариабельность количественных показателей мышц внутри исследуемых групп животных различается иногда достаточно существенно. Минимальные значения коэффициента вариации отмечены для мышц типа I ($C_v = 41,1-48,4\%$). Выше вариабельность массы у мышц типа II ($C_v = 56,2-74,5\%$), особенно она существенна в поздние сроки выращивания. У животных в различные периоды постнатального онтогенеза изменчивость массы мышц типа III выше ($C_v = 52,2-73,6\%$), чем мышц типа I. Аналогичные процессы отмечаются и для мышц статодинамического типа.

Таблица 2

Динамика общей массы различных морфофункциональных типов мышц (г)

	Возраст ,дн				
	новорожденные	60	100	225	259
I	$\frac{9.0 \pm 1.4}{48,4}$	$\frac{150.5 \pm 23.5}{46,8}$	$\frac{229.9 \pm 32.7}{42,7}$	$\frac{962.8 \pm 133.3}{41,5}$	$\frac{1143.9 \pm 156.7}{41,1}$
II	$\frac{13.3 \pm 2.4}{56,2}$	$\frac{221.0 \pm 47.5}{67,9}$	$\frac{360.7 \pm 77.4}{67,9}$	$\frac{1465.5 \pm 312.7}{73,9}$	$\frac{1775.4 \pm 418.0}{74,5}$
III	$\frac{5.7 \pm 1.9}{65,0}$	$\frac{89.0 \pm 23.2}{52,2}$	$\frac{148.3 \pm 54.6}{73,6}$	$\frac{480.5 \pm 158.0}{65,8}$	$\frac{561.2 \pm 185.6}{66,1}$
IV	6,0	132,3	200,2	990,3	1154,9

Примечание: Над чертой – средние значения показателя ($M \pm m$), под чертой – коэффициент вариации (C_v , %).

У мышц динамического типа коэффициент вариации их массы с возрастом несколько уменьшается, а у других, напротив, существенно увеличивается (табл. 2).

Таблица 4

Масса мышц свинок крупной белой породы (в % от массы животного)

	Возраст, дн.				
	новорожденные	60	100	225	259
Живая масса, г	1310	18400	30000	100000	120000
Масса мышц, %	28,14	34,55	32,09	39,30	38,65
Мышцы динамического типа					
Глубокая грудная	0,81	1,01	1,00	1,17	1,16
Широчайшая спины	0,82	0,68	0,77	0,88	0,89
Трапецевидная	0,33	0,50	0,47	0,54	0,53
Межреберные	1,28	1,16	1,12	1,33	1,31
Наружная косая брюшная	0,57	0,95	0,83	1,20	1,21
Полуперепончатая	0,87	0,91	1,41	1,66	1,62
Полусухожильные	0,41	0,59	0,59	0,73	0,71
Большая поясничная	0,39	0,47	0,47	0,58	0,68
Всего	5,48	6,27	6,66	8,09	8,11
Мышцы динамостатического типа					
Остистая спины и шеи	0,39	0,43	0,46	0,58	0,56
Полуостистая головы	0,41	0,46	0,47	0,66	0,66
Зубчатая вентральная	1,04	1,25	1,27	1,41	1,56
Длиннейшая спины	1,87	2,59	2,81	3,95	3,94
Трехглавая плеча	1,68	1,57	1,32	1,44	1,41
Лучевой разгибатель запястья	0,30	0,23	0,19	0,22	0,25
Средняя ягодичная	0,90	1,02	1,01	1,26	1,27
Двуглавая бедра	1,54	2,03	2,02	2,53	2,50
Четырехглавая бедра	1,34	1,98	1,76	1,95	1,88
Икроножная	0,67	0,80	0,69	0,84	0,81
Всего	10,14	12,36	12,40	14,84	14,84
Мышцы полустатодинамического типа					

	Возраст, дн.				
	новорожденные	60	100	225	259
Предостная	0,81	0,74	0,93	0,85	0,82
Заостная	0,49	0,65	0,65	0,64	0,63
Подлопаточная	0,28	0,33	0,25	0,26	0,25
Двуглавая плеча	0,17	0,21	0,14	0,18	0,17
Всего	1,75	1,93	1,97	1,93	1,87
Мышцы статодинамического типа					
Прямая брюшная	0,46	0,72	0,66	0,99	0,96
Всего	0,46	0,72	0,66	0,99	0,96
Итого	17,83	21,28	21,69	25,85	25,78

Относительная масса мышц различных морфофункциональных типов, в большинстве случаев, с ростом животных в той или иной степени увеличивается. Это приводит к повышению доли динамических мышц к концу выращивания на 47,8%, динамостатических – на 46,4%, полустатодинамических - на 6,9% и статодинамических – в 2,1 раза. Минимальное увеличение массы в полустатодинамической группе связано с двумя мышцами, относительная масса которых не подвержена каким-либо изменениям в период выращивания: подлопаточной и двуглавой плеча. Первая - это аддуктор плечевого сустава, вторая - его разгибатель. В составе динамостатического комплекса также имеются две мышцы, растущие медленно. Это разгибатели локтевого и запястного суставов: трехглавой плеча и лучевого разгибателя запястья. Несмотря на это, в целом, выход мускулатуры исследованной группы мышц у свинок увеличивается. На основании анализа относительной массы мышц динамического ряда к медленно растущим структурам можно отнести широчайшую мышцу спины и межреберные мышцы.

Таблица 5

Параметры относительного роста мышц разных морфофункциональных типов ($y = ax^b$)

	Коэффициенты		R ²
	a	b	
<i>Масса животного – масса отдельных типов мышц</i>			
Общая масса мышц	0,098	1,081±0,163	0,97
Динамический	0,030	1,084±0,027	0,96
Динамостатический	0,054	1,084±0,020	0,96
Полустатодинамический	0,016	1,015±0,035	0,96
Статодинамический	0,001	1,168±0,058	0,96
<i>Общая масса мышц – масса отдельных типов мышц</i>			
Динамический	0,181	1,012±0,0002	0,96
Динамостатический	0,332	1,011±0,0071	0,96
Полустатодинамический	0,090	0,947±0,0438	0,96
Статодинамический	0,009	1,091±0,0043	0,96

Исследованы основные мышцы, оказывающие существенное влияние на формирование мясной продуктивности животных. Повышение или уменьшение доли той или иной группы мышц может изменить качество получаемой продукции в различных частях тела свинок. Замедленный рост ценных в пищевом отношении групп мышц (динамических и динамостатических) приводит к уменьшению качества отрубов, в состав которых они входят.

Рост мышц всех морфофункциональных типов в организме животного характеризуется положительной аллометрией ($b=1,015-1,168$). У общей массы мускулатуры, а также у мышц динамического и динамостатического типа величина коэффициента b почти не отличается. При этом мышцы полустатодинамической группы в процессе выращивания свинок имеют тенденцию к пониженной скорости роста. Максимальные значения степенного коэффициента b отмечены для прямой брюшной мышцы, относящейся к группе статодинамических мышц ($b=0,168$).

Более низкие степенные коэффициенты b отмечены при определении связи исследованных групп мышц с общей массой мускулатуры. Фактически мышцы типов I и II имеют изометрический характер роста. В то же время у мышц полустатодинамической группы рост характеризуется отрицательной аллометрией ($b<1$). Прямая живота растет по сравнению с другими типами мышц наиболее интенсивно, что отмечено нами выше.

Таблица 6

Аллометрия мышц свинок (предубойная масса – масса мышцы)

Мышца	Коэффициенты		
	a	b	R ²
<i>Динамический тип (I)</i>			
Глубокая грудная	0,005±0,0003	1,106±0,0368	0,97
Широчайшая спины	0,008±0,0021	1,048±0,2225	0,98
Трапецевидная	0,002±0,0002	1,134±0,0175	0,97
Межреберные	0,014±0,0014	1,036±0,1509	0,97
Наружная косая брюшная	0,002±0,0014	1,217±0,1513	0,96
Полуперепончатая	0,009±0,0003	1,167±0,0349	0,96
Полусухожильная	0,002±0,0002	1,153±0,0261	0,97
Большая поясничная	0,002±0,0005	1,114±0,0545	0,97
В среднем	0,006±0,0016	1,120±0,0210	0,97
<i>Динамостатический тип (II)</i>			
Полуостистая головы	0,002±0,002	1,135±0,2121	0,98
Остистая спины и шеи	0,002±0,0013	1,116±0,1412	0,97
Зубчатая вентральная	0,007±0,0006	1,112±0,0640	0,97
Длиннейшая спины	0,006±0,0011	1,200±0,1167	0,98
Трехглавая плеча	0,025±0,0006	0,993±0,0679	0,97
Лучевой разгибатель зап.	0,006±0,0015	0,945±0,1540	0,97
Средняя ягодичная	0,006±0,0010	1,106±0,1037	0,97
Двуглавая бедра	0,007±0,0001	1,101±0,0089	0,97
Четырехглавая бедра	0,009±0,0003	1,109±0,0268	0,96
Икроножная	0,006±0,0006	1,072±0,0608	0,97
В среднем	0,008±0,0021	1,090±0,022	0,97
<i>Полустатодинамический тип (III)</i>			
Предостная	0,009±0,0010	1,036±0,1003	0,98

Мышца	Коэффициенты		
	a	b	R ²
Заострая	0,004±0,0001	1,098±0,0134	0,97
Подлопаточная	0,003±0,0008	1,020±0,0818	0,95
Двуглавая плеча	0,002±0,0018	1,027±0,1921	0,95
В среднем	0,005±0,0015	1,045±0,0179	0,96
<i>Статодинамический тип (IV)</i>			
Прямая брюшная	0,002±0,0010	1,194±0,1061	0,97

Для мышц с различной внутренней структурой отмечена высокая степень взаимосвязи с массой животных ($R^2 = 0,95-0,98$). В мышцах типа I выделяются три группы с различной степенью положительной аллометрии. К первой, с относительно невысокими значениями степенного коэффициента ($b=1,036-1,048$), можно отнести широчайшую спины и межреберные мышцы. Вторая группа включает в себя глубокую грудную и большую поясничную мышцы ($b=1,106-1,116$). В группу с высоким относительным ростом входят наружная косая брюшная, полуперепончатая и полусухожильная мышцы ($b=1,153-1,217$).

У мышц динамостатического типа самый высокий относительный рост характерен для длиннейшей мышцы спины ($b=1,200$). Менее значительным накоплением массы отличаются 7 мышц: зубчатая вентральная, средняя ягодичная, двуглавая, полуостистая головы, остистая спины и шеи, четырехглавая бедра, а также икроножная ($b=1,072-1,135$). Трехглавая мышца плеча и лучевой разгибатель запястья отличаются отрицательной аллометрией или их рост близок к изометрии ($b=0,945-0,993$) (табл. 6).

Полустатодинамические мышцы, также как статодинамические, демонстрируют по отношению к росту большое разнообразие. В этих группах имеются мышцы с достаточно высокими аллометрическими параметрами ($b=0,098-1,194$): заострая, полуостистая и особенно прямая брюшная. Относительный рост остальных мышц близок к изометрии (табл.6).

Исследования, связанные с морфофункциональной характеристикой мышц различной внутренней структуры у животных, немногочисленны. Существенный вклад в разработку этого вопроса внес П.А.Глаголев (1,2). Обширные данные были получены на крупном рогатом скоте разных пород. Показано, что структура мышц различных морфофункциональных типов имеет существенные отличия, а изменения их структуры в онтогенезе незначительны (9). Это говорит о том, что первоначальные свойства мышц, заложенные в период эмбрионального развития, с возрастом только усиливаются.

В настоящем исследовании использованы всего 23 мышцы различных типов. Количество мышц, изученных другими авторами, достигает 80 у крупного рогатого скота (9), 96 – у мериносовых овец (13), 93 – у свиней пород пьетрен и крупной белой (11). Несмотря на небольшое число исследованных объектов, нами изучены наиболее важные в качественном и количественном отношении мышцы (табл.1).

В целом, мышцы I и II типов растут со средней скоростью, их масса в конце выращивания увеличивается в 133-134 раза. В составе этих групп имеются как мышцы с высокой интенсивностью роста (наружная косая, полусухожильная, полуперепончатая), так и относительно низкой (межреберные, трехглавая плеча и лучевой разгибатель запястья). Невысокой скоростью роста обладают мышцы полустатодинамического типа. В то же время прямая мышца живота – морфофункциональный тип IV - растет быстрее мышц всех других групп.

Полученные результаты по относительному росту мышц подтверждают показатели увеличения массы групп и отдельных мышц в процессе выращивания свинок. Так, степенные коэффициенты у наружной косой мышцы живота (тип I), длиннейшей спины (тип II) и прямой живота (тип IV) имеют близкие значения: 1,217; 1,200 и 1,194 соответственно. Для этих мышц характерна положительная аллометрия с достаточно высокими значениями коэффициента b . Большинство динамических мышц растёт интенсивнее целого организма животного, а некоторые - изометрично (межреберные мышцы). Рост мышц динамостатического типа, в определенной степени, стремится к изометрическому, а у лучевого разгибателя запястья наблюдается значение коэффициента $b < 1$. У всех изученных мышц типа III отмечены невысокие или средние величины степенного коэффициента ($b > 1$). Поэтому, судя по полученным данным, не наблюдается четкой зависимости интенсивности роста от принадлежности отдельных мышц к тому или иному морфофункциональному типу.

На основании вышесказанного представляется возможным предположить, что рост отдельных мышц и их групп связан с функциями, с усилением или ослаблением их в процессе постнатального онтогенеза.

Достаточно высокая скорость роста характерна для заднебедренной группы мышц типа I: полусухожильной ($b = 1,153$) и полуперепончатой ($b = 1,163$). Эти мышцы, при действии с другими экстензорами, ответственны за разгибание тазобедренного, коленного и заплюсневого суставов. Двуглавая бедра, относящаяся к мышцам типа II, растет менее интенсивно ($b = 0,101$). По-видимому, определенную часть силовой функции двуглавой мышцы бедра берут на себя другие мышцы. Эти мышцы несут существенную нагрузку при локомоции животных.

Наряду с этими мышцами, ещё более высокую интенсивность роста имеют мышцы, входящие в состав брюшной стенки: наружная косая ($b = 1,217$) и прямая мышца живота ($b = 1,194$). Их особенностью является принадлежность к крайним морфофункциональным типам, однако выполняющим совместно ряд важных функций. Брюшная стенка, ограждающая от различного рода воздействий внутренние органы, лишена костной основы. Она также обеспечивает выполнение различного рода функций: поддержание внутренних органов, отрывивание, дефекацию, мочеиспускание, роды. Отмечено, что у супоросных свиной самые высокие пропорции мускулатуры находятся в области живота (12).

Рассматривая рост и функциональное значение различных мышц, необходимо учитывать их развитие. В ранний плодный период растут быстрее мышцы туловища, в поздний – конечностей. У копытных к рождению достаточно полно сформирован аппарат движения, что позволяет достаточно быстро активно передвигаться, следуя за матерью. В связи с этим эмбриональные закладки ряда мышц конечностей относительно велики, независимо от особенностей их внутренней структуры, сюда относятся предостная мышца, трехглавая плеча, средняя ягодичная, полуперепончатая, двуглавая и четырехглавая бедра. В последующем интенсивность их роста может быть высокой или несколько снижаться (табл.4).

При рождении у свинок хорошо развиты такие мышцы туловища, как длиннейшая спины и межреберные. В дальнейшем скорость роста первой достаточно высока. Копытные животные рождаются с относительно коротким туловищем и хорошо развитыми конечностями. По мере их роста пропорции изменяются, что также обусловлено увеличением, прежде всего, длиннейшей мышцы спины в совокупности с другими мышцами дорсальной мускулатуры, в частности, с остистой и полуостистой мышцами спины и шеи ($b = 1,116$).

Для того, чтобы грудная клетка после рождения животного имела возможность двигаться, необходимы мышцы, обеспечивающие дыхательную функцию, т.е. ин-

спираторы и экспираторы. Хорошо развитые межреберные мышцы являются структурами, специально приспособленными для этой цели. Однако их относительный рост не является высоким ($b=1,036$). Поскольку межреберные мышцы не являются единственными образованиями, ответственными за дыхание, то в процессе роста животного респирация параллельно осуществляется и другими мышцами, такими как зубчатый дорсальный выдыхатель (*m. serratus dorsalis cranialis*), зубчатый дорсальный выдыхатель (*m. serratus dorsalis caudalis*), подниматели ребер (*mm. levatores costarum*), лестничная (*m. scalenus*), поясничнореберная (*m. retractor costae*), поперечная груди (*m. transversus thoracis*) и другие мышцы.

У мериносов положительная аллометрия ($b=1,15-1,19$) отмечена для дорсальной части лестничной мышцы и мышцы, оттягивающий ребро. Для диафрагмы и поперечной мышцы груди степенной коэффициент b незначительно различается и составляет 0,80 и 0,84 соответственно (13). Аналогичные данные для мышц грудной клетки куйбышевской породы овец (8).

Крупная эмбриональная закладка отмечена у вентральной зубчатой мышцы (1,04%). Являясь статодинамической, она служит основным держателем туловища между лопатками, что важно при передвижении новорожденных, и амортизатором при ударе конечности о землю. Относительная скорость роста имеет среднее значение ($b=1,112$). При этом надо учитывать, что функцию поддержания тела могут осуществлять и другие мышцы, например, глубокая грудная ($b=1,106$). Аналогичные данные получены и другими исследователями (11).

Заключение

В заключение необходимо констатировать важность исследований, позволяющих выявить закономерности роста и развития мускулатуры, определяющие количественную и качественную сторону мясной продуктивности животных. Выявление мышц, являющихся наиболее ценными в пищевом отношении на основании их внутренней структуры, дает возможность в перспективе направить усилия селекционной работы на повышение их содержания в теле животных. Любое увеличение или уменьшение степени развития отдельных органов и частей тела приводит к изменению их соотношения в животном организме. Надо учитывать и то, что это может отрицательно сказаться на функциональном состоянии различных систем, включая соматические, и, в конечном счете, на здоровье животного.

Библиографический список

1. *Глаголев П.А.* Особенности внутренней структуры мускулов некоторых видов млекопитающих в связи с различными условиями существования // Известия ТСХА, 1959. Вып. 4. С. 56–70.
2. *Глаголев П.А.* Состояние и перспективы исследования возрастных и породных особенностей строения системы органов произвольного движения сельскохозяйственных животных // В кн.: Закономерности индивидуального развития сельскохозяйственных животных. М. Наука, 1964. С. 133–140.
3. *Грандицкая А.А.* Сравнительно-анатомическое исследование костей, связок и мускулов путового сустава грудной конечности лошади // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. М. 1956. 21с.
4. *Грандицкая А.А.* Возрастные изменения мускулов, действующих на сустав I фаланги пальца лошади // Докл. ТСХА. 1957. Вып. 27. С. 284–291.
5. *Зотин А.А.* Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений // Известия АН. Серия биологич., 2000. № 5. С. 517–524.
6. *Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Панов В.П.* Динамика роста мышц у сви-

ней крупной белой породы // Известия ТСХА. 2008. Вып. 2. С. 93–102.

7. Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Панов В.П. Рост мышц и формирование мясной продуктивности у боровков крупной белой породы свиней // Известия ТСХА. 2010. Вып. 6. С. 105–114.

8. Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Панов В.П. Формирование скелетной мускулатуры у овец куйбышевской породы в постнатальном онтогенезе // Известия ТСХА. 2012. Вып. 2. С. 136–146.

9. Сысоев В.С. Морфофункциональные особенности формирования мускулатуры крупного рогатого скота // Автореф. докт. дис. на соиск. уч. степ. докт. с.-х. наук. М.: 1991. 41 с.

10. Butterfield R.M., Berg R.T. Relative growth pattern of commercially important muscle groups of cattle // Res.vet.sci. 1966. Vol. 7. Pp. 389–393.

11. Davies A.S. A comparison of tissue development in Pietrain and Large White pigs from birth to 64 kg live weight. 2. Growth changes in muscle distribution // Anim. Prod., 1974. Vol. 19. P. 377–387.

12. Heap F.C., Lodge G.A. Changes in body composition of the sow during pregnancy // Anim.Prod., 1967. Vol. 9. P. 237–245.

13. Lohse C.L., Mose F.P., Butterfield R.M. Growth patterns of muscles of Merino sheep from birth to 517 days // Anim.Prod., 1971. Vol. 13. P. 117–128.

14. Richmond R.J., Berg R.T. Muscle growth and distribution in swine as influenced by liveweight, breed, sex and ration // Can.J.Anim., 1971. Vol. 51. P. 41–49.

GROWTH AND RATIO OF MUSCLE MORPHOFUNCTIONAL TYPES IN LARGE WHITE SOWS

V.P. PANOV¹, V.YE. NIKITCHENKO², D.V. NIKITCHENKO²,
A.E. SEMAK¹; G.V. SNOZ³, G.P. TABAKOV¹, I.G. SEREGIN¹

(¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,

² Russian University of Peoples' Friendship, ³ Moscow State Academy Medicine and Biotechnology named after K.I. Skryabin)

*The paper presents the research results of the growth of the Large White sow skeletal muscles (from birth to 259 days of age). The authors have studied on the whole 23 muscles of four types with a different internal structure (ten dynamic muscles - Type I; eight dynamostatic muscles - Type II; four semistatodynamic muscles - Type III; and one statodynamic muscle - Type IV). The allometric equation $y=ax^b$ has been used to determine the growth rate. It is stated that there is no precise relation between the growth rate and the muscle morphofunctional type. The examples here are the three muscles with a different internal structure: the abdominal external oblique muscle (*m.obliquus externus abdominis*) – Type I ($b=1,217$), the tergum longissimus muscle (*m.longissimus dorsi*) – Type II ($b=1,200$), the abdominal rectus muscle (*m.rectus abdominis*) – Type III ($b=1,194$). Probably, the growth rate of individual muscles relates to their function. During the postnatal ontogenesis, their functional importance can grow or diminish, or their function can be partly performed by other muscles. A rather high rate of growth is typical of the posterior femoral muscles of Type I: the semitendinous muscle (*m. semitendinosus*) ($b=1,153$) and the semimembranosus muscle (*m. semimembranosus*) ($b=1,163$). These muscles, when acting simultaneously with other extensors, straighten the hip joint, the knee joint and the tarsal joint. The muscles of the abdominal wall - the abdominal external oblique muscle ($b=1,217$) and the abdominal rectus muscle ($b=1,194$) also have a high rate of growth. They jointly perform a number of important functions. Well-developed*

intercostal muscles are especially important for breathing, but their relative growth is not high ($b=1,036$). As they are not the only structures that ensure breathing, other muscles also take part in respiration as an animal grows. Similar studies are very important as they allow to discover the patterns of muscles growth and development that quantitatively and qualitatively determine the amount of animal meat production.

Key words: *muscles, allometric growth, muscle morphofunctional types, growth rate, functional importance.*

References

1. *Glagolev P.A.* Osobennosti vnutrenney struktury muskulov nekotorykh vidov mle-kopitayushchikh v svyazi s razlichnymi usloviyami sushchestvovaniya [Peculiarities of the internal structure of muscles of some mammalian species in connection with various conditions of existence] // *Izvestiya TSKHA*, 1959. Issue 4. Pp. 56–70.
2. *Glagolev P.A.* Sostoyaniye i perspektivy issledovaniya vozrastnykh i porodnykh osobennostey stroyeniya sistemy organov proizvod'nogo dvizheniya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh [State and prospects of the study of age and pedigree features of a system of autocinesis organs of farm animals] // In: *Zakonomernosti individual'nogo razvitiya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh*. M.Nauka, 1964. Pp. 133–140.
3. *Granditskaya A.A.* Sravnitel'no-anatomicheskoye issledovaniye kostey, svyazok i muskulov putovogo sustava grudnoy konechnosti loshadi [Comparative-anatomical study of the bones, ligaments and muscles of the joint of the thoracic extremity of a horse] // Avtoref. dis. na soisk. uch. step. kand. biol. nauk. [Self-review of PhD (Bio) thesis]. M. 1956. 21p.
4. *Granditskaya A.A.* Vozrastnyye izmeneniya muskulov, deystvuyushchikh na sustav I falangi pal'tsa loshadi [Age changes in the muscles acting on the joint of the first phalanx of a horse's finger] // *Dokl. TSKHA*. 1957. Issue 27. Pp. 284–291.
5. *Zotin A.A.* Statisticheskaya otsenka parametrov allometricheskikh uravneniy [Statistical estimation of the parameters of allometric equations] // *Izvestiya AN. Seriya biologich.*, 2000. No. 5. Pp. 517–524.
6. *Nikitchenko V.Ye., Nikitchenko D.V., Panov V.P.* Dinamika rosta myshts u sviney krupnoy beyoy porody [Dynamics of muscle growth in pigs of large white breed] // *Izvestiya TSKHA*. 2008. Issue 2. Pp. 93–102.
7. *Nikitchenko V.Ye., Nikitchenko D.V., Panov V.P.* Rost myshts i formirovaniye myasnoy produktivnosti u borovkov krupnoy beyoy porody sviney [The growth of muscles and the formation of meat productivity in the bogs of a large white hog breed] // *Izvestiya TSKHA*. 2010. Issue 6. Pp. 105–114.
8. *Nikitchenko V.Ye., Nikitchenko D.V., Panov V.P.* Formirovaniye skeletnoy muskulatury u ovets kuybyshevskoy porody v postnatal'nom ontogeneze [Formation of skeletal musculature in sheep of the Kuibyshev breed in postnatal ontogenesis] // *Izvestiya TSKHA*. 2012. Issue 2. Pp. 136–146.
9. *Sysoyev V.S.* Morfofunktsional'nyye osobennosti formirovaniya muskulatury krupnogo rogatogo skota [Morphofunctional features of musculature formation of cattle] // Avtoref. dokt. dis. na soisk. uch. step. dokt. s.-kh. Nauk [Self-review of DSc (Ag) thesis. M.: 1991. 41 p.
10. *Butterfield R.M., Berg R.T.* Reletive growth pattern of commercially important muscle groups of cattle // *Res.vet.sci.* 1966. Vol. 7. Pp. 389–393.
11. *Davies A.S.* A comparison of tissue development in Pietrain and Large White pigs from birth to 64 kg live weight. 2. Growth changes in muscle distribution // *Anim. Prod.*, 1974. Vol. 19. Pp. 377–387.

12. *Heap F.C., Lodge G.A.* Changes in body composition of the sow during pregnancy // *Anim.Prod.*, 1967. Vol. 9. Pp. 237–245.

13. *Lohse S.L., Mose F.P., Butterfield R.M.* Growth patterns of muscles of Merino sheep from birth to 517 days // *Anim.Prod.*, 1971. Vol. 13. Pp. 117–128.

14. *Richmond R.J., Berg R.T.* Muscle growth and distribution in swine as influenced by live weight, breed, sex and ration // *Can.J.Anim.*, 1971. Vol. 51. Pp. 41–49.

Панов Валерий Петрович – д. б. н., проф. кафедры морфологии и ветеринарии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Никитченко Владимир Ефимович – д. в. н., проф. кафедры морфологии животных и ветеринарно-санитарной экспертизы Российского университета дружбы народов (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 9; тел.: (495) 434-31-66 (доб.18-84); e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru).

Никитченко Дмитрий Владимирович – д. в. н., доц. кафедры морфологии животных и ветеринарно-санитарной экспертизы Российского университета дружбы народов (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 9; тел.: (495) 434-31-66 (доб.18-84); e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru).

Семак Анна Эдуардовна – к. с.-х. н., доц. каф. морфологии и ветеринарии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-14-47; e-mail: semaq@gmail.com).

Сноз Григорий Васильевич – д. в. н., проф. кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина (109472, Москва, ул. Академика Скрябина, стр. 23; тел.: 8 (909) 639-33-92; e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru).

Табакков Геннадий Павлович – к. б. н., доцент кафедры морфологии и ветеринарии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-14-47; e-mail: Tabakov@rgau-msha.ru).

Серегин Иван Георгиевич – к. в. н., профессор кафедры морфологии и ветеринарии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-14-47; e-mail: Sereginig@mgupp.ru).

Valery P. Panov – DSc (Ag), Professor of the Department of Morphology and Veterinary, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Vladimir Ye. Nikitchenko – DSc (Vet), Professor of the Department of Animal Morphology and Veterinary and Sanitary Expertise, Russian University of People's Friendship (117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Str., 9, phone: (495) 434-31-66 (ext.18-84); e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru).

Dmitry V. Nikitchenko – DSc (Vet), Associate Professor of the Department of Animal Morphology and Veterinary and Sanitary Expertise, Russian University of People's Friendship (117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Str., 9, phone: (495) 434-31-66 (ext.18-84); e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru).

Anna E. Semak – DSc (Ag), Associate Professor of the Department of Morphology and Veterinary, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: semaq@gmail.com).

Grigory V. Snoz – DSc (Ag), Professor of the Department of Diagnosis of Diseases, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I.Skryabin (109472, Moscow, Akademika Skryabin Str., 23; phone: +7 (909) 639-33-92; e-mail: venikitchenko@mail.ru).

Gennady P. Tabakov – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Morphology and Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow Timiryazevskaya Str., 49, phone: (499) 977-14-47; e-mail: Tabakov@rgau-msha.ru).

Ivan G. Seregin – PhD (Vet), Professor, the Department of Morphology and Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow Timiryazevskaya Str., 49, phone: (499) 977-14-47; e-mail: Sereginig@mgupp.ru).