
ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Влияние гравитации, гормонов, функциональных нагрузок
на дифференцированный рост мускулов телок**

**Махар Магомедович Эртуев¹, Иван Петрович Прохоров²✉,
Григорий Сергеевич Шеховцев², Ольга Игнатьевна Соловьева²,
Ольга Алексеевна Калмыкова²**

¹Сочинский национальный парк, Сочи, Краснодарский край, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: iprohorov@rgau-msha.ru

Аннотация

Исследования посвящены изучению интенсивности роста мускулатуры в различных анатомических отделах туш у телок черно-пестрой породы и их помесей с герефордской и шаролеизской породами. Установлено, что рост мускулов отличается значительной вариабельностью, обусловленной функциональной нагрузкой, генетическими факторами и этапом онтогенеза. Наиболее интенсивный рост наблюдался в мускулатуре брюшной стенки, где масса мышечного комплекса к 18 месяцам увеличилась в 25,97 раза, что значительно превышает общие показатели роста мышечной массы туш (16,08). Это связано с повышенной функциональной нагрузкой, вызванной возрастным увеличением массы внутренних органов и развитием рубцового пищеварения. Мускулы, связывающие туловище с грудными конечностями, также демонстрировали высокие темпы роста, выполняя функции поддержания туловища, участия в локомоции и противодействия гравитационному притяжению. Крупные мускулы тазового пояса и области бедра – такие, как средний ягодичный и двуглавый бедра, отличались высокой мощностью и значительной абсолютной массой, обеспечивая распрямление тазовых конечностей и создание пропульсивного толчка. Сравнительный анализ показал, что мускулатура осевого отдела скелета (брюшная стенка, грудная клетка, позвоночный столб) росла с положительной аллометрией, в то время как периферическая мускулатура характеризовалась отрицательной аллометрией. К 18 месяцам относительная масса осевой мускулатуры достигла 51,87%, превысив показатель периферической (48,13%). Результаты работы подчеркивают важность учета функциональных и генетических особенностей роста мускулов для объективной оценки мясных качеств различных анатомических частей туш.

Ключевые слова

Мясная продуктивность, аллометрия роста, мышечные комплексы, онтогенез мускулатуры, телки, помеси, коэффициент роста

Для цитирования

Эртуев М.М., Прохоров И.П., Шеховцев Г.С., Соловьева О.И. и др. Влияние гравитации, гормонов, функциональных нагрузок на дифференцированный рост мускулов телок // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 6. С. 192–208.

**Effect of gravity, hormones, and functional loads
on the differentiated muscle growth of heifers**

**Makhar M. Ertuev¹, Ivan P. Prokhorov²✉, Grigoriy S. Shekhovtsev², Olga I. Solovyova²,
Olga A. Kalmykova²**

¹Sochi National Park, Sochi, Krasnodar Krai, Russia

²Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉Corresponding author: iprohorov@rgau-msha.ru

Abstract

The present study investigates the intensity of muscle growth in various anatomical parts of carcasses in Black-and-White heifers and their crosses with Hereford and Charolais breeds. It was established that muscle growth exhibits significant variability, influenced by functional load, genetic factors, and the ontogenetic stage. The most intensive growth was observed in the abdominal musculature, where muscle mass increased by 25.97 times by 18 months of age, significantly exceeding the overall growth rate of carcass muscle mass (16.08). This is attributed to increased functional load, caused by the age-related increase in visceral organ mass and the development of ruminal digestion. Muscles connecting the trunk to the thoracic limbs also exhibited high growth rates, performing functions of trunk support, involvement in locomotion, and counteracting gravitational pull. Large muscles of the pelvic girdle and thigh area, such as the middle gluteus and biceps femoris, were characterized by high power and significant absolute mass, ensuring the extension of the pelvic limbs and generating propulsive thrust. Comparative analysis revealed that the musculature of the axial skeleton (abdominal wall, thoracic cage, vertebral column) grew with positive allometry, while peripheral musculature exhibited negative allometry. By 18 months of age, the relative mass of axial musculature reached 51.87%, exceeding that of peripheral musculature (48.13%). The findings highlight the importance of considering functional and genetic characteristics of muscle growth for an objective assessment of the meat quality of various anatomical parts of carcasses.

Keywords

Meat productivity, allometric growth, muscle complexes, musculature ontogenesis, heifers, cross-breeds, growth coefficient

For citation

Ertuev M.M., Prokhorov I.P., Shekhovtsev G.S., Solovyova O.I. et al. Effect of gravity, hormones, and functional loads on the differentiated muscle growth of heifers. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 6. P. 192–208.

Введение

Introduction

Мускулы анатомических отделов туш, выполняющие локомоторные, дыхательные, поддерживающие функции, а также функции, направленные на преодоление гравитационного притяжения к земле, характеризуются значительной вариабельностью в скорости прироста, архитектонике и питательной ценности различных мышц. Вследствие этого анализ онтогенеза отдельных мышечных групп представляет научный

интерес для выявления взаимосвязи их функциональной нагрузки и особенностей роста, а также для объективной оценки мясных достоинств разных анатомических частей тела мясных животных.

Многие исследователи [1–14] при изучении роста и развития мышечной ткани мускулы группировали, как правило, по анатомическим отделам туш, полагая, что темпы роста мускулатуры анатомических частей тела можно рассматривать как интенсивность роста функциональных мышечных групп. При этом авторы исходили из того, что сравнительное изучение роста и развития мускулатуры в анатомических отделах туш является весьма важным, поскольку развитость в них мускулов и их питательная ценность в некоторой мере соответствуют сортовой разрубке полутуш, применяемой для продажи говядины в розничной торговле.

Вместе с тем важно подчеркнуть, что каждый мускул обладает уникальными характеристиками роста, так как увеличение его массы и размеров на различных стадиях индивидуального развития определяется функциональной нагрузкой и контролируется генетическими механизмами, регулирующими формирование организма.

Цель исследований: изучение специфики роста и развития мускулатуры различных анатомических отделов туш у телок черно-пестрой породы и ее помесей.

Методика исследований

Research method

Научно-хозяйственный эксперимент по оценке роста, развития и мясной продуктивности телок черно-пестрой породы и их помесей с герефордской и шаролежской породами был проведен на базе Тульского НИИСХ – филиала ФИЦ «Немчиновка». Для исследований методом пар-аналогов с учетом происхождения, возраста и живой массы при рождении были сформированы 3 группы животных по 15 гол. в каждой. Контрольную группу (1) составили чистопородные черно-пестрые телки, тогда во вторую и третью группы вошли помеси 1/2 кровности, полученные от скрещивания черно-пестрых коров с быками герефордской и шаролежской пород соответственно. Продолжительность опыта составляла период от рождения до достижения животными 18-месячного возраста.

Кормление подопытного молодняка было организовано по интенсивному типу и рассчитано на получение среднесуточных приростов на уровне 800–850 г, что позволяло достичь к 18 месяцам живой массы 450–500 кг. Содержание животных осуществлялось в условиях стойловой системы: до 6-месячного возраста – групповое, в последующий период – привязное. Контроль за ростом живой массы осуществляли путем ежемесячного взвешивания.

Для получения исходных данных в хозяйстве был проведен вынужденный убой по одной телке из каждой группы сразу после рождения. Последующие контрольные убои выполнялись на мощностях Тульского мясокомбината: в возрасте 6 и 12 месяцев – по 3 гол. из группы, а по окончании опыта – по 5 гол. от каждой группы. При этом определяли предубойную массу, массу парной туши и внутреннего жира, убойный выход, а также морфологический состав туш.

С целью установления закономерностей возрастной динамики массы мышечной ткани выполняли послойное анатомическое препарирование и взвешивание (с точностью до 1 г) каждого мускула левой полутуши. Классификацию мышц проводили согласно методике А.И. Акаевского [15]. На основе абсолютных показателей массы мускулов рассчитывали их среднее значение для анатомических областей туши в разрезе групп, а также определяли относительную массу (в процентах от общей массы исследованной мускулатуры).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Использование интенсивных технологий при выращивании и откорме телок способствовало проявлению наследственных особенностей каждой группы животных в получении высокого уровня среднесуточных приростов. Шаролежские помесные телки в течение опытного периода отличались наибольшими темпами увеличения массы тела. Так, величина абсолютной скорости роста у них в возрасте 6, 12 и 18 месяцев составила, соответственно, 1041, 696 и 607 г, что на 23,48; 12,44 и 15,62% больше, чем у сверстниц контрольной группы. В указанные возрастные интервалы помесные телки с герефордской породой демонстрировали среднесуточные приросты на уровне 1025, 670 и 510 г соответственно. За весь 18-месячный период исследований средний абсолютный прирост живой массы по группам достиг 761, 797 и 866 г.

Высокий уровень кормления при выращивании и откорме телок способствовал получению тяжеловесных животных. Об интенсивности роста и уровне мясной продуктивности телок сравниваемых групп можно судить по данным таблицы 1.

Таблица 1

Показатели, характеризующие мясную продуктивность черно-пестрых и помесных телок

Table 1

Meat productivity parameters of Black-and-White and crossbred heifers

Показатели	Группы		
	1	2	3
6 месяцев			
Предубойная масса, кг	181,7	189,8	197,4**
Масса парной туши, кг	99,28	103,76	107,97*
Масса мускулатуры туш, г	67432	71856	74242
12 месяцев			
Предубойная масса, кг	334,7	358,8**	371,8***
Масса парной туши, кг	178,62	192,52*	210,90**
Масса мускулатуры туш, г	108380	119324	143374**
18 месяцев			
Предубойная масса, кг	433,5	452,6**	489,4***
Масса парной туши, кг	242,5	256,76**	282,72***
Масса мускулатуры туш, г	150396	159746	194454***

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

*** $p < 0,001$.

Из данных таблицы следует, что шаролежские помесные телки в возрасте 6, 12 и 18 месяцев превосходили черно-пестрых сверстниц по величине предубойной массы, соответственно, на 8,64; 11,08; 12,89% ($p < 0,01$ – $p < 0,001$), по массе парных туш – на 8,77; 18,07; 16,58% ($p < 0,05$ – $p < 0,001$). Герефордские помесные телки по этим показателям занимали промежуточное положение.

Влияние генотипа шаролежских помесных телок выразилось в более интенсивном росте скелетной мускулатуры. Статистический анализ выявил достоверные различия в массе мышечной ткани между группами. Помеси с шаролежской породой в возрасте 12 и 18 месяцев достоверно (при $p < 0,01$ и $P < 0,001$ соответственно) превзошли сверстниц материнской породы на 32,29 и 29,29%, что в абсолютных показателях составило 34994 и 44058 г. В 6-месячном возрасте разница (10,11%, или 6810 г) была статистически незначимой. Помеси с герефордской породой также показали более высокую общую массу мускулатуры во все возрастные периоды (на 6,56; 10,09; 6,22% в 6, 12 и 18 месяцев соответственно), однако эти различия не достигали уровня статистической значимости.

Изучение интенсивности роста скелетной мускулатуры на разных этапах постнатального онтогенеза обусловлено тем, что этот компонент туш является важным морфологическим показателем, отражающим конституциональные особенности и экстерьер животных, которые тесно связаны с уровнем их продуктивности. Кроме того, знание возрастных изменений мышечного компонента туш позволяет судить в определенной степени о качестве мяса.

Об интенсивности роста мускулатуры анатомических отделов туш судили по кратности увеличения ее массы у телок в определенные возрастные периоды относительно таковой у новорожденных телят.

При изучении характера и интенсивности роста мышц различных анатомических частей тела животных подопытных групп было установлено, что шаролежские помесные телки отличались более высокими темпами роста мускулатуры, но в то же время характер роста мускулов в одноименных мышечных комплексах животных различных генотипов был сходным. Чтобы избежать повтора при изложении характера роста мускулов телок различных групп, приведены данные шаролежских помесных телок.

В качестве критерия оценки темпов роста мускулов использовали коэффициенты роста общей массы скелетной мускулатуры туш. Об интенсивности и характере роста мускулов различных анатомических отделов судили на основании отклонений их коэффициентов роста от коэффициента роста общей мышечной массы туши.

Выше отмечено, что ряд исследователей при изучении роста и развития мышечной ткани мускулы группировал по анатомическим отделам туш, полагая, что мышцы анатомических частей тела можно рассматривать как функциональные мышечные группы. Однако следует отметить, что мышцы функциональных мышечных групп выполняют одну функцию. Так, мышечный комплекс брюшной стенки следует считать мышечной функциональной группой, поскольку все брюшные мускулы выполняют одну функцию – поддержание внутренних органов, желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), внутреннего жира. Мускулы других анатомических отделов туш, в частности, мышцы, связывающие туловище с грудной конечностью, в отличие от таковой у брюшной стенки выполняют различные функции: подвешивание и поддержание туловища, стремящегося опуститься вниз, участие в локомоторной функции, поднятие и опускание головы.

Мускулатура анатомических отделов туш и мускулы, входящие в их состав, по интенсивности роста были расположены в убывающем порядке, изложенном в таблице 2.

Таблица 2

**Интенсивность роста мускулатуры осевого отдела скелета туш
шаролезских помесных телок**

Table 2

Growth rate of axial skeleton musculature of Charolais crossbred heifer carcasses

Мускулатура	Возраст, мес.		
	6	12	18
Брюшного отдела	8,07	16,63	25,97
Косой брюшной наружный	10,06	20,69	31,35
Прямой брюшной	8,28	16,15	25,73
Косой брюшной внутренний	7,05	14,85	24,05
Поперечный брюшной	6,86	14,88	23,21
Связующие мускулы	5,27	10,27	15,11
Глубокий грудной	6,26	11,58	19,10
Широчайший	6,95	12,73	16,95
Зубчатый вентральный	5,37	10,19	15,23
Трапецевидный	4,89	8,90	14,00
Ромбовидный	4,90	9,02	13,44
Поверхностный грудной	4,05	6,40	12,79
Плече-атлантный	2,86	11,20	11,62
Грудино-плечеголовной	4,07	8,38	10,97
Грудной клетки	3,59	10,51	14,71
Межреберные	3,84	10,22	15,27
Другие мелкие мышцы	3,87	9,94	14,43
Позвоночного столба	5,47	10,23	14,48
Длиннейший спины	8,28	13,59	15,41
Длиннейшие шеи, головы и атланта	7,12	10,85	15,37
Остистый и полуостистый спины и шеи	4,84	7,87	15,19
Малый поясничный	4,17	8,98	14,12

Мускулатура	Возраст, мес.		
	6	12	18
Шейные короткие	4,20	10,75	13,63
Подвздошно-реберный	5,35	8,00	12,59
Длинные шеи и головы	4,32	8,55	11,90
Пластыревидный	3,55	8,35	11,31
Полуостистый головы	3,30	7,59	10,43
Квадратный поясничный	2,73	10,07	10,40
Осевая	5,34	11,15	16,19

Данные таблицы свидетельствуют о наиболее высокой интенсивности роста у мускулатуры брюшной стенки. К окончанию экспериментального периода масса данного мышечного комплекса возросла в 25,97 раза относительно исходных показателей, в то время как аналогичный показатель для всей мышечной массы туш составил лишь 16,08. Несмотря на общую функцию всех мышц этой группы, заключающуюся в поддержании внутренних органов, желудочно-кишечного тракта с его содержимым и внутреннего жира, между ними наблюдались существенные различия в скорости роста. Так, коэффициенты роста мышц косого брюшного наружного, прямого брюшного и косого брюшного внутреннего у 18-месячных телок составили 31,25; 25,73; 24,05 соответственно. Наименьшей интенсивностью роста отличался поперечный брюшной мускул.

Мощное развитие косого брюшного наружного мускула объясняется значительным возрастанием функциональной нагрузки вследствие большей поддерживающей поверхности этой мышцы. Так, наружная косая брюшная мышца начинается мощными зубцами на наружной поверхности 5–13 ребер, межреберных мышц и фасции разгибателей спины, образует мощный поверхностный слой брюшной стенки. Далее все зубцы объединяются в один общий пласт, который заканчивается на белой линии живота. По завершении эксперимента доля исследуемого мускула в общей массе мышечного комплекса достигла 30,77%. Прямая мышца живота по удельному весу незначительно (всего на 1,14%) отставала от наружной косой мышцы. Наименьший относительный показатель (17,82%) был зафиксирован у поперечной мышцы.

Интенсивность роста брюшных мышц в значительной степени определяется увеличением функциональных нагрузок на них, возникающих при увеличении с возрастом телок массы внутренних органов, внутреннего жира, ЖКТ и его содержимого. Наибольшая интенсивность развития абдоминальных мышц отмечена в первые 6 месяцев жизни, что коррелирует с фазой формирования рубцового пищеварения. Например, масса желудка, составлявшая при рождении 0,457 кг, к 6 месяцам возросла в 14,64 раза, а к 12 и 18 месяцам – в 25,65 и 31,34 раза соответственно. Согласно исследованиям [16] объем рубца у телят за период от рождения до 5 месяцев увеличивается с 0,73 л до 65 л, то есть в 89,04 раза.

Мускулатура, соединяющая туловище с грудной конечностью, занимает второе место по интенсивности роста после брюшных мускулов и второе место по массе и мощности после мускулатуры области бедра. Основной функцией связующих мускулов считается подвешивание и поддержание туловища между грудными конечностями. В то же время мускулы этого мышечного комплекса участвуют в локомоции, противодействуют гравитационному притяжению к земле туловища телок, поднимают и опускают голову, что способствует усилению функциональных нагрузок на них и усилению их массы и мощности. Например, зубчатый вентральный и широчайший спины мускулы принимают на себя не только массу туловища, противодействуя его провисанию, но и участвуют в протягивании туловища вперед между грудными конечностями. Значительная функциональная нагрузка на зубчатый вентральный мускул способствует увеличению его мощности и массы. Относительная масса его в этом мышечном комплексе в конце опытного периода составила 23,38%. Наиболее интенсивный рост глубокой грудной мышцы обусловлен активным ее участием в протягивании туловища вперед между грудными конечностями.

При определении интенсивности роста ромбовидного и трапециевидного мускулов было установлено, что темпы роста указанных мускулов у телок были значительно ниже таковых у бычков. Известно, что тестостерон и его производные существенно влияют на интенсивность роста мускулатуры, в мышечных клетках которой достаточно высокая концентрация рецепторов этого гормона. С увеличением содержания андрогенов в крови бычков в период становления и созревания половой функции интенсивность роста ромбовидного и трапециевидного мускулов, подверженных влиянию тестостерона, значительно возрастала. Так, если кратность увеличения массы трапециевидного и ромбовидного мускулов у телок в возрасте 18 месяцев составила, соответственно, 14,00 и 13,44, то у бычков этого же генотипа – 26,07 и 34,02. Менее интенсивный рост этих мускулов у телок, по-видимому, связан с тем, что в мышечных клетках этих мускулов отсутствуют рецепторы тестостерона. Кроме того, у телок андрогены продуцируются надпочечниками в ограниченном количестве.

Кратность увеличения поверхностного грудного, плече-атлантного и грудного-плечеголовного мускулов у телок была на 3,29–5,11 ед. меньше, чем таковая мышечного компонента туш.

Интенсивность роста мускулатуры грудной клетки определяется в основном межреберными мышцами, поскольку их доля в этом мышечном комплексе составляла 68,54%. Суммарная масса других 6 мелких мускулов составила 2236 г, или 31,46% от общей массы этого мышечного комплекса. Интенсивность роста мелких мускулов определяли, исходя из их суммарной массы, поскольку масса одного мускула была незначительной (372 г).

Таким образом, коэффициенты роста мускулатуры грудной клетки, межреберных мускулов и суммарной массы мелких мускулов в конце опытного периода составили 14,71; 15,27; 13,63 соответственно.

Мышечный комплекс позвоночного столба в общей массе скелетной мускулатуры занимает третье место. Основными функциями этого мышечного комплекса являются разгибание позвоночного столба, прогибание поясницы, укрепление позвоночного столба совместно с вентральными мускулами, поднятие шеи. Наиболее мощно развитым в этом анатомическом отделе является длиннейший мускул спины, который начинается на крестце и подвздошной кости и заканчивается на голове. Его удельная масса в мышечном комплексе позвоночного столба составила 44,60%. Важно отметить, что относительная масса этого мускула с возрастом телок изменяется незначительно, и это косвенно свидетельствует о постоянной востребованности его

функции. Интенсивность роста этого мускула у 18-месячных телок составила 15,41, и она близка к таковому мышечному компоненту туш.

Длиннейшие шеи, головы и атланта по темпам роста незначительно уступают таковым длиннейшего мускула спины. Кратность увеличения их массы у 18-месячных телок составила 15,37 и 15,19 соответственно.

Высокие темпы роста длиннейшего мускула спины, подвздошно-реберных мышц и полуостистых мышц спины и шеи обусловлены тем, что они выполняют значительную локомоторную функцию. В частности, эти мышцы разгибают спину, поскольку разгибание позвоночного столба является необходимым условием для совершения прыжка или скачкообразного движения при галопе. Разгибанию позвоночного столба противодействует гравитационное притяжение массы животного. Кроме того, упомянутым мышцам позвоночного столба совместно с разгибателями области бедра при осуществлении прыжка необходимо в течение какого-то времени удерживать в воздухе переднюю часть туловища.

Вентральные мышцы спины (малая поясничная и большая поясничная) совместно с разгибателями спины укрепляют позвоночный столб и противодействуют дорзальному выгибу позвоночника при действии реактивных сил, возникающих при соприкосновении грудных конечностей после прыжка с грунтом. При приземлении животного после прыжка формируемая реактивная сила имеет два направления: горизонтальная из них незначительна, и она тормозит движение животного вперед; другая, более мощная, направлена вертикально вверх, выполняя при этом амортизационную и пропульсивную функции. Вертикальная реактивная сила складывается с вертикальными составляющими усилий, возникающих при активном разгибании грудных конечностей. При этом движение тела животного с направления вперед и вниз, приданное толчком тазовых конечностей, меняется на направление вперед и вверх.

При определении темпов роста мышц обратило на себя внимание относительно низкая интенсивность роста пластыревидного и полуостистого мышц головы у телок. Так, если кратность увеличения указанных мускулов в порядке их перечисления у телок составила 11,33 и 10,43 соответственно, то у помесных шароле-зских бычков – 43,17 и 23,20. (Сходные явления отмечены выше при анализе интенсивности роста ромбовидного и трапециевидного мускулов у телок и бычков.)

Оценка интенсивности роста мышечных комплексов периферического отдела скелета, представленная в таблице 3, показала, что величина этого показателя была наибольшей для мускулатуры тазового пояса (кратность увеличения – 15,47). Другие анатомические отделы периферического отдела скелета по темпам роста мышечной ткани были расположены в следующем убывающем порядке: область бедра (13,69), грудного пояса (13,25), области плеча (11,24), голени (10,45) и предплечья (8,81).

При анализе темпов роста мускулатуры анатомических отделов задних конечностей возникла необходимость комплексного изучения интенсивности роста мускулов тазового пояса, области бедра и голени, поскольку практически все мускулы указанных анатомических отделов синхронно выполняют одну и ту же функцию: распрямление тазовых конечностей в тазобедренном, коленном и скакательном суставах и придание пропульсивного толчка туловищу для движения его вперед. Так, тазовая конечность разгибается в тазобедренном суставе вследствие действия глубокого и среднего ягодичного мускулов, напрягателя широкой фасции бедра, двуглавого бедра, полуперепончатого, полусухожильного, стройного. Разгибание коленного сустава осуществляется за счет сокращения четырехглавой мышцы бедра, которая по массе является второй после двуглавой мышцы бедра. Функцию сгибания голеностопного сустава выполняют две головки икроножной мышцы.

Для распрямления тазовых конечностей и создания телу животного пропульсивного толчка мышечному комплексу тазовых конечностей необходимо, преодолевая гравитационное противодействие разгибанию спины, приподнимать и удерживать в воздухе в течение какого-то времени переднюю часть туловища. При этом разгибатели области бедра испытывают огромное напряжение, что способствует более интенсивному росту и увеличению их мощности.

В тазовом поясе наибольшая интенсивность роста характерна для крупных мышц, каковыми являются средний ягодичный и подвздошно-поясничный. Абсолютная и относительная масса других мышц в этом мышечном комплексе незначительна.

Мощное развитие мышц двуглавого и четырехглавого бедра, а также полуперепончатого привело к тому, что относительная масса мышечного комплекса области бедра в общей мышечной массе туш составила 23,83%, а удельная масса названных мышц в порядке их перечисления в этом анатомическом отделе – 28,74; 21,70; 18,59%. Особый интерес вызывают значительная масса четырехглавого мускула бедра и ее относительно низкие темпы роста. Эта мышца по абсолютной массе уступает только двуглавному бедру, а кратность увеличения ее массы составила 11,26 против 13,69 этого мышечного комплекса.

Таблица 3

Интенсивность роста мускулатуры периферического отдела скелета туш шаролеzkских помесей на разных этапах онтогенеза

Table 3

Growth rate of peripheral skeleton musculature in Charolais crossbred carcasses at different ontogenetic stages

Мускулатура	Возраст, мес.		
	6	12	18
Тазового пояса	6,73	12,36	15,47
Средний ягодичный	6,94	13,61	17,24
Пояснично-подвздошный	7,47	12,91	16,36
Глубокий ягодичный	4,36	6,94	9,23
Запиратели	4,72	6,41	8,97
Двойничный	3,37	5,83	7,86
Область бедра	6,21	10,89	13,69
Напрягатель фасции бедра	6,42	13,30	17,94
Полусухожильный	6,35	12,42	16,35
Двуглавый бедра	5,06	10,30	14,51
Полуперепончатый	6,42	12,41	13,48

Окончание табл. 3

Мускулатура	Возраст, мес.		
	6	12	18
Гребешковый	5,32	11,94	13,43
Приводящий	5,34	11,62	13,39
Стройный	5,55	11,17	12,75
Портняжный	5,14	10,27	12,14
Четырехглавый	4,11	9,78	11,26
Грудного пояса	5,25	10,21	13,25
Подлопаточный	5,64		16,11
Предостный	5,37	10,18	16,08
Дельтовидный	5,43	8,60	14,90
Заостный	5,29	10,54	13,64
Круглый большой	6,01	12,42	13,08
Каракоидный	4,03	6,65	10,46
Круглый малый	4,19	8,06	9,75
Область плеча	4,81	9,56	11,24
Трехглавый	4,89	9,97	13,56
Двуглавый	4,94	10,32	13,37
Напрягатель фасции предплечья	5,58	8,42	9,75
Плечевой	3,98	7,84	8,37
Локтевой	3,46	7,51	8,29
Голень	4,41	7,81	10,45
Икроножный	5,04	9,30	11,84
Другие мелкие мускулы	4,06	6,97	9,66
Предплечье	3,79	6,49	8,81
Периферическая	5,61	10,13	12,82
Мышечный компонент туш	5,49	10,60	14,37

Кратность увеличения мускулов напрягателя широкой фасции бедра, полусухожильного, двуглавого бедра и полуперепончатого составила, соответственно, 17,94; 16,35; 14,51; 13,48. Наименьшие темпы роста в этом анатомическом отделе были у мускулов стройного (12,75), портняжного (12,14) и четырехглавого (11,26).

Относительно высокие темпы роста крупных мускулов подлопаточного (16,11), предостного (16,08) и заостного (13,64) в значительной степени определили относительно высокие значения коэффициентов роста мышечного комплекса грудного пояса (13,25). В то же время в этом анатомическом отделе ряд мускулов (круглый малый, каракоидный) отличался низкими темпами роста.

Интенсивность роста мышц в средних и нижних звеньях периферического отдела скелета была значительно ниже таковой грудного пояса. Так, если коэффициенты роста мускулатуры грудного пояса составили 13,25, то таковые мышечной массы области плеча, голени и предплечья – 11,24; 10,45; 8,81 соответственно. Низкие темпы роста мускулатуры голени связаны с тем, что в этом анатомическом отделе достаточно развита только икроножная мышца, абсолютная масса которой к концу опытного периода достигла 1954 г, а ее относительная масса в этом мышечном комплексе составила 40,93%. Суммарная масса остальных 10 мускулов составила 2820 г, а масса одного мускула – в среднем 282 г. Все мелкие мускулы заключены в плотную соединительно-тканную оболочку, и они пронизаны тяжами из соединительной ткани. Коэффициенты роста суммарной массы мелких мускулов голени были незначительными (9,96). Кратность увеличения 11 мелких мускулов предплечья с общей массой 2440 г составила 8,81.

Результаты сравнительного анализа интенсивности роста мускулатуры показали, что различия в величине этого показателя между мышечной массой осевого и периферического отделов скелета у телок в первые полгода жизни были незначительными (рис. 1).

В последующие возрастные периоды более высокие темпы роста мышечных комплексов брюшной стенки, грудной клетки, позвоночного столба и связующих мускулов способствовали увеличению интенсивности роста осевой мускулатуры. Коэффициенты роста ее в возрасте 12 и 18 месяцев составили, соответственно, 11,15 и 16,19 против 10,13 и 12,82 мускулатуры периферического отдела скелета.

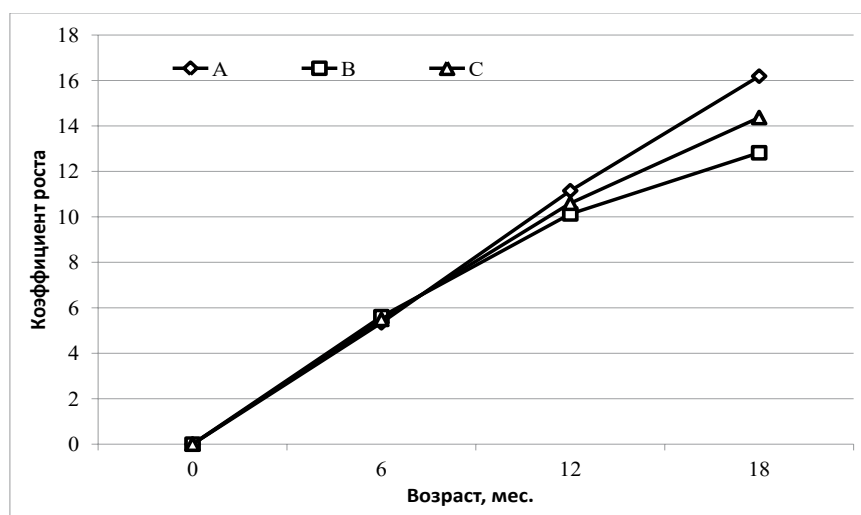


Рис. 1. Коэффициенты роста осевой (А), периферической (В) и мышечного компонента туш (С) помесных шароле-ских телок

Figure 1. Growth coefficients of axial (A), peripheral (B), and muscular components of carcasses (C) in Charolais crossbred heifers

Сравнительный анализ темпов роста показал, что периферическая мускулатура развивается значительно менее интенсивно, чем общая мышечная масса туш. Исходя из этих данных интенсивность роста мускулов осевого отдела скелета позволяет отнести ее к мускулатуре с положительной аллометрией, а для мышечного комплекса периферического отдела скелета характерна отрицательная аллометрия.

Более интенсивный рост мускулатуры осевого отдела скелета сопряжен с перераспределением мышечной ткани туш, о чем свидетельствуют возрастные изменения относительной массы осевой и периферической мускулатуры (рис. 2).

Из данных рисунка 2 следует, что относительная масса периферической мускулатуры у новорожденных телят имела максимальную величину (53,95%), а осевой – минимальную (46,05%). Значительная удельная масса мышц конечностей новорожденных телят обусловлена тем, что для их выживания мускулатура периферического отдела скелета должна быть достаточно развитой. Предположительно более интенсивный рост мускулов конечностей телят в утробный и ранний постнатальный периоды онтогенеза запрограммирован генетической программой общего развития.

Удельная масса мускулатуры осевого отдела скелета, незначительно уменьшившись в первые 6 месяцев жизни, в последующие возрастные периоды закономерно возрастала при соответствующем уменьшении относительной массы периферической мускулатуры. В конце опытного периода относительная масса осевой и периферической мускулатуры составила 51,87 и 48,13% соответственно.

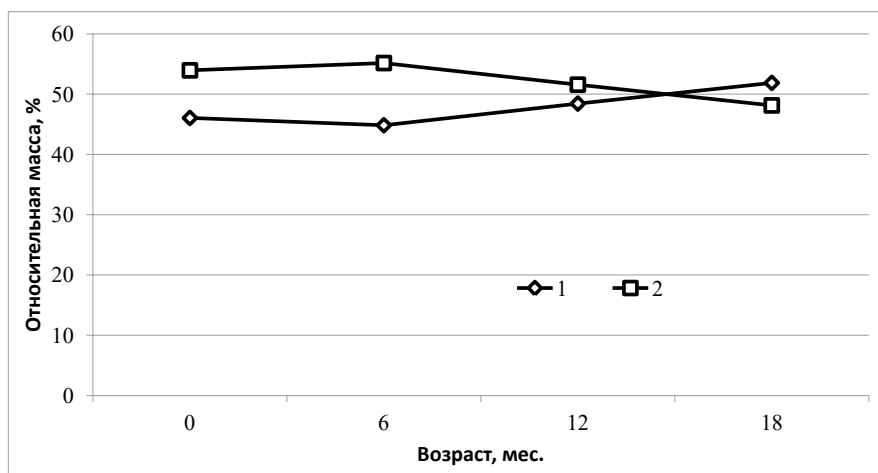


Рис. 2. Возрастная динамика относительной массы осевой (1) и периферической (2) мускулатуры помесных шароле-ских телок

Figure 2. Age dynamics of the relative mass of axial (1) and peripheral (2) musculature in Charolais crossbred heifers

Выводы Conclusions

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Мускулатуру брюшного отдела туш следует считать функциональной мышечной группой, поскольку все мускулы этого отдела выполняют одну функцию – поддержание внутренних органов, ЖКТ, внутреннего жира. В то же время между мускулами установлены значительные различия по массе и интенсивности их роста.

2. Мускулы мышечного комплекса, связывающего грудную конечность с туловищем, различаются по выполняемым ими функциям, интенсивности роста и массе. Основной функцией связующих мускулов считается подвешивание и поддержание туловища, стремящегося опуститься вниз, между грудными конечностями. Кроме того, они участвуют в локомоции – в частности, в протягивании туловища вперед между грудными конечностями.

3. Мощное развитие зубчатого вентрального и широчайшего мускулов спины объясняется их полифункциональностью. Эти мышцы не только противодействуют провисанию туловища, удерживая его массу, но также активно участвуют в проталкивании корпуса вперед между грудными конечностями во время движения.

4. В отличие от связующих мышц ряд мускулов тазового пояса (глубокий и средний ягодичные), области бедра (напрягатель широкой фасции бедра, двуглавый бедра, полуперепончатый, полусухожильный, четырехглавый бедра, стройный) и голени (две головки икроножного мускула) синхронно выполняют одну функцию – распрямление тазовых конечностей для придания пропульсивного толчка телу для движения его вперед.

5. Коэффициенты роста мускулатуры передних конечностей последовательно снижались от грудного пояса (13,25) к области плеча (11,24) и предплечья (8,81), а задних конечностей – от тазового пояса (15,47) к области бедра (13,65) и голени (10,45).

Список источников

1. Лукьянов В.Н., Прохоров И.П., Пикуль А.Н. Рост мускулатуры помесных бычков и факторы, его определяющие // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2015. № 1. С. 56–58. EDN: TSZARZ

2. Лукьянов В.Н. Морфологический состав туш и химические показатели мяса чистопородных и помесных бычков в разных условиях кормления // *Научное обозрение*. 2015. № 11. С. 10–17.

3. Лукьянов В.Н., Прохоров И.П. Особенности роста и развития мускулатуры туш бычков симментальской породы и ее помесей с абердин-ангусской и лимузинской // *Научная жизнь*. 2017. № 4. С. 47–57. EDN: ZGIUPZ

4. Молостова А.Ю., Карамаев С.В., Карамаева А.С. Естественно-анатомический и морфологический состав полутуши полукровного молодняка, полученного при реципрокном скрещивании калмыцкой и мандолонгской пород // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023. № 1 (99). С. 261–265. EDN: BYXRXY

5. Шошина Ю.В. *Особенности формирования мясной продуктивности симментальских бычков в условиях различных технологий выращивания и откорма*: Дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2023. 157 с. EDN: POWLNH

6. Geletu U.S., Usmael M.A., Mummed Y.Y., Ibrahim A.M. Quality of cattle meat and its compositional constituents. *Veterinary Medicine International*. 2021;2021(1):7340495. <https://doi.org/10.1155/2021/7340495>

7. Mwangi F.W., Blignaut D.J.C., Charmley E., Gardiner C.P. et al. Lipid metabolism, carcass characteristics and Longissimus dorsi muscle fatty acid composition of tropical crossbred beef cattle in response to *Desmanthus* spp. forage backgrounding. *Metabolites*. 2021;11(12):804. <https://doi.org/10.3390/metabo11120804>

8. Abebe B.K., Wang J., Guo J., Wang H. et al. A review of emerging technologies, nutritional practices, and management strategies to improve intramuscular fat composition in beef cattle. *Animal Biotechnology*. 2024;35(1):2388704. <https://doi.org/10.1080/10495398.2024.2388704>

9. Ge F., Li J., Gao H., Wang X. et al. Comparative analysis of carcass traits and meat quality in indigenous Chinese cattle breeds. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;124:105645. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105645>
10. Ramos J.M.L., Vargas J.A.C., Diniz E.A.L., Lacerda N.G. et al. Carcass traits and meat characteristics of grazing Nellore cattle submitted to different supplementation strategies in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 2022;54(6):362. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03362-w>
11. Cantarero-Aparicio M.Á., Angón E., González-Esquivel C., Peña F. et al. Carcass and Meat Quality Traits in Female Lidia Cattle Slaughtered at Different Ages. *Animals*. 2024;14(6):850. <https://doi.org/10.3390/ani14060850>
12. Pinheiro R.S.B., Ramos P.R.R., de O. Roça R., Bezerra L.R. et al. Differences between cattle and buffalo in the water-soluble proteins of the Longissimus muscle as shown by electrophoretic techniques. *Animal Production Science*. 2020;60(14):1759-1768. <https://doi.org/10.1071/AN19239>
13. Tegegne F., Kebede D., Getaneh M., Adimasu E. et al. Carcass composition and sensory and chemical attributes of beef from local cattle breeds in North-West Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2024;9(1):1-12. <https://doi.org/10.20372/jaes.v9i1.9428>
14. Hoa V.-B., Song D.-H., Seol K.-H., Kang S.-M. et al. A comparative study on the carcass and meat chemical composition, and lipid-metabolism-related gene expression in Korean Hanwoo and brindle Chikso cattle. *Current Issues in Molecular Biology*. 2023;45(4):3279-3290. <https://doi.org/10.3390/cimb45040214>
15. Акаевский А.И. *Анатомия домашних животных: Учебник*. Москва: Колос, 1968. 608 с.
16. Свечин К.Б. *Индивидуальное развитие сельскохозяйственных животных*. Киев: Урожай, 1976. 286 с.

References

1. Lukyanov V.N., Prokhorov I.P., Pikul A.N. Muscular growth in cross-bred bull-calves and factors influencing such growth. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2015;(1):56-58. (In Russ.)
2. Luk'janov V.N. Morphological composition of carcasses and chemical parameters of the meat of thoroughbred and mixed-breed bulls under different feeding conditions. *Nauchnoe obozrenie*. 2015;(11):10-17. (In Russ.)
3. Lukyanov V.N., Prokhorov I.P. On the issue of development of the theory and methodology of logistics management services in showrooms. *Scientific Life*. 2017;(4):47-57. (In Russ.)
4. Molostova A.Yu., Karamaev S.V., Karamaeva A.S. Natural anatomical and morphological composition of the half carcass half-blooded young animals obtained by reciprocal crossing of the Kalmyk and Mandolong breeds. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;(1(99)):261-265. (In Russ.)
5. Shoshina Yu.V. *Features of the formation of meat productivity of Simmental bulls under conditions of various growing and fattening technologies*: CSc (Ag) thesis. Moscow, Russia, 2023:157. (In Russ.)
6. Geletu U.S., Usmael M.A., Mummed Y.Y., Ibrahim A.M. Quality of cattle meat and its compositional constituents. *Veterinary Medicine International*. 2021;2021(1):7340495. <https://doi.org/10.1155/2021/7340495>
7. Mwangi F.W., Blignaut D.J.C., Charmley E., Gardiner C.P. et al. Lipid metabolism, carcass characteristics and Longissimus dorsi muscle fatty acid composition of tropical

crossbred beef cattle in response to *Desmanthus* spp. forage backgrounding. *Metabolites*. 2021;11(12):804. <https://doi.org/10.3390/metabo11120804>

8. Abebe B.K., Wang J., Guo J., Wang H. et al. A review of emerging technologies, nutritional practices, and management strategies to improve intramuscular fat composition in beef cattle. *Animal Biotechnology*. 2024;35(1):2388704. <https://doi.org/10.1080/10495398.2024.2388704>

9. Ge F., Li J., Gao H., Wang X. et al. Comparative analysis of carcass traits and meat quality in indigenous Chinese cattle breeds. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;124:105645. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105645>

10. Ramos J.M.L., Vargas J.A.C., Diniz E.A.L., Lacerda N.G. et al. Carcass traits and meat characteristics of grazing Nellore cattle submitted to different supplementation strategies in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 2022;54(6):362. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03362-w>

11. Cantarero-Aparicio M.Á., Angón E., González-Esquivel C., Peña F. et al. Carcass and Meat Quality Traits in Female Lidia Cattle Slaughtered at Different Ages. *Animals*. 2024;14(6):850. <https://doi.org/10.3390/ani14060850>

12. Pinheiro R.S.B., Ramos P.R.R., de O. Roça R., Bezerra L.R. et al. Differences between cattle and buffalo in the water-soluble proteins of the Longissimus muscle as shown by electrophoretic techniques. *Animal Production Science*. 2020;60(14):1759-1768. <https://doi.org/10.1071/AN19239>

13. Tegegne F., Kebede D., Getaneh M., Adimasu E. et al. Carcass composition and sensory and chemical attributes of beef from local cattle breeds in North-West Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2024;9(1):1-12. <https://doi.org/10.20372/jaes.v9i1.9428>

14. Hoa V.-B., Song D.-H., Seol K.-H., Kang S.-M. et al. A comparative study on the carcass and meat chemical composition, and lipid-metabolism-related gene expression in Korean Hanwoo and brindle Chikso cattle. *Current Issues in Molecular Biology*. 2023;45(4):3279-3290. <https://doi.org/10.3390/cimb45040214>

15. Akaevskiy A.I. *Anatomy of domestic animals: a textbook*. Moscow, Russia: Kolos, 1968:608. (In Russ.)

16. Svechin K.B. *Individual development of farm animals*. Kyiv, Ukrainian SSR: Urozhay, 1976:286. (In Russ.)

Сведения об авторах

Махар Магомедович Эртуев, д-р с.-х. наук, научный сотрудник Центра разведения и реабилитации переднеазиатского леопарда, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сочинский национальный парк»; 354000, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Московская, 21; e-mail: mr.ertuev38@gmail.com

Иван Петрович Прохоров, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X>

Григорий Сергеевич Шеховцев, ассистент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: shekhovtsev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6281-9968>

Ольга Игнатьевна Соловьева, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: milk-center@rgau-msha.ru

Ольга Алексеевна Калмыкова, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: okalmykova@rgau-msha.ru

Information about the authors

Makhar M. Ertuev, DSc (Ag), Research Associate, Center for Breeding and Rehabilitation of the Persian Leopard, Sochi National Park; 21 Moskovskaya St., Sochi, Krasnodar Krai, 354000, Russian Federation; e-mail: mr.ertuev38@gmail.com

Ivan P. Prokhorov, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Specialized Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X>

Grigoriy S. Shekhovtsev, Assistant at the Department of Specialized Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: shekhovtsev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6281-9968>

Olga I. Solovyova, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Specialized Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: milk-center@rgau-msha.ru

Olga A. Kalmykova, CSc (Ag), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Specialized Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: okalmykova@rgau-msha.ru