

Проф. д-р Йордан Цанов Петров, д-р б.н. Кат. Анатомия, хистология и
ембриология при Биол. институт по зоотехника и ветеринарна медицина

Необходимостта от бързо развитие на местната продуктивност у селскостопанските животни с високо качество на месните продукти изисква все по-пълно разкриване на биологичните закономерности на растежа и развитието на скелетната мускулатура. За изясняване интензитета на развитие на мускулатурата и нейните качества в онтогенезата на различните видове и породи животни и като основен показател при селекцията в животновъдството важно място заема морфологичния критерий.

Нашите проучвания се извършиха върху микроструктурата на три мускула – *mm. longissimus dorsi, iliopsoas и semitendinosus* в различни възрасти от постнаталния период при домашните бозайници – говеда, биволи, овце, свине и зайци и на *m. rectoralis major и m. semitendinosus* при домашните птици – кокошки, пуйки, гъски и патици.

За светлинно-микроскопските анализи, срезите бяха оцветявани по методи за зализване на мастната тъкан и сложните липиди в мускулната тъкан. За идентифициране на крайните типове мускулни влакна се използваха липидни оцветители, като възможностите на тези методи бяха потвърдени при сравнимостта им с резултатите от хистохимичните определения (с проявяне на ензимната активност) за СДГ по метода на Nachlas et al (1957), за миофибриллярната АТФ-аза по метода на Butter a. Cosmos (1981) с основна преинкубация и за фосфорилазата по метода на Lojda et al (1976). За установяване на ДМК и РМК – синтетичната активност на скелетната мускулатура използвахме авторадиографичния метод с прилагане на ^{35}H – тимидин и ^{35}H – уридин. Съотношението между тъканните съставки на мускулите (мускулна, съединителна и

и мастна тъкан) бе определено количествено с използване на интеграционна масичка ИICA (Reker – 1949, Fischer – 1961). Определянето на средния диаметър на мускулните влакна (d) бе направено посредством рисователен апарат и планиметрично – термо-вен метод, като се изчисляваше от средната разрезна площ (S) по формулата $d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$. Където d е средния диаметър, S – средната разрезна площ, $\pi = 3,14$. Диаметърът на мускулните влакна бе определен на всяко животно върху 800 – 1200 броя влакна.

Тук ще бъдат изложени само по-характерните микроморфологични особености в скелетната мускулатура при отделните видове животни:

При ГОВЕДА ПРЕЖИВИИ тези особености са проявени през целия им постнатален период. Мускулните влакна при раждане У ГОВЕДА и БИВОЛИ показват по-напредната фаза на развитие в сравнение с другите селскостопански животни (като свине и зайци). Те имат ъглести напречно-разрезни повърхности и всички съдържат много дребни липидни капки (0,5 до 1 μm), които са повече и по-ясно видими в някои от влакната. По характерна е формата и разположението на типовете мускулни влакна при следващите по-големи възрасти У ГОВЕДОТО. На 3-месечната възраст тъмните влакна се открояват със значително по-малката си дебелина, в сравнение със светлите и с по-закъръглен профил на напречната разрезна повърхност. Те са разположени предимно във вътрешността на първичното снопче и групирани по няколко, но без никакъв ред се свързват въвръввидно помежду си. На следващите по-големи възрасти (6-, 12-, 18-, и 24 месеца) тъмните влакна се открояват с по-закъръглената си напречно разрезна повърхност и разпръснати поединично сред светлите се създава добре изразена мозаичност.

Наред с посочените изменения при всичките изследвани възрасти, но повече в по-ранните (до 6 месеца) се наблюдават и мускулни влакна (и то повече от тъмните) в дегенерация. Тази дегенерация, восъковидна (хиалинна) по вид може да се приеме като нормален физиологичен процес съпроводящ развитието на мускулната тъкан.

ПРИ БИВОЛИТЕ, могат да се забележат при стопанска зрелост (на 24 месеца) известни различия от говедото във формата на напречния разрез на тъмните влакна – тя е с по-ъглест профил. Тъмните влакна са по-често в малки групички (по 2 – 4 броя) сред по-дебелите светли.

У ДРЕБНИТЕ ПРЕЖИВИ – овце, обособяването на крайните типове мускулни влакна (тъмни и светли) е от 1 – месечна възраст, но най-ясно то е изразено след 3 – месечна. Тъмните мускулни влакна на 18 – месечната възраст (при стопанска зрелост) и на следващите по-големи възрасти са разположени групирани, но без определен ред сред светлите.

ПРИ СВИЯТА, микроморфологичните особености в скелетната мускулатура са в най-ярко отличаващи се белези от другите видове животни. При раждане всичките мускулни

влакна имат кръгъл или овален напречен разрез и почти всички съдържат сравнително еди липидни капки. Само отделни особено дебели влакна с шахматно разположение сред останалите имат по-светъл тон на оцветяване и съдържат по-малко и по-дребни липидни капки. Със същото шахматно разположение след 1 - месечна възраст (при т. *longissimus dorsi*) тъмните мускулни влакна (които са вече диференциирали) са обособени в групи, които са разположени типично за свинете в строго шахматен ред сред светлите. При стопанска зрелост (на 12 месечна възраст) разположението на тъмните и светлите влакна е почти същото. В периода след 1 - месечната възраст дебелината на тъмните особено дебели мускулни влакна разположени централно в групите от тъмни се мени. Те са или много дебели със закръглено напречно-разрезна повърхност (на 1 месец, 1 и 2 години) или всичките тъмни влакна в групите са много по-тънки от заобикалящите ги светли (на 2-и 7 месеца и на 3 години). Този факт има голямо значение за изясняване на развитието на мускулната тъкан в постнаталната онтогенеза на животните.

ПРИ ЗАЕКА, мускулните влакна при раждане са подобни при свинята - не диференциранни. Те са с кръгъл напречен срез, но както при свинята и овцата и тук има разположени не рядко и по единично по-дебели влакна с централно разположено ядро и по-светъл тон на оцветяване от липидните оцветители. Диференцирането на тъмните и светлите влакна е добре изразено след 1 - месечната възраст, при която тъмните влакна се открояват с по-малката си дебелина и са разположени поединично (по 3 - 5 в снопче) сред по-дебелите светли. Такова е разположението на 2-та типа мускулни влакна и при стопанската зрелост на заека, 5 - месечната възраст.

(скелетната мускулатура ПРИ ДОМАШНИТЕ ПТИЦИ се характеризира с микроморфологичните белези на бялата и червената мускулатура, които се отличават със значителни различия между кокошката и пуйката от една страна и водоплаващите птици от друга.

ПРИ КОКОШКАТА И ПУЙКАТА мускулните влакна на бялата мускулатура (*m. pectoralis major*) при излюпването имат закръглен профил на напречния срез, много малка дебелина (около 3 - 4 μ) и съдържат дребни липидни капки. В червената мускулатура (*m. semitendinosus*) съдържанието на липидните капки на тази възраст в никак от влакната е повече, поради което разрезните им повърхности изпъкват с по тъмен и по-светъл тон. По-късно (след 1 - месечна възраст) когато мускулните влакна са диференциирани се открояват по-ясно отливащи ги белези. При половата и стопанска зрелост на кокошката (на 6 - месечна възраст) и на пуйката (8 месеца) в средната и дълбока част на големия гръден мускул се намират единични или на групи (по 2 - 3) тъмни, по-тънки влакна сред по-дебелите светли. В повърхността

част на мускула са всичките светли и са доста изравнени по дебелина и тон на оцветяване. Важен признак, който установихме при нашите изследвания е, че ядрата са разположени при светлите влакна равномерно във вътрешността им, така както са те при по-нисшите земноводни животни.

ПРИ ВОДОПЛАВАЩИТЕ ПТИЦИ (ГЪСКАТА И ПАТИШАТА) установихме ярко отличаващи ги микроморфологични белези в бялата мускулатура. Мускулните влакна при излюпването у гръдената мускулатура (*m. pectoralis major*) наподобяват тези при кокошката и пуйката. На тази възраст в червената мускулатура диференцирането на мускулните влакна е в сравнително по-напреднала фаза. В полусухожилния мускул съдържанието на липидни капки в никак от влакната е повече, поради което те изпъкват с по-тъмен и по-светъл тон на оцветяване. Средната дебелина на мускулните влакна у тази мускулатура е около 9 μ . Тя е много по-голяма (около 2,5 пъти) в сравнение с кокошката и пуйката. Обратно е положението при гръдената мускулатура, при която развитието на мускулните влакна в сравнение с другите видове животни е най-забавено. Само при водоплаващите птици мускулните влакна в гръдената мускулатура на 1 - месечната възраст все още не са диференциирани, а по-късно след 3 - месечната.

При гъски-типично за водоплаващите птици (гъската и патишата) е особената структура на гръдената мускулатура, която е проявена добре след диференцирането на мускулните влакна (след 3 - месечната възраст). При стопанската и половата зрелост на гъската 10 - месечна възраст) и на патишата на 7 месеца светлите (белите) мускулни влакна са значително по-малко в количествено съотношение спрямо тъмните (15 - 20 %). Те са иняколко пъти по-дебели и са разпръснати в средната част на мускула поединично сред по-многообройните и значително по-тънки тъмни влакна. Тяхното разположение в мускула има подчертан градиент. Докато в повърхностните участъци на латералната страна те са в по-голямо количествено съотношение спрямо тъмните, то към медиалната страна те постепенно определят и в повърхностните медиални участъци на мускула са разпръснати поединично извънредно на рядко сред по-многообройните тъмни или почти липсват.

При хистометрични анализи бе определен СРЕДНИЯ ДИАМЕТЪР НА МУСКУЛНИТЕ ЩАДИИ И СЪОТНОШЕНИЕТО НА ТЪКАНТИТЕ СЪСТАВКИ НА МУСКУЛИТЕ. Тези показатели установихме при една средна за всички животни възраст - ПРИ СТОПАНСКАТА ИМ ЗРЕЛОСТ. Наистина бозайниците и птиците са с различна принадлежност в систематиката, но в случаи се имат предвид особеностите и качествата на единния използваем продукт - месото. За влиянието на дебелината на мускулните влакна върху някои качества на месото, като например крехкостта все още се дискутира, но самата тя е един важен показател - дава определение за нежността на мускулатурата, resp. на месото. ПРИ ДОМАШНИТЕ БО-

ЗАЙНИЦИ в стопанска зрялост средният диаметър на мускулните влакна при *m. longissimus dorsi* е най-голям при свинята – порода Българска бяла (60,27 mm) и поредно към по-тънки следват зайци – порода Новозеланска (55,04 mm), говеда – Български симентал (54,09 mm), биволи – Български местен бивол (47,33 mm) и най-тънки са те при овцата – порода Ил де франс (38,31 mm).

ПРИ ПТИЦИ в големия гръден мускул (*m. pectoralis major*) най-дебели са мускулните влакна на пуйките – порода белтсвилд (60,25 mm). Поредно към по-тънки следват кокошки на 6 месеца – порода бял плимутрок (46,70 mm), гъски – бяла месна бенковска – 10 месеца (36,74 mm) и най-тънки са влакната при патицата – порода бяла пекинска (27,09 mm) у всяко животно и при всички възрасти дебелината на мускулните влакна (предимно на тънните) е най-различна – от максималната за да-дено животно достига до няколко микрона (3 – 5 μm). Средният диаметър на мускулните влакна зависи от много фактори – освен възрастта, вида, породата и пола на животното и от вида на мускула, начина на хранене и гледане, но също и от интензивността на възникване и развитието на нови, по-тънки мускулни влакна.

При растежа на животните и развитието на структурните елементи на скелетната мускулатура относително се увеличава масата на мускулните влакна, а съединителната тъкан (перимизиума и ендомизиума) намалява.

На сравните възрастни при бозайниците *m. longissimus dorsi* съдържа най-голям процент мускулна тъкан при бивола (93,84 %), а най-малък при говедата (86,54 %). Процентното съдържание на мускулна тъкан зависи от другите две основни съставки – съединителна и мастна тъкан. По-голямо значение има тук относителното съдържание на интрамускулната мастна тъкан с оглед мраморираността на месото. От домашните бозайници тя е най-добре развита при зайци (4,81 %) и овце (3,47 %), а от птиците – в *m. pectoralis major* у гъските (4,80 %). При полусухожилния мускул (*m. semitendinosus*) относителното и съдържание е най-голямо при овце (6,01 %), а най-малко при говедата (1,26 %).

Въпросът за постнаталната хистогенеза на скелетната мускулна тъкан и начина на растежа на скелетната мускулатура много години се дискутира. Това е голям кардинален въпрос не само с общо биологичен интерес, а и с важен научно-приложен характер. С приложените от нас различни подходи при проучванията (съпоставяне на хистологичните данни с хистометричните и отчитане на крайните резултати от растежа и изменението с възрастта на отделните мускули и общата мускулатура) и на съвременните методи на изследване (авторадиографията и електронната микроскопия) можахме да се доберем до обилен материал с данни, даващи по наше мнение убедителен отговор на този въпрос.

Сега можем въз основа на резултатите от нашите и други проучвания да кажем със сигурност, че растежът на скелетната мускулатура у селскостопанските животни след раждането се осъществява по два начина – с увеличаване размара на мускулните влакна (с хипертрофия) и с увеличаване на тяхното количество (с хиперплазия). Увеличаването на количеството мускулни влакна през постнаталния период става от развитието на сателитните клетки (миосателитонитите) разположени между базалната мембрана и плазмолемата на влакната, а също и от надлъжно разделяне на развити (зрели) мускулни влакна.

Нашите основания за това са следните:

1. Установихме увеличаване на количеството мускулатура в следваща по-голяма възраст при говеда, биволи и свине без да има удебеляване на мускулните влакна. Пешо повече – в следващата по-голяма възраст се установи дори по-малък среден диаметър на мускулните влакна. В случая при говедата, средният диаметър на мускулните влакна у *m. iliopsoas* на 12 месеца е 35,57 mm, а на 18 месеца 33,12 mm. Теглото на този мускул на 12 месеца е 1,683 кг., а на 18 месеца – 2,677 кг. Теглото на трупа чистата половина е съответно 113,86 и 184,41 кг. На чистата мускулатура теглото на съответната половина е 76,94 кг. на 12 месечна възраст и 119,23 кг. на 18 месеца. В случая при прасета, от източно балканската порода поставени от 2 до 7 месечна възраст в две групи при различно ниво на хранене – при интензивно хранените прасета тънните мускулни влакна в шахматно разположените групички са повече и по-тънки. Средният диаметър на влакната при тези прасета е 28,26 μm спешу 32,63 μm в групата с по-ниско ниво на хранене. При това, живото тегло на интензивно хранените прасета (на 7 месечна възраст) е по-голямо, повече е и чистата мускулатура при тях. Тя е 13,4 кг спешу 10,0 кг у ремонтните прасета били на значително по-ниско ниво на хранене (били са на стадно свободно отглеждане без да им се дава концентриран хранене).

2. Такива положения биха констатирани и при биволи и свине от 1 до 2 години възраст, при които средният диаметър на мускулните влакна е намален от 67,36 на 65,8 μm . В същото време теглото на чистата мускулатура се е увеличило от 1 до 2 годишна възраст с 20,00 кг. Увеличението на мускулатурата при единия и при другия случай може да се обясни с увеличение броя на по-тънки мускулни влакна.

3. Наблюдават се много миобластоподобни клетъчни форми показващи възникване и развитие на нови мускулни влакна след раждането от камбиални източници и често на мястото на дегенерирали влакна. При това, тези развиващи се мускулни влакна не са равномерно разпръснати сред по-дебелите, за да се считат като техни изтаявани

и завършващи крайни части, както предполагат някои автори (Montgomery - 1962).
4. Основание за постнатално възникване и развитие на нови мускулни влакна ни дават и резултатите от автоторадиографичните изследвания - включване на ^{35}S - тимидин в мускулната тъкан и пролиферацията на клетки в тази тъкан в постнаталния период на развитие на селскостопанските животни.

5. Установихме сателитни клетки в мускулните влакна на агнета и прасета за които е доказано, че се развиват в миогенни клетки и че сателитните клетки пред-ставляват според (Moss a. Leblond - 1971 и Nag a. Foster - 1981 г.) източник на мускулни ядра и мускулни влакна по време на нормалния растеж на мускули.

6. Наблюдават се форми показващи постнатално умножаване на мускулни влакна чрез надължно деление. Типичен е примера при свине, при които структурата на мускулната тъкан е подходяща за модел показващ постнаталните изменения на мускулните влакна с възрастта. Например при раждане се наблюдават у *m. longissimus dorsi* по-дебели мускулни влакна, единично и шахматно разположени (3 - 5 броя в снопче), които се открояват с по-светъл тон на оцветяване в резултат на по-малкото липидни капки. Често в тях се намират и централно разположени ядра и навлизаш като вътрешността интрацелуларен септум с обормяне след това на сарколема.

На възрастите 1 месец, 1 и 2 години със същото шахматно разположение се намират във вътрешността на снопчетата групички от тъмни влакна, а в средата на групичките също така (подобно при раждането) се открояват значително по-дебели, но тъмни влакна с кръгъл напречен разрез и често с централно разположени ядра, но и с тази разлика, че съдържащите се в тях липидни капки са повече и по-едри. На следващите по-големи възрасти 2 и 3 месеца и 3 години тези особено дебели мускулни влакна (в средата на групичките от тъмни) липсват. Вместо тях групичките от тъмни влакна съдържат само тънки и повече на брой тъмни влакна.

Исто е, че липсващите дебели тъмни мускулни влакна в групичките или са дегенерирали или са се разделили на по-тънки. За тяхното разделяне подказват и наблюдаващите се форми с навлизане на интрацелуларен септум във вътрешността на влакната и разделянето му на две или няколко по-тънки. За такова предположение говорят и наблюдаваните форми при кокошката, показващи надължно деление на мускулните влакна.

Има следните неоснователни по наше мнение възражения на автори за възможността за постнатално развитие на мускулната тъкан чрез хиперплазия.
Някои считат, че наблюдаваните много тънки мускулни влакна били краища на развити, зрели мускулни влакна. Това е несъстоятелно твърдение, за което говори самата структура особено при свинята. Такива тънки мускулни влакна не са равномерно разпръснати, а са на определени участъци и изменят дебелината си с възрастта

С делението, което може да се наблюдава. Други (като Schmalbruch) считат, че формите с навлизане във вътрешността на мускулните влакна септиуми показвали не разделяне, а не пълно латерално сливане на миотубули. Но той самият описва за случая, по който се позовава регенерацията на мускулната тъкан, която според него и според други автори повтаря феталната миогенеза. Че в "стария цилиндър" на базалната мембрана се образуват по няколко млади влакна, които впоследствие се откачат от общата мембра и образуват същинска т.e. обособяват се от отделните мускулни влакна, както при феталната миогенеза. Та тъкмо по същия начин се наблюдава процеса на надължното деление, което ние посочваме при свине. И замо не може да се приеме, след като самият Schmalbruch, а и други автори посочват, че процесът при регенерацията е същия като при феталната миогенеза.

Относно възможностите за възстановителна регенерация на скелетната мускулатура. Вече има убеденост у морфологите, че скелетната мускулна тъкан регенерира. И нашите проучвания на биопсичен материал взет 45 дни, 3- и 7 месеца след биопсията от регенерационните участъци показват това. Може да се приеме, че главна роля в мускулната регенерация играят сателитните клетки.

Развитието на мускулната тъкан с възрастта - уголемяването на мускулните влакна или възникването и развитието на нови такива е съпроводено и с дегенерация и отпадане на влаква в различни фази на тяхното развитие. В по-голяма степен тя се наблюдава у животните в по-ранна възраст - в периодите, които се характеризират с по-интензивно развитие на мускулатурата. Тази дегенерация може да се счита за нормално явление - за физиологичен процес.