

СУДОВА КРАНІОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

УДК 19:340.6:636.22/.28:611.715

І. В. Яценко, провідний науковий співробітник Харківського НДІСЕ, доктор ветеринарних наук, професор,

К. Р. С. Абузнайд, кандидат ветеринарних наук,

Н. М. Богатко, доцент Білоцерківського національного аграрного університету, кандидат ветеринарних наук,

Н. В. Букалова, доцент Білоцерківського національного аграрного університету, кандидат ветеринарних наук,

Я. К. Сердюков, доцент Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат ветеринарних наук,

Т. Є. Балинян, провідний науковий співробітник Харківського НДІСЕ, кандидат біологічних наук,

М. А. Буйкіна, судовий експерт Харківського НДІСЕ

КРИТЕРІЇ ВІКУ ТА СТАТІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ МОЛОЧНОГО НАПРЯМУ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ ЧЕРЕПА

Досліджено морфологічні особливості черепа великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності залежно від статі в широкому віковому діапазоні (від народження до 10 років). Установлено, що оцінювання інформативних кількісних параметрів черепа (краніометричних, рентгеноденситометричних, спектральних) і формалізація його якісних ознак (краніоскопічних, рентгеноморфологічних) дозволяє всебічно, об'єктивно й достовірно встановити вік великої рогатої худоби на основі обґрунтованого еталонно-тестового принципу. Останній є базою для комп'ютерної програми Skull Cattle, яка автоматизує цей процес, нівелює помилки під час опрацювання результатів досліджень, підвищує точність і об'єктивність краніологічних експертиз.

Ключові слова: череп, велика рогата худоба, вікова морфологія, стать, краніологічна експертиза.

Підвищення якості судово-біологічних експертиз базується на розробленні нових і удосконаленні класичних методів дослідження. Цей процес неможливий без глибоких знань закономірностей індивідуального розвитку

організму тварини в цілому та окремих його органів і систем зокрема. Серед усього розмаїття біологічного матеріалу досить інформативним для судово-біологічної експертизи є череп, на що вказують Р. І. Лихотоп, О. В. Коченкова, В. М. Звягін, О. І. Холамов та ін.¹

Череп як такий, що не становить особливої товарної та харчової цінності, залишають неподалік від місця забою на м'ясо викраденої тварини, місця браконьєрства тощо. Тому проведення судово-біологічної експертизи цього матеріалу має базуватися на науково обґрунтованих, апробованих методичних рекомендаціях, інструкціях, котрі включають комплекс структурних критеріїв у широкому віковому діапазоні. Їх обмеженість не дозволяє досягти такої мети. У зв'язку з цим дослідження вікових морфологічних особливостей черепа, зокрема великої рогатої худоби (ВРХ) з урахуванням статі тварин, для завдань судово-біологічної експертизи має наукову й практичну актуальність.

Мета роботи – визначити комплекс якісних і кількісних вікових морфологічних критеріїв носомозкового відділу черепа ВРХ молочного напрямку продуктивності залежно від статі та розробити способи визначення віку й статі тварин за цими критеріями.

Матеріалом для дослідження були носомозкові відділи черепа ВРХ червоно-рябої породи. Загалом досліджено 176 черепів ВРХ: 88 – самців і 88 – самок, віком від новонароджених до 10-ти років. Залежно від застосованих методів дослідження було сформовано дослідні групи з 11 самців і 11 самок. Усі роботи виконувалися відповідно до чинного законодавства щодо етичних принципів експериментів на тваринах. Для досягнення поставленої мети та реалізації завдань дослідження нами застосовано такі взаємодоповнюючі методи: краніоскопічний, рентгеноморфологічний, рентгеноденситометричний, комп'ютерно-денситотографічний, краніометричний, спектроскопічний, котрі забезпечили формування судово-біологічної краніологічної технології².

Описову характеристику черепа проводили за потиличною, дорсальною, латеральними та вентральною поверхнями. Абсолютну масу черепа визначали за допомогою ваг марки ВЛКТ-500. Абсолютні показники об'єму черепа визначали за об'ємом витісненої води в ємності.

¹ Лихотоп Р. И., Мельник О. П. Особенности соединения костей черепа млекопитающих в зависимости от возраста и размеров животных. Влияние антропогенных факторов на структурные преобразования органов, тканей, клеток человека и животных: материалы 2-й Всерос. конф. Саратов, 1993. С. 29; Коченкова О. В. Изменчивость зубчатых швов черепа человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2012. 26 с.; Звягин В. Н., Джуваляков Г. П. Определение возраста по микроструктуре костей черепа: метод. рекомендации М-ва здравоохранения СССР. 1988. № 10–11. С. 1–16; Холамов А. И. Установление половой принадлежности черепа человека по основным краниометрическим параметрам. Медицина: вызовы сегодняшнего дня: материалы междунар. науч. конф. (г. Челябинск, июнь 2012 г.). Челябинск: Два комсомольца, 2012. С. 94–99 та ін.

² Яценко І. В. Структурні параметри скелета ссавців як об'єкти судово-ветеринарної експертизи при визначенні видової належності біологічного матеріалу: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Харків, 2009. 38 с.

Рентгенографію випиляних із черепа основної частини потиличної та клиноподібної кісток виконували в дорсовентральній проекції, зберігаючи їх природний взаємозв'язок, на цифровому рентгенівському апараті. Рентгенограми досліджували за допомогою негатоскопа НД-1.

Комп'ютерно-томографічні (КТ) зображення черепів ВРХ досліджували шляхом їх сканування за допомогою рентгенівського СКТ Siemens Somatom Emotion. Черепи укладали на деку томографа вздовж центральної осі. Загальним методом подальшого дослідження є Single-Slice QCT (однозрізова кількісна КТ) (К. Engelke, 2008). На КТ-зрізах черепів проаналізовано у віковому аспекті та залежно від статі комп'ютерно-томографічні денситометричні показники (КТДП) потиличного виростка, яремного відростка, клиноподібної кістки, тіла потиличної кістки, луски потиличної кістки, верхньощелепної кістки.

Прямий денситометричний аналіз із вимірюванням коефіцієнтів ослаблення в одиницях Хаунсфілда НУ проводили після обробки сигналу та автоматичного реконструювання графічної матриці. Вимірювання чисел Хаунсфілда (НУ) проводили на ділянках гачкоподібного і яремного відростків, потиличного виростка різцевої кістки.

Краніометричні дослідження черепа виконували за методом А. von den Driesch¹ і С. К. Рудика² у нашій модифікації (І. В. Яценко, К. Р. С. Абузнайд³) за допомогою електронного штангенциркуля ДСТУ-10.

Спектроскопічні дослідження потиличної та верхньощелепної кісток здійснювали, керуючись методикою Л. Л. Шафранського⁴ та Ю. С. Вайля⁵ на апараті Avatar-360 Фур'є перетворювачем в інтервалі хвильових чисел 567–3433 см⁻¹. З урахуванням поправки на фон, розраховували відносну оптичну щільність (ВОЩ) смуги поглинання.

Для автоматизації процесу встановлення віку та статі ВРХ розроблена комп'ютерна програма Skull Cattle. Використовуючи комп'ютерні програмні пакети Microsoft Excel, Maple-9, здійснювали варіаційно-статистичну обробку цифрових даних; достовірність визначали за критерієм Стюдента.

На початковому етапі проведено краніоскопічний аналіз черепів, виділено ряд параметрів, якісна характеристика яких дозволила встановити відповідні вікові діапазони. Інформативними критеріями вікової диферен-

¹ Von den Driesch A. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin*. Cambridge, 1976. № 1. P. 1–137.

² Рудик С. К. Спланхнокраній Bovidae u Cervide. Київ: Акад. наук вищ. освіти України, 2008. 208 с.

³ Яценко І. В., Абузнайд К. Р. С. Методичні підходи до остеоскопічного та остеометричного дослідження носомозкового відділу черепа великої рогатої худоби в аспекті судової ветеринарної експертизи. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. пр. Харків. держ. зоовет. акад. Харків, 2014. Вип. 28, ч. 2. С. 200–207.

⁴ Шафранский Л. Л., Васильев А. Н. Спектроскопия костей плода человека в инфракрасной области. Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. 88 с.

⁵ Вайль Ю. С., Варановский Я. М. Инфракрасные лучи в клинической диагностике и медико-биологических исследованиях. Ленинград: Медицина, 1969. 239 с.

ціації ВРХ за потиличною поверхнею черепа є: наявність джерельця на лобній поверхні черепа, а також ступінь сформованості тім'яної і міжтім'яної кісток, з'єднання латеральних частин потиличної кістки над більшим потиличним отвором, утворення вийної пластинки; виразність лінії синостозування (з'єднання) луски та латеральних частин потиличної кістки, виразність лінії синостозування вийної пластинки та лобних кісток, настання облітерації кісткових швів черепа. Отже, ураховуючи особливості будови потиличної поверхні черепа, можна виділили 5 вікових діапазонів: 0–4, 4–18, 18–24, 30–36, 36–120 міс.

Важливими параметрами дорсальної поверхні черепа в аспекті вікової диференціації є: ступінь випуклості лобних кісток, виразність джерельця, зміщення тім'яних і міжтім'яних кісток, виразність шийки та вінчика рогового відростка лобної кістки. Ураховуючи ознаки будови дорсальної поверхні черепа можна виділили 3 вікових діапазони: 0–4, 4–12, 12–120 міс.

Критеріями вікових краніологічних особливостей на латеральній поверхні черепа є вид з'єднання: тім'яної та скроневої кісток, відростків у величній і орбітальній дугах, слізної й лобної кісток, ступінь виразності щічного горба. Ураховуючи ці ознаки будови латеральної поверхні черепа можна виділили 5 вікових діапазонів: 0–4; 4–30; 30–36; 36–60; 60–120 міс.

Вікову диференціацію черепа ВРХ за вентральною поверхнею проводили за такими інформативними критеріями: кількість зубів або луночок для зубів у верхній зубній аркаді, вид з'єднання кісток, ступінь виразності м'язових горбків. На основі систематизації цих краніоскопічних ознак можна виділити 7 вікових діапазонів: 0–2, 2–4, 4–12, 12–30, 30–36, 36–60, 60–120 міс.

Таким чином, виявлено ряд краніоскопічних параметрів різного ступеня інформативності, котрі в сукупності дозволяють діагностувати вік ВРХ у відносно широкому віковому діапазоні – від народження до 120-місячного віку.

Із віком у тварин відбувається постійна ремоделяція як компактної, так і губчастої кісткової тканини в основній частині потиличної кістки, базисфеноїді та пресфеноїді, яка, як правило, стає більш складною та упорядкованою. Із віком синхондрози заміщується синостозами з утворення рентген-щільних ліній. У цілому результати рентгеноструктурного аналізу компонентів кісткової тканини та з'єднань між досліджуваними кістками дають змогу орієнтовно визначити вікову належність кісткового матеріалу. Рентгеноструктурні параметри потиличної кістки та основної клиноподібної кістки неінформативні для диференціації статі ВРХ протягом усього постнатального періоду онтогенезу.

Для підвищення об'єктивності результатів вікової діагностики, рентгеноструктурні дослідження нами доповнені рентгеноденситометричним і комп'ютерно-денситомографічним методами. За допомогою однофакторного дисперсійного аналізу зазначених ділянок черепа ВРХ встановлено, що їх КТДП розрізняються значимо, тому для визначення віку й статі ВРХ нами було складене дискримінантне рівняння:

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 - X_0. \quad (1)$$

Значення дискримінантних коефіцієнтів $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ і параметра X_0 – межі розділу двох різних вікових груп певних статей – попередньо розраховували з аналізу та оброблення результатів багаторазових вимірювань значень ознак $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ для 11 вікових груп самців і 11 вікових груп самок по 3 тварини в кожній групі, тобто для 66 тварин. Для визначення віку та статі всі вікові групи тварин порівнювали з першою віковою групою для самців (В. Ю. Урбах¹). Згідно з розробленим нами способом, якщо значення всіх дискримінантних функцій попарного порівняння (X) під час підстановки в рівняння (1) одержаних значень ознак $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ з урахуванням розрахованих значень дискримінантних коефіцієнтів (a) і параметрів межі розділу двох різних вікових груп певних статей (X_0) є від'ємними, то череп належить самцеві 1-ї вікової групи. Якщо ж отримані значення дискримінантних функцій (X) мають різні знаки, то череп належить тварині тієї групи за віком і статтю, для якої алгебраїчне значення (X) є максимальним.

Інформативність вимірювань КТДП у різних ділянках черепа свідчить, що метод рентгенівської денситометрії є досить інформативним, тому що залучення всіх шести вимірів КТДП, зокрема: потиличного виростка (ознака j_1), яремного відростка (ознака j_2), клиноподібної кістки (ознака j_3), тіла потиличної кістки (ознака j_4), луски потиличної кістки (ознака j_5), верхньощелепної кістки (ознака j_6), приводить до збільшення відстані Махаланобіса, при цьому ймовірності помилки визначення статі ВРХ зменшується з 1,35 до 0 %. Навіть одне, перше вимірювання КТДП на ділянці потиличного виростка (j_1) дає ймовірність помилки визначення статі ВРХ, яка складає 1,35 %. Найбільш інформативним є значення КТДП на ділянці яремного відростка (j_2), бо воно суттєво збільшує відстань Махаланобіса, при цьому ймовірність помилки визначення статі ВРХ стрімко зменшується з 1,35 до 0,07 %.

Значення зовнішнього і внутрішнього діаметрів основи рогового відростка лобної кістки варіабельні, проте КТ-кортикальний індекс (КТКІ) чітко відображає тенденцію вікових структурних змін. Він достовірно більший у самок порівняно із самцями. Проте як у самок, так і у самців його значення достовірно збільшується із 4-місячного віку (3-тя група), досягаючи свого максимального значення у 18-місячному віці (6-та група). Далі, до кінця дослідження (120 місяців), його величина зменшується. Таку асинхронну динаміку, очевидно, можна пояснити розвитком рогового відростка лобної кістки та проникненням лобної пазухи в нього з віком. Отже, більш впливовою на результати вимірювань КТКІ є стать тварини (сила впливу 65 %) і менш впливовим є вік (сила впливу 31 %).

Можливість проводити прямий денситометричний аналіз окремих структур черепа (гачкоподібного відростка, яремного відростка, потиличного виростка, різцевої кістки) із вимірюванням коефіцієнтів ослаблення за шкалою рентгенівської щільності Хаунсфілда є суттєвою перевагою комп'ютерної томографії порівняно із звичайним рентгенологічним дослідженням.

¹ Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1975. 295 с.

Загальною закономірністю динаміки параметра Хаунсфілда на ділянках різних структур черепа ВРХ, зокрема гачкоподібного і яремного відростків, потиличного виростка, різцевої кістки, є його достовірне збільшення з віком. Також характерним є той факт, що в самців він більший проти самок із різним ступенем достовірності. Це, очевидно, можна пояснити віковими змінами хімічного складу та фізичних властивостей кісткової тканини, що узгоджується з виявленими нами віковими рентгеноморфологічними змінами кісткової тканини досліджених структур черепа.

Залежність віку тварини від значень параметра Хаунсфілда, виміряного на дослідному матеріалі, описується рівнянням регресії:

$$T = a_0 + a_1x + a_2x + a_3x + a_4x + a_5x + a_6x \quad (2)$$

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – значення коефіцієнтів регресії, що розраховані на контрольному краніологічному матеріалі методом найменших квадратів за допомогою системи комп'ютерних обчислень Maple-12. При цьому статистична похибка визначення віку й статі ВРХ досягає: 1,17–1,87 міс. (у самок) і 0,73–2,18 міс. (у самців).

Одержане нами рівняння регресії можна надійно застосовувати для визначення віку ВРХ певної статі від значень параметра Хаунсфілда. Причому воно для яремного відростка та потиличного виростка дозволяє розрізнити також стать тварини практично від народження до 90-місячного віку. За параметром гачкоподібного відростка, а також різцевої кістки стать тварини можна розрізнити, починаючи з 3-річного віку. Інформативність показника Хаунсфілда свідчить про те, що залучення всіх чотирьох вимірів: гачкоподібного відростка (ознака j_1), різцевої кістки (ознака j_2); яремного відростка (ознака j_3); потиличного виростка (ознака j_4) приводить до збільшення відстані Махаланобіса, проте ймовірності помилки визначення статі ВРХ зменшується з 54 до 4 %. Найбільш інформативною ознакою є 3-тя ознака (показник Хаунсфілда на ділянці яремного відростка (ознака j_3), адже це вимірювання відразу зменшує значення теоретичної помилки визначення статі ВРХ з 48 до 12 %. Після залучення четвертого вимірювання (ознака j_4), значення теоретичної помилки зменшується з 12 до 4 %.

Наступний етап досліджень передбачав аналіз комплексу нелінійних і лінійних краніометричних параметрів. Абсолютні значення маси, об'єму та щільності зберігають тенденцію до збільшення протягом усього досліджуваного періоду, тобто від народження до 10-річного віку. Виявлені нами особливості динаміки маси та об'єму зумовлюють рівномірне збільшення значень щільності черепа протягом усього періоду дослідження. Інформативність нелінійних параметрів черепа ВРХ для визначення статі за значеннями відстані Махаланобіса: маси, об'єму та щільності свідчить про те, що з додаванням кожної наступної ознаки, ймовірність помилки визначення статі ВРХ зменшується з 30 до 9 %.

Важливим критерієм вікової й статеві диференціації є лінійні розміри черепа. Для об'єктивної оцінки динаміки процесів росту в постнатальному періоді онтогенезу ми проаналізували динаміку краніометричних лінійних

вимірів на: дорсолатеральній поверхні – 8, потиличній поверхні – 7; вентральної поверхні – 6.

Аналіз залежності віку тварин обох статей від значень лінійних краніометричних параметрів для усіх параметрів черепа ВРХ, свідчить про наявність тенденції: спостерігається межовий критерій, котрий дає можливість увесь період постнатального онтогенезу тварини розділити на два вікові періоди: domeжовий і постмежовий. Domeжовий віковий період становить $T_0 \approx 1-3$ роки, що відповідає відносно швидкому росту структур черепа. У постмежовому віковому періоді ця залежність стає більш істотною, що свідчить про уповільнення розвитку та збільшення розмірів черепа з віком.

Нами встановлено, що залежність між віком ВРХ і краніометричними параметрами математично описується рівнянням регресії:

$$T = (a_0 + a_1 \cdot l + a_2 \cdot l^2 + a_3 \cdot l^3) \cdot \theta(l - l_0) + (b_0 + b_1 \cdot l + b_2 \cdot l^2 + b_3 \cdot l^3) \cdot \theta(l - l_0), \quad (3)$$

де T – вік тварини; l – значення лінійного остеометричного параметра, виміряного на черепі ВРХ; a_0, a_1, a_2, a_3 та b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти рівняння регресії domeжового і постмежового періодів онтогенезу тварини відповідно; θ – межовий вік тварини; l_0 – межовий віковий критерій.

Застосовуючи це рівняння, можна визначити вік і стать тварин у широкому віковому діапазоні – від народження до 10 років. Підтверджено, що стандартна похибка визначення віку тварин за краніометричним показником дорсолатеральної поверхні черепа ВРХ становить 2,5–10 міс.; вентральної поверхні – 1,7–10 міс. і потиличної поверхні: для самок ВРХ – 7,27 міс., проте для черепів самців ця помилка дещо менша – 4,60 міс. Це підтверджує їх достатню інформативність для краніологічної експертизи.

Інформативність зазначених лінійних параметрів дорсолатеральної поверхні черепа для визначення статі ВРХ за значеннями відстані Махаланобіса, свідчить про те, що залучення всіх 11 вимірів дорсолатеральної поверхні черепа, зокрема довжини рогового відростка лобної кістки (ознака j_1), товщини рогового відростка лобної кістки (ознака j_2), міжрогової ширини лобних кісток (ознака j_3), довжини лобної кістки (ознака j_4), довжини носової кістки (ознака j_5), прямої ширини носової кістки (ознака j_6), довжини верхньощелепної кістки (ознака j_7), довжини входу в носову порожнину (ознака j_8), щічної ширини черепа (ознака j_9), зовнішньої орбітальної висоти (ознака j_{10}), зовнішньої орбітальної ширини (ознака j_{11}), приводить до зменшення ймовірності помилки визначення статі ВРХ з 47 до 4 %. Найбільш інформативними вимірами є перші три ознаки (j_1-j_3), бо в разі їх залучення ймовірність помилки статі ВРХ зменшується із 47 до 15 %. Після доповнення комплексу цих ознак іншими вимірами – із четвертого до дев'ятого (j_4-j_9) ймовірність помилки зменшується з 15 до 4 %.

Інформативність зазначених лінійних вимірювань потиличної поверхні черепа для визначення статі ВРХ за значеннями відстані Махаланобіса свідчить, що залучення всіх семи вимірів зменшує ймовірність помилки визначення статі ВРХ з 80 до 23 %. Це свідчить про те, що лінійні виміри потиличної поверхні черепа є малоінформативними, бо загальна помилка визначення статі ВРХ перевищує 20 %.

Інформативність зазначених лінійних вимірів вентральної поверхні черепа для визначення статі ВРХ за значеннями відстані Махаланобіса свідчить, що залучення всіх восьми вимірів, зокрема довжини черепа (ознака j_1), довжини беззубого краю (ознака j_2), довжини тіла потиличної кістки (ознака j_3), довжини хоан (ознака j_4), ширини хоан (ознака j_5), аборальної ширини кісткового піднебіння (ознака j_6), ростральної ширини кісткового піднебіння (ознака j_7), довжини піднебінної кістки (ознака j_8), приводить до збільшення відстані Махаланобіса, при цьому ймовірності помилки визначення статі ВРХ зменшується з 84 до 2 %.

Найбільш інформативними виявилися перші п'ять ознак (j_1-j_5). У разі їх вимірювання теоретична ймовірність помилки визначення статі ВРХ зменшується з 84 до 5 %. Доповнення іншими ознаками (j_6-j_8) ймовірність помилки визначення статі ВРХ зменшується з 4 до 2 %.

Найбільш інформативними краніометричними індексами для визначення віку ВРХ кожної статі є: X_1 – індекс кісткової орбіти; X_2 – довжинно-лобний індекс; X_3 – довжинно-широтний індекс черепа; X_4 – ростральний індекс піднебінної ширини; X_5 – аборальний піднебінний індекс; X_6 – індекс потиличного виростка; X_7 – індекс потиличної висоти.

Дискримінантний аналіз краніометричних індексів ВРХ надійно дозволяє визначити вік і стать у широкому віковому діапазоні – від народження до 10-річного віку. Максимальна помилка визначення віку й статі ВРХ становить 30,60 % та існує між першими віковими групами самців і самок (середній вік – 1 міс.). Із віком ВРХ помилки визначення віку та статі тварин під час попарного порівняння суттєво зменшуються й наближаються до нуля.

Проведеними дослідженнями підтверджено думку деяких авторів, зокрема М. М. Бондаревського, В. В. Кам'яньського¹, що в тих випадках, коли на експертизу надходять дрібні кісткові уламки або їх зольні рештки, доцільним є використання методу ІЧ-спектроскопії. Тому нами проведено спектроскопічне дослідження озолених проб потиличної й верхньощелепної кісток. Будь-яких якісних відмінностей в ІЧ-спектрограмах ми не виявили, тому їх аналіз проводили за кількісною характеристикою – відносною оптичною щільністю (ВОЩ) смуг поглинання, котрі характеризують відносну концентрацію досліджуваних мінеральних компонентів кістки.

Ураховуючи вікові особливості динаміки ВОЩ на контрольному матеріалі, розраховані нами коефіцієнти регресії (a , b , c), які є константами, разом з обчисленими значеннями ВОЩ кісткової тканини (d) ВРХ невідомої вікової належності (кістки, що пройшли експертизу), були базою для створення рівняння нелінійної регресії:

¹ Бондаревський М. М., Яценко І. В. Визначення віку великої рогатої худоби за структурними параметрами кісток плесна та пальців тазової кінцівки: наук.-метод. рекомендації. Харків: РВВ ХДЗВА, 2011. 57 с.; Кам'яньський В. В. Діагностична інформативність структурних параметрів кісток скелета як об'єктів судово-остеологічної експертизи (огляд літератури). Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. пр. Харків. держ. зооветеринар. акад. Харків, 2010. Вип. 21. Ч. 2. Т. 1. С. 196–219.

$$T = \frac{a[1 + \sin(b\sqrt{d} + c)]}{d}, \quad (4)$$

де a , b і c – параметри регресії, значення яких отримані методом найменших квадратів.

Одержане рівняння є основою способу діагностики віку й статі ВРХ за ВОЩ кісток черепа. Запропонований спосіб дає можливість визначити вік ВРХ від народження до 10 років за значеннями ВОЩ озолоної кісткової тканини потиличної й верхньощелепної кісток із середньою помилкою 7,5 міс.

Інформативність вимірних значень відносної оптичної щільності озолених кісток черепа (ВОЩ) за хвильових чисел: $\nu = 567 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_1); $\nu = 603 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_2); $\nu = 632 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_3); $\nu = 1047 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_4); $\nu = 1091 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_5) та $\nu = 3433 \text{ см}^{-1}$ (ознака j_6) свідчить, що застосування всіх шести ознак ВОЩ (j_1 – j_6) збільшує відстань Махаланобіса (δ) з кожним вимірюванням майже лінійно з 3,77 до 9,88 одиниць, а ймовірність помилки визначення статі ВРХ при цьому зменшується з 5,9 до 0%. Проте найбільш інформативною є ознака j_2 ($\nu = 603 \text{ см}^{-1}$), бо за її застосування відстань Махаланобіса (δ) збільшується з 3,77 до 5,25 одиниць, а ймовірність помилки статі ВРХ суттєво знижується з 5,9 до 0,9%.

У процесі виконання роботи ми звернули увагу на інформативність вибору ознак для встановлення віку та статі ВРХ за морфологічними особливостями черепа. Вибір оптимальної (за критерієм максимуму достовірності) системи інформаційних ознак – це класичне завдання статистичного аналізу в умовах апріорної невизначеності. При цьому ранжування ознак за інформативністю здійснюється за величиною показника достовірності діагностики або ймовірності неправильного визначення. Як такий показник статистичної інформативності найчастіше обирають відстань Махаланобіса¹ та розраховану на її підставі ймовірність помилки визначення.

Для визначення віку й статі ВРХ за певними параметрами різних вимірів черепа нами було виділено 11 вікових діапазонів для самців і самок ВРХ: 0–2, 2–4, 4–6, 6–9, 9–12, 12–18, 18–24, 24–30, 30–36, 36–60, 60–120 міс. Середні за віковими діапазонами значення ознак для практично усіх вимірів черепів ВРХ різної статі достовірно різняться на рівні $p \leq 0,05$. У певних вікових діапазонах було можливо визначати не лише вік, а й стать тварини. Проте питання щодо вибору найбільш інформативних вимірювань (ознак) для визначення віку й статі ВРХ залишається відкритим. Відповідь на це питання може дати обчислення відстані Махаланобіса між певними ознаками для самців і самок ВРХ різних вікових груп (з одинадцяти). Класичне визначення квадрату відстані Махаланобіса δ^2 для ознаки A , яку вимірювали, є таким:

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^{11} \left(\frac{m_{bi}^{(A)} - m_{ci}^{(A)}}{\sigma} \right)^2, \quad (5)$$

¹ Mahalanobis P. C. On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*. 1936. № 2(1). P. 49–55.

де $m_{bi}^{(A)}$ – середнє значення ознаки A для самців i -тої вікової групи; $m_{ci}^{(A)}$ – середнє значення ознаки A в такій самій i -тій групі за віком для самок; середнє квадратичне відхилення σ визначали як найбільше для ознаки A в i -тій віковій групі самців або самок: $\sigma = \max\{\sigma_{bi}^{(A)}, \sigma_{ci}^{(A)}\}$. Для підвищення надійності оцінок далі обрали як σ середнє внутрішньо групове відхилення (σ_A) для усієї вибірки з 22 середніх значень ознаки A : $m_{bi}^{(A)}$ і $m_{ci}^{(A)}$ ($i = 1, 2, \dots, 11$).

Якщо вимірюється ще одна ознака B , то відстань Махаланобіса визначається як середня квадратична, згідно з узагальненою теоремою Піфагора:

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{11} \left(\frac{m_{bi}^{(A)} - m_{ci}^{(A)}}{\sigma_A} \right)^2 + \sum_{i=1}^{11} \left(\frac{m_{bi}^{(B)} - m_{ci}^{(B)}}{\sigma_B} \right)^2}. \quad (6)$$

Так само діємо в разі додавання інших ознак. Ймовірність помилки неправильного визначення статі тварини обчислюється за відомим значенням відстані (δ), згідно з формулою

$$P \leq 1 - \Phi\left(\frac{\delta}{2}\right), \quad (7)$$

де $\Phi(x)$ – нормальний інтегральний розподіл.

Для дослідження впливу факторів віку, статі та випадкових факторів на достовірне визначення віку й статі ВРХ за результатами досліджень різних характеристик черепа ми застосували дисперсійний аналіз¹. Нами досліджено можливість установлення віку та статі ВРХ за результатами вимірювань нелінійних і лінійних краніометричних, спектральних, рентгеноденситометричних та комп'ютерно-томографічних параметрів черепа ВРХ і його окремих ділянок. Ці дослідження є підставою для достовірного визначення віку та в окремих вікових діапазонах і статі ВРХ в експертній практиці. Проте існує необхідність у надійному статистичному обґрунтуванні достовірності й надійності результатів досліджень, що були проведені. Тому було застосовано метод двофакторного дисперсійного аналізу для встановлення сили впливу й достовірності впливу на результативну ознаку факторів – віку й статі тварини, а також випадкових факторів. Нами визначена сила впливу η (у %) кожного з двох факторів – віку та статі тварини на результати експериментів, а також достовірність впливу p за F -критерієм Фішера.

За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу на визначення віку й статі ВРХ впливають: за лінійними краніометричними показниками – вік тварин (81–100 %, $p \leq 0,001$), стать (0–17 %, $p \leq 0,001$) і випадкові фактори (0–6 %, $p \leq 0,001$); за результатами ІЧ-спектроскопічних досліджень – випадкові фактори (49–59 %), вік (36–50 %) і стать (1–4 %); за параметром Хаунсфілда (НУ) – вік (82–96 %, $p \leq 0,001$), стать (1–16 %, $p \leq 0,001$) і ви-

¹ Плехинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

падкові фактори (0–2 %); за значеннями КТДП – вік (5–82 %, $p \leq 0,01$), стать (2–89 %, $p \leq 0,001$) і випадкові фактори (6–51 %).

Отже, на визначення віку й статі тварин за лінійними краніометричними показниками більшою мірою достовірно впливає вік тварин, а меншою – стать і випадкові фактори. Проте на результати спектроскопічних параметрів значною мірою впливають випадкові фактори і вік, а значно менше – стать. За параметром Хаунсфілда на визначення віку і статі ВРХ, більшою мірою, достовірно впливає вік тварин, значно менше – стать і випадкові фактори. На значення КТДП суттєво впливає вік ВРХ, стать і випадкові фактори.

Таким чином, найбільш інформативними методами визначення віку і статі ВРХ є краніометрія та комп'ютерна денситотографія окремих ділянок черепа. Недостатня інформативність ІЧ-спектроскопії озолених кісток черепа та рентгенівської денситометрії свідчить про те, що в більшості випадків ці методи дослідження можуть бути залучені не як самостійні, а як додаткові, поряд з іншими інформативними методами. Доведено, що між анатомічною цілісністю черепа, кількістю та складністю застосованих методів дослідження й рівнем точності визначення за ним віку та статі ВРХ існує прямиї зв'язок. Це дало нам можливість запропонувати оптимальну схему проведення краніологічної експертизи.

Достовірність результатів досліджень суттєво підвищує регресійний і дискримінантний аналізи. Значна пошкодженість черепа ВРХ значно зменшує його діагностичну цінність, а, отже, обґрунтованість і доказовість експертизи, тому потребує залучення комплексу взаємодоповнюючих методів дослідження (таблиця).

Таблиця

Схема оптимізації краніологічних досліджень ВРХ залежно від їх анатомічного стану біологічного матеріалу

Методики дослідження	Стан кісткового матеріалу		
	анатомічно цілий	великі фрагменти	дрібні чи озолені фрагменти
Краніоскопія	+	+	–
Краніометрія	–		–
Рентгенографія	–	–	+
Рентгеноденситометрія	–		
ІЧ-спектроскопія	–	–	+
Регресійний аналіз	+	+	
Дискримінантний аналіз	+	+	

Таким чином, теоретично обґрунтовано та експериментально доведено, що череп ВРХ молочного напрямку продуктивності є високоінформативною частиною осьового скелета для визначення віку й статі тварин, а також зроблено спосіб діагностики за краніологічними критеріями на різних рівнях структурної організації в широкому віковому діапазоні – від народження до 10-ти років. За результатами відповідних вимірювань надійно визначається вік тварини з помилкою від 2 до 10 місяців.

КРИТЕРИИ ВОЗРАСТА И ПОЛА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ ЧЕРЕПА

**Яценко И. В., Абузнайд К. Р. С., Богатко Н. М., Букалова Н. В.,
Сердюков Я. К., Балинян Т. Е., Буйкина М. А.**

Исследованы морфологические особенности черепа крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в зависимости от пола в широком возрастном диапазоне (от рождения до 10 лет). Установлено, что оценивание информативных количественных параметров черепа (краниометрических, рентгеноденситометрических, спектральных) и формализация его качественных признаков (краниоскопических, рентгеноморфологических) позволяет всесторонне, объективно и достоверно установить возраст крупного рогатого скота на основе обобщенного эталонно-тестового принципа. Последний является базой для компьютерной программы Skull Cattle, которая автоматизирует этот процесс, нивелирует ошибки во время обработки результатов исследований, повышает точность и объективность краниологических экспертиз.

Ключевые слова: череп, крупный рогатый скот, возрастная морфология, пол, краниологическая экспертиза.

CRITERIA OF AGE AND SEX OF CATTLE OF DAIRY DIRECTION ON MORPHOLOGICAL FEATURES OF SKULL

**Yatsenko I. V., Abuznaid K. R. S., Bogatko N. M., Bukalova N. V.,
Serdiukov Ja. K., Balinyan T. E., Buikina M.A.**

The article is devoted to the study of the morphological features of the skull of dairy cattle depending on the sex in a wide age range (from birth to 10 years) at the different levels of structural organization. It has been established that the assessment of the informative quantitative parameters of the skull (craniometric, roentgenodensitometric, spectral) and the formalization of its qualitative characteristics (cranoscopic, roentgenomorphological) allows to determine the age of the cattle comprehensively, objectively and trustworthy on the basis of the reference-test principle. The latter one is the basis for the computer program "Cattle Skull", which automatizes the developed methods of cattle age and sex determination by the skull and eliminates the errors during the processing of the research results, it improves the accuracy and objectivity of the craniological examinations. According to the results of the multifactorial dispersion analysis, to determine the age and sex of the cattle is influence: according to linear craniometric indices – the age of the

animals (81–100 %), sex (0–17 %) and random factors (0–6 %); according to the results of IR-spectroscopic research – random factors (49–59 %), age (36–50 %) and sex (1–4 %); by Hounsfield parameter (HU) – age (82–96 %), sex – (1–16 %) and random factors (0–2 %); according to computer tomographic and densitometric indices (CTDI) values – age (5–82 %), sex (2–89 %) and random factors (6–51 %). Osteological technology, in the basis of which there is laid consideration of the integrity of the skull, the quantity and complexity of applied methods of skull research, allows to determine the age of the dairy cattle by the qualitative and quantitative parameters of the skull from birth to the age of 10 years with an accuracy of 2–10 months.

Keywords: skull, cattle, age morphology, sex, craniological examination.