

## Розділ 2

# СУДОВА ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА ТА ВЕТЕРИНАРНЕ ПРАВО

УДК 619:340.6:636.2.06-053:611.71

### СУДОВО-ВЕТЕРИНАРНІ АСПЕКТИ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КІСТОК ПЛЕСНА І ПАЛЬЦІВ ТАЗОВОЇ КІНЦІВКИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ МОЛОЧНОГО НАПРЯМУ ПРОДУКТИВНОСТІ

Яценко І.В., д.вет.н., професор, академік АН ВО України, бакалавр права,  
судово-ветеринарний експерт [yacenko-71@yandex.ru](mailto:yacenko-71@yandex.ru),  
Бондаревський М.М., к.вет.н., доцент  
Харківська державна зооветеринарна академія, м. Харків

**Анотація.** Робота присвячена дослідженню морфологічних особливостей кісток плесна і пальців тазової кінцівки великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності на макро- і мікроскопічному рівнях структурної організації для визначення віку у широкому діапазоні (від народження до 12-ти років) незалежно від стану кісткової тканини (нативного чи спаленого). Формалізація якісних і кількісних вхідних даних дозволяє об'єктивно, інтегративно та з певною мірою достовірності діагностувати вік ВРХ.

Проведення досліджень на основі остеологічних технологій дозволяє суттєво підвищити точність і об'єктивність визначення віку ВРХ. Автоматизація остеологічних експертиз можлива з використанням розробленої авторської комп'ютерної програми «Pes vasse».

Застосування остеологічних технологій, котрі базуються на еталонно-тестовому принципі та інтегративній оцінці структурних параметрів, та інформаційних технологій гарантує визначення віку великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності за кістками плесна і пальців тазової кінцівки від народження до 20-міс. – з точністю (похибкою)  $\pm 2,7$  міс.; від народження до 3-х років –  $\pm 3$  міс.; від народження до 5-и років –  $\pm 3,2$  міс.; від народження до 12-и років –  $\pm 12$  міс.

**Ключові слова :** вікова морфологія, кістки плесна, кістки пальців тазової кінцівки, велика рогата худоба.

**Актуальність проблеми.** Процес індивідуального розвитку організму являє сукупність кількісних і якісних змін, які відбуваються протягом всього онтогенезу тварини під впливом спадкових факторів та факторів зовнішнього середовища. Розвиток організму незворотний і характеризується різною інтенсивністю (нерівномірністю) в різні вікові періоди життя.

Одним із складних і чи не найважливіших завдань в остеологічній експертизі є визначення "кісткового віку" тварини. Проблематичність діагностики останнього полягає в значній лабільності кісткової тканини внаслідок дії на неї як ендо-, так і екзогенних чинників в постнатальному періоді онтогенезу, що узгоджується з думкою Криштофорової Б. В. [1], Гавриліна П. М. [2], Костюка В. В. [3], Тарасова С. А. [4], Яшиної В. В. [6], Захар'єва А. В. [6], Сахно Н. В. [7].

Проте, необхідно також враховувати неоднаковий ступінь мінливості різних кісткових органів в скелеті тварини. Тому в більшості випадків об'єктивний експертний висновок щодо вікової характеристики кісткового матеріалу можна зробити лише на основі його комплексного аналізу.

Визначення віку тварини має важливе значення в процесі ведення тваринництва. Для цього спеціалісти-тваринники використовують відповідну зоотехнічну документацію, з'ясовують вік тварини за ступенем стирання жувальних поверхонь зубів, підраховують кількість кілець на поверхні рогової капсули тощо, що відображено в довіднику М. В. Чернявського [8].

Проте слід відмітити, що в судово-ветеринарній практиці зустрічаються випадки, коли фахівцю ветеринарної медицини необхідно визначити вікову належність тварини за окремим фрагментом її тіла. У таких випадках використання вищенаведених методів є недостатнім, або й

взагалі неможливим, що обумовлює розробку, адаптацію та залучення більш складних методів дослідження. Знання вікових особливостей росту цих кісток може бути корисним не лише для класичної морфології, а й успішно використані у судово-ветеринарній практиці, що підтверджено дослідженнями І. В. Яценка [9].

**Мета дослідження** – визначити комплекс якісних і кількісних вікових морфологічних критеріїв кісток плесна і пальців тазової кінцівки великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності при дослідженні кісткових залишків та розробити способи визначення віку тварин за цими критеріями.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

1. Визначити макроскопічні вікові маркери кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ.
2. Обґрунтувати математичне моделювання процесу взаємодії рентгенівського випромінювання з кістками плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ.
3. Проаналізувати варіабельність вікових рентгенографічних та рентгеноденситометричних показників кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ. Розробити спосіб визначення віку ВРХ за цими параметрами.
4. Встановити закономірності вікових змін метричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ та розробити спосіб визначення віку тварин за цими параметрами.
5. Проаналізувати вікові мікроструктурні особливості середини діафіза кісток плесна ВРХ, визначити мікроскопічні маркери віку та обґрунтувати можливість їх використання в остеологічній експертизі кісткових фрагментів.
6. Виявити спектроскопічні характеристики озолоного кісткового матеріалу в якості критеріїв вікової диференціації кісток плесна ВРХ. Обґрунтувати доцільність залучення методу ІЧ-спектроскопії в комплексі визначення віку ВРХ за озолоною кістковою тканиною.
7. Розробити та теоретично обґрунтувати методологію використання комп'ютерної програми «Pes vasse» для автоматизації операцій у разі визначення віку ВРХ.
8. Розробити практичні рекомендації для визначення віку ВРХ за кістками плесна і пальців тазової кінцівки на різних рівнях їх структурної організації у випадку проведення судово-ветеринарних досліджень кісткових залишків.

Об'єкт дослідження – морфологічні критерії віку ссавців.

Предмет дослідження – структурні параметри кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ як критерії віку тварин.

**Матеріал і методи дослідження.** Матеріалом для дослідження були: кістки плесна (III і IV) (ПлК), а також кістки пальця тазової кінцівки, а саме: путові (ПтК), вінцеві (ВцК) та ратичні кістки (РтК). Вказані кістки відбирали від великої рогатої худоби, яка за клінічними показниками була здоровою без будь-яких проявів захворювань кісткової системи, після забою. Всього досліджено 1750 кісткових органів. Кістковий матеріал піддавали макроостеоскопічним, рентгеноморфологічним, рентгеноденситометричним, остеометричним, мікроскопічним методам дослідження, а також інфрачервоної спектроскопії.

Від м'яких тканин кістки звільняли шляхом препарування. Описову характеристику кісток давали користуючись схемою, при цьому подібні ознаки порівнювали між собою.

Для визначення абсолютної маси кісткових органів використовували ваги марки ВЛКТ-500. Абсолютні показники об'єму досліджуваних кісток (см<sup>3</sup>) визначали за об'ємом витісненої дистильованої води у мірному циліндрі. Значення густини кісток плесна та пальців тазової кінцівки розраховували за формулою:  $P = m : V$  (1, де  $P$  – густина (г/см<sup>3</sup>);  $m$  – маса органа (г);  $V$  – об'єм органа (см<sup>3</sup>).

Рентгенографію кісток плесна та пальців здійснювали на апараті Arman. Були витримані параметри: фокусна відстань трубки до рентген-плівки – 90 см, напруга на трубці – 120 кV, сила струму – 210 mA/s, експозиція – 3 сек. Кістки плесна піддавали рентгенографії у дорсо-пальмарній, а кістки пальця у латеро-медіальній проекції. Рентгенограми досліджували за допомогою негатоскопа НД-1.

Рентгеноденситометрію проводили за допомогою програмного засобу X-Ray.1-V.3, розробленого в Харківському національному університеті радіоелектроніки та Харківській академії післядипломної освіти [10]. Визначали внутрішній і зовнішній переріз трубчастої кістки.

Застосованим програмним засобом здійснювали аналіз рентгенівського зображення, котре отримано шляхом сканування плівчастих рентгенограм. Це зображення подається у вигляді матриці, кожний елемент якої відповідає одній точці зображення. Аналізуючи рентгенограму покрупково, визначали її яскравість в градаціях відтінків сірого кольору; в цей час автоматично будується денситограма.

Лінійні остеометричні дослідження кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ проводили за

методикою [11] у нашій модифікації з використанням штангенциркуля ДСТУ-10 з точністю до 0,05 мм.

Структурні елементи фронтального перерізу середньої частини діафіза ПлК вимірювали на сканованих цифрових знімках («Epson perfection V100 photo») з використанням програми Adobe Photoshop CS3 у пікселях, з наступним перерахуванням у см<sup>2</sup>. За допомогою штангенциркуля визначали лінійні розміри стінок поперечного перерізу середини діафіза ПлК. З'ясовували лінійні параметри кістково-мозкової ділянки діафіза (КМДД) та її площу; площу компактної речовини (КР) діафіза; загальну площу поперечного перерізу діафіза, товщину його стінок.

Вікові особливості мікроструктури кісткової тканини досліджено на недекальцинованих шліфах компактної кісткової речовини діафіза кісток плесна. На мікропрепаратах проаналізовано кількісну вікову динаміку різних видів остеонів на одиниці площі (2,5 мм<sup>2</sup>), а також фолькманівських каналів. Шліфи для мікроскопічних досліджень виготовляли за загальноприйнятою методикою (Д. С. Саркісов, 1996). Мікроскопічні дослідження виконано в лабораторії біобезпеки і екологічного контролю ресурсів АПК Дніпропетровського ДАУ.

Із кісткової тканини пальмарної поверхні діафіза ПлК виготовляли озолені проби. Керуючись методикою Л. Л. Шафранського [12] та Ю. С. Вайль [13], виконували їх інфрачервону спектроскопію на апараті «Avatar-360» з Фур'є перетворювачем в інтервалі частот 569-1632 см<sup>-1</sup>. Застосування методу базисної лінії, дозволило виключити дифузне (фонове) ослаблення випромінювання. З урахуванням поправки на фон, відносну оптичну щільність (ВОЩ), смуги поглинання, розраховували за формулою:  $D = \lg(T_f/T)$  (2), де  $T_f$  – коефіцієнт пропускання фону при даній довжині хвилі;  $T$  – визначений коефіцієнт пропускання для тієї ж довжини хвилі.

Використовуючи комп'ютерні програмні пакети «Microsoft Excel», «Maple-9» здійснювали варіаційно-статистичну обробку цифрових даних, достовірність визначали за критерієм Ст'юдента. Результати середніх значень вважали статистично достовірними при  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ ,  $p \leq 0,001$ . Цифрові фотознімки кісток отримували з фотокамери «Olimpus C-5060 Wide Zoom», а також сканували кістки за допомогою сканера «Epson perfection V100 photo».

Робота є частиною наукової теми «Морфологічні параметри організму тварин як об'єкти судово-ветеринарної експертизи», яка виконується на базі кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та судової ветеринарної медицини Харківської державної зооветеринарної академії. Державний реєстраційний номер – 0109U008561.

**Результати дослідження.** Проведені нами дослідження свідчать, що можливими об'єктами дослідження у судово-ветеринарній медицині є кістки дистальних ланок кінцівок великої рогатої худоби. Відомості про вікові особливості макроструктури зазначених кісткових органів ВРХ зустрічаються в класичних джерелах з морфології та наукових роботах Г. Г. Воккена [14], П. Гринафа [15].

Як показує проведений нами аналіз джерел літератури ці дані обмежені, а в деяких випадках суперечливі (зокрема, щодо настання часу синостозу в кістках плесна та пальців), а головне – вони не адаптовані до завдань судово-ветеринарної експертизи, що вимагає подальших досліджень.

Оскільки судовим експертам-біологам приходиться мати справу, в основному, з кістковими органами при різному їх стані (анатомічно-цілі, частково-фрагментовані), наш потенціал був спрямований на розробку ступінчастої системи, тобто, остеологічної технології визначення віку тварин за структурними параметрами кісток дистальних ланок тазових кінцівок. Ця система ґрунтується на дослідженнях структурних параметрів в напрямку поступового переходу від простих методів до більш складних. Це забезпечує технологічність експертизи та отримання обґрунтованих її результатів.

Проведене нами дослідження комплексу якісних і кількісних вікових морфологічних критеріїв кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ молочного напрямку продуктивності у разі дослідження кісткових залишків та розробці способів визначення віку тварин за цими критеріями базувалось на встановленні макроскопічних вікових маркерів кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ, теоретичному обґрунтуванні математичного моделювання процесу взаємодії рентгенівського випромінювання з кістками, аналізі варіабельності вікових остеорентгенографічних та остеорентгеноденситометричних параметрів і розробці способу визначення віку ВРХ за цими параметрами; виявленні закономірностей вікових змін метричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ та розробці способу визначення віку тварин за цими параметрами; аналізі вікових мікроструктурних особливостей середини діафіза кісток плесна ВРХ; визначенні мікроскопічних маркерів віку та обґрунтуванні можливості їх використання в остеологічній експертизі кісткових фрагментів; виявленні спектроскопічних характеристик озолоного кісткового матеріалу в якості критеріїв вікової диференціації кісток плесна ВРХ, аналізі можливостей використання методу



ІЧ-спектроскопії в остеологічній технології визначення віку ВРХ за озоленою кістковою тканиною; обґрунтуванні методології остеологічної технології діагностики віку ВРХ за кістками плесна та пальців тазової кінцівки на різних рівнях їх структурної організації; розробці та теоретичному обґрунтуванні методології використання комп'ютерної програми «Pes vasse» для автоматизації операцій у разі визначення віку ВРХ; розробці практичних рекомендацій для визначення віку ВРХ за кістками плесна і пальців тазової кінцівки на різних рівнях їх структурної організації у випадку проведення судово-ветеринарних досліджень кісткових залишків.

В результаті проведеного вищезазначеного комплексу досліджень нами отримано нові дані, що не висвітлені до нині в літературі.

Послідовність виконання власних досліджень передбачає застосування остеологічної технології, котра ґрунтується на залученні на початковому етапі відносно простих та неруйнівних методів, які послідовно змінюються більш складними, що супроводжуються фрагментацією та спаленням досліджуваних об'єктів.

Серед простих, доступних, малокоштовних методик – остеоскопія і остеометрія. Ці методики використовуються в судово-медичній практиці та антропології. Проте, у ветеринарній остеологічній експертизі зазначені методи апробовані недостатньо. Необхідність експертної практики у дослідженні цих об'єктів є відсутність систематизованих даних для вирішення окреслених завдань.

На початковому етапі проведено остеоскопічний та рентгеноструктурний аналіз досліджуваних кісток, за результатами яких виділено ряд остеоскопічних та рентгеноструктурних параметрів ПлК, якісна характеристика останніх дозволила встановити чотири вікові групи тварин.

Важливим критерієм вікової диференціації ВРХ за ПлК є структура метафізарної ділянки кістки, а саме вираженість метафізарного хряща чи синостозу (рис. 1). Допоміжними віковими параметрами є: форма кісткового органа (граціальність), а також отвору дистального канала плесна, рентгеноструктура губчастої та компактною речовини ПлК, площа кістковомозкової ділянки діафіза (КМДД), висота міжблокової вирізки.

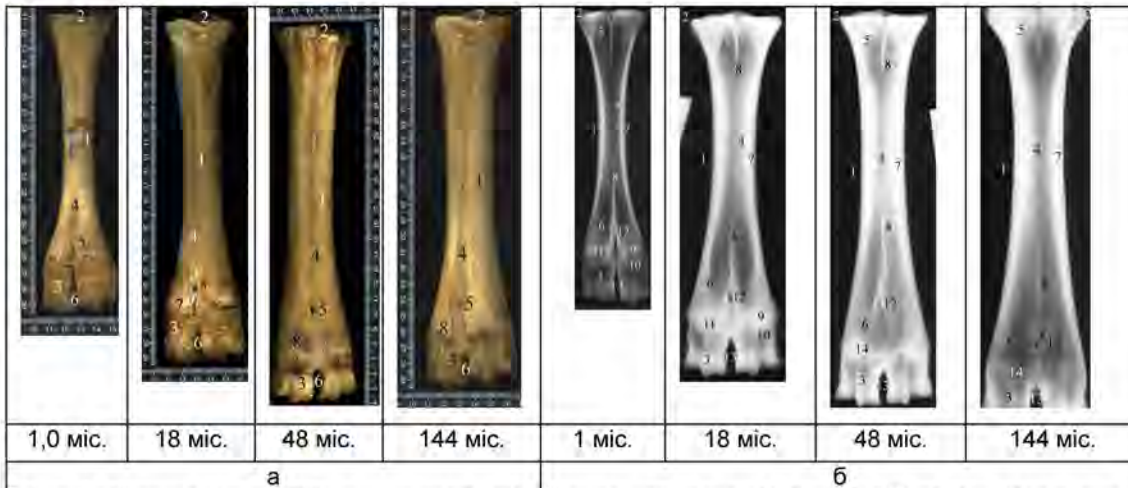


Рис. 1. Кістки плесна ВРХ: а – макрото. Сканер «Epson perfection V 100 photo» (дорсальна поверхня): 1-діафіз, 2-основа, 3-епіфіз, 4-дорсальна поздовжня борозна, 5-отвір дистального каналу плесна, 6-міжблокова вирізка, 7-метафізарний хрящ, 8-синостоз.

б – рентгенограми кісток плесна. Рентгенівський апарат Artap (дорсо-плантарна проекція): 1-діафіз, 2-основа, 3-епіфіз, 4-кістковомозкова ділянка діафіза, 5-губчаста речовина проксимальної частини діафіза, 6-губчаста речовина дистальної частини діафіза, 7-компактна речовина, 8-кісткова перегородка, 9-діаметафізарна кісткова тканина, 10-епіметафізарна кісткова тканина, 11-метафізарний хрящ, 12-отвір дистального каналу плесна, 13-міжблокова вирізка, 14-синостоз.

Важливим параметром ПТК в аспекті вікової диференціації є також метафізарна ділянка, зокрема час настання епіфізарно-діафізарного синостозу, вираженість метафізарної кісткової пластинки, ознак резорбції губчастої речовини голівки, а також наявність екзостозів і морфологічні особливості компактною та губчастою кістковою речовини (рис. 2).

Доведено, що характерною макроскопічною особливістю ПТК є утворення екзостозів на аксіальній та абаксіальній поверхнях дистальної частини діафіза цієї кістки у тварин старше 3-х

річного віку.

Враховуючи, також, вікові особливості рентгеноструктури губчастої та компактної кісткової речовини та площу кістковомозкової ділянки діяфіза, за ПТК виділили п'ять вікових груп тварин (0-2, 2-18, 18-36, 36-120, 120-144 міс.).

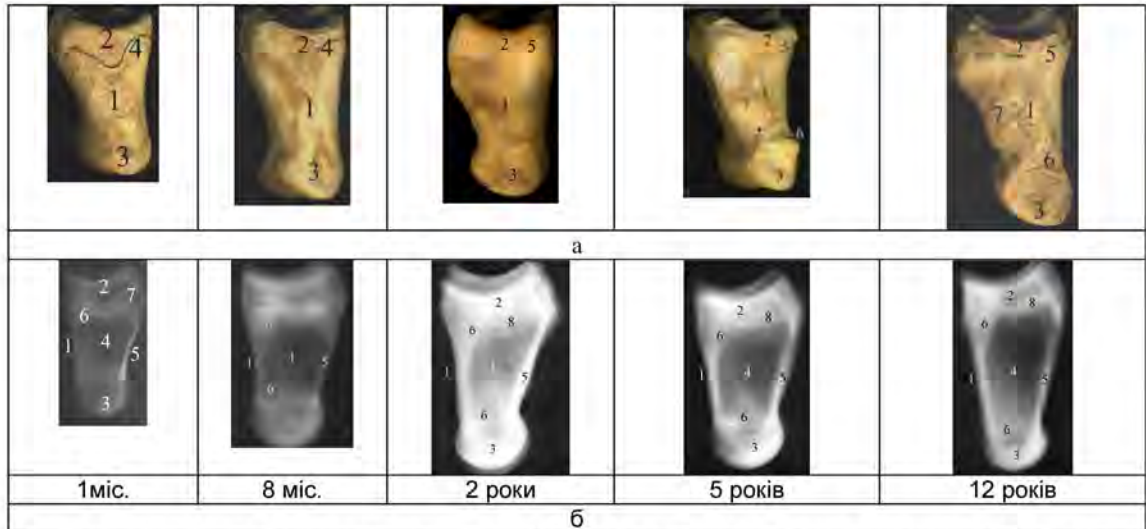


Рис. 2. Путова кістка тазової кінцівки: а – макрофото, сканер «Epson perfection V 100 photo» (аксіальна поверхня): 1-діяфіз, 2-епіфіз, 3-голівка, 4-метафізарний хрящ, 5-синостоз, 6-екзостоз, 7-рельєфність аксіальної поверхні діяфіза. б – рентгенограми кісток плесна, рентгенівський апарат Artap (латеро-медіальна проекція): 1-діяфіз; 2-епіфіз; 3-голівка; 4-кістковомозкова ділянка діяфіза; 5-компактна речовина; 6-губчаста речовина; 7-метафізарний хрящ, 8-синостоз.

Вікові особливості остеоскопічних та рентгеноструктурних параметрів ВцК виявились близькими до путових. Випадки утворення екзостозів на ПтК також реєструються, проте на відміну від путових, на ВцК вони локалізуються лише на аксіальній поверхні діяфіза у тварин старше 3-и річного віку (рис. 3).

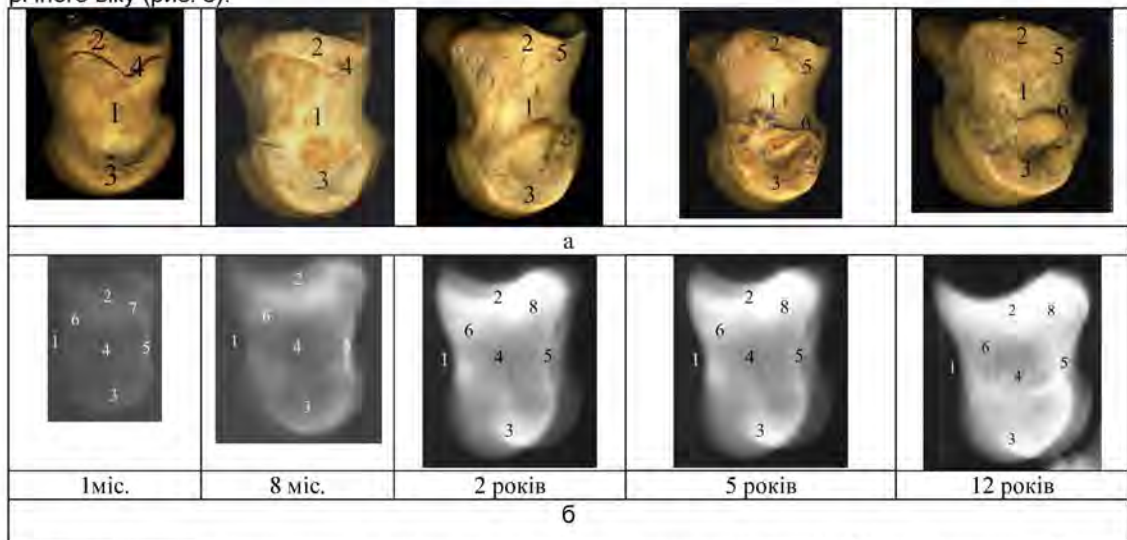


Рис. 3. Вінцева кістка тазової кінцівки: а – сканер «Epson perfection V 100 photo», макрофото (аксіальна поверхня): 1-діяфіз, 2-епіфіз, 3-голівка, 4-метафізарний хрящ, 5-епіфізарно-діяфізарний синостоз, 6-екзостоз. б – рентгенограми вінцевих кісток, рентгенівський апарат Artap (латеро-медіальна проекція): 1-діяфіз; 2-епіфіз; 3-голівка; 4-кістковомозкова ділянка діяфіза; 5-компактна речовина; 6-губчаста речовина; 7-метафізарний хрящ, 8-синостоз.



Інформативними для завдань вікової диференціації за РтК є рентгеноструктура губчастої і компактної кісткової речовини, характер горбистої підшовної поверхні, вираженість остеопорозних вражень абаксіальної стінки, наявності екзостозів в ділянках розгинального відростка та згинальної горбистості (рис. 4).

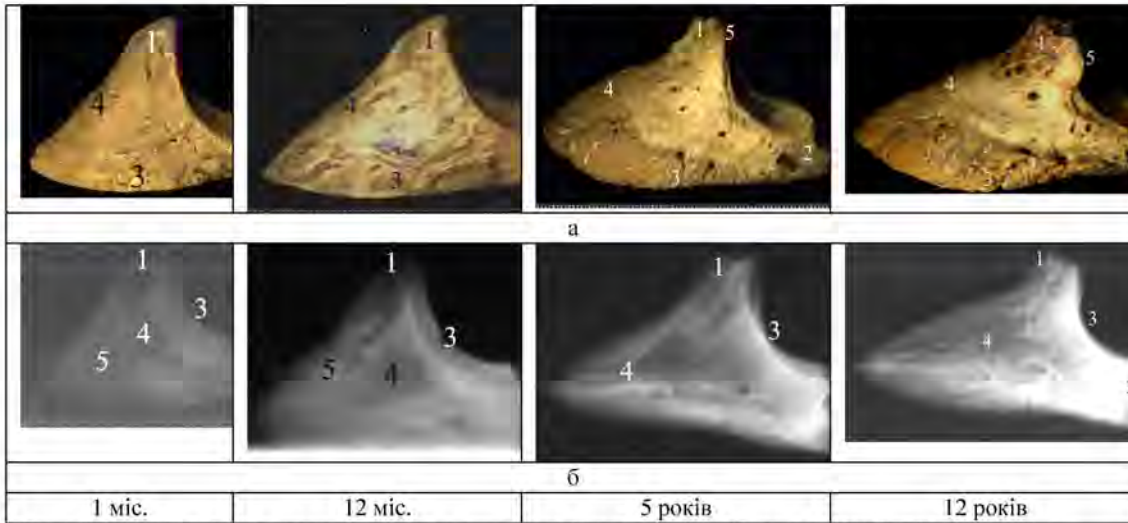


Рис. 4. Ратична кістка тазової кінцівки: а – макрофото, сканер «Epson perfection V 100 photo», (абаксіальна поверхня): 1-розгинальний відросток, 2-згинальна горбистість, 3-підшовний край, 4-спинкова поверхня, 5-екзостоз; б – рентгенограми (латеромедіальна проекція): 1– розгинальний відросток, 2–згинальний відросток, 3–компактна речовина, 4–губчаста речовина, 5– судинний канал, 6–екзостози.

Таким чином, нами виявлено і систематизовано ряд остеоскопічних та рентгеноструктурних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки різного ступеня інформативності, котрі в сукупності дозволяють діагностувати вік ВРХ у відносно широких вікових діапазонах, а саме, за ПтК та РтК – в межах чотирьох (0-2, 2-36, 36-120, 120-144 міс.), за ПтК і ВцК – в межах п'яти (0-2, 2, 18, 18-36, 36-120, 120-144 міс.) вікових діапазонів (табл. 1-4).

Таблиця 1

Вікові макроостео- та рентгеноскопичні параметри кісток плесна ВРХ

| Вікові період и (міс.) | Метафізарний хрящ | Метафізарна кісткова пластинка | Отвір дистального каналу плесна | Ознаки резорбції                 |                            | Рентгеноструктура кісткової тканини |                               |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
|                        |                   |                                |                                 | метафізарної кісткової пластинки | губчастої речовини епіфіза | КР                                  | ГР                            |
| 0-2*                   | +                 | -                              | щілиноподібний                  | -                                | -                          | сітчаста                            | дрібно-коміркова              |
| 2-36                   | +                 | -                              | щілиноподібний                  | -                                | -                          | щільна                              | дрібно- та середньо-коміркова |
| 36-120                 | -                 | +                              | овальний                        | -                                | -                          | щільна                              | дрібно- та середньо-коміркова |
| 120-144                | -                 | +                              | овальний                        | +                                | +                          | щільна                              | крупно-коміркова              |

Примітка: 0-2\* - від народження до 2-х міс. віку; "+" – ознака виражена; "-" – ознака відсутня.

досліджуваних кісток. Створені математичні моделі кісток, до кожної з яких застосовано закон Бугера:  $I = I_0 e^{-\mu y}$ , де  $I$  – інтенсивність випромінювання, яке пройшло крізь кісткову речовину;  $I_0$  – початкова інтенсивність випромінювання;  $\mu$  – лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання кісткою;  $y$  – товщина шару опроміненої речовини.




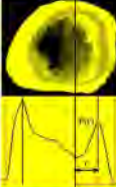
Для розрахунку інтенсивності  $I_k(x)$  випромінювання за об'єктом в визначено закон розподілу  $y(x)$  товщини кортикального шару кістки у нормальному перерізі в напрямку  $Y$ . На основі отриманих функцій розподілу інтенсивності  $I_k(x)$  встановлено об'єктивні критерії визначення рентгеноморфометричних розмірів кортикального шару кожної з кісток, а також значення яскравості їх РЗ у характерних точках денситограм  $P_k(x)$ .

Оцінку щільності доцільно проводити  $\rho_k$  кортикальної тканини ВРХ за рентгеноденситометричним показником (РДП), що обчислюється як відношення яскравості РЗ  $P_k$  у заданій точці до відповідної товщини кортикального шару  $y(x)$  кістки. Так, для ПлК будується денситограма діафіза, на якій визначається точка  $x = 0$  та яскравість  $P_k(0)$ . Для ПтК за денситограмою у середній третині діафіза визначається точка  $x = r$  та яскравість  $P_k(r)$ . Для ВцК за денситограмою у середній третині визначається відстань  $L$  до точки найбільшої яскравості  $P_{max}$ . Для РтК визначається довжина кістки  $L_{рам}$  та її ширина  $h$ , яка за даними морфометричних вимірювань для ВРХ різного віку становить  $h = 0,35 \cdot L_{рам}$ ; визначається також усереднена яскравість РЗ у середині підошовної поверхні  $P_{рам}$ .

В результаті математичного моделювання нами доведено, що кістки плесна – співвісна циліндрична структура кільцевого перерізу: зовнішній циліндр – кортикальний шар, внутрішній циліндр – медулярна порожнина  $P_{ДП_{пл}} = \frac{P_k(0)}{2(R-r)} = \frac{P_k(0)}{D-d}$ .

Путова кістка – трубчаста гетерогенна структура, в якій половина перерізу змодельована півкільцем:  $P_{ДП_{пвт}} = \frac{P_k(r)}{2\sqrt{R^2 - r^2}}$ . Вінцева кістка – гетерогенна структура, в якій переріз наближений до трикутного:  $P_{ДП_{вн}} = \frac{P_{max}}{2L \cdot \text{tg} 20^\circ} = \frac{P_{max}}{0,728 \cdot L}$ .

Ратична кістка – гетерогенна структура, підошвна поверхня вписана в прямокутник розміром  $L_{рам} \times h$ :  $P_{ДП_{рам}} = \frac{P_{рам}}{h} = \frac{P_{рам}}{0,35 \cdot L_{рам}}$ .

| Модель кістки  | РЗ  | Денситограма  | РДП  |
|--|---|---|--|
| Кістки плесна – співвісна циліндрична структура кільцевого перерізу: зовнішній циліндр – кортикальний шар, внутрішній циліндр – медулярна порожнина. |  |  | $P_{ДП_{пл}} = \frac{P_k(0)}{2(R-r)} = \frac{P_k(0)}{D-d}$ |
| Путова кістка - трубчаста гетерогенна структура, в якій половина перерізу змодельована півкільцем.   |  |  | $P_{ДП_{пвт}} = \frac{P_k(r)}{2\sqrt{R^2 - r^2}}$          |



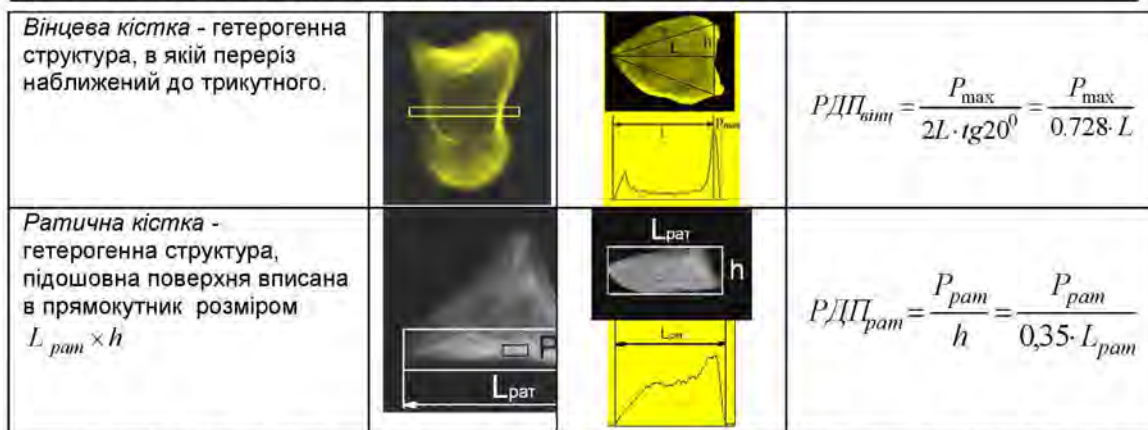


Рис. 5. Результати моделювання процесу взаємодії рентгенівського випромінювання з кістками

Встановлено, що значення денситометричних показників зростають від народження ВРХ до 5-річного віку, досягаючи у цьому віці свого максимуму. У тварин старше 5-річного віку спостерігається незначна тенденція до зменшення цього показника. У всіх досліджуваних групах рентгеноденситометричні показники зменшуються у дистальному напрямку, при цьому відповідні значення ПлК є максимальними, а РтК – мінімальні (рис. 6).

Враховуючи виявлені вікові особливості динаміки РДП проведено їх регресійний аналіз кісток плесна та пальців тазової кінцівки. Доведено, що залежність між віком ВРХ та досліджуваними РДП ПлК і пальців описується рівняннями лінійної та нелінійної регресії, котрі є індивідуальними для кожної з кісток. Використовуючи ступінчасту тета-функцію Хевісайда, рівняння лінійної та нелінійної регресії вдалося об'єднати в одне. Встановлено, що між віком ВРХ та РДП ПлК і пальців тазової кінцівки існує тісний кореляційний зв'язок, про що свідчать відповідні значення коефіцієнтів детермінації: для путової та вінцевої кісток – 99,0, а для кісток плесна і ратичної кістки – 95,0.

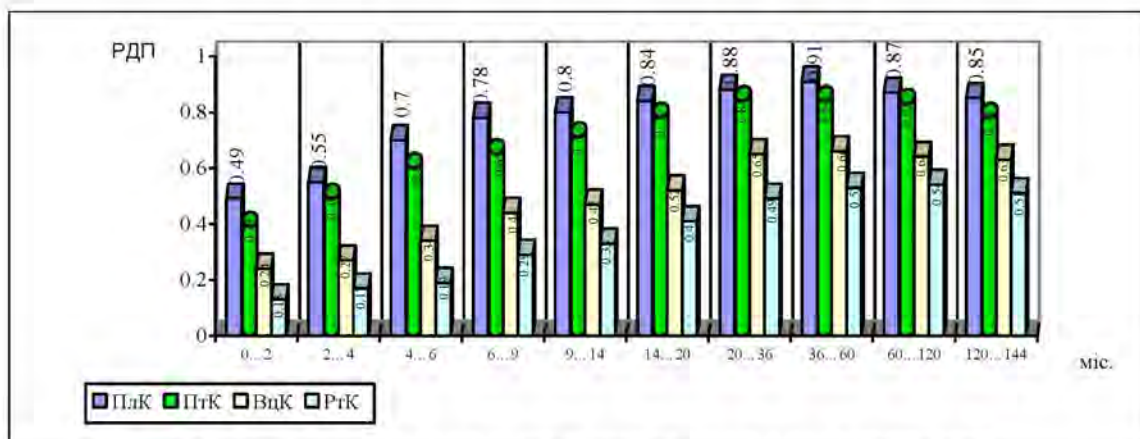


Рис. 6. Динаміка РДП кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ з віком.

За результатами проведеного експериментального дослідження встановлено, що інформативність кожної з досліджуваних кісток за РДП близька. Критерієм інформативності у кожному з випадків було значення середньої розрахункової помилки. За РДП ПлК, ПтК, ВтК можна діагностувати вік ВРХ від народження до 60-міс, проте за РтК – від народження до 120-місяців.

Дослідження параметрів росту, що характеризуються збільшенням лінійних розмірів органа, об'єктивно реєструються метричними методами. Остеометрія, як один з морфологічних методів, дає можливість об'єктивно оцінити відповідність ступеня розвитку структурних параметрів кісткового органа віку і статі тварини. Отриманий в результаті дослідження цифровий матеріал дозволяє провести ґрунтовний біометричний аналіз і критично проаналізувати виявлені закономірності. Такий методичний підхід відповідає сучасним вимогам до проведення судово-ветеринарних експертиз, що



узгоджується з даними П. М. Гавриліна [16].

Наступний етап досліджень передбачав аналіз комплексу нелінійних та лінійних остеометричних параметрів. Абсолютні значення маси кісток плесна зберігають тенденцію до збільшення протягом всього досліджуваного періоду, тобто від народження до 12-и років. Проте, достовірно збільшення зазначеного показника реєструється від народження до 20-міс. віку.

Показники об'єму кісток плесна збільшуються лише від народження до 36-міс. віку. Достовірно збільшення цього параметра реєструється також від народження ВРХ до 20-міс. віку. У тварин старше 36-міс. віку спостерігається тенденція до деякого зменшення показників об'єму ПлК. Виявлені особливості динаміки маси та об'єму обумовлюють рівномірне збільшення значень густини ПлК протягом всього досліджуваного періоду.

Аналогічно до ПлК, маса кісток пальця (пугової, вінцевої, ратичної) також збільшується протягом всього періоду дослідження. Показники об'єму збільшуються лише до 20-міс. віку. У тварин старше 20-міс. віку спостерігається тенденція до зменшення об'єму ПтК та ВцК, проте показники об'єму РтК зберігають тенденцію до збільшення протягом всього періоду дослідження. Показники густини кісток пальця також зберігають тенденцію до збільшення.

Важливим критерієм вікової диференціації є лінійні розміри кісток. Для об'єктивної оцінки процесів росту на кістках плесна, пуговій та вінцевій кістках виділили сім, а на ратичних – п'ять лінійних вимірів та досліджено їх вікову динаміку.

За результатами остеометричних досліджень встановлено, що інтенсивність та тривалість їх росту різна. Тому вироблено індивідуальний підхід у разі оцінки кожного з параметрів, що закономірно вплинуло на розподіл статистичної сукупності на відповідні вікові групи. Це, в значній мірі, сприяло достовірній диференціації отриманих результатів.

Лінійні остеометричні параметри основи та епіфіза, а також найбільша довжина та сегментальний переріз діафіза ПлК достовірно збільшуються від народження ВРХ до 20-міс. віку, досягаючи дефінітивних розмірів. Сагітальний переріз діафіза збільшується протягом всього досліджуваного періоду.

Для об'єктивної оцінки процесів остеогенезу та резорбції в ПлК, а також виявлення їх вікових особливостей, нами досліджено остеометричні параметри середньої третини діафіза цих кісток на поперечному розпилі, на якому проаналізовано загальну площу поперечного перерізу, площу КР, товщину стінок діафіза та виявлено загальну тенденцію до збільшення цих параметрів протягом всього досліджуваного періоду.

Встановлено, що абсолютні значення епіфіза, діафіза, голівки та найбільшої довжини ПтК достовірно збільшуються від народження ВРХ до 20-міс. віку. У тварин старше 20-міс. віку лінійні параметри ПтК залишаються на відносно постійному рівні або дещо зменшуються. Доведено, що динаміка лінійних остеометричних параметрів ВцК подібна до ПтК.

Разом з тим, як показує аналіз динаміки абсолютних значень лінійних параметрів підшовної поверхні та зачіпного краю РтК, вони зберігають тенденцію до збільшення протягом всього досліджуваного періоду, окрім суглобової поверхні, лінійні розміри якої досягають максимальних розмірів у тварин 20-міс. віку.

Нами виявлені вікові закономірності метричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ, які покладено в основу способу визначення віку тварини за такими інформативними остеометричними параметрами: ПлК – найбільша довжина, сагітальний та сегментальний перерізи основи, діафіза і епіфіза; загальна площа поперечного перерізу діафіза, площа КР на поперечному перерізі діафіза; маса, об'єм, густина; ПтК і ВцК – сагітальний та сегментальний перерізи епіфіза, діафіза, голівки; найбільша довжина; маса, об'єм, густина; всі лінійні остеометричні параметри РтК відносяться до інформативних (пряма довжина і ширина суглобової поверхні, ширина і довжина підшовної поверхні, довжина зачіпного краю).

Враховуючи виявлені остеометричні закономірності ми провели регресійний аналіз отриманих середньогрупових значень за кожним остеометричним та денситометричним параметром за кожним з досліджуваних кісткових органів ВРХ. Нами доведено, що між віком тварин і досліджуваними параметрами їх кісток існує тісний кореляційний зв'язок, про що свідчать представлені кореляційні поля та коефіцієнти детермінації.

Встановлено, що залежність між віком ВРХ та досліджуваними параметрами кісток плесна та пальців тазової кінцівки математично описується рівняннями регресії. Між віком ВРХ та абсолютними значеннями остеометричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки існує тісний кореляційний зв'язок: коефіцієнт детермінації для нелінійних  $R^2=0,893-0,983$  та лінійних вимірювань –  $R^2=0,954-0,998$ . Ця залежність описується двома рівняннями регресії:

1.  $\hat{t} = a\bar{x} + b$  рівнянням лінійної регресії, від народження до 20-міс. віку (перші шість вікових груп);

2.  $\bar{f} = a_1\bar{x}^2 + b_1\bar{x} + c_1$  рівнянням нелінійної регресії за допомогою поліномів другого ступеня (7-9 вікові групи);

За допомогою ступінчастої тета-функції Хевісайда:

ці два рівняння вдалося об'єднати в одне, та одержати рівняння типу:

$$\bar{f} = (a\bar{x} + b)\vartheta(x_0 - \bar{x}) + (a_1\bar{x}^2 + b_1\bar{x} + c_1)\vartheta(\bar{x} - x_0) \quad , \text{де} \quad \vartheta(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0; \\ 1, & 0 < x. \end{cases}$$

$a, b, c_1, a_1, b_1$  – вік тварини у місяцях,  $\bar{f}$  – константи рівнянь, що визначались методом найменших квадратів.

Розраховане рівняння регресії дозволяє діагностувати вік за абсолютними остеометричними показниками цих кісток від народження ВРХ до 12-и років.

Наступним етапом було дослідження мікроструктури компактної речовини діафіза ПлК.

В мікроструктурі шліфів поперечного перерізу середньої третини діафіза ПлК спостерігається закономірна тенденція до збільшення загальної кількості остеонів протягом всього періоду дослідження (рис. 7). В останніх двох вікових групах це відбувається переважно за рахунок остеонізації шару зовнішніх генеральних пластин. Реєструється зміна співвідношення між різними видами остеонів. Відносна кількість первинних циліндричних остеонів у тварин віком від народження до 9-міс. віку збільшується, досягаючи максимальної кількості, а після 9 міс. віку поступово зменшується. Відносна кількість вторинних остеонів збільшується протягом всього періоду дослідження. Їх кількість максимальна у тварин останньої вікової групи. Відносна кількість первинних багатоканальних остеонів має тенденцію до зменшення протягом всього досліджуваного періоду, а вторинних багатоканальних остеонів – до збільшення. У тварин віком від 60 до 120 міс. реєструються вторинні дочірні види остеонів.

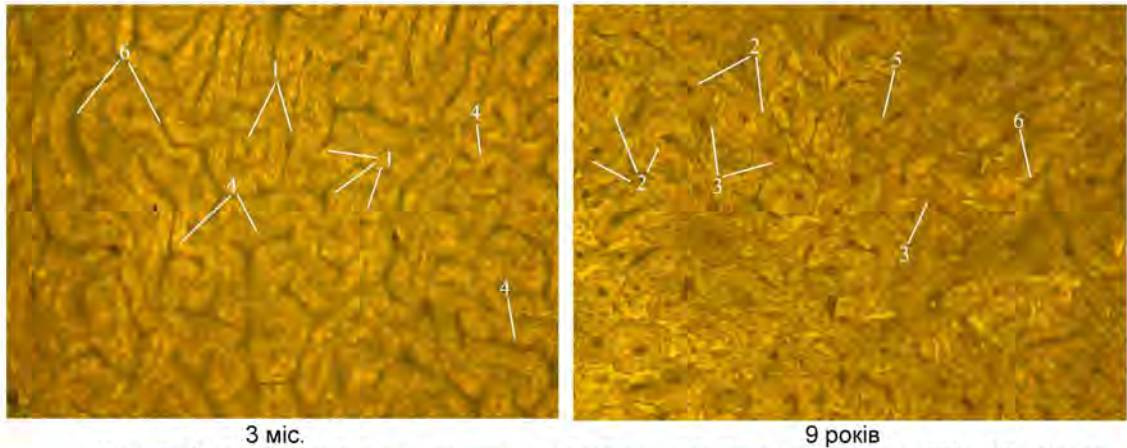


Рис. 7. Мезостальний шар компактної речовини діафіза кісток плесна ВРХ. Мікрофото, карбонізовані шліфи. Мікроскоп Leica DM 1000; 2,5 мм<sup>2</sup>. 1-первинний циліндричний остеон, 2-вторинний циліндричний остеон, 3-вторинний дочірній остеон, 4-первинний багатоканальний остеон, 5-вторинний багатоканальний остеон, 6-фолькманівський канал.

Зовнішня форма остенів достатньо одноманітна, у більшості випадків еліпсоподібна. Лінійні розміри остеонів, а також гаверсових каналів (максимальний та мінімальний їх діаметри) з віком змінюються не суттєво, що обмежило наші дослідження в цьому напрямку.

Експериментально розраховані рівняння регресії покладені в основу способу діагностики віку ВРХ за мікроструктурними параметрами компактної речовини діафіза ПлК. Для практичної апробації та перевірки інформативності застосовано "сліпий метод дослідження". З цією метою створено окрему колекцію мікропрепаратів компактної речовини діафіза ПлК. Серед всіх мікроструктурних параметрів, при визначенні віку ВРХ, найбільш інформативними виявились показники загальної кількості остеонів, кількість первинних та вторинних циліндричних остеонів. Менш інформативними виявились показники кількості первинних та вторинних багатоканальних остеонів, а також фолькманівських каналів. Критерієм інформативності слугувало значення середньої розрахункової помилки, котру визначали як середнє арифметичне значення суми різниці фактичного та розрахункового віку у місяцях (табл. 5).



## Діагностична інформативність рівнянь регресії за мікроструктурними параметрами ПлК

| Мікроструктурні параметри       | Рівняння регресії  | Розрахункова помилка, ±міс. |
|---------------------------------|--|-----------------------------|
| Загальна кількість остеонів     | $r=866,84-30,38x + 0,26x^2$                                  | 6,94                        |
| Первинні циліндричні остеони    | $r=203,19-7,18x + 0,075x^2-0,00015x^3$                       | 9,22                        |
| Вторинні циліндричні остеони    | $r=3.27x-0.14x^2+0,0029x^3-0,000014x^4$                      | 8,21                        |
| Первинні багатоканальні остеони | $r=157,6-168,1x+86,57x^2-20,05x^3+2,25x^4-0,12x^5+0,0024x^6$ | 21,22                       |
| Вторинні багатоканальні остеони | $r=-19,97+112,05x-91,25x^2+22,38x^3$                         | 19,32                       |
| Фолькманівські канали           | $r=2237,21-593,43x+56,45x^2-2,27x^3+0,033x^4$                | 26,90                       |

Обов'язковим під час визначення віку ВРХ за мікроструктурою компактної речовини діафіза ПлК є аналіз якісного складу остеонів, особливо наявність вторинних дочірніх остеонів, ступінь остеонізації шару зовнішніх генеральних пластин, наявність лакун резорбції. Розроблений спосіб визначення віку ВРХ за мікроструктурними параметрами компактної речовини діафіза ПлК з використанням рівнянь регресії дозволяє діагностувати вік ВРХ з точністю  $\pm 15,3$  міс.

У випадках, коли об'єктом остеологічної експертизи є дрібні кісткові уламки або їх обгорілі рештки, для визначення віку тварини за ними доцільно застосовувати метод ІЧ-спектроскопії. Тому, на завершальному етапі власних досліджень нами проведено спектроскопічне дослідження спалених проб компактної кісткової тканини кісток плесна. Їх аналіз проводили за кількісною характеристикою – ВОЦ смуг поглинання, котрі характеризують відносну концентрацію досліджуваних мінеральних компонентів кістки.

Спектроскопічними ознаками діафіза кісток плесна є смуги поглинання, котрі відображають деформаційні валентні коливання фосфатних ( $\nu=569 \text{ см}^{-1}$ ,  $603 \text{ см}^{-1}$ ,  $632 \text{ см}^{-1}$ ,  $1047 \text{ см}^{-1}$ ,  $1092 \text{ см}^{-1}$ ) та карбонатних аніонів ( $\nu=1414 \text{ см}^{-1}$ ,  $1456 \text{ см}^{-1}$ ,  $1632 \text{ см}^{-1}$ ). Вони є характерними для спектрограм усіх досліджених кісток плесна тварин. Якісних відмінностей в спектрограмах кісток плесна не виявлено (рис. 8).

З метою розробки способу визначення віку ВРХ за ВОЦ смуг поглинання застосовано метод регресійного аналізу. Залежність віку ВРХ ( $T$ ) від значення ВОЦ кісток плесна ( $x$ ) описується рівнянням нелінійної регресії типу:  $T = \frac{a[1 - \sin(b\sqrt{x} + c)]}{x}$  (1), де  $T$  – вік тварин (міс.),  $x$  – ВОЦ

озоленого зразка кістки;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – константи, розраховані на контрольному кістковому матеріалі. Значення коефіцієнтів детермінації для різних хвильових чисел становить 0,812-0,987. Аналізоване рівняння дозволяє визначити вік ВРХ з точністю до 3,5 місяців ( $P \leq 0,05$ ), а також реалізувати спосіб, якщо на експертизу потрапляють спалені або обгорілі кістки чи їх фрагменти.

Найменші значення помилок визначення віку ВРХ методом ІЧ-спектроскопії реєструються за хвильових чисел:  $\nu=571 \text{ см}^{-1}$ ,  $1047 \text{ см}^{-1}$ ,  $1097 \text{ см}^{-1}$  (деформаційні валентні коливання фосфатних аніонів).

Деформаційні валентні коливання карбонатних аніонів відображені за хвильових чисел  $\nu=1414 \text{ см}^{-1}$ ,  $1456 \text{ см}^{-1}$ ,  $1632 \text{ см}^{-1}$  характеризуються слабкими інтенсивностями поглинання, тому при розрахунку середніх помилок регресії мають великі значення (10,3-13,7).

Розроблений спосіб визначення віку ВРХ методом ІЧ-спектроскопії кісток плесна полягав у реєстрації ІЧ-спектрів з підготовленої зольної пігулки, встановленні інтенсивності поглинання для усіх основних смуг спектра, а також фонових значень інтенсивностей за Вайль Ю. С. [305], визначенні значень ВОЦ. Остаточним значенням віку вважали середнє арифметичне проаналізованого за всіма хвильовими числами. Середнє значення віку та статистична помилка на рівні надійності складала вище 95,0 %. Запропонований спосіб дає можливість визначити вік ВРХ від народження до 12-и років.

Таким чином, запропонований спосіб визначення віку ВРХ методом ІЧ-спектроскопії кісток плесна дозволяє об'єктивно та достовірно з точністю до 3,5 місяців визначити вік ВРХ, а також реалізувати спосіб, якщо на експертизу потрапляють спалені або обгорілі кістки чи їх дрібні фрагменти.

Узагальнюючи результати визначення віку ВРХ за кістками плесна і пальців тазової кінцівки, які отримані з використанням багатьох методів дослідження на різних рівнях структурної організації кісткової тканини стверджуємо, що інформативність кожного з досліджуваних кісткових органів для діагностики віку ВРХ, неоднакова і обумовлена, в значній мірі, кількістю інформативних параметрів.

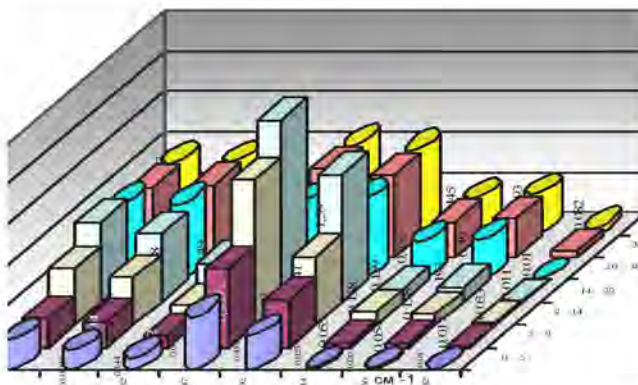


Рис. 8. ВОЩ компактної кісткової тканини кісток плесна ВРХ.

Інформативність кожного з досліджуваних кісткових органів та їх параметрів, для діагностики віку ВРХ, визначено у "сліпому методі дослідження". При цьому, критеріями оцінки були: величина середньої розрахункової помилки при визначенні віку тварини, а також ширина вікових діапазонів у межах яких можна визначити вік тварини за конкретним параметром кістки.

Встановлено, що інформативність кожного з досліджуваних кісткових органів в цілому, а також їх остеометричних параметрів, зокрема, при визначенні віку ВРХ неоднакова.

За ПЛК проаналізовано 28 кількісних структурних параметрів, з яких 2 неінформативні та 26 інформативні (табл. 6). Серед інформативних 7 параметрів дозволяють діагностувати вік ВРХ від народження до 20-и міс. Віку. Один – від народження до 36 міс. Та 18 – від народження до 144 міс.

Таблиця 6

**Діагностична інформативність структурних параметрів кісток плесна для визначення віку ВРХ**

| №     | Середня розрахункова помилка, міс. | Структурні параметри кістки                               | Віковий діапазон, міс. |
|-------|------------------------------------|---|------------------------|
| 1     | 0,7                                | Найбільша довжина   | 0-20                   |
| 2     | 3,4                                | Сагітальний переріз основи                                |                        |
| 3     | 3,0                                | Сегментальний переріз основи                              |                        |
| 4     | 3,6                                | Сегментальний переріз діяфіза                             |                        |
| 5     | 3,5                                | Сагітальний переріз голівки                               | 0-20                   |
| 6     | 2,0                                | Сегментальний переріз голівки                             |                        |
| 7     | 2,0                                | Об'єм   | 0-36                   |
| 8     | 3,0                                | Рентгеноденситометрія                                     |                        |
| 9     | 13,6                               | Сагітальний переріз діяфіза                               | 0-60                   |
| 10    | 16,5                               | Загальна площа поперечного перерізу діяфіза               |                        |
| 11    | 17,0                               | Площа компактної речовини на поперечному перерізі діяфіза | 0-144                  |
| 12    | 5,5                                | Маса  |                        |
| 13    | 6,0                                | Густина   |                        |
| 14-19 | 15,3                               | Мікроструктурний аналіз                                   |                        |
| 20-26 | 7,5                                | ІЧ-спектроскопія  |                        |



Діагностичну інформативність ПтК тазової кінцівки для визначення віку ВРХ проаналізовано за 11-а кількісними параметрами, з яких 8 виявились неінформативними (табл. 7).

*Таблиця 7*

**Діагностична інформативність структурних параметрів путових кісток для визначення віку ВРХ**

| №  | Середня розрахункова помилка, міс. | Структурні параметри кістки   | Віковий діапазон, міс. |
|----|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1  | 1,0                                | Найбільша довжина             | 0-20                   |
| 2  | 3,5                                | Сагітальний переріз епіфіза   |                        |
| 3  | 2,0                                | Сегментальний переріз епіфіза |                        |
| 4  | 2,5                                | Сагітальний переріз діафіза   |                        |
| 5  | 3,5                                | Сегментальний переріз діафіза |                        |
| 6  | 2,8                                | Сагітальний переріз голівки   |                        |
| 7  | 2,8                                | Сегментальний переріз голівки |                        |
| 8  | 2,5                                | Об'єм                         |                        |
| 9  | 3,3                                | Рентгеноденситометрія         | 0-60                   |
| 10 | 8,0                                | Маса                          | 0-144                  |
| 11 | 9,9                                | Густина                       |                        |
| 12 | 9,9                                | ІЧ-спектроскопія              |                        |

Серед них, вісім дозволяють діагностувати вік ВРХ від народження до 20 міс., один – від народження до 5-ти років, а решта – два – від народження до 12-ти років. Значення середньої розрахункової помилки за ПтК дещо більші у порівнянні з ПлК.

За ВцК також проаналізовано 11 кількісних параметрів (табл. 8), які виявились діагностично інформативними. Серед них, подібно до ПтК, – вісім дозволяють діагностувати вік ВРХ у межах від народження до 20 міс., один – від народження до 5 р. та решта – два – від народження до 12 років. Значення середньої розрахункової помилки при визначенні віку ВРХ за ВцК дещо вищі у порівнянні з відповідними показниками ПтК.

*Таблиця 8*

**Діагностична інформативність структурних параметрів вінцевих кісток у разі визначення віку ВРХ**

| №  | Середня розрахункова помилка, міс. | Структурні параметри кістки   | Віковий діапазон, міс. |
|----|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1  | 1,5                                | Найбільша довжина             | 0-20                   |
| 2  | 3,0                                | Сагітальний переріз епіфіза   |                        |
| 3  | 2,8                                | Сегментальний переріз епіфіза |                        |
| 4  | 2,7                                | Сагітальний переріз діафіза   |                        |
| 5  | 3,5                                | Сегментальний переріз діафіза |                        |
| 6  | 3,0                                | Сагітальний переріз голівки   |                        |
| 7  | 3,0                                | Сегментальний переріз голівки |                        |
| 8  | 2,8                                | Об'єм                         |                        |
| 9  | 3,3                                | Рентгеноденситометрія         | 0-60                   |
| 10 | 8,5                                | Маса                          | 0-144                  |
| 11 | 10,5                               | Густина                       | 0-144                  |

Діагностичну інформативність РтК проаналізовано за 9-а кількісними параметрами. З них два дозволяють діагностувати вік ВРХ від народження до 20-и міс. Віку, а решта – сім – від народження до 12-річного віку (табл. 9).

Діагностична інформативність структурних параметрів ратичних кісток у разі визначення віку ВРХ

| №  | Середня розрахункова помилка | Структурні параметри кістки       | Віковий діапазон, міс. |
|----|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1  | 3,0                          | Пряма ширина суглобової поверхні  | 0-20                   |
| 2  | 2,5                          | Пряма довжина суглобової поверхні |                        |
| 3  |                              | Рентгеноденситометрія             | 0-144                  |
| 4  | 18,0                         | Ширина підошовної поверхні        |                        |
| 5  | 20,0                         | Довжина підошовної поверхні       |                        |
| 6  | 18,0                         | Довжина абл.ого краю              |                        |
| 7  | 8,8                          | Маса                              |                        |
| 8  | 11,5                         | Об'єм                             |                        |
| 9  | 11,8                         | Густина                           |                        |
| 10 |                              | ІЧ-спектроскопія                  |                        |

В залежності від стану збереженості кісткового матеріалу, зокрема анатомічно цілий, фрагментований, зольні рештки або порошкоподібний стан, запропоновано схему оптимізації його дослідження (табл. 10).

Таблиця 10

**Схема оптимізації остеологічних досліджень кісток плесна і пальців ВРХ у залежності від їх анатомічного стану**

| Методики дослідження  | Стан кісткового матеріалу |                         |   |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|---|
|                       | анатомічно цілий          | великі фрагменти кістки | дрібні чи озолені фрагменти, порошкоподібний стан |
| Остеоскопія           | +                         | +                       | -   |
| Рентгенографія        | +                         | +                       | -   |
| Рентгеноденситометрія | +                         | +                       | -   |
| Остеометричні         | +                         | +                       | -   |
| Мікроструктура        | +                         | +                       | +   |
| ІЧ-спектроскопія      | +                         | +                       | +   |
| Регресійний аналіз    | +                         | +                       | +   |

Для автоматизації та оптимізації процесу визначення віку ВРХ за кістками п'ястка та пальців кисті розроблена комп'ютерна програма «Pes vascae» (рис. 9-11). Діагностика віку ВРХ із застосуванням комп'ютерної програми дозволяє нівелювати ймовірність помилки на всіх етапах експертизи, автоматизує та скорочує термін проведення експертизи в двічі.

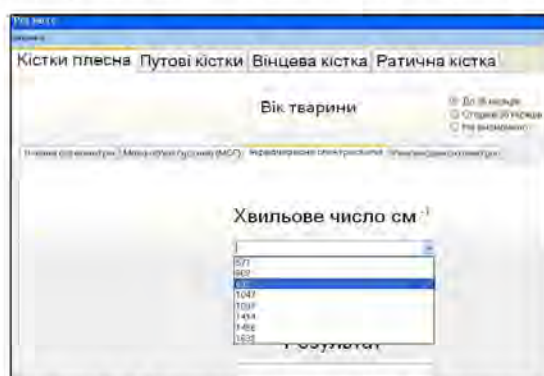


Рис. 9. Робоче вікно програми «Pes vascae» (інфрачервона спектроскопія). Вибір хвильового числа.

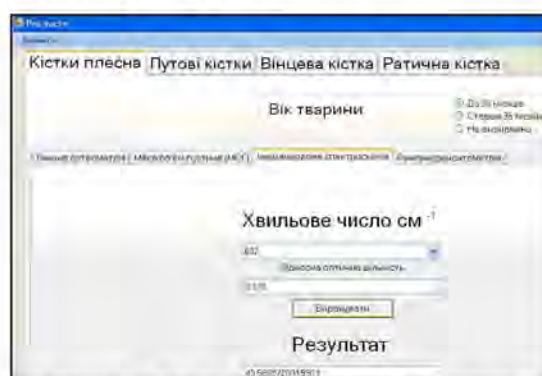


Рис. 10. Робоче вікно програми «Pes vascae» (інфрачервона спектроскопія). Введення значення ВОЩ.



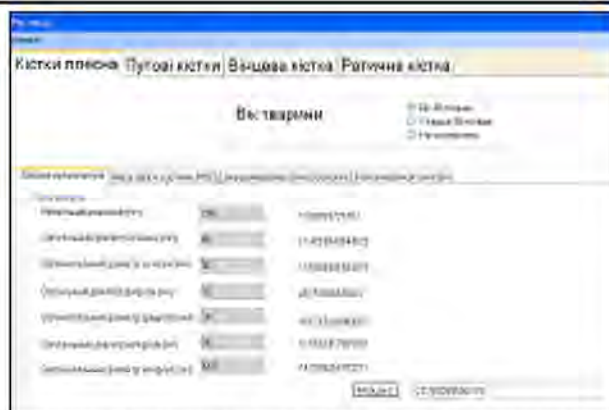


Рис. 11. Вікно введення остеометричних даних комп'ютерної програми «Pes vacse»

Всі етапи експертизи, за виключенням вводу остеологічних параметрів, виконуються автоматично на основі шаблонів протоколів, котрі складають невід'ємну частину програми.

Отже, в цій роботі ми прагнули охопити остеоскопічні, рентгеноструктурні, рентгеноденситометричні, остеометричні, мікроструктурні, спектроскопічні аспекти визначення віку у ветеринарній остеології, поставити їх на рівень сучасних досягнень ветеринарної науки і практики. Сподіваємося, що наша робота – це один із етапів в розвитку остеологічного розділу судово-ветеринарної медицини, який розробляється на кафедрі ветеринарно-санітарної експертизи та судової ветеринарної медицини Харківської державної зооветеринарної академії.

Застосоване комплексне дослідження анатомічно-цілих кісток плесна і пальців тазової кінцівки чи їх уламків ВРХ підвищить об'єктивність і якість остеологічних досліджень. Використовуючи розроблену нами остеологічну технологію у разі визначення віку ВРХ висновок експертизи про вік тварина за особливостями структури кісткового матеріалу із залученням необхідного і достатнього кола методик збагачується інформацією і набуває більшої об'єктивності.

Підсумовуючи, зазначаємо, що нами реалізовано мету роботи – визначено комплекс об'єктивних вікових структурних критеріїв кісток п'ястка і пальців кисті великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності у разі дослідження кісткових залишків у судовій ветеринарній медицині та розроблено способи діагностики віку ВРХ в широкому діапазоні – від народження до 12-и років.

#### Висновки

У роботі наведено теоретично обґрунтовано та експериментально апробовано комплекс морфологічних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності для визначення їх вікових критеріїв. Розроблено способи діагностики віку ВРХ у широкому віковому діапазоні – від народження до 12-и років.

1. Макроостео- та рентгеноструктурними маркерами віку ВРХ за кістками плесна є: структура метафізарного хряща, вираженість епіфізарно-діафізарного синостозу, форма отвору дистального каналу плесна, висота міжблокової вирізки; за РтК – характер рельєфності підшовної поверхні, вираженості остеопорозних ознак, наявності екзостозів в ділянках розгинального відростка та згинальної горбистості; за ПтК та ВцК: особливості вираженості екзостозів дистальної частини діафіза.

Остеоскопічні та рентгеноструктурні параметри кісток плесна і пальців тазової кінцівки мають різну ступінь інформативності, котрі в сукупності дозволяють діагностувати вік ВРХ у відносно широких вікових діапазонах, а саме, за ПлК та РтК – в межах чотирьох (0-2, 2-36, 36-120, 120-144 міс.), за ПтК і ВцК – в межах п'яти (2-18, 18-36, 36-120, 120-144 міс.) вікових діапазонів.

2. Процес взаємодії рентгенівського випромінювання з кістковою структурою плесна і пальців тазової кінцівки великої рогатої худоби описується законом Бугера. Розроблені теоретичні основи математичного моделювання цієї взаємодії та алгоритм аналізу отриманих даних є основою способу визначення віку ВРХ за рентгеноденситометричними показниками (РДП) кісток плесна і пальців тазової кінцівки. За РДП ПлК, ПтК, ВцК можна діагностувати вік ВРХ від народження до 5 років, проте за РтК – від народження до 10 років.

3. Значення лінійних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки достовірно збільшуються від народження ВРХ до 20-міс. віку ( $p \leq 0,05$ ), досягаючи дефінітивних ознак за винятком загальної площі поперечного перерізу середини діафіза ПлК (збільшується до 36-міс. віку,  $p \leq 0,05$ ); ширини і довжини підшовної поверхні та довжини зачіпного краю, котрі достовірно

збільшуються протягом всього періоду дослідження (до 12 років) ( $p \leq 0,01$ ).

Значення нелінійних параметрів (маси і густини) кісток плесна і пальців достовірно збільшуються від народження ВРХ до 20-міс. віку. У тварин 1,8-12-річного віку зберігається тенденція до збільшення цих показників. Значення об'єму кісток плесна та пальців достовірно збільшуються від народження до 20-міс. віку. Показники об'єму РТК збільшуються від народження до 12-річного віку.

4. Виявлені вікові закономірності метричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки ВРХ покладено в основу способу визначення віку тварини за такими інформативними остеометричними параметрами: а) ПлК – найбільша довжина, сагітальний та сегментальний перерізи основи, діафіза і епіфіза; загальна площа поперечного перерізу діафіза, площа КР на поперечному перерізі діафіза; маса, об'єм, густина; б) ПтК і ВцК – сагітальний та сегментальний перерізи епіфіза, діафіза, голівки; найбільша довжина; маса, об'єм, густина; в) всі лінійні остеометричні параметри РтК належать до інформативних (пряма довжина і ширина суглобової поверхні, ширина і довжина підшовної поверхні, довжина зачіпного краю).

5. Між віком ВРХ та абсолютними значеннями остеометричних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки існує тісний кореляційний зв'язок: коефіцієнт детермінації для нелінійних  $R^2=0,893-0,983$  та лінійних вимірювань –  $R^2=0,954-0,998$ . Розраховане рівняння регресії типу:

$$\bar{t} = (a\bar{x} + b)\mathcal{G}(x_0 - \bar{x}) + (a_1\bar{x}^2 + b_1\bar{x} + c_1)\mathcal{G}(\bar{x} - x_0)$$

дозволяє діагностувати вік за абсолютними остеометричними показниками цих кісток від народження ВРХ до 12-и років.

6. Інформативними мікроструктурними параметрами кісток плесна при визначенні віку ВРХ є загальна кількість остеонів, кількість первинних та вторинних циліндричних остеонів, а також наявність вторинних дочірніх остеонів на одиниці площі шліфа. Менш інформативними є показники кількості первинних та вторинних багатоканальних остеонів, а також фолькманівських каналів.

Спосіб визначення віку ВРХ за мікроструктурними параметрами компактної речовини діафіза ПлК з використанням розроблених рівнянь регресії дозволяє діагностувати вік ВРХ з точністю  $\pm 15,3$  міс.

7. Інформативними спектроскопічними ознаками кісток плесна ВРХ є смуги поглинання, котрі відображають деформаційні та валентні коливання фосфатних і карбонатних аніонів кісткової тканини. Залежність віку ВРХ ( $T$ ) від значення ВОЦ кісток плесна ( $x$ ) описується рівнянням

нелінійної регресії типу:  $T = \frac{a[1 - \sin(b\sqrt{x} + c)]}{x}$  (1). Останнє дозволяє визначити вік ВРХ з точністю

до 3,5 місяців ( $p \leq 0,05$ ), а також реалізувати спосіб, якщо на експертизу потрапляють спалені або обгорілі кістки чи їх фрагменти.

8. Остеологічна технологія в основі якої лежить урахування стану кісткового матеріалу, кількості і складності застосованих методик його дослідження дозволяє визначити вік великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності за кількісними параметрами кісток плесна і пальців тазової кінцівки від народження до 20-міс. віку – з точністю  $\pm 2,7$  міс.; від народження до 3-х років –  $\pm 3$  міс.; від народження до 5-и років –  $\pm 3,2$  місяці; від народження до 12-и років –  $\pm 12$  місяців.

9. Розроблені способи визначення віку ВРХ за комплексом структурних параметрів кісток плесна і пальців тазової кінцівки на різних рівнях їх структурної організації можуть бути автоматизовані шляхом залучення комп'ютерних технологій у вигляді програми «Pes vasse», котра автоматизує процес обробки даних, скорочує термін розрахункової частини остеологічної експертизи.

#### **Література**

1. Криштофорова Б. В. Строение, рост и развитие суставных и метафизарных хрящей трубчатых костей конечностей животных при различной двигательной активности / Б. В. Криштофорова // Морфология органов движения сельскохозяйственных животных при различной технологии промышленного животноводства : Сб. науч. тр. / МВА. — М., 1987. — С. 18-30.
2. Гаврилін П. М. Особливості структурно-функціональних змін у кістковій системі телят протягом перших 30 днів життя / П. М. Гаврилін // Науковий вісник НАУ. — К., 1999. — Вип. 16. — С. 30-33.
3. Ткачук С. А. Оцінка мікротвердості та вмісту кальцію і фосфору в середині діафіза трубчастих кісток, як критерії якісного стану скелета кінцівок у постнатальному періоді онтогенезу курчат-бройлерів : науково-методичні рекомендації / С. А. Ткачук. — Київ, 2010. — 27 с.
4. Тарасов С. А. Возрастные изменения скелета туловища и конечностей норки / С. А. Тарасов // Сб. научн. работ Ленинградского ветеринарного института, 1981. — Вып. 65. — С. 77-81.
5. Яшина В. В. Морфофункциональный адаптогенез кісток пальців теличок при різній руховій

- активності : автореф. дис. ... канд. вет. наук / В. В. Яшина. — К., 1994. — 21 с.
6. Захар'єв А. В. Морфометричне дослідження скелетів баранів північно-українського типу кросбреду, порід прекос та ромні-марш в зв'язку з вираженістю м'ясних якостей / А. В. Захар'єв // Проблеми зооінженерії і ветеринарної медицини : Зб. наук. праць ХЗВІ. — Х., 1999. — Вип. 5 (29), Ч. 2. — С. 16-20.
  7. Сахно Н. В. Рост костей периферического отдела скелета кошек / Н. В. Сахно // Ветеринария. — 2005. — № 9. — С. 52-53.
  8. Чернявский М. В. Анатомо-топографические основы технологии и ветеринарно-санитарной экспертизы и товароведческой оценки продуктов убоя животных (справочник) / М. В. Чернявский. — М. : Колос, 2002. — 2-е изд. — 376 с.
  9. Яценко І. В. Структурні параметри скелета ссавців як об'єкти судово-ветеринарної експертизи при визначенні видової належності біологічного матеріалу : автореф. дис. ... доктора вет. наук / І. В. Яценко. — Харків, 2009. — 38 с.
  10. Шармазанов С. А. Программный модуль для автоматизированного определения морфологических индексов остеопороза / С. А. Шармазанов, Е. К. Шармазанова, Л. А. Аверьянова // Медицина. — 2001. — № 1. — С. 59-61.
  11. Алексеев В. П. Остеометрия : Методика антропологических исследований / В. П. Алексеев. — М. : Наука, 1966. — С. 61-62.
  12. Шафранский Л. Л. Спектроскопия костей плода человека в инфракрасной области / Л. Л. Шафранский, А. Н. Васильев. — Алма-Ата : Наука КазССР, 1980. — 88 с.
  13. Вайль Ю. С. Инфракрасные лучи в клинической диагностике и медико-биологических исследованиях / Ю. С. Вайль, Я. М. Варановский. — Л. : Медицина, 1969. — 239 с.
  14. Воккен Г. Г. Развитие костного скелета туловища у плодов лошади и у новорожденных жеребят / Г. Г. Воккен // Сборник научных трудов. — Вып. 10. — 1955. — С. 138-155.
  15. Гринаф А. Болезни конечностей крупного рогатого скота / А. Гринаф // Архив анатомии, гистологии, эмбриологии. — 1989. — Вып. 3. — С. 17-21.
  16. Гаврилін П. М. Комплексне дослідження нижньощелепної кістки дрібних ссавців для судово-ветеринарного встановлення їх видової належності / П. М. Гаврилін, І. В. Яценко, О. М. Гетманець // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини : Зб. наук. праць Харківської державної зооветеринарної академії. — Х. : РВВ ХДЗВА, 2008. — Вип. 16 (41), Ч.2. — С. 170-183.

СУДЕБНО-ВЕТЕРИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОСТЕЙ ПЛЮСНЫ И ПАЛЬЦЕВ ТАЗОВОЙ КОНЕЧНОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

Яценко И.В., д.вет.н., профессор, академик АН ВО Украины, бакалавр права,  
судебно-ветеринарный эксперт, yacenko-71@uandex.ru,  
Бондаревский Н.Н., к.вет.н., доцент

Харьковская государственная зооветеринарная академия, г. Харьков

Аннотация. Работа посвящена исследованию морфологических особенностей костей плюсны и пальцев тазовой конечности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности на макро- и микроскопическом уровнях структурной организации для определения возраста в широком диапазоне (от рождения до 12 лет) независимо от состояния костной ткани (нативного или сожженного). Формализация качественных и количественных входных данных позволяет объективно, интегративно и с определенной мерой достоверности диагностировать возраст КРС.

Проведение исследований на основе остеологических технологий позволяет существенно повысить точность и объективность определения возраста КРС. Автоматизация остеологических экспертиз возможна с использованием разработанной авторской компьютерной программы «Pes vasse».

Применение остеологических технологий, базирующихся на эталонно-тестовом принципе и интегративной оценке структурных параметров и информационных технологий гарантирует определения возраста крупного рогатого скота молочного направления продуктивности по костями плюсны и пальцев тазовой конечности от рождения до 20-мес. — с точностью (погрешностью)  $\pm 2,7$  мес., от рождения до 3-х лет —  $\pm 3$  мес., От рождения до 5-и лет —  $\pm 3,2$  мес., от рождения до 12-и лет —  $\pm 12$  мес.

Ключевые слова: возрастная морфология, кости плюсны, кости пальцев тазовой конечности, крупный рогатый скот



ASPECTS OF VETERINARY FORENSIC STRUCTURAL FEATURES OF BONE COMB AND TOES OF THE PELVIC LIMB PERFORMANCE DAIRY COWS

Yatsnko I.V., d.vet.n., Professor, academician of Higher Education in Ukraine, LL.B.,  
Yacenko-71@yandex.ru forensic veterinary expert,  
Bondarevskaya M.M k.vet.n., Associate  
Kharkiv State Veterinary Academy, Kharkiv

**Summary.** The thesis presents the results of the investigations of the morphological parameters of metatarsal bones and hindlimb fingers in dairy cattle on macro- and microscopic levels of structural organization to determine age of the cattle in the wide range (from birth to 12 years of age) without any dependence on the state of bone tissue (native or burnt). The formalization of the qualitative and quantitative data allows to determine age of the cattle objectively, integratively and accurately.

Carrying out the investigations on the basis of osteological technologies allows to increase greatly the accuracy and objectivity of cattle age determination. Automatization of osteological technologies is possible with the use of the developed author's computer program "Pes vacce".

The use of osteological technologies that are based on the etalon-test principle and on the integrative evaluation of structural parameters guarantees the determination of dairy cattle age by metatarsal bones and hindlimb fingers from birth to 20 months ( $\pm 2,7$  months); from birth to 3 years of age ( $\pm 3$  months); from birth to 5 years of age ( $\pm 3,2$  months); from birth to 12 years of age ( $\pm 12$  months).

**Key words:** age morphology, metatarsal bone, hindlimb fingers, phalanx, cattle.

УДК 619.636.76:091.1

**СУДОВА ЕКСПЕРТИЗА З ПИТАНЬ ГЕНЕЗУ ЗАГИБЕЛІ ЦУЦЕНЯТ НЕОНАТАЛЬНОГО ПЕРІОДУ**

**Дмитренко Н.І., к. вет. н.**

**Вінтоняк Н., студентка 4 курсу, polinka07.77@rambler.ru**  
*Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава*

**Анотація.** В перші дні життя цуценята не можуть самостійно підтримувати температуру тіла, тому в цей період необхідно штучно створити температурний режим. Навіть короточасне переохолодження може призвести до тяжкого порушення обмінних процесів. Найбільш частими причинами смертності цуценят віком до 2-х тижнів є гіпоксія, гіпоглікемія, гіпотермія, дегідратація, гемолітичний синдром, низька маса при народженні та ятрогенна причина.

**Ключові слова:** новонароджені цуценята, гіпоксія, гіпоглікемія, гіпотермія, дегідратація, ятрогенна причина, вроджені патології, гемолітичний синдром.

**Актуальність проблеми.** Останнім часом серед любителів тварин формується тенденція до професійного собаківництва. Все частіше виникає бажання придбати цуценя з родоводом міжнародної кінологічної організації, що буде гарантом чистоти породи та відповідності тварини стандарту. Власники племінних розплідників керуються в своїй діяльності Племінним положенням Всеукраїнської громадської організації «Кінологічний союз України». З метою збереження і закріплення породних якостей для племінного розведення використовуються лише здорові собаки які досягли фізіологічної зрілості, мають родовід, зареєстровані в племінній книзі та мають племінний сертифікат [1, 3].

Досить поширеною проблемою в професійному собаківництві є порушення взаєморозрахунків між власником суки та власником племінного самця. Особливо у випадках відсутності договору спарювання, в якому повинні бути прописані умови розрахунку, включаючи випадки народження 1-2-х цуценят або загибелі виводка до моменту його реєстрації. Інколи досить важко довести – відбулася смерть новонароджених цуценят з вини господаря самки чи по незалежних від нього причинах при вроджених патологіях [2, 4].

Здоров'я новонароджених напряму залежить від здоров'я матері: як вона переносила вагітність, чим харчувалась, тощо. Вся необхідна для життєдіяльності енергія постачається цуценят з молоком матері, запаси енергії обмежуються запасами глікогену в печінці, тому, якщо цуценя з будь-якої причини відмовляється від корму – це тривожний симптом. Крім того, виникає небезпека зневоднення, так як концентраційна здатність нирок новонароджених недосконала і вони