

ΕΙΔΙΚΟ ΑΡΘΡΟ
SPECIAL ARTICLE

**Σύγχρονες ερευνητικές μελέτες
στην Ιατροδικαστική με χρήση
παραγωγικών ζώων ως προτύπων
του ανθρώπινου πτώματος και ο αντίκτυπος
στην εξέλιξη της Κτηνιατροδικαστικής**

Η σύγχρονη ιατροδικαστική έρευνα με χρήση παραγωγικών ζώων (κυρίως χοίρων) ως προτύπων του ανθρώπινου πτώματος περιλαμβάνει συγκριτικές πειραματικές μελέτες με αξιοσημείωτα ευρήματα στα παρακάτω πεδία των ιατροδικαστικών επιστημών: (α) Αποσύνθεση του πτώματος και προσδιορισμός του χρόνου θανάτου, (β) εφαρμογές της ιατροδικαστικής Εντομολογίας, (γ) εφαρμογές της ιατροδικαστικής Τοξικολογίας, (δ) ιατροδικαστική αξιολόγηση των θλαστικών κακώσεων, (ε) ιατροδικαστική αξιολόγηση των τραυμάτων από αιχμηρά όργανα, (στ) θάνατος από πυροβολισμό και βολιστικούς έλεγχο, (ζ) πνιγμός και ανάκτηση πτωμάτων από το νερό, (η) επιδράσεις από χρήση συσκευών ηλεκτρικής εκκένωσης και (θ) πιλοτική εφαρμογή απεικονιστικών τεχνικών στο πτώμα για πιθανή χρήση στην καθημερινή ιατροδικαστική πράξη. Επί πλέον, οι ιατροδικαστικές ερευνητικές μελέτες με παραγωγικά ζώα έχουν θετικό αντίκτυπο στο ταχέως αναπτυσσόμενο στην εποχή μας επιστημονικό πεδίο της Κτηνιατροδικαστικής όσον αφορά σε περιστατικά κακοποίησης ζώων. Συμπερασματικά, αναδεικνύεται η αξία της Συγκριτικής Ιατροδικαστικής σύμφωνα με τη θεώρηση της ενιαίας υγείας.

Τα σπονδυλωτά ζώα διαδραματίζουν ποικίλους ρόλους στην Ιατροδικαστική και σε άλλους κλάδους των ιατροδικαστικών επιστημών. Κατ' αρχάς, μπορεί να είναι οι δράστες επίθεσης στον άνθρωπο, προκαλώντας από σωματικές βλάβες μέχρι τον θάνατο.¹ Επίσης, μπορεί να παρευρίσκονται σε μια σκηνή εγκλήματος, φέροντας στο σώμα τους πιθανά αποδεικτικά στοιχεία, αλλά και παρεμβαίνοντας στα αποδεικτικά στοιχεία, ακόμη και καταναλώνοντας ως τροφή ένα ανθρώπινο πτώμα.^{2,3} Από την άλλη πλευρά, ειδικά εκπαιδευμένοι σκύλοι χρησιμοποιούνται από τα όργανα του νόμου για την ανίχνευση θαμμένων πτωμάτων, καθώς και διαφόρων αποδεικτικών στοιχείων, όπως τοξικές ουσίες και σωματικές εκκρίσεις.^{4,5}

Επί πλέον, τις τρεις τελευταίες δεκαετίες αναπτύσσεται ραγδαία το επιστημονικό πεδίο της Κτηνιατροδικαστικής

μετά την ολοένα και διογκούμενη κοινωνική ευαισθητοποίηση –και την προσαρμογή της ισχύουσας νομοθεσίας– για τη διερεύνηση των εγκλημάτων κατά των ζώων, αφού αυτά καθίστανται συχνά θύματα κακοποίησης από τον άνθρωπο στο πλαίσιο της καθημερινής αλληλεπίδρασης.⁶⁻⁸ Βέβαια, στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις όπου ένα υπό διερεύνηση συμβάν περιλαμβάνει ταυτόχρονα ως θύματα τόσο ανθρώπους όσο και κατοικίδια ζώα, με αποτέλεσμα να απαιτείται η διεπιστημονική συνεργασία, ώστε να εξαχθούν τα ορθά ιατροδικαστικά συμπεράσματα.^{9,10}

Εκτός από τα παραπάνω, πολλά είδη ζώων έχουν χρησιμοποιηθεί διαχρονικά στην επιστημονική έρευνα στο πλαίσιο της Συγκριτικής Ιατροδικαστικής.^{7,11} Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως διάφορα είδη θλαστικών –ακόμη και πρωτεύοντα– ως ζωικά πρότυπα του ανθρώπινου πτώματος,

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2020, 37(6):810–820
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2020, 37(6):810–820

Δ. Δούκας,¹
Δ. Τόντης,¹
Μ. Στεφανίδου,²
Χ. Σπηλιοπούλου²

¹Εργαστήριο Παθολογικής Ανατομικής,
Τμήμα Κτηνιατρικής, Σχολή Επιστημών
Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Καρδίτσα

²Εργαστήριο Ιατροδικαστικής
και Τοξικολογίας, Ιατρική Σχολή,
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Large animal models in forensic
medicine and pathology:
Recent research and its impact
on the evolution of veterinary
forensic pathology

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Έρευνα
Ζωικά πρότυπα παραγωγικών ζώων
Ιατροδικαστική
Κτηνιατροδικαστική
Συγκριτική Ιατροδικαστική

Υποβλήθηκε 22.5.2020

Εγκρίθηκε 6.6.2020

παρέχοντας σημαντικής αξίας αποτελέσματα και συμβάλλοντας καθοριστικά στην ανάπτυξη της Ιατροδικαστικής από τον 19ο αιώνα μέχρι σήμερα.^{4,11,12}

Βέβαια, οι σύγχρονες αντιλήψεις, καθώς και η ισχύουσα νομοθεσία, για τον περιορισμό στο ελάχιστο των πειραματικών μελετών με ζώα για βιοηθικούς και άλλους λόγους αφορούν και στην ιατροδικαστική έρευνα.¹² Ωστόσο, εξακολουθούν να διενεργούνται ιατροδικαστικές ερευνητικές μελέτες με μύες και επίμους («τρωκτικά ζωικά πρότυπα» [rodent models]), ενώ σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και θηλαστικά εκτροφής που προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων («παραγωγικά ζώα ή ζωικά πρότυπα μεγάλων ζώων» [large animal models]). Διευκρινίζεται ότι στις περιπτώσεις αυτές και σε αντιδιαστολή με τα τρωκτικά είδη θεωρείται δόκιμος και ο όρος «μη τρωκτικά ζωικά πρότυπα» [non-rodent models]). Έτσι, είτε ολόκληρο το σώμα των παραγωγικών ζώων είτε επιλεκτικά ορισμένα όργανα και ζωικά υποπροϊόντα, μετά την προβλεπόμενη διαδικασία σφαγής, χρησιμεύουν ως ανάλογα του ανθρώπινου σώματος.¹¹⁻¹³

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι ερευνητικοί στόχοι και τα συμπεράσματα των μελετών της τρέχουσας δεκαετίας με είδη παραγωγικών θηλαστικών ως προτύπων του ανθρώπινου πτώματος, ανάλογα με τα υπό διερεύνηση ιατροδικαστικά ζητήματα (προσδιορισμός χρόνου θανάτου, μελέτη τραυμάτων, βαλλιστική κ.λπ.). Επί πλέον, γίνεται συζήτηση κατά πόσο αυτές οι συγκριτικές ιατροδικαστικές μελέτες βρίσκουν εφαρμογή και στο αναπτυσσόμενο επιστημονικό πεδίο της Κτηνιατροδικαστικής όσον αφορά σε περιστατικά κακοποίησης ζώων.

2. ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΤΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΘΑΝΑΤΟΥ

2.1. Προσδιορισμός του χρόνου θανάτου τις πρώτες ώρες-ημέρες

Ο προσδιορισμός του χρόνου θανάτου για προσφάτως αποβίωσαντα ή θανατωθέντα άτομα στηρίζεται σε υπολογιστικά πρότυπα με βάση την πτώση της θερμοκρασίας του σώματος, την εγκατάσταση και αποδρομή της νεκρικής ακαμψίας, καθώς και την εμφάνιση των μεταθανάτιων αλλοιώσεων. Ωστόσο, δεν παύουν να ανακύπτουν περιπτώσεις που χρήζουν περαιτέρω αποσαφήνισης. Έτσι, σε μια μελέτη με ζωικό πρότυπο τον χοίρο στόχος ήταν να καταδειχθεί κατά πόσο τα ισχύοντα πρότυπα υπολογισμού με βάση την πτώση της θερμοκρασίας ισχύουν σε πτώματα που έχουν εκτεθεί σε υψηλές θερμοκρασίες ή είναι απανθρακωμένα. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης αυτής, η θερμοκρασία του απευθυσμένου ενήλικων χοίρων δεν

φαίνεται να επηρεάζεται από την εξωτερική θερμοκρασία για 40–50 min μετά την έκθεση του πτώματος σε φωτιά, ενδεχομένως λόγω της θερμομονωτικής επίδρασης του λιπώδους ιστού.¹⁴

2.2. Αποσύνθεση ενταφιασμένων πτωμάτων

Η εκτίμηση του χρόνου θανάτου σε ενταφιασμένα πτώματα είναι δύσκολο έργο για τον ιατροδικαστή, δεδομένου ότι πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τον ρυθμό αποσύνθεσης, όπως οι συνθήκες πριν από τον θάνατο, η αιτία θανάτου, το χρονικό διάστημα μεταξύ θανάτου και ταφής και κυρίως ο τύπος και η υγρασία του εδάφους. Έτσι, σε μια μελέτη έγινε προσπάθεια για τη δημιουργία ενός διαγνωστικού αλγόριθμου με πρότυπο τον χοίρο αναφορικά με τον προσδιορισμό του χρονικού διαστήματος σε ενταφιασμένο πτώμα. Αποδείχθηκε ότι προχωρημένου βαθμού αποσύνθεση μπορεί να συμβεί ακόμη και μέσα σε απροσδόκητα σύντομο χρονικό διάστημα. Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας για ενταφιασμένα πτώματα ανθρώπων να διερευνάται κάθε περιστατικό πολύ προσεκτικά πριν από την εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος. Η χρήση διαγνωστικών αλγορίθμων με πρότυπο το πτώμα χοίρου μπορεί να αποτελέσει ένα βοηθητικό μέσο για τέτοιες εκτιμήσεις.¹⁵

Μια άλλη μελέτη με πρότυπο τον χοίρο αποσκοπούσε στο να προτείνει ποια ανόργανα στοιχεία θα μπορούσαν να μετρηθούν στα υγρά αποσύνθεσης ενταφιασμένων πτωμάτων, προσφέροντας τη δυνατότητα προσδιορισμού του χρόνου θανάτου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κάλιο, το θείο και το νάτριο είναι ανιχνεύσιμα στοιχεία που αντικατοπτρίζουν τον ρυθμό αποσύνθεσης. Ωστόσο, οι βροχοπτώσεις έχουν ισχυρή επίδραση τόσο στην παραγωγή σηπτικών υγρών όσο και στην τελική συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων, παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη.¹⁶

Επίσης, σε μια μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση διαφόρων όξινων και αλκαλικών διαλυμάτων στη δομή των οστών χοίρων (μακροσκοπικά, ιστολογικά και στερεομικροσκοπικά). Μόνο τα δείγματα που εκτέθηκαν σε εξαιρετικά όξινο (<1) ή βασικό (>12) pH έδειξαν εμφανείς τροποποιήσεις στη δομή των οστών.¹⁷ Σε άλλη μελέτη διερευνήθηκε *in vitro* η επίδραση, ειδικά του υδροχλωρικού οξέος, στην ιστομορφολογία των οστών, ανάλογα με τη συγκέντρωση του οξέος και τον χρόνο έκθεσης, εμφανίζοντας διαφορετικά αποτελέσματα ανά ανατομική περιοχή.¹⁸

Σε άλλη μελέτη διερευνήθηκε κατά πόσο η μεταθανάτια οστική βιοαποδόμηση οφείλεται σε βακτήρια του εντερικού μικροβιώματος ή σε εξωγενή βακτήρια προερχόμενα από το έδαφος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κυρίως υπεύθυνη

είναι η βακτηριακή μικροχλωρίδα, αφού τα οστά από πτώματα θνησιγενών νεογέννητων χοιριδίων είχαν ιστολογική εικόνα χωρίς στοιχεία βιοαποδόμησης. Αυτό το εύρημα συνδέεται με το γεγονός ότι στα θνησιγενή χοιρίδια ο θάνατος επέρχεται πριν συμβεί ο αποικισμός του εντέρου από βακτήρια και η ανάπτυξη του μικροβιώματος.¹⁹

Επιπρόσθετα, σε μια μελέτη περιγράφεται μακροσκοπικά και ιστολογικά η αποσύνθεση του πτώματος χοίρου με την πάροδο του χρόνου (1, 2, 3 και 6 μήνες μετά τον θάνατο), όταν έχει ταφεί πλήρως σε τοιμέντο, προσομοιώνοντας το αντίστοιχο ενδεχόμενο για το ανθρώπινο πτώμα.²⁰ Ανάλογα, διερευνήθηκε η επίδραση των ενώσεων ασβεστίου στις διεργασίες αποσύνθεσης πτωμάτων χοίρων τόσο σε συνθήκες εργαστηρίου όσο και θαμμένων με υγρή ή ξηρή άσβεστο σε αμώδες έδαφος.^{21,22}

Τέλος, ειδικά για τη διερεύνηση της δυναμικής των μηχανισμών μυϊκής αποσύνθεσης στο έδαφος (μέσα από καταγραφή διαφόρων φυσικών και χημικών παραμέτρων) έχει εκπονηθεί και μια συγκριτική μελέτη, χρησιμοποιώντας όχι ολόκληρα πτώματα, αλλά μόνο επιλεγμένους σκελετικούς μυς ανθρώπου, χοίρου, αγελάδας και προβάτου. Καταγράφηκαν επί μέρους διαφορές αλλά και σημαντικές ομοιότητες μεταξύ των ειδών, με την αποσύνθεση των σκελετικών μυών του προβάτου να εμφανίζει τις περισσότερες ομοιότητες με την αντίστοιχη στον άνθρωπο.²³

2.3. Αποσύνθεση μη ενταφιασμένων πτωμάτων

Η χρήση πτωμάτων χοίρων ως προτύπων για τη μελέτη της αποσύνθεσης του μη ενταφιασμένου ανθρώπινου πτώματος βασίζεται στην υπόθεση ότι, λόγω της παρόμοιας εσωτερικής ανατομίας και του μεγέθους, υπόκεινται στην ίδια διαδικασία αποσύνθεσης με τον άνθρωπο ή με αμελητέες διαφορές. Έτσι, σε μια μελέτη συγκρίθηκε ο ρυθμός αποσύνθεσης μεταξύ πτωμάτων χοίρων, κουνελιών και ανθρώπων σε τρεις διαφορετικές εποχές και η σημασία του για τον υπολογισμό του χρόνου θανάτου. Η ανάλυση έδειξε ότι ο ρυθμός αποσύνθεσης στο μη ενταφιασμένο ανθρώπινο πτώμα είχε περισσότερες ομοιότητες με τον αντίστοιχο ρυθμό στους χοίρους παρά με τα κουνέλια, χωρίς ωστόσο ο χοίρος ως ζωικό πρότυπο να αντικατοπτρίζει απόλυτα την ταχύτητα και τη μεταβλητότητα της αποσύνθεσης του μη ενταφιασμένου ανθρώπινου πτώματος. Παράγοντες που έχουν σημασία είναι το μέγεθος του πτώματος συνδυαστικά με τις ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες και την επίδραση των εντόμων ανά εποχή του έτους.²⁴ Ειδικά για τον ρόλο των εντόμων στην αποδόμηση του πτώματος περισσότερα στοιχεία παρατίθενται σε επόμενη ξεχωριστή ενότητα της παρούσας ανασκόπησης.

Επί πλέον, οι μελέτες με ζωικά πρότυπα δεν παύουν να έχουν σημαντική αξία, όταν τίθενται επί μέρους ιατροδικαστικά ζητήματα προς διερεύνηση. Για παράδειγμα, σε δύο μελέτες σε διαφορετικές χώρες, χοίροι μετά από ευθανασία χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή του προτύπου αποσύνθεσης αναρτημένων πτωμάτων σε ικρίωμα σε σχέση με πτώματα στην επιφάνεια του εδάφους σε διάφορες εποχές του έτους.^{25,26} Σε άλλη μελέτη εξετάστηκαν οι διαφορές στον ρυθμό και στα χαρακτηριστικά της αποσύνθεσης πτωμάτων χοίρων που δεν είχαν καταψυχθεί («μάρτυρες») συγκριτικά με πτώματα χοίρων που είχαν προηγουμένως συντηρηθεί σε θερμοκρασία -18 °C για τουλάχιστον 7 ημέρες. Η έρευνα διενεργήθηκε σε συνθήκες περιβάλλοντος την περίοδο Οκτωβρίου–Ιανουαρίου. Αποδείχθηκε ότι ο ρυθμός αποσύνθεσης των κατεψυγμένων πτωμάτων ήταν σημαντικά βραδύτερος σε σχέση με τους «μάρτυρες».²⁷

Εκτός των προαναφερομένων παραγόντων, η δράση πτωματοφάγων ζωικών ειδών (όρνεα, αλεπούδες κ.λπ.) που καταναλώνουν ιστούς από το μη ενταφιασμένο ανθρώπινο πτώμα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τον ρυθμό αποσύνθεσης, δεδομένου ότι τα εν λόγω ζώα καταναλώνουν τα εσωτερικά όργανα των πτωμάτων, μεγάλες μυϊκές μάζες, ακόμη και οστά. Επί πλέον, μπορεί να προκληθεί διασπορά τμημάτων του πτώματος, καθιστώντας επισφαλή την εκτίμηση του χρονικού διαστήματος από τον θάνατο, ακόμη και την ταυτοποίηση των υπολειμμάτων. Για την καλύτερη κατανόηση των τρόπων πτωματοφαγίας από τα αρπακτικά μιας συγκεκριμένης περιοχής στη νότια Αφρική, διασποράς των υπολειμμάτων του πτώματος και ανάκτησης των στοιχείων του σκελετού διεξήχθησαν μελέτες με πτώματα χοίρου. Εκτός από την πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων από τους τοπικούς ιατροδικαστές, οι συγκεκριμένες μελέτες υπογραμμίζουν την ανάγκη εξέτασης των μεθόδων εκτίμησης του χρόνου θανάτου, λαμβάνοντας υπ' όψη και τη δράση των σπονδυλωτών πτωματοφάγων ζώων.^{28,29}

Τέλος, σε μια μελέτη καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των μεταθανάτιων καταγμάτων στο κρανίο χοιριδίων μετά από άσκηση συγκεκριμένης δύναμης, συνδυαστικά με τον βαθμό αποσύνθεσης των οστών με την πάροδο του χρόνου.³⁰

3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ

Κάθε μη ενταφιασμένο πτώμα ανθρώπου ή ζώου που παραμένει εκτεθειμένο στον αέρα αποτελεί πηγή τροφής για μια ποικιλία εντόμων και άλλων αρθροπόδων. Ο αποικισμός ενός πτώματος από πτωματοφάγες μύγες μπορεί να συμβεί πολύ σύντομα μετά τον θάνατο,

πάνω στο οποίο αφήνουν τα αυγά τους. Στη συνέχεια τα αυγά εκκολάπτονται σε προνύμφες και προοδευτικά αναπτύσσονται σε ενήλικα έντομα. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς η αποσύνθεση προχωρά και ανάλογα με τον βαθμό της, προσελκύονται και είδη αρθροπόδων. Πρόκειται για μια αλληλοδιαδοχή και ποιοτική μεταβολή της εντομοπανίδας αποσύνθεσης. Όταν αυτή είναι γνωστή ανά εποχή του χρόνου σε μια συγκεκριμένη περιοχή, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του χρόνου θανάτου σε ένα περιστατικό μετά από ταυτοποίηση της πανίδας των αρθροπόδων στα υπολείμματα του πτώματος.^{31,32} Επίσης, η εντομοπανίδα που φέρει ένα πτώμα μπορεί να χρησιμεύσει για τον γενικό χαρακτηρισμό του τύπου θανάτου (αστικό, αγροτικό, δασικό περιβάλλον) ή και να αποτελέσει απόδειξη ότι υπήρξε μεταφορά του πτώματος, αφού ορισμένα είδη αρθροπόδων μπορούν να αναπτυχθούν επιλεκτικά μόνο σε συγκεκριμένο βιότοπο και όχι οπουδήποτε.³¹ Τέλος, μπορεί να βρει εφαρμογή η τοξικολογική ανίχνευση διαφόρων τοξικών και άλλων χημικών ουσιών (π.χ. υπολείμματα φαρμάκων) στις προνύμφες των εντόμων και στα έντομα που έχουν αποδομήσει ένα πτώμα (ιατροδικαστική Εντομοτοξικολογία), στην περίπτωση που τα υπολείμματα ιστών δεν επαρκούν ή δεν είναι κατάλληλα για τοξικολογική εξέταση.³³

Για τη δημιουργία βάσεων δεδομένων ιατροδικαστικής Εντομολογίας ανά γεωγραφική περιοχή και εποχή του έτους έχουν εκπονηθεί διαχρονικά πολλές πειραματικές μελέτες με πτώματα ζώων. Κατά τη χρονική περίοδο που καλύπτει η παρούσα ανασκόπηση έχουν εκπονηθεί σε διάφορες χώρες διάφορες μελέτες με πτώματα χοίρων,³⁴⁻³⁸ καθώς και μια μελέτη που εξέτασε τον ρυθμό αποσύνθεσης και τη φυσιολογική διαδοχή των εντόμων σε πτώματα χοίρων και κουνελιών, συγκριτικά και με ένα ανθρώπινο πτώμα στον ίδιο τόπο ταυτόχρονα.³² Αυτές οι ερευνητικές μελέτες έχουν καταφανή αξία για τη διερεύνηση ιατροδικαστικών περιστατικών σε καθαρά τοπικό επίπεδο και εποχή του έτους, οπότε υπάρχει προφανώς η ανάγκη διεξαγωγής παρόμοιων μελετών και σε άλλες περιοχές.

Τέλος, σε μια μελέτη με πτώματα χοίρων στόχος ήταν η διερεύνηση του αποτελέσματος της παρουσίας ενδυμάτων στον ρυθμό αποσύνθεσης του πτώματος συνδυαστικά με τον αποικισμό από έντομα. Από πρακτική ιατροδικαστική σκοπιά, φαίνεται ότι τα ελαφρά ρούχα δεν έχουν πρακτική επίδραση στον ρυθμό αποσύνθεσης του πτώματος. Παρ' όλα αυτά, τα ενδύματα παρέχουν στα έντομα διαφορετικές θέσεις για αποικισμό και ωοτοκία που οδηγούν σε διαφορετικά μοτίβα αποσύνθεσης μεταξύ «γυμνών» και «ντυμένων» πτωμάτων, παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη.³⁹

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

Η κύρια πρακτική εφαρμογή της ιατροδικαστικής Τοξικολογίας, εκτός από την προαναφερόμενη ανίχνευση τοξικών ουσιών σε πτωματοφάγα έντομα (Εντομοτοξικολογία), είναι η ανίχνευση τοξικών, φαρμακευτικών και ναρκωτικών ουσιών σε διάφορους ανθρώπινους ιστούς που λαμβάνονται κατά τη νεκροτομή. Ωστόσο, τα μεταθανάτια επίπεδα συγκέντρωσης ορισμένων ουσιών σε διάφορους ιστούς δεν αντικατοπτρίζουν πάντοτε τα αντίστοιχα επίπεδα κατά τη στιγμή του θανάτου. Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο της μεταθανάτιας ανακατανομής ορισμένων χημικών ουσιών σε διάφορα όργανα και ιστούς, καθώς και στο ενδεχόμενο της μεταθανάτιας παραγωγής τοξικών ουσιών. Τα ζωικά πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των προαναφερόμενων μηχανισμών, με πλέον πρακτικό στόχο τον προσδιορισμό των ιστών που είναι οι καταλληλότεροι για τη λήψη δειγμάτων κατά τη νεκροτομή, χωρίς να τίθεται ζήτημα αξιοπιστίας των τοξικολογικών ευρημάτων.^{40,41}

Ένα ζήτημα προς διερεύνηση είναι η διαγνωστική σημασία της ανίχνευσης ανθρακυλαιμοσφαιρίνης σε πτώματα που έχουν ανακτηθεί από πυρκαγιές. Σε θύματα που κατέληξαν από πυρκαγιά, ο κορεσμός του αίματος >10% σε ανθρακυλαιμοσφαιρίνη θεωρείται ένδειξη εισπνοής μονοξειδίου του άνθρακα, υπονοώντας ότι το άτομο ήταν ζωντανό. Υπάρχουν όμως και περιστατικά που ξεσπά πυρκαγιά – τυχαία ή από εμπρησμό – σε χώρο όπου βρίσκεται ήδη ένα πτώμα. Έτσι, διερευνήθηκε σε νεκρά χοιρίδια η πιθανότητα το μονοξείδιο του άνθρακα να εμποτίζει το πτώμα, οδηγώντας στον μεταθανάτιο σχηματισμό και κορεσμό σε ανθρακυλαιμοσφαιρίνη >10% με κίνδυνο να προκύπτει διαγνωστική σύγχυση. Πράγματι, αυτό μπορεί να συμβεί μετά τον θάνατο, εφόσον έχει διαταραχθεί προθανάτια η ακεραιότητα του δέρματος, όπως σε πτώμα με τραύματα από μαχαίρι ή σε πτώμα που έφερε ήδη εκτεταμένα εγκαύματα.⁴²

5. ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗ ΤΩΝ ΘΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΚΩΣΕΩΝ

5.1. Μελέτη των κακώσεων που προκαλούνται στο κρανίο

Η διάκριση μεταξύ τυχαίου και σκόπιμου τραύματος της κεφαλής σε παιδιά αποτελεί συχνά δύσκολη περίπτωση για τον ιατροδικαστή.⁴³ Σε μια μελέτη με χοιρίδια, ηλικίας 2–28 ημερών, καταγράφηκαν τα μοτίβα των καταγμάτων στο κρανίο, μετά από μία μόνο κρούση στο βρεγματικό οστό και ανάλογα με το είδος της επιφάνειας πτώσης της κεφαλής.⁴⁴ Σε μια δεύτερη μελέτη από την ίδια ερευνητική ομάδα στόχος ήταν η σύγκριση των κρανιακών καταγμάτων

σε αναπτυσσόμενα χοιρίδια μετά από πτώση, συγκριτικά με πλήξη από αμβλύ αντικείμενο (με την ίδια ενέργεια και στην ίδια επιφάνεια πρόσκρουσης). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλήξη με αμβλύ αντικείμενο παράγει πιο σοβαρά κατάγματα, αλλά με ίδιο γενικό μοτίβο, όπως και στην πτώση από ύψος.⁴⁵

Σε μια τρίτη μελέτη καταγράφηκε το είδος των προκαλούμενων καταγμάτων στο κρανίο χοίρων ανάλογα με τη δύναμη που ασκείται από δύο διαφορετικού τύπου αμβλέα όργανα (κύλινδρος από αλουμίνιο με μέγεθος, σχήμα και βάρος όπως ένα οικιακής χρήσης σφυρί, συγκριτικά με *μπάρα πίεσης Hopkinson*). Ο πλέον συνήθης τύπος κατάγματος που προκλήθηκε και στις δύο δοκιμές ήταν το ημικυκλικό συμπίεστικό κάταγμα.⁴⁶ Ειδικά για τα συμπίεστικά κατάγματα του κρανίου, η βιβλιογραφία αναφέρει ότι όταν παιδιά πέφτουν με το κεφάλι σε επιφάνειες με προεξοχές, μπορεί να προκύψουν συμπίεστικά κατάγματα, ακόμη και με χαμηλά επίπεδα ενέργειας. Σε μια πειραματική μελέτη με χοιρίδια καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των καταγμάτων στο κρανίο μετά από πτώση σε επιφάνειες διαφόρων τύπων (επίπεδες, κυρτές, ανώμαλες, με εστιακές προεξοχές). Η μελέτη επιβεβαίωσε ότι τα πρότυπα των κρανιακών καταγμάτων εξαρτώνται από το σχήμα της επιφάνειας πτώσης και ότι απαιτείται χαμηλότερη ενέργεια για την πρόκληση κατάγματος, όταν η επιφάνεια φέρει προεξοχές.⁴⁷

Τέλος, σε σχετικά πρόσφατο άρθρο προτείνεται ένα σύστημα ταξινόμησης για τα μοτίβα των κρανιακών καταγμάτων που σχετίζονται με διαφορετικά σενάρια πρόσκρουσης, αξιοποιώντας τα ευρήματα από προηγούμενες πειραματικές μελέτες σε χοιρίδια.⁴³

5.2. Προσδιορισμός της ηλικίας σε μώλωπες

Ο προσδιορισμός της ηλικίας στους μώλωπες που προκλήθηκαν από τραύματα τυφλής βίας είναι κομβικής σημασίας τόσο σε περιστατικά με ζωντανούς ανθρώπους-θύματα (κλινική Ιατροδικαστική) όσο και στα ανθρώπινα πτώματα.^{48,49} Προς την κατεύθυνση αυτή έχει διεξαχθεί από μια ερευνητική ομάδα σειρά μελετών με ζωικό πρότυπο τον χοίρο.

Η πρώτη μελέτη αφορούσε σε ομάδα χοίρων υπό αναισθησία στους οποίους προκλήθηκε τραύμα τυφλής βίας με κρούση συγκεκριμένης ισχύος. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε προοδευτικά ευθανασία των ζώων σε συγκεκριμένες ώρες (1–10) μετά το συμβάν. Οι μακροσκοπικές αλλοιώσεις στο δέρμα και στους υποκείμενους μυς δεν ήταν δυνατό να διαφοροποιηθούν σε σχέση με τον χρόνο και φαινόταν παρόμοιες μεταξύ τους. Ωστόσο, οι μώλωπες μπορούσαν να διακριθούν ιστοπαθολογικά είτε ως ηλικίας <4 ωρών

είτε ηλικίας μεταξύ 4–10 ωρών, με βάση το είδος και την ένταση του φλεγμονώδους διηθήματος.⁴⁸ Η δεύτερη μελέτη εκπονήθηκε από την ίδια ερευνητική ομάδα, αλλά με τροποποιημένο πρωτόκολλο όσον αφορά στην πρόκληση μωλώπων (κρούσεις χαμηλής, μέτριας και υψηλής ισχύος). Διενεργήθηκε συγκριτική μελέτη των μακροσκοπικών και ιστοπαθολογικών αλλοιώσεων –και με χρήση ανοσοϊστοχημικών τεχνικών– σε μώλωπες ηλικίας 2, 4, 6 και 8 ωρών. Η μακροσκοπική εικόνα ήταν όμοια σε όλους τους χοίρους μέχρι και 30 min μετά το πλήγμα, αλλά μετά ήταν ανάλογη με την ισχύ του πλήγματος. Επίσης, η διήθηση από ουδετερόφιλα στον υποδόριο ιστό ήταν συνάρτηση του χρόνου που μεσολάβησε από το πλήγμα συνδυαστικά με την ισχύ η οποία χρησιμοποιήθηκε. Αντίθετα, στον μυϊκό ιστό αποδείχθηκε χρήσιμος ο αριθμός των μακροφάγων του φλεγμονώδους διηθήματος, αλλά μόνο για τον προσδιορισμό της ηλικίας σε μώλωπες από κρούσεις υψηλής ισχύος. Συμπερασματικά, τα ιστοπαθολογικά ευρήματα μπορεί να είναι χρήσιμα για τον προσδιορισμό της ηλικίας ενός μώλωπα, αλλά αυτό εξαρτάται από την ισχύ του πλήγματος (ισχύς πλήξης).⁴⁹

Τέλος, η ίδια ερευνητική ομάδα μελέτησε την έκφραση των mRNA επιλεγμένων γονιδίων που εμπλέκονται σε μηχανισμούς φλεγμονής με ποσοτική, αντίστροφης μεταγραφής, αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης πραγματικού χρόνου (quantitative RT-PCR). Έτσι, με βάση τις παρατηρούμενες μεταβολές της έκφρασης των γονιδίων στο υποδόριο λίπος –αλλά όχι και στους σκελετικούς μυς– μπορεί να γίνει προσδιορισμός της ηλικίας ενός μώλωπα που προκλήθηκε πειραματικά σε χοίρους με χρονική απόκλιση ακριβείας 2 ωρών. Επί πλέον, η γονιδιακή έκφραση στο υποδόριο λίπος μπορεί να χρησιμεύσει, ώστε οι μώλωπες που προκαλούνται να συσχετιστούν με διαφορετική ισχύ πλήγματος.⁵⁰

6. ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗ ΤΡΑΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΑΙΧΜΗΡΑ ΟΡΓΑΝΑ

Σε περιπτώσεις τραυματισμού από αιχμηρά όργανα (νύσσοντα ή τέμνοντα), οι ιατροδικαστές καλούνται να προσδιορίσουν εάν ένα συγκεκριμένο αντικείμενο που ανακτάται ως πιθανό αποδεικτικό στοιχείο έχει προκαλέσει τα τραύματα τα οποία φέρει το θύμα. Εναλλακτικά, καλούνται να αποφανθούν με βάση τα ειδικά χαρακτηριστικά του τραύματος για το είδος του αιχμηρού αντικειμένου και την ισχύ που το προκάλεσε, σε περίπτωση κατά την οποία έχει καταστεί αδύνατη η ανεύρεση του συγκεκριμένου αντικειμένου.^{51–53}

Σε γενικές γραμμές τα τραύματα από πριονωτά μαχαίρια δεν μπορούν να διαχωριστούν εύκολα από εκείνα που πα-

ράγονται από μη πριονωτά μαχαίρια.⁵⁴ Από μια ερευνητική ομάδα εκπονήθηκε σειρά τεσσάρων μελετών. Κατ' αρχάς, προκλήθηκαν τραύματα στο πλευρικό τοίχωμα πτωμάτων χοίρων και βοοειδών, χρησιμοποιώντας διάφορα είδη οδοντωτών μαχαιριών. Τα μοτίβα των ραβδώσεων στον χόνδρο ήταν αναγνωρίσιμα και αντιστοιχήθηκαν κάθε φορά με τα επί μέρους χαρακτηριστικά του μαχαιριού που χρησιμοποιήθηκε, ενώ αποτυπώθηκαν φωτογραφικά, αλλά και σε εκμαγεία από οδοντιατρικό υλικό.^{54,55} Στην τρίτη μελέτη διερευνήθηκε η πιθανότητα δημιουργίας παρόμοιων ραβδώσεων και στο δέρμα. Το πρότυπο των ραβδώσεων, αντανακλώντας τα χαρακτηριστικά της οδοντωτής λεπίδας, ήταν παρόμοιο με εκείνο που περιγράφηκε στους χόνδρους, αλλά λιγότερο σαφές.⁵⁶ Τέλος, στην τέταρτη μελέτη διερευνήθηκε η πιθανότητα να προκύψουν παρόμοιες ραβδώσεις και στα μαλακά εσωτερικά όργανα βοοειδών και χοίρων (ήπαρ, νεφροί, καρδιά και αορτή). Οι χαρακτηριστικές ραβδώσεις έγιναν αντιληπτές σε όλους τους ιστούς, αλλά ήταν πιο εύκολα αντιληπτές στο ήπαρ, στην καρδιά και στην αορτή, εξαρτώμενες από τη σκληρότητα και τη συνεκτικότητα των οργάνων.⁵⁷

Σε μια άλλη μελέτη καταγράφηκε το είδος των τραυμάτων στο θωρακικό τοίχωμα χοίρου από διαφορετικά είδη μαχαιριών τύπου σουγιά και με βάση την εφαρμοζόμενη δύναμη.⁵² Σε παρόμοια μελέτη με ποικίλα είδη μαχαιριών καταγράφηκαν και φωτογραφήθηκαν οι αλλοιώσεις στα οστά προβάτων, συνδυαστικά με την εφαρμοζόμενη δύναμη.⁵³ Τέλος, σε πλέον πρόσφατη μελέτη πραγματοποιήθηκαν τραύματα από τρία διαφορετικά είδη μαχαιριών σε χοίρους και μετά από μετρήσεις προέκυψε ένας αλγόριθμος για τον προσδιορισμό του μήκους του τραύματος, τόσο κατά την αυτοψία όσο και εκ των υστέρων σε ιστούς τοποθετημένους σε ρυθμιστικό διάλυμα φορμόλης 10%.⁵¹

7. ΘΑΝΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΥΡΟΒΟΛΙΣΜΟ ΚΑΙ ΒΑΛΛΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Στα περιστατικά θανάτου από πυροβολισμό, η μελέτη των μοτίβων της διασποράς του αίματος ή και του εγκεφαλικού ιστού μπορεί να συνεισφέρει καθοριστικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το αν πρόκειται για αυτοκτονία ή ανθρωποκτονία. Οι ακριβείς μηχανισμοί που οδηγούν στη δημιουργία συγκεκριμένων μοτίβων διασποράς δεν είναι πλήρως κατανοητοί.⁵⁸ Σε μια σειρά μελετών με ζωικό πρότυπο τον χοίρο έχουν γίνει προσπάθειες διερεύνησης των εν λόγω μηχανισμών διασποράς με βάση συγκεκριμένες παραμέτρους βαλλιστικής.^{58,59}

Εκτός από τον προαναφερόμενο σκοπό έχει διερευνηθεί κατά πόσο το πτώμα ζώων μπορεί να χρησιμεύσει ως αξιόπιστο υποκατάστατο του ανθρώπινου πτώματος για

μελέτες των τραυμάτων του θώρακα από πυροβολισμό. Σε συγκριτική βαλλιστική μελέτη της συμπεριφοράς του θωρακικού τοιχώματος χοίρων και ανθρώπων διαπιστώθηκε ότι ανεξαρτήτως ηλικίας η επίδραση του βλήματος ήταν πάντα σοβαρότερη στον ανθρώπινο θώρακα, δεδομένου ότι ο θώρακας του χοίρου εμφανίζει μεγαλύτερη ελαστικότητα.⁶⁰

Τέλος, σε μια σειρά μελετών διερευνήθηκε κατά πόσο τροποποιούνται τα βλητικά αποτελέσματα, όταν χρησιμοποιούνται εσωτερικά όργανα χοίρου που έχουν συντηρηθεί είτε βραχυχρόνια στο ψυγείο είτε μακροχρόνια στην κατάψυξη. Σε γενικές γραμμές, η χρήση των οργάνων, μετά από επαναφορά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή στη φυσιολογική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος, δεν φαίνεται να συνδέεται με διαφορετικά βλητικά αποτελέσματα από εκείνα που προκύπτουν με όργανα προσφάτως θανατωθέντων χοίρων.^{61,62}

8. ΠΝΙΓΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΤΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΡΟ

Σημαντικό ποσοστό ιατροδικαστικών υποθέσεων αφορά σε πτώματα που έχουν ανακτηθεί από μια υδατοσυλλογή με ζητούμενο αν ο θάνατος οφείλεται σε πνιγμό ή πρόκειται για πτώμα που μεταφέρθηκε και εναποτέθηκε μέσα σε αυτή. Έτσι, σε σειρά μελετών από την ίδια ερευνητική ομάδα έχουν γίνει προσπάθειες καταγραφής των βιοχημικών μεταβολών στο υαλοειδές υγρό του οφθαλμού βοοειδών στον ρόλο ειδικού διαγνωστικού δείκτη του πνιγμού σε γλυκό ή αλμυρό νερό, παρέχοντας κάποια πρώιμα ενθαρρυντικά αποτελέσματα.^{63,64}

Επίσης, σε μια πρόσφατη προκαταρκτική μελέτη επιβεβαιώθηκε ενδοσκοπικά η απουσία σχηματισμού αφρού στις ρινικές κοιλότητες, στον λάρυγγα και στο πρόσθιο τμήμα της τραχείας σε πτώματα χοιριδίων που εναποτέθηκαν μετά τον θάνατο σε υδατοσυλλογή. Ωστόσο, μένει να διερευνηθεί αν αυτό το εύρημα μπορεί να ισχύει και σε ανθρώπινα πτώματα που μεταφέρθηκαν στο νερό. Στην περίπτωση που ισχύει μπορεί να αποκτήσει διαγνωστική αξία, δεδομένου ότι σε ανθρώπους που έχουν πνιγεί έχει καταγραφεί σταθερά η εξωπνευμονική παρουσία αφρού.⁶⁵

9. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ

Τα όργανα επιβολής του νόμου σε κάποιες χώρες έχουν το δικαίωμα να χρησιμοποιούν συσκευές ηλεκτρικής εκκένωσης τύπου TASER, ώστε γρήγορα και αποτελεσματικά να σταματήσουν την ορμή επιτιθέμενων προσώπων χωρίς να προκαλούν μόνιμο τραυματισμό.⁶⁶ Ωστόσο, έχει υπάρξει αμφισβήτηση σχετικά με τις παραμέτρους ασφαλούς χρή-

σης τους, με επίκεντρο τον κίνδυνο βλαπτικής επίδρασης στην καρδιακή λειτουργία.⁶⁷ Σε μια σειρά πειραματικών μελετών με πρότυπο τον χοίρο διερευνήθηκε η πιθανή επίδραση της χρήσης των εν λόγω συσκευών σε διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού^{66,68-70} και ειδικά στην καρδιαγγειακή λειτουργία,^{67,71,72} υπό συγκεκριμένες παραμέτρους χρήσης της συσκευής ηλεκτρικής εκκένωσης και χρονικής διάρκειας επαφής με το δέρμα.

10. ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Οι σύγχρονες προηγμένες απεικονιστικές μέθοδοι βρίσκουν πλέον ευρεία εφαρμογή στην κλινική Ιατρική ως αξιόπιστα διαγνωστικά μέσα. Επομένως, το ενδεχόμενο η εφαρμογή τους σε πτώματα να έχει σημαντική διαγνωστική αξία αποτελεί επιστημονική πρόκληση για την Ιατροδικαστική.^{73,77} Προς την κατεύθυνση αυτή δοκιμάστηκαν πιλοτικά σε πτώματα ζώων ορισμένες σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές, όπως η αξονική τομογραφία,⁷⁵⁻⁸⁰ αλλά και η μαγνητική τομογραφία,⁷⁴ ώστε να διερευνηθεί η αξιοπιστία τους για ιατροδικαστική χρήση ρουτίνας στο ανθρώπινο πτώμα. Επί πλέον, έχει δοκιμαστεί η συζευγμένη ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης με ανάλυση ακτίνων Χ με ενεργειακή διασπορά (SEM-EDX) για απεικόνιση των καταλοίπων χρήσης πυροβόλου όπλου σε σκελετικό υλικό χοίρου.⁷³ Η τεχνική SEM-EDX έχει επίσης δοκιμαστεί –συνδυαστικά με την οπτική και την ηλεκτρονική μικροσκοπία– για τον προσδιορισμό του χρονικού διαστήματος από τον θάνατο με βάση τον παροδικό σχηματισμό μικροκρυστάλλων στον αρθρικό χόνδρο σε θαμμένα άκρα χοίρων.^{81,82} Τέλος, με χρήση μαγνητικής φασματοσκοπίας (1H-MRS) επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός του χρόνου θανάτου με τη μέτρηση επιλεγμένων μεταβολιτών ιστικής αποδόμησης στον εγκέφαλο προβάτων.⁸³

11. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΩΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗΣ

Η Κτηνιατροδικαστική αποτελεί ένα από τα αναπτυσσόμενα πεδία της κτηνιατρικής επιστήμης κατά τον 21ο αιώνα, έχοντας σε γενικές γραμμές ευρύ φάσμα εφαρμογών, παρόμοιο με εκείνο της Ιατροδικαστικής.^{4,8,84} Ωστόσο, οι πιο συχνές εφαρμογές στην πράξη αφορούν σε περιστατικά κακοποίησης/μη σύννομης θανάτωσης ζώων αναψυχής (σκύλος, γάτα, άλογο), καθώς και θανάτωσης προστατευόμενων ειδών άγριας πανίδας, όπως για παράδειγμα από δηλητηριασμένα δολώματα ή λαθροθηρία.^{2,6,7}

Οι παθολογοανατομικές αλλοιώσεις σε περιστατικά κακοποίησης ζώων είναι παρόμοιες με εκείνες που έχουν

αναφερθεί στους ανθρώπους.⁷ Πριν από το 2008, υπήρχε περιορισμένη βιβλιογραφία για κτηνιατροδικαστικά θέματα στα κατοικίδια ζώα και ιστορικά οι περισσότεροι παθολογοανατόμοι κτηνίατροι έπρεπε να βασίζονται σε ιατροδικαστικά περιοδικά και βιβλία για την ενημέρωσή τους, προσπαθώντας να χρησιμοποιήσουν την αντλούμενη γνώση σε περιστατικά των ζώων.^{7,8} Ωστόσο, η αξιολόγηση αυτών των αλλοιώσεων αποτελεί μοναδική πρόκληση για τον κτηνίατρο σε ρόλο ιατροδικαστή, λόγω των πολλών ανατομικών και φυσιολογικών διαφορών μεταξύ ανθρώπων και ζώων. Επί πλέον, ο κτηνίατρος δεν μπορεί να αντλήσει βασικές πληροφορίες με τη φυσική παρουσία του στη σκηνή ενός συμβάντος, επειδή αυτό δεν προβλέπεται νομοθετικά, γεγονός που δρα περιοριστικά για την ακριβή εκτίμηση των δεδομένων.⁷

Μέχρι σήμερα, η κτηνιατροδικαστική βιβλιογραφία αυξήθηκε εκθετικά. Πραγματοποιήθηκε από έμπειρους κτηνιάτρους η συγγραφή άρθρων ανασκόπησης,⁸⁵⁻⁸⁷ καθώς και βιβλίων αναφοράς.^{2,88-90} Ανατρέχοντας στις πηγές που έχουν χρησιμοποιήσει στη συγγραφή διαπιστώνεται ότι έχουν αξιοποιηθεί ιδιαίτερα τα ερευνητικά άρθρα με ζωικά πρότυπα για ιατροδικαστικούς σκοπούς. Επί πλέον, έχουν αρχίσει να δημοσιεύονται από κτηνιάτρους σε περιοδικά Ιατροδικαστικής άρθρα παρουσίασης ενδιαφερόντων περιστατικών (case reports), όπου μέρος της βιβλιογραφίας αποτελείται από ερευνητικά άρθρα με ζωικά πρότυπα παραγωγικών ζώων.⁹¹ Τέλος, έχουν αρχίσει να εκπονούνται ερευνητικές μελέτες αποκλειστικά για κτηνιατροδικαστικούς σκοπούς, οι οποίες για τη θέσπιση του ερευνητικού πρωτοκόλλου, αλλά και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιούν τα δεδομένα που έχουν προκύψει από παλαιότερες μελέτες με ζωικά πρότυπα για ιατροδικαστικούς σκοπούς.^{92,93}

Αξιοσημείωτο είναι ότι κατά την αναζήτηση της βιβλιογραφίας έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη ερευνητικής ομάδας που έχει εκπονήσει πειραματικές συγκριτικές μελέτες τόσο για ιατροδικαστικό όσο και για κτηνιατροδικαστικό σκοπό, δημοσιεύοντας τα αποτελέσματα σε ιατρικά και κτηνιατρικά επιστημονικά περιοδικά.^{48-50,94} Προγενέστερα είχαν δημοσιεύσει εργασία με αντικείμενο την κτηνιατροδικαστική διερεύνηση περιστατικών μωλωπισμού χοίρων σε συνθήκες εκτροφής, δεδομένου ότι η κακομεταχείριση των ζώων δεν συνάδει με τη σύγχρονη βιοηθική θεώρηση, αλλά και τη νομοθεσία για τη διασφάλιση συνθηκών ευζωίας στα παραγωγικά ζώα.⁹⁵

12. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα ευρήματα των πρόσφατων μελετών με ζωικά πρότυπα και οι πρακτικές εφαρμογές τους υπογραμμίζουν την

πολλαπλή σημασία της Συγκριτικής Ιατροδικαστικής στη σύγχρονη εποχή, πρωταρχικά για τον άνθρωπο (ιατροδικαστική) και παράπλευρα για τα ζώα (Κτηνιατροδικαστική), παρά τις επί μέρους διαφορές μεταξύ των ειδών και τους πρακτικούς περιορισμούς που αυτές εγείρουν. Εξ άλλου, με βάση την επικρατούσα αντίληψη περί ενιαίας υγείας –όρος που έχει πρωτοαναφερθεί από τον «πατέρα» της Παθολογικής Ανατομικής Rudolph Virchow– προωθούνται

πλέον ερευνητικές κατευθύνσεις για τη θεώρηση σε κοινή παθολογοανατομική βάση της υγείας του ανθρώπου και των ζώων μέσα στο φυσικό περιβάλλον.^{7,96,97} Η εν λόγω προσέγγιση εμπεριέχεται αναμφίβολα στη σύγχρονη ιατροδικαστική έρευνα με «ζωικά πρότυπα παραγωγικών ζώων», σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί αναλυτικά στις προηγούμενες ενότητες.

ABSTRACT

Large animal models in forensic medicine and pathology: Recent research and its impact on the evolution of veterinary forensic pathology

D. DOUKAS,¹ D. TONTIS,¹ M. STEFANIDOU,² C. SPILIOPOULOU²

¹Laboratory of Pathology, Faculty of Veterinary Science, School of Health Sciences, University of Thessaly, Karditsa,

²Department of Forensic Medicine and Toxicology, School of Medicine, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2020, 37(6):810–820

Modern forensic research studies using large animal models are presented and classified by subject, into (a) corpse decomposition and post mortem interval; (b) forensic entomology; (c) forensic toxicology; (d) blunt-force trauma; (e) sharp-force trauma; (f) ballistics; (g) drowning and bodies recovered from water; (h) the effects of electrical discharge devices, and (i) modern imaging techniques applied to the corpse. These research studies have a positive impact on the rapidly evolving scientific field of the veterinary forensic pathology of animal abuse. The value of comparative forensic pathology is highlighted in accordance with the One Health approach.

Key words: Comparative forensic pathology, Forensic medicine and pathology, Large animal models, Research, Veterinary forensic pathology

Βιβλιογραφία

1. GUDMANSSON P, BERGE J. The forensic pathology of fatal attacks by the large mammals inhabiting the Nordic wilderness – a literature review. *J Forensic Sci* 2019, 64:976–981
2. COOPER JE, COOPER ME. *Introduction to veterinary and comparative forensic medicine*. Blackwell Publishing, Oxford, 2007
3. COLARD T, DELANNOY Y, NAJI S, GOSSET D, HARTNETT K, BÉCART A. Specific patterns of canine scavenging in indoor settings. *J Forensic Sci* 2015, 60:495–500
4. COOPER JE, COOPER ME. Forensic veterinary medicine: A rapidly evolving discipline. *Forensic Sci Med Pathol* 2008, 4:75–82
5. VAN DAM A, SCHOON A, WIERDA SF, HEERINGA E, AALDERS CG. The use of crime scene detection dogs to locate semen stains on different types of fabric. *Forensic Sci Int* 2019, 302:109907
6. McEWEN BJ. Trends in domestic animal medico-legal pathology cases submitted to a veterinary diagnostic laboratory 1998–2010. *J Forensic Sci* 2012, 57:1231–1233
7. McEWEN B. Eternally vulnerable: The pathology of abuse in domestic animals. *Acad Forensic Pathol* 2017, 7:353–369
8. PARRY NMA, STOLL A. The rise of veterinary forensics. *Forensic Sci Int* 2020, 306:110069
9. AQUILA I, DI NUNZIO C, PACIELLO O, BRITTI D, PEPE F, DE LUCA E ET AL. An unusual pedestrian road trauma: From forensic pathology to forensic veterinary medicine. *Forensic Sci Int* 2014, 234:e1–e4
10. HASEGAWA I, GEHL A, NUSHIDA H, PÜSCHEL K. Assisted suicide and killing of a household pet: Pre-autopsy post-mortem imaging of a victim and a dog. *Forensic Sci Med Pathol* 2014, 10:122–125
11. CATTANEO C, MADERNA E, RENDINELLI A, GIBELLI D. Animal experimentation in forensic sciences: How far have we come? *Forensic Sci Int* 2015, 254:e29–e35
12. MOLE CG, HEYNS M. Animal models in forensic science research: Justified use or ethical exploitation? *Sci Eng Ethics* 2019, 25:1095–1110
13. MATUSZEWSKI S, HALL MJR, MOREAU G, SCHOENLY KG, TARONE AM, VILLET MH. Pigs vs people: The use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research. *Int J Legal Med* 2020, 134:793–810
14. GIBELLI D, CANTATORE A, PORTA D, POPPA P, SALA R, MARCO G ET AL. Temperature measurement from the brain and rectum in charred corpses: A pilot study on an animal model. *Am J Forensic Med Pathol* 2014, 35:34–37
15. NIEDEREGGER S, SCHERMER J, HÖFING J, MALL G. Case report: Time of

- death estimation of a buried body by modeling a decomposition matrix for a pig carcass. *Leg Med (Tokyo)* 2015, 17:34–38
16. DICK HC, PRINGLE JK. Inorganic elemental analysis of decomposition fluids of an *in situ* animal burial. *Forensic Sci Int* 2018, 289:130–139
 17. AMADASI A, CAMICI A, SIRONI L, PROFUMO A, MERLI D, MAZZARELLI D ET AL. The effects of acid and alkaline solutions on cut marks and on the structure of bone: An experimental study on porcine ribs. *Leg Med (Tokyo)* 2015, 17:503–508
 18. SABOLOVÁ V, BRINEK A, SLÁDEK V. The effect of hydrochloric acid on microstructure of porcine (*Sus scrofa domestica*) cortical bone tissue. *Forensic Sci Int* 2018, 291:260–271
 19. WHITE L, BOOTH TJ. The origin of bacteria responsible for bioerosion to the internal bone microstructure: Results from experimentally-deposited pig carcasses. *Forensic Sci Int* 2014, 239:92–102
 20. GIBELLI D, DI GIANCAMILLO A, TABORELLI A, PORTA D, ANDREOLA S, FERRO F ET AL. Burial of piglet carcasses in cement: A study of macroscopic and microscopic alterations on an animal model. *Am J Forensic Med Pathol* 2013, 34:43–49
 21. SCHOTSMANS EMJ, DENTON J, FLETCHER JN, JANAWAY RC, WILSON AS. Short-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Laboratory experiments. *Forensic Sci Int* 2014, 238:142.e1–142.e10
 22. SCHOTSMANS EMJ, FLETCHER JN, DENTON J, JANAWAY RC, WILSON AS. Long-term effects of hydrated lime and quicklime on the decay of human remains using pig cadavers as human body analogues: Field experiments. *Forensic Sci Int* 2014, 238:141.e1–141.e13
 23. STOKES KL, FORBES SL, TIBBETT M. Human versus animal: Contrasting decomposition dynamics of mammalian analogues in experimental taphonomy. *J Forensic Sci* 2013, 58:583–591
 24. DAUTARTAS A, KENYHERCZ MW, VIDOLI GM, JANTZ LM, MUNDORFF A, STEADMAN DW. Differential decomposition among pig, rabbit, and human remains. *J Forensic Sci* 2018, 63:1673–1683
 25. LYNCH-AIRD J, MOFFATT C, SIMMONS T. Decomposition rate and pattern in hanging pigs. *J Forensic Sci* 2015, 60:1155–1163
 26. JARMUSZ M, BAJERLEIN D. Decomposition of hanging pig carcasses in a forest habitat of Poland. *Forensic Sci Int* 2019, 300:32–42
 27. ROBERTS LG, DABBS GR. A taphonomic study exploring the differences in decomposition rate and manner between frozen and never frozen domestic pigs (*Sus scrofa*). *J Forensic Sci* 2015, 60:588–594
 28. SPIES MJ, FINAUGHTY DA, GIBBON VE. Forensic taphonomy: Scavenger-induced scattering patterns in the temperate Southwestern Cape, South Africa – a first look. *Forensic Sci Int* 2018, 290:29–35
 29. SPIES MJ, GIBBON VE, FINAUGHTY DA. Forensic taphonomy: Vertebrate scavenging in the temperate Southwestern Cape, South Africa. *Forensic Sci Int* 2018, 290:62–69
 30. JORDANA F, COLAT-PARROS J, BÉNÉZECH M. Diagnosis of skull fractures according to postmortem interval: An experimental approach in a porcine model. *J Forensic Sci* 2013, 58(Suppl 1):S156–S162
 31. JOSEPH I, MATHEW DG, SATHYAN P, VARGHEESE G. The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *J Forensic Dent Sci* 2011, 3:89–91
 32. WANG Y, MA MY, JIANG XY, WANG JF, LI LL, YIN XJ ET AL. Insect succession on remains of human and animals in Shenzhen, China. *Forensic Sci Int* 2017, 271:75–86
 33. CHOPI R, SHARMA S, SHARMA S, SINGH R. Forensic entomotoxicology: Current concepts, trends and challenges. *J Forensic Leg Med* 2019, 67:28–36
 34. DEKEIRSSCHIETER J, FREDERICK C, VERHEGGEN FJ, DRUGMAND D, HAUBRUGE E. Diversity of forensic rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) associated with decaying pig carcass in a forest biotope. *J Forensic Sci* 2013, 58:1032–1040
 35. MAYER ACG, VASCONCELOS SD. Necrophagous beetles associated with carcasses in a semi-arid environment in northeastern Brazil: Implications for forensic entomology. *Forensic Sci Int* 2013, 226:41–45
 36. IANCU L, CARTER DO, JUNKINS EN, PURCAREA C. Using bacterial and necrophagous insect dynamics for post-mortem interval estimation during cold season: Novel case study in Romania. *Forensic Sci Int* 2015, 254:106–117
 37. LYU Z, WAN LH, YANG YQ, TANG R, XU LZ. A checklist of beetles (insecta, coleoptera) on pig carcasses in the suburban area of southwestern China: A preliminary study and its forensic relevance. *J Forensic Leg Med* 2016, 41:42–48
 38. WILLIAMS KA, WALLMAN JF, LESSARD BD, KAVAZOS CRJ, MAZUNGULA DN, VILLET MH. Nocturnal oviposition behavior of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in the southern hemisphere (South Africa and Australia) and its forensic implications. *Forensic Sci Med Pathol* 2017, 13:123–134
 39. CARD A, CROSS P, MOFFATT C, SIMMONS T. The effect of clothing on the rate of decomposition and Diptera colonization on *Sus scrofa* carcasses. *J Forensic Sci* 2015, 60:979–982
 40. DRUMMER OH. Post-mortem toxicology. *Forensic Sci Int* 2007, 165:199–203
 41. PETERS FT, STEUER AE. Antemortem and postmortem influences on drug concentrations and metabolite patterns in post-mortem specimens. *WIREs Forensic Sci* 2019, 1:e1297
 42. SULLY CJ, WALKER GS, LANGLOIS NEI. Investigation into the potential for post-mortem formation of carboxyhemoglobin in bodies retrieved from fires. *Forensic Sci Med Pathol* 2018, 14:342–348
 43. WEI F, BUCAK SS, VOLLNER JM, FENTON TW, JAIN AK, HAUT RC. Classification of porcine cranial fracture patterns using a fracture printing interface. *J Forensic Sci* 2017, 62:30–38
 44. POWELL BJ, PASSALACQUA NV, BAUMER TG, FENTON TW, HAUT RC. Fracture patterns on the infant porcine skull following severe blunt impact. *J Forensic Sci* 2012, 57:312–317
 45. POWELL BJ, PASSALACQUA NV, FENTON TW, HAUT RC. Fracture characteristics of entrapped head impacts versus controlled head drops in infant porcine specimens. *J Forensic Sci* 2013, 58:678–683
 46. MOLE CG, HEYNS M, CLOETET. How hard is hard enough? An investigation of the force associated with lateral blunt force trauma to the porcine cranium. *Leg Med (Tokyo)* 2015, 17:1–8
 47. VAUGHAN PE, VOGELSBERG CCM, VOLLNER JM, FENTON TW, HAUT RC. The role of interface shape on the impact characteristics

- and cranial fracture patterns using the immature porcine head model. *J Forensic Sci* 2016, 61:1190–1197
48. BARINGTON K, JENSEN HE. A novel, comprehensive, and reproducible porcine model for determining the timing of bruises in forensic pathology. *Forensic Sci Med Pathol* 2016, 12:58–67
 49. BARINGTON K, JENSEN HE. The impact of force on the timing of bruises evaluated in a porcine model. *J Forensic Leg Med* 2016, 40:61–66
 50. BARINGTON K, JENSEN HE, SKOVGAARD K. Forensic aspects of gene expression signatures for age determination in bruises as evaluated in an experimental porcine model. *Forensic Sci Med Pathol* 2017, 13:151–160
 51. ZOHAN A, MELINEK J. Which knife was used? Using a porcine model to assess stab wound size. *Am J Forensic Med Pathol* 2017, 38:180–183
 52. BOLLIGER SA, KNEUBUEHL BP, THALI MJ, EGGERT S, SIEGENTHALER L. Stabbing energy and force required for pocket-knives to pierce ribs. *Forensic Sci Med Pathol* 2016, 12:394–398
 53. HUMPHREY C, KUMARATILAKE J, HENNEBERG M. A stab in the dark: Design and construction of a novel device for conducting incised knife trauma investigations and its initial test. *Forensic Sci Int* 2016, 262:276–281
 54. POUNDER DJ, REEDER FD. Striation patterns in serrated blade stabs to cartilage. *Forensic Sci Int* 2011, 208:91–94
 55. POUNDER DJ, CORMACK L, BROADBENT E, MILLAR J. Class characteristics of serrated knife stabs to cartilage. *Am J Forensic Med Pathol* 2011, 32:157–160
 56. POUNDER DJ, BHATT S, CORMACK L, HUNT BAC. Tool mark striations in pig skin produced by stabs from a serrated blade. *Am J Forensic Med Pathol* 2011, 32:93–95
 57. POUNDER DJ, CORMACK L. An experimental model of tool mark striations in soft tissues produced by serrated blades. *Am J Forensic Med Pathol* 2011, 32:90–92
 58. LAZARJAN MS, GEOGHEGAN PH, TAYLOR MC, JERMY MC. Visualization of the air ejected from the temporary cavity in brain and tissue simulants during gunshot wounding. *Forensic Sci Int* 2015, 246:104–109
 59. RADFORD GE, TAYLOR MC, KIESER JA, WADDELL JN, WALSH KAJ, SCHOFIELD JC ET AL. Simulating backspatter of blood from cranial gunshot wounds using pig models. *Int J Legal Med* 2016, 130:985–994
 60. PRAT N, RONGIERAS F, DE FREMINVILLE H, MAGNAN P, DEBORD E, FUSAIT ET AL. Comparison of thoracic wall behavior in large animals and human cadavers submitted to an identical ballistic blunt thoracic trauma. *Forensic Sci Int* 2012, 222:179–185
 61. BREEZE J, CARR DJ, MABBOTT A, BECKETT S, CLASPER JC. Refrigeration and freezing of porcine tissue does not affect the retardation of fragment simulating projectiles. *J Forensic Leg Med* 2015, 32:77–83
 62. HUMPHREY C, KUMARATILAKE J. A histological analysis of visceral organs to evaluate the effect of duration of heating from refrigeration to core body temperature for ballistics investigations. *Am J Forensic Med Pathol* 2017, 38:326–332
 63. ANNE S, TSE R, OLDMEADOW C, ATTIA JR, CALA AD. Immersion of bovine eyeballs after 1 hour in seawater does not result in elevation of postmortem vitreous humor sodium and chloride levels. *Am J Forensic Med Pathol* 2016, 37:108–111
 64. TSE R, KUO TC, GARLAND J, LAM L, SUNDERLAND M, KESHA K ET AL. Postmortem vitreous sodium and chloride elevate after 1 hour and magnesium after 2 hours in bovine eyeballs immersed in salt water. *Am J Forensic Med Pathol* 2018, 39:242–246
 65. REIJNEN G, VOS P, BUSTER M, REIJNDERS U. Can pulmonary foam arise after postmortem submersion in water? An animal experimental pilot study. *J Forensic Leg Med* 2019, 61:40–44
 66. JAUCHEM JR. Increased hematocrit after applications of conducted energy weapons (including TASER® devices) to *Sus scrofa*. *J Forensic Sci* 2011, 56(Suppl 1):S229–S233
 67. DAWES DM, HO JD, MOORE JC, LAUDENBACH AP, REARDON RF, MINER JR. An evaluation of two conducted electrical weapons using a swine comparative cardiac safety model. *Forensic Sci Med Pathol* 2014, 10:329–335
 68. JAUCHEM JR, SHERRY CJ, FINES DA, COOK MC. Acidosis, lactate, electrolytes, muscle enzymes, and other factors in the blood of *Sus scrofa* following repeated TASER exposures. *Forensic Sci Int* 2006, 161:20–30
 69. JAUCHEM JR, BERNHARD JA, CERNA CZ, LIM TY, SEAMAN RL, TARANGO M. Effects of a TASER® conducted energy weapon on the circulating red-blood-cell population and other factors in *Sus scrofa*. *Forensic Sci Med Pathol* 2013, 9:308–320
 70. JAUCHEM JR, CERNA CZ, LIM TY, SEAMAN RL. Exposures of *Sus scrofa* to a TASER® conducted electrical weapon: No effects on 2-dimensional gel electrophoresis patterns of plasma proteins. *Forensic Sci Med Pathol* 2014, 10:526–534
 71. JENKINS DM Jr, MURRAY WB, KENNETT MJ, HUGHES EL, WERNER JR. The effects of continuous application of the TASER X26 waveform on *Sus scrofa*. *J Forensic Sci* 2013, 58:684–692
 72. PARK EJ, CHOI SC, AHN JH, MIN YG. Repetitive TASER X26 discharge resulted in adverse physiologic events with a dose-response relationship related to the duration of discharge in anesthetized swine model. *J Forensic Sci* 2013, 58:179–183
 73. TABORELLI A, GIBELLI D, RIZZI A, ANDREOLA S, BRANDONE A, CATTANEO C. Gunshot residues on dry bone after decomposition – a pilot study. *J Forensic Sci* 2012, 57:1281–1284
 74. HENES FO, REGIER M, BANNAS P, HENKER M, HEINEMANN A, SPERHAKKE J ET AL. Early time-related course of image findings in postmortem MRI: Typical findings and observer agreement in a porcine model. *Leg Med (Tokyo)* 2017, 28:15–21
 75. POUNDER DJ, SIM LJ. Virtual casting of stab wounds in cartilage using micro-computed tomography. *Am J Forensic Med Pathol* 2011, 32:97–99
 76. BREEZE J, HUNT N, GIBB I, JAMES G, HEPPEL A, CLASPER J. Experimental penetration of fragment simulating projectiles into porcine tissues compared with simulants. *J Forensic Leg Med* 2013, 20:296–299
 77. SCHERR MK, PESCHEL O, GRIMM JM, ZIEGELER E, UHL M, GEYER LL ET AL. Low-dose CT in body-packers: Delineation of body packs and radiation dose in a porcine model. *Forensic Sci Med Pathol* 2014, 10:170–178
 78. LAURENT PE, COULANGE M, BARTOLI C, BOUSSUGES A, ROSTAIN JC, LUCIANO M ET AL. Appearance of gas collections after scuba diving death: A computed tomography study in a porcine model. *Int J Legal Med* 2013, 127:177–184

79. MOKRANE FZ, DERCLE L, MEYRIGNAC O, CRUBÉZY E, ROUSSEAU H, TELMON N ET AL. Towards multi-phase postmortem CT angiography in children: A study on a porcine model. *Int J Legal Med* 2018, 132:1391–1403
80. STANLEY SA, HAINSWORTH SV, RUTTY GN. How taphonomic alteration affects the detection and imaging of striations in stab wounds. *Int J Legal Med* 2018, 132:463–475
81. ROGERS CJ, CLARK K, HODSON BJ, WHITEHEAD MP, SUTTON R, SCHMERER WM. Postmortem degradation of porcine articular cartilage. *J Forensic Leg Med* 2011, 18:52–56
82. ROGERS CJ, TEN BROEK CMA, HODSON B, WHITEHEAD MP, SCHMERER WM, SUTTON R. Identification of crystals forming on porcine articular cartilage: A new method for the estimation of the postmortem interval. *J Forensic Sci* 2014, 59:1575–1582
83. MUSSHOF F, KLOTZBACH H, BLOCK W, TRAEBER F, SCHILD H, MADEA B. Comparison of post-mortem metabolic changes in sheep brain tissue in isolated heads and whole animals using ¹H-MR spectroscopy – preliminary results. *Int J Legal Med* 2011, 125:741–744
84. POLLANEN MS. The rise of forensic pathology in human medicine: Lessons for veterinary forensic pathology. *Vet Pathol* 2016, 53:878–879
85. MUNRO R, MUNRO HMC. Some challenges in forensic veterinary pathology: A review. *J Comp Pathol* 2013, 149:57–73
86. FINNIE JW. Forensic pathology of traumatic brain injury. *Vet Pathol* 2016, 53:962–978
87. RESSEL L, HETZEL U, RICCI E. Blunt force trauma in Veterinary Forensic Pathology. *Vet Pathol* 2016, 53:941–961
88. MERCK MD. *Veterinary forensics: Animal cruelty investigations*. 2nd ed. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, 2013
89. BROOKS JW. *Veterinary forensic pathology*. Volumes 1–2. Springer, Cham, 2018
90. ROGERS ER, STERN AW. *Veterinary forensics: Investigation, evidence collection and expert testimony*. Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, 2018
91. PIEGARI G, PRISCO F, DE BIASE D, MEOMARTINO L, FICO R, PACIELLO O. Cardiac laceration following non-penetrating chest trauma in dog and cat. *Forensic Sci Int* 2018, 290:e5–e8
92. PROCTOR KW, KELCH WJ, NEW JC Jr. *Estimating the time of death in domestic canines*. *J Forensic Sci* 2009, 54:1433–1437
93. LISTOS P, GRZYNSKA M, BATKOWSKA J, GRELA M, JAKUBCZAK A. Algorithm for establishing the time of death of a dog based on temperature measurements in selected sites of the body during the early post-mortem period. *Forensic Sci Int* 2018, 289:124–129
94. BARINGTON K, DICH-JØRGENSEN K, JENSEN HE. A porcine model for pathomorphological age assessment of surgically excised skin wounds. *Acta Vet Scand* 2018, 60:33
95. BARINGTON K, JENSEN HE. Forensic cases of bruises in pigs. *Vet Rec* 2013, 173:526
96. CARDIFF RD, WARD JM, BARTHOLD SW. “One medicine – one pathology”: Are veterinary and human pathology prepared? *Lab Invest* 2008, 88:18–26
97. SUNDBERG JP, SCHOFIELD PN. One medicine, one pathology, and the one health concept. *J Am Vet Med Assoc* 2009, 234:1530–1531

Corresponding author:

D. Doukas, Laboratory of Pathology, Faculty of Veterinary Science, School of Health Sciences, University of Thessaly, 224 Trikalon street, 431 00 Karditsa, Greece
e-mail: ddoukas@vet.uth.gr