

Ερευνητική - Κλινική εργασία

Διαστάσεις των φυσιολογικών νεφρών της γάτας με χρήση αξονικής τομογραφίας

Νατσιόπουλος Θ. DVM, MRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, Ηνωμένο Βασίλειο | **Tappin S.** MA VetMB, CertSAM, Dip ECVIM-CA, FRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, Ηνωμένο Βασίλειο | **Shing H.** 3BVSc, MRCVS, GradCert (SAUA), MANZCVS (Small Animal Radiology), Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, Ηνωμένο Βασίλειο | **Μάντης Π.** DVM, FHEA, DipECVDI, FRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, Ηνωμένο Βασίλειο

Research - Clinical study

Dimensions of normal feline kidneys using computed tomography

Natsiopoulos T. DVM, MRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, UK | **Tappin S.** MA VetMB, CertSAM, Dip ECVIM-CA, FRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, UK | **Shing H.** 3BVSc, MRCVS, GradCert (SAUA), MANZCVS (Small Animal Radiology), Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, UK | **Mantis P.** DVM, FHEA, DipECVDI, FRCVS, Dick White Referrals, Station Farm, London Road, Six Mile Bottom, CB80UH, Cambridgeshire, UK

Περίληψη

Πρόκειται για μία αναδρομική μελέτη με στόχο τον προσδιορισμό του νεφρικού μήκους, πλάτους, ύψους και πάχους του νεφρικού φλοιού των φυσιολογικών λειτουργικών νεφρών σε έναν πληθυσμό έντεκα κοινών Ευρωπαϊκών κοντότριχων και τριών κοινών Ευρωπαϊκών μακρύτριχων γατών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν συνολικά 14 γάτες, δέκα θηλυκές στείρωμένες και τέσσερις αρσενικές στείρωμένες, με φυσιολογική νεφρική λειτουργία. Η φυσιολογική νεφρική λειτουργία ορίστηκε με βάση τις φυσιολογικές νεφρικές βιοχημικές τιμές του ορού αίματος, το φυσιολογικό ειδικό βάρος των ούρων (όταν ήταν διαθέσιμο) και την απουσία νεφρικών και άλλων κοιλιακών παθήσεων. Οι μέσες διαστάσεις του δεξιού νεφρού πριν από τη σκιαγράφιση ήταν $3,99 \pm 0,33$ εκ. σε μήκος, $2,76 \pm 0,33$ εκ. σε πλάτος, $2,31 \pm 0,21$ εκ. σε ύψος, ενώ εκείνες του αριστερού νεφρού ήταν $3,91 \pm 0,34$ εκ., $2,79 \pm 0,29$ εκ., $2,44 \pm 0,20$ εκ., αντίστοιχα. Το μέσο πάχος του νεφρικού φλοιού μετά τη σκιαγράφιση για τον δεξιό νεφρό ήταν $0,49 \pm 0,13$ εκ. και για τον αριστερό $0,49 \pm 0,14$ εκ. Επιπλέον, το μήκος των νεφρών (ΔΝ ή ΑΝ) συγκρίθηκε με το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (Ο2) και τη διάμετρο της κοιλιακής αορτής (Αο). Οι μέσες αναλογίες ΔΝ/Ο2 και ΑΝ/Ο2 ήταν

Abstract

This is a single-centre, retrospective study aimed to determine the renal length, width, height, and the thickness of the renal cortex of normal functioning kidneys in a population of eleven domestic shorthair and three domestic longhair cats in the UK. A total of 14 cats, ten female neutered and four male neutered cats, with normal renal function were included in the study. The normal renal function was considered based on normal renal serum biochemical values, normal urine specific gravity (when available), and the absence of renal and other abdominal diseases. The mean pre-contrast dimensions of the right kidney were 3.99 ± 0.33 cm in length, 2.76 ± 0.33 cm in width, 2.31 ± 0.21 cm in height, whereas those of the left kidney were 3.91 ± 0.34 cm, 2.79 ± 0.29 cm, 2.44 ± 0.20 cm, respectively. The mean post-contrast renal cortical thickness for the right kidney was 0.49 ± 0.13 cm and for the left 0.49 ± 0.14 cm. Additionally, the renal length (RK or LK) was compared with the length of the second lumbar vertebra (L2) and the abdominal aorta diameter (Ao). The mean RK/L2 and LK/L2 ratios were 2.29 ± 0.19 and 2.24 ± 0.18 , respectively, and the mean RK/Ao and LK/Ao ratios were 10.25 ± 1.25 and 10.04 ± 1.22 , respectively. There was

2,29 ± 0,19 και 2,24 ± 0,18, αντίστοιχα, και οι μέσες αναλογίες ΔΝ/Αο και ΑΝ/Αο ήταν 10,25 ± 1,25 και 10,04 ± 1,22, αντίστοιχα. Δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις μεταξύ των δύο νεφρών. Η μελέτη αυτή παρέχει τιμές αναφοράς για το φυσιολογικό μέγεθος των νεφρών σε γάτες. Περαιτέρω μελέτες είναι απαραίτητες για την αξιολόγηση της εφαρμογής αυτών των τιμών αναφοράς στην κλινική πράξη.

no statistically significant difference identified in the measurements between the kidneys. This study provides references for the feline renal size. Further studies are warranted to evaluate the application of these reference values in the clinical practice.

Λέξεις ευρετηρίου: αξονική τομογραφία, γάτες, νεφρός, νεφρικές διαστάσεις, πάχος νεφρικού φλοιού

MeSH keywords: cats, computed tomography, cortical thickness, kidney, renal dimensions, renal

Εισαγωγή

Η νεφρική νόσος είναι συχνή στις γάτες και η χρόνια νεφρική νόσος (ΧΝΝ) είναι η πιο συχνή μεταβολική νόσος, ιδίως στις ηλικιωμένες γάτες ηλικίας >12 ετών (Brown et al. 2016). Σε μια μελέτη μακροζωίας σε ζώα συντροφιάς στο Ηνωμένο Βασίλειο, η θνησιμότητα αποδόθηκε σε νεφρικές διαταραχές στο 12,1% των γατών, με τη ΧΝΝ να είναι η συχνότερη (13,6%) αιτία που εντοπίστηκε στην ηλικία των 5 ετών και άνω στις γάτες (O'Neill et al. 2015).

Η ακτινογραφία και το υπερηχογράφημα είναι διαγνωστικές απεικονιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση της νεφρικής νόσου στις γάτες. Ακτινογραφικά το μέγεθος του νεφρού εκτιμήθηκε αρχικά με τη σύγκριση του μήκους του με το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (Barrett & Kneller 1972) και το φυσιολογικό μήκος του νεφρού στις γάτες, είναι 2,4-3,0 φορές το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (μπορεί να είναι 1,9-2,6 φορές σε ηλικιωμένες γάτες). Υπερηχογραφικά, το μέσο φυσιολογικό μήκος των νεφρών στις γάτες περιγράφεται από τους Park et al. 2008, και είναι 3,83±0,51 εκ. για τον αριστερό και 3,96 ±0,48 εκ. για τον δεξιό νεφρό. Η υπερηχογραφία είναι ο απεικονιστικός τρόπος εκλογής για την αξιολόγηση των νεφρών σε σκύλους και γάτες, διότι παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη θέση, το μέγεθος, το σχήμα, την αρχιτεκτονική και την αιμοδυναμική των νεφρών χωρίς να βλάπτει τον ασθενή με την έκθεση στην ακτινοβολία (Bragato et al. 2017). Επιπλέον, το υπερηχογράφημα μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση και την παρακολούθηση της ΧΝΝ και άλλων παθήσεων των νεφρών. Με βάση μια πρόσφατη δημοσίευση, παρατηρείται μειωμένο πάχος φλοιού σε γάτες με απώλεια νεφρικής λειτουργίας που

Introduction

Renal disease is common in the feline population, and chronic kidney disease (CKD) is the most common metabolic disease in domesticated cats, especially in older cats aged >12 years of age (Brown et al. 2016). In a study of longevity in companion animals in the United Kingdom, mortality was attributed to renal disorders in 12.1% of cats, with CKD being the most frequently (13.6%) identified cause at or after 5 years of age in cats (O'Neill et al. 2015).

Radiography and ultrasound are diagnostic imaging modalities commonly used for the assessment of renal disease in cats. Radiographically the renal size was first assessed by comparing its length to the length of the second lumbar vertebra (Barrett & Kneller 1972) and the normal feline kidney length is 2.4-3.0 times the length of the second lumbar vertebra (can be 1.9-2.6 times in older cats). Ultrasonographically the mean normal length of the feline kidneys described by Park et al. 2008, and it is 3.83± 0.51 cm for the left and 3.96± 0.48 cm for the right kidney. Ultrasonography is the imaging modality of choice for renal evaluation in dogs and cats because it provides information about the kidneys' position, size, shape, internal architecture, and hemodynamics without harming the patient with radiation exposure (Bragato et al. 2017). In addition, ultrasound can help diagnose and monitor CKD and other renal pathology in cats. Based on a recent publication, decreased cortical thickness is observed in cats with loss of renal function that underwent ultrasonographic assessment and negatively correlates with disease progression (Yan et al. 2020).

Computed tomography (CT) is becoming more widely available to veterinary practitioners. Com-

υποβλήθηκαν σε υπερηχογραφική αξιολόγηση και συσχετίζεται αρνητικά με την εξέλιξη της νόσου (Yan et al. 2020).

Η αξονική τομογραφία (CT) γίνεται όλο και πιο ευρέως διαθέσιμη στους κτηνίατρους. Σε σύγκριση με την ακτινογραφία, η αξονική τομογραφία προσφέρει εξαιρετική αντίθεση ιστών και παρέχει τρισδιάστατες εικόνες που ελαχιστοποιούν την συμπίεση των οργάνων. Η αξονική τομογραφία έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση διαφόρων οργάνων και παθήσεων στην κτηνιατρική. Μέχρι στιγμής, μόνο μία μελέτη, που διεξήχθη στην Ταϊλάνδη, έχει αξιολογήσει τις φυσιολογικές διαστάσεις των νεφρών στις γάτες (Darawiroj & Choisunirachon 2019). Επιπλέον, εξ όσων γνωρίζουν οι συγγραφείς, καμία μελέτη στην κτηνιατρική βιβλιογραφία δεν περιγράφει το πάχος του νεφρικού φλοιού σε γάτες με φυσιολογική νεφρική λειτουργία με τη χρήση της αξονικής τομογραφίας.

Οι στόχοι αυτής της μελέτης ήταν: (i) να καθοριστούν το μήκος, πλάτος και ύψος των φυσιολογικών νεφρών, (ii) να συγκριθεί το μήκος τους με το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (O2) και τη διάμετρο της αορτής (Ao) και (iii) να δοθούν οι φυσιολογικές τιμές αναφοράς για το πάχος του νεφρικού φλοιού (ΠΝΦ).

Υλικά και μέθοδοι

Σχεδιασμός μελέτης και κριτήρια επιλογής πληθυσμού

Πρόκειται για μια αναδρομική μελέτη. Συλλέχθηκαν για ανάλυση οι ιατρικοί φάκελοι και οι εικόνες αξονικής τομογραφίας γατών με φυσιολογική νεφρική λειτουργία που παραπέμφθηκαν στο νοσοκομείο Dick White Referrals μεταξύ της 1ης Ιανουαρίου 2012 και της 1ης Ιανουαρίου 2020. Η άδεια για τη χρήση κλινικών και διαγνωστικών απεικονιστικών δεδομένων για την έρευνα δόθηκε μέσω συγκατάθεσης των ιδιοκτητών κατά την εισαγωγή των ασθενών.

Οι γάτες που υποβλήθηκαν σε αξονική τομογραφία κοιλίας για την αξιολόγηση μη νεφρικής παθολογίας αξιολογήθηκαν ως προς τα κριτήρια ένταξης. Από τα περιστατικά που εντοπίστηκαν, συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη μόνο γάτες με βιοχημικές τιμές ορού αίματος και ειδικό βάρος ούρων (εφόσον ήταν διαθέσιμο) που αντανακλούσαν φυσιολογική νεφρική λειτουργία (κρεατινίνη: 40-140 μmol/L, ουρία: 6-10 mmol/L, USG: 1,035-1,060 g/dL), όπως προτείνεται από τη Διεθνή Εταιρεία Νεφρικού Ενδιαφέροντος (IRIS) (www.iris-kidney.com, 2022). Από τη μελέτη αποκλείστηκαν γάτες με ενδείξεις νεφρικής νόσου

pared with conventional radiography, CT offers excellent tissue contrast and provides three-dimensional images that minimise the superimposition of organs. CT has been used to assess various organs and pathologies in veterinary medicine. So far, only one study, conducted in Thailand, has assessed the normal kidney dimensions in cats (Darawiroj & Choisunirachon 2019). Furthermore, to the authors' knowledge, no study in the veterinary literature describes the renal cortical thickness of cats with normal renal function in CT.

The aims of this study were: (i) to determine the length, width and height of normal kidneys, (ii) to compare their length to the length of the second lumbar vertebra (L2) and the diameter of the aorta (Ao), and (iii) to provide the normal reference range values for the renal cortical thickness (RCT).

Materials and methods

Experimental design and subject selection criteria

This is a single-centre, retrospective study. The medical records and computed tomographic images of cats with a normal renal function referred at Dick White Referrals hospital between January 1, 2012, and January 1, 2020, were collected for analysis. Permission to use clinical and diagnostic imaging data for research was provided through informed consent from the owners at admission.

Cats that underwent a CT study including the abdomen to evaluate for non-renal pathology were assessed for the inclusion criteria. From the cases identified, cats with serum biochemical values and a urine specific gravity (if available) reflecting normal renal function (creatinine: 40-140 μmol/L, urea: 6-10 mmol/L, USG: 1.035-1.060 g/dL) as suggested by the International Renal Interest Society (IRIS) (www.iris-kidney.com, 2022), were included in this study. Cats with evidence of renal disease (e.g., degenerative, inflammatory/infectious or neoplastic renal disease, renal infarcts, nephrocalcinosis) or any other abdominal pathology in the CT study, abnormal renal serum biochemical values and/or abnormal urine specific gravity, and cats that the CT study performed after a traumatic episode, e.g., a road traffic accident (RTA), fall from height, were excluded from the study. The information collected from the medical records included breed, age, sex, neutered status and body weight (BW).

(π.χ. εκφυλιστική, φλεγμονώδης/λοιμώδης ή νεοπλασματική νεφρική νόσος, νεφρικά έμφρακτα, νεφρική ασβέστωση) ή οποιαδήποτε άλλη κοιλιακή πάθηση στην αξονική τομογραφία, γάτες με παθολογικές βιοχημικές τιμές ορού των νεφρών ή/και παθολογικό ειδικό βάρος ούρων, καθώς και γάτες στις οποίες η αξονική τομογραφία πραγματοποιήθηκε μετά από τραυματικό επεισόδιο, π.χ. τροχάιο ατύχημα, πτώση από ύψος. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τα ιατρικά αρχεία περιλάμβαναν τη φυλή, την ηλικία, το φύλο, την κατάσταση του ζώου ως προς τη στείρωση και το σωματικό βάρος (ΣΒ).

Πρωτόκολλο απεικόνισης με αξονική τομογραφία

Μετά τον προαναισθητικό έλεγχο και την κλινική εξέταση, όλες οι γάτες υποβλήθηκαν σε γενική αναισθησία. Κάθε γάτα τοποθετήθηκε σε στερνική θέση. Οι μελέτες αξονικής τομογραφίας πραγματοποιήθηκαν με την ίδια μονάδα 16 τομών (MX-16 slice, Philips Healthcare) και περιελάμβαναν την κοιλιά με ή χωρίς άλλα μέρη του σώματος ανάλογα με τον λόγο της μελέτης. Αμέσως μετά το τέλος της μελέτης πριν την σκιαγράφιση, χορηγήθηκε ioversol (Optiray 320mg/ml, Guerbet), ένας μη ιονικός ιωδιούχος σκιαγραφικός παράγοντας, σε δόση 2 ml/kg μέσω ενδοφλέβιας έγχυσης. Η σάρωση ξεκίνησε 30-40 δευτερόλεπτα μετά την έγχυση σκιαγραφικού χρησιμοποιώντας το ίδιο οπτικό πεδίο με τη μελέτη πριν από τη σκιαγράφιση. Οι εικόνες της αξονικής τομογραφίας ελήφθησαν ως αρχεία DICOM (Digital and Communication in Medicine).

Μέθοδοι μέτρησης στην αξονική τομογραφία και ανάλυση δεδομένων

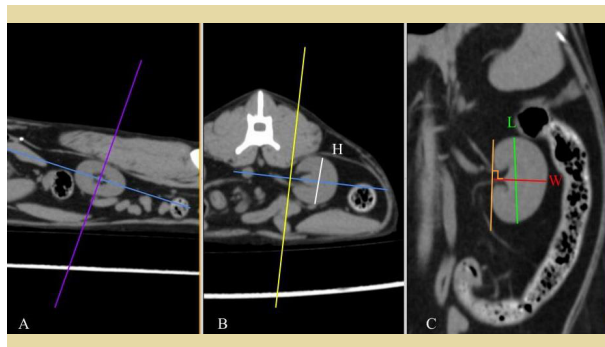
Οι εικόνες DICOM αναλύθηκαν με τη χρήση προγράμματος προβολής δεδομένων DICOM (Osirix®, Pixmeo SARL). Όλα τα δεδομένα απεικονίστηκαν σε μια οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή και επιλέχθηκε ένα παράθυρο μαλακών ιστών (WL: 40, WW: 400) για την καλύτερη απεικόνιση τόσο των νεφρών όσο και των νεφρικών αγγείων και της αορτής. Για την αξιολόγηση και τη μέτρηση του μήκους του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (O2) επιλέχθηκε ένα παράθυρο οστών (WL: 600, WW: 3000). Στις μελέτες πριν τη σκιαγράφιση χρησιμοποιήθηκε πολυεπίπεδη ανακατασκευή (MPR) για τη μέτρηση του μέγιστου μεγέθους κάθε νεφρικής διάστασης (μήκος, πλάτος και ύψος), του μήκους του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (O2) και της διαμέτρου της κοιλιακής αορτής (Ao). Το μήκος του νεφρού (N) διαιρούμενο με το μήκος του O2

CT scan imaging protocol

After the pre-anaesthetic screening and examination, all cats underwent general anaesthesia. Each cat was positioned in sternal recumbency. The CT studies were conducted by the same 16-slice multidetector-row unit (MX-16 slice, Philips Healthcare), and they included the abdomen with or without other body parts depending on the reason of the study. Immediately after the end of the pre-contrast study, ioversol (Optiray 320mg/ml, Guerbet), a non-ionic iodinated contrast agent, was administered manually at a dose of 2 ml/kg through intravenous injection. The post-contrast scanning began 30-40 seconds post-injection using the same field of view (FOV) as the pre-contrast study. CT images were obtained as Digital and Communication in Medicine (DICOM) files.

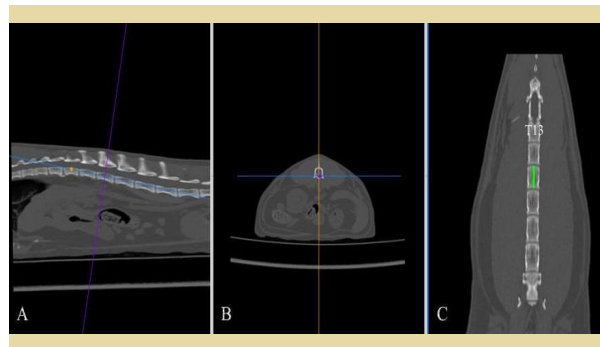
CT measurement methods and data analysis

DICOM images were analysed using a DICOM viewer (Osirix®, Pixmeo SARL). All data were displayed on a monitor device, and a soft tissue window (WL: 40, WW: 400) was selected for the best visualisation of both kidneys and related structures such as the renal vessels and aorta. A bone window (WL: 600, WW: 3000) was selected to assess and measure the length of the second lumbar vertebra (L2). Multiplanar reconstruction (MPR) was used in the pre-contrast studies in order to measure the maximum size of each renal dimension (length, width and height), the length of the second lumbar vertebra (L2) and the diameter of the abdominal aorta (Ao). The length of the L2 divided by the renal length (K) and Ao was used to calculate K/L2 and K/Ao ratios. The renal length and width were measured in the dorsal plane, and the height in the transverse plane using the MPR images (Figure 1). The renal length measured in the dorsal plane, by drawing a line from the most cranial edge of the cranial pole to the most caudal edge of the caudal pole of the kidney. The height was measured in the transverse plane vertical to the short axis line orientated from the middle of the renal pelvis to the periphery of the kidney (Figure 1B). For the width, first, a line connecting the cranial and caudal pole was drawn. Then the width was measured by drawing a line from the most lateral point of the renal capsule perpendicular to the line connecting the poles of the kidney passing through the middle of the renal pelvis (Figure 1C). The length of the L2 was measured in the dor-



Εικόνα 1. Πολυεπίπεδες εικόνες αξονικής τομογραφίας του αριστερού νεφρού μιας γάτας που δείχνουν τη μέτρηση κάθε διάστασης στο οβελιαίο (A), εγκάρσιο (B) και ραχιαίο (C) επίπεδο. H, ύψος- L, μήκος- W, πλάτος. (πηγή εικόνων: αρχείο του Dick White Referrals)

Figure 1. Multiplanar CT images of the left kidney of a cat demonstrating the measurement of each dimension in sagittal (A), transverse (B), and dorsal (C) planes. H, height; L, length; W, width. (source of the images: archive of Dick White Referrals)

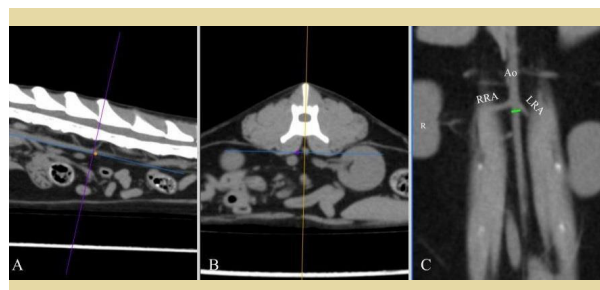


Εικόνα 2. Το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδυλικού σώματος μετρήθηκε στο ραχιαίο επίπεδο (C, πράσινη γραμμή) μετά την εφαρμογή πολυεπίπεδης ανακατασκευής. T13, δέκατο τρίτο θωρακικό σπονδυλικό σώμα.

Figure 2. The length of the second lumbar vertebral body was measured in the dorsal plane (C, green line) after applying multiplanar reconstruction. T13, thirteenth thoracic vertebral body.

και Αο χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των λόγων N/O2 και N/Αο. Το μήκος και το πλάτος του νεφρού μετρήθηκαν στο ραχιαίο επίπεδο και το ύψος στο εγκάρσιο επίπεδο με τη χρήση των εικόνων MPR (Εικόνα 1). Το μήκος του νεφρού μετρήθηκε στο ραχιαίο επίπεδο, με τη χάραξη μιας γραμμής από το πιο κρανιοκόριο όριο του πρόσθιου πόλου έως το πιο ουραίο όριο του οπίσθιου πόλου του νεφρού. Το ύψος μετρήθηκε στο εγκάρσιο επίπεδο κάθετα στη γραμμή του βραχέος άξονα του νεφρού που συνδέει το μέσο της νεφρικής πυέλου με την περιφέρεια του νεφρού (Εικόνα 1B). Για το πλάτος, αρχικά χαράχθηκε μια γραμμή που συνέδεε τον πρόσθιο με τον οπίσθιο πόλο. Στη συνέχεια, το πλάτος μετρήθηκε με τη χάραξη γραμμής από το πιο πλάγιο σημείο της νεφρικής κάψας κάθετα προς τη γραμμή που συνδέει τους πόλους του νεφρού και διέρχεται από το μέσο της νεφρικής πυέλου (Εικόνα 1C). Το μήκος του O2 μετρήθηκε στο ραχιαίο επίπεδο, στη μέση του σπονδυλικού σώματος (Εικόνα 2) και η διάμετρος της αορτής μετρήθηκε στο ραχιαίο επίπεδο, οπισθίως της αριστερής νεφρικής αρτηρίας (Εικόνα 3). Όλες οι μετρήσεις για τις νεφρικές διαστάσεις, O2 και Αο πραγματοποιήθηκαν τρεις φορές για κάθε νεφρό και η μέγιστη μέτρηση επιλέχθηκε για χρήση στη μελέτη.

Το πάχος του νεφρικού φλοιού (ΠΝΦ) κάθε νεφρού μετρήθηκε στην αξονική τομογραφική μελέτη που περιλάμβανε χορήγηση σκιαγραφικού με σκοπό τη βελτιστοποίηση των ορίων μεταξύ του νεφρικού μυελού και του φλοιού για την ακριβέστερη εκτίμηση του πάχους του τελευταίου. Το ΠΝΦ μετρήθηκε στο ραχιαίο επίπεδο, σε 3 σημεία, όπου η ευρεία βάση της νεφρικής πυραμίδας του μυελού οριοθετείται σαφώς. Για τη μέτρηση της

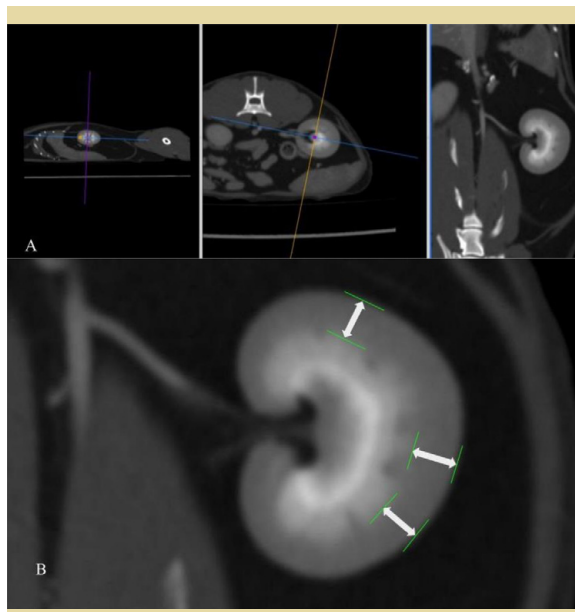


Εικόνα 3. Μέτρηση της διαμέτρου της αορτής στο ραχιαίο επίπεδο (C) μετά την εφαρμογή πολυεπίπεδης ανακατασκευής. Αο, διάμετρος αορτής- LRA, αριστερή νεφρική αρτηρία- RRA, δεξιά νεφρική αρτηρία.

Figure 3. Measurement of the aorta diameter on the dorsal plane (C) after applying multiplanar reconstruction. Ao, aorta diameter; LRA, left renal artery; RRA, right renal artery.

sal plane at the mid-level of the vertebral body (Figure 2), and the aorta diameter was measured in the dorsal plane immediately caudally to the left renal artery (Figure 3). All measurements for the renal dimensions, L2 and Ao were performed three times, and the maximal dimension was selected for each kidney.

The Renal Cortical Thickness (RCT) of each kidney was measured in the post-contrast series to improve the delineation between the renal medulla and cortex for a more accurate thickness assessment of the latter. The RCT was measured on the dorsal plane, in 3 points, where the broad base of the medullary pyramid was clearly delineated. For the measurement of the RCT, a line was drawn perpendicular to two conceivable parallel lines representing the edge of the base of the medullary pyramid and the edge of the renal cap-



Εικόνα 4. Μελέτη αξονικής τομογραφίας μετά από σκιαγράφιση σε παράθυρο μαλακών μορίων μετά την εφαρμογή πολυεπίπεδης ανακατασκευής (Α). Μετά την MPR, το πάχος του νεφρικού φλοιού μετράται στο ραχιαίο επίπεδο (Β) ως η απόσταση από το πρόσθιο άκρο της βάσης της μυελικής πυραμίδας έως το οπίσθιο άκρο της νεφρικής κάψας σε 3 σημεία (λευκά βέλη), όπου παρατηρείται σαφώς η ευρεία βάση της μυελικής πυραμίδας.

Figure 4. Post-contrast CT study in a soft tissue window after application of multiplanar reconstruction (A). After MPR, the renal cortical thickness is measured on the dorsal plane (B) as the distance from the leading edge of the base of the medullary pyramid to the trailing edge of the renal capsule at 3 points (white arrows), where the broad base of the medullary pyramid is clearly observed.

ΠΝΦ, χαράχθηκε μια γραμμή κάθετη σε δύο νοητές παράλληλες γραμμές που αντιπροσωπεύουν το όριο της βάσης της νεφρικής πυραμίδας και της νεφρικής κάψας (Εικόνα 4). Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων και χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή για τον κάθε νεφρό.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μία φορά από έναν από τους συγγραφείς (Π.Μ.) αυτής της μελέτης, χωρίς γνώση του ιστορικού των ασθενών.

Στατιστική ανάλυση

Η ηλικία, το σωματικό βάρος, η διάμετρος της κοιλιακής αορτής, το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου, οι νεφρικές διαστάσεις, το πάχος του νεφρικού φλοιού και οι λόγοι N/O2 και N/Ao εκφράστηκαν ως μέσος όρος \pm ΤΑ. Τέλος, οι μέσες τιμές συγκρίθηκαν με τη διενέργεια t-test ανεξάρτητων δειγμάτων. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση στατιστικού λογισμικού (IBM SPSS statistics, έκδοση 26.0, Chicago, IL, USA) και η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε ως $p < 0,05$.

sule (Figure 4). Subsequently, the three measurements were averaged, and the mean value was used for each kidney.

All measurements were performed by a single operator (P.M.) on a single occasion without knowledge of the patients' history and signalment.

Statistical analysis

The age, body weight, abdominal aortic diameter, length of the second lumbar vertebra, the renal dimensions, the renal cortical thickness, and the K/L2 and K/Ao ratios were expressed as mean \pm SD. Finally, the mean values were compared by running independent samples t-test. All statistical analyses were performed using statistical software (IBM SPSS statistics, version 26.0, Chicago, IL, USA), and statistical significance was set as $p < 0.05$.

Results

A total of 262 cats had an abdominal CT during the study period. From these, 10 female neutered cats and 4 male neutered cats met the inclusion criteria. Eleven cats were domestic shorthair and three were domestic long hair. The mean age was 9.47 ± 3.5 (range: 3.25-14.42) years. The mean body weight of the population of cats in this study was 4.27 ± 0.96 (range: 2.2-5.8) kg. The mean length of the L2 was 1.75 ± 0.12 (range: 1.56-1.97) cm, and the mean diameter of the Ao was 0.39 ± 0.04 (range: 0.32-0.48) cm.

The kidney dimensions, K/Ao, and K/L2 ratios, the renal cortical thickness, and the comparison results between the two kidneys are shown in Tables 1 and 2. The right kidney had a mean length of 3.99 ± 0.33 (range: 3.58-4.8) cm, a mean width of 2.76 ± 0.33 (range: 2.35-3.39) cm, and a mean height of 2.31 ± 0.21 (range: 1.97-2.66) cm, whereas the mean left renal length was 3.91 ± 0.34 (range: 3.32-4.61) cm, the mean width was 2.79 ± 0.29 (range: 2.4-3.37) cm, and the mean height was 2.44 ± 0.2 (range: 2.09-2.81) cm. There was no statistically significant difference in the length, width, and height ($P = 0.521$; $P = 0.790$; $P = 0.123$, respectively) between the two kidneys. Including the values from right and left renal measurement, the mean renal length was 3.95 ± 0.33 (range: 3.32-4.8) cm, the mean renal width was 2.77 ± 0.3 (range: 2.35-3.39) cm, and the mean renal height was 2.37 ± 0.21 (range: 1.97-2.81) cm. The mean K/Ao ratio for the right kidney was 10.25 ± 1.25 (range: 7.54-12.38), while the K/L2 ratio was 2.29 ± 0.19 (range: 1.99-2.67). The

Αποτελέσματα

Συνολικά 262 γάτες υποβλήθηκαν σε αξονική τομογραφία κοιλίας κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Από αυτές, 10 θηλυκές στειρωμένες γάτες και 4 αρσενικές στειρωμένες γάτες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Έντεκα γάτες ήταν κοινές Ευρωπαϊκές κοντότριχες και τρεις κοινές Ευρωπαϊκές μακρότριχες. Η μέση ηλικία ήταν $9,47 \pm 3,5$ (εύρος: 3,25-14,42) έτη. Το μέσο σωματικό βάρος του πληθυσμού των γατών αυτής της μελέτης ήταν $4,27 \pm 0,96$ (εύρος: 2,2-5,8) κιλά. Το μέσο μήκος του O2 ήταν $1,75 \pm 0,12$ (εύρος: 1,56-1,97) εκ., και η μέση διάμετρος του Ao ήταν $0,39 \pm 0,04$ (εύρος: 0,32-0,48) εκ.

Οι διαστάσεις των νεφρών, οι λόγοι N/Ao και N/O2, το πάχος του νεφρικού φλοιού και τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ των δύο νεφρών παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2. Ο δεξιός νεφρός είχε μέσο μήκος $3,99 \pm 0,33$ (εύρος: 3,58-4,8) εκ., μέσο πλάτος $2,76 \pm 0,33$ (εύρος: 2,35-3,39) εκ., και μέσο ύψος $2,31 \pm 0,21$ (εύρος: 1,97-2,66) εκ. ενώ το μέσο μήκος του αριστερού νεφρού ήταν $3,91 \pm 0,34$ (εύρος: 3,32-4,61) εκ., το μέσο πλάτος ήταν $2,79 \pm 0,29$ (εύρος: 2,4-3,37) εκ. και το μέσο ύψος ήταν $2,44 \pm 0,2$ (εύρος: 2,09-2,81) εκ. Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στο μήκος, το πλάτος και το ύψος ($P=0,521$, $P=0,790$, $P=0,123$, αντίστοιχα) μεταξύ των δύο νεφρών. Συμπεριλαμβανομένων των τιμών από τη μέτρηση του δεξιού και του αριστερού νεφρού ταυτόχρονα, το μέσο μήκος του νεφρού ήταν $3,95 \pm 0,33$ (εύρος: 3,32-4,8) εκ., το μέσο πλάτος του νεφρού ήταν $2,77 \pm 0,3$ (εύρος: 2,35-3,39) εκ. και το μέσο ύψος του νεφρού ήταν $2,37 \pm 0,21$ (εύρος: 1,97-2,81) εκ.. Ο μέσος λόγος N/Ao για τον δεξιό νεφρό ήταν $10,25 \pm 1,25$ (εύρος: 7,54-12,38), ενώ ο λόγος N/O2 ήταν $2,29 \pm 0,19$ (εύρος: 1,99-2,67). Οι αντίστοιχες μετρήσεις για τον αριστερό νεφρό ήταν $10,04 \pm 1,22$ (εύρος: 7,35-12,03) και $2,24 \pm 0,18$ (εύρος: 1,97-2,61), αντίστοιχα. Δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο νεφρών στις μέσες τιμές των λόγων N/Ao και N/O2 ($P=0,644$, $P=0,498$, αντίστοιχα). Οι μέσοι λόγοι N/Ao και N/O2, όταν μετρήθηκαν συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων και από τους δύο νεφρούς, ήταν $10,15 \pm 1,21$ (εύρος: 7,35-12,38) και $2,26 \pm 0,18$ (εύρος: 1,97-2,67), αντίστοιχα.

Όσον αφορά το πάχος του νεφρικού φλοιού, η μέση τιμή αυτού ήταν $0,49 \pm 0,13$ (εύρος: 0,36-0,85) εκ. στον δεξιό νεφρό, ενώ στον αριστερό νεφρό ήταν $0,49 \pm 0,14$ (εύρος: 0,36-0,87) εκ. και η διαφορά μεταξύ των δύο νεφρών δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($P=0,955$). Τέλος, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων του πάχους του νεφρικού φλοιού και από τους δύο νεφρούς, το μέσο πάχος του νεφρικού φλοιού ήταν $0,49 \pm 0,13$ (εύρος: 0,36-0,87) εκ.

corresponding measurements for the left kidney were 10.04 ± 1.22 (range: 7.35-12.03) and 2.24 ± 0.18 (range: 1.97-2.61), respectively. There was no statistically significant difference between the two kidneys in the mean K/Ao and K/L2 ratios ($P=0.644$; $P=0.498$, respectively). The mean K/Ao and K/L2 ratios, when measured including measurements from both kidneys, were 10.15 ± 1.21 (range: 7.35-12.38) and 2.26 ± 0.18 (range: 1.97-2.67), respectively.

Regarding the renal cortical thickness, the mean renal cortical thickness was 0.49 ± 0.13 (range: 0.36-0.85) cm thick in the right kidney, while in the left kidney, it was 0.49 ± 0.14 (range: 0.36-0.87) cm thick, and the difference between the two kidneys was not statistically significant ($P=0.955$). Finally, including the renal cortex thickness measurements from both kidneys, the mean renal cortical thickness was 0.49 ± 0.13 (range: 0.36-0.87) cm thick.

Discussion

This retrospective study shows that measuring kidney dimensions and renal cortical thickness in CT studies of cats is feasible. In our study, we concluded that the mean pre-contrast dimensions of the right kidney were 3.99 ± 0.33 cm in length, 2.76 ± 0.33 cm in width, 2.31 ± 0.21 cm in height, whereas those of the left kidney were 3.91 ± 0.34 cm, 2.79 ± 0.29 cm, 2.44 ± 0.20 cm, respectively. The mean RK/L2 and LK/L2 ratios were 2.29 ± 0.19 and 2.24 ± 0.18 , respectively, and the mean RK/Ao and LK/Ao ratios were 10.25 ± 1.25 and 10.04 ± 1.22 , respectively. The mean post-contrast renal cortical thickness for the right kidney was 0.49 ± 0.13 cm and for the left 0.49 ± 0.14 cm. There was no statistically significant difference identified in the measurements between the kidneys in our study.

In the veterinary literature, there are published reports of kidney dimensions in different modalities. For example, in ultrasound, feline kidneys can measure 3.2 to 4.1 cm in length, 2.2 to 2.8 cm in width, and 1.9 to 2.5 cm in height, according to Walter et al. 1987. These results are in agreement with a most recent ultrasonographic study (Park et al. 2008). In the same study by Park et al. 2008, the authors measured the renal cortical thickness that was 0.47 ± 0.08 cm in the left kidney and 0.47 ± 0.08 cm in the right kidney and the gross-anatomical renal dimension measurements showed no significant difference compared to the ultrasonographic measurements. The normal renal length in radiography is considered to be 2.4-3.0

	Παράμετρος (εκ.)	Εύρος (εκ.)	Μέσος όρος (±TA)
Δεξιός νεφρός (ΔN)	Μήκος	3,58 - 4,80	3,99 (± 0,33)
	Πλάτος	2,35 - 3,39	2,76 (± 0,33)
	Ύψος	1,97 - 2,66	2,31 (± 0,21)
Αριστερός νεφρός (ΑN)	Μήκος	3,32 - 4,61	3,91 (± 0,34)
	Πλάτος	2,40 - 3,37	2,79 (± 0,29)
	Ύψος	2,09 - 2,81	2,44 (± 0,20)
Και οι δύο νεφροί (N)	Μήκος	3,32 - 4,80	3,95 (± 0,33)
	Πλάτος	2,35 - 3,39	2,77 (± 0,30)
	Ύψος	1,97 - 2,81	2,37 (± 0,21)
Φλοιός δεξιού νεφρού (ΦΔN)	Πάχος	0,36 - 0,85	0,49 (± 0,13)
Φλοιός αριστερού νεφρού (ΦΑN)	Πάχος	0,36 - 0,87	0,49 (± 0,14)
Φλοιός και των δύο νεφρών (ΦN)	Πάχος	0,36 - 0,87	0,49 (± 0,13)
Κοιλιακή αορτή (Αο)	Διάμετρος	0,32 - 0,48	0,39 (± 0,04)
Δεύτερη οσφυϊκή μοίρα Σπονδυλικό σώμα (O2)	Μήκος	1,56 - 1,97	1,75 (± 0,12)
Λόγος N /Αο			
ΔN /Αο		7,54 - 12,38	10,25 (± 1,25)
ΑN /Αο		7,35 - 12,03	10,04 (± 1,22)
N /Αο		7,35 - 12,38	10,15 (± 1,21)
Λόγος N /O2			
ΔN /O2		1,99 - 2,67	2,29 (± 0,19)
ΑN /O2		1,97 - 2,61	2,24 (± 0,18)
N /O2		1,97 - 2,67	2,26 (± 0,18)

Πίνακας 1.

Διαστάσεις νεφρών, μέγιστη διάμετρος της κοιλιακής αορτής και μήκος του δευτέρου οσφυϊκού σπονδύλου, όπως μετρήθηκαν πριν από την έγχυση σκιαγραφικού (μελέτες πριν από τη σκιαγράφιση). Το πάχος του νεφρικού φλοιού, όπως μετρήθηκε μετά την έγχυση σκιαγραφικού (μελέτες μετά τη σκιαγραφική εξέταση).

Συνομογραφίες:

- Αο** Διάμετρος κοιλιακής αορτής
- N** Μήκος νεφρού
- ΔN** Μήκος δεξιού νεφρού
- ΑN** Μήκος αριστερού νεφρού
- TA** Τυπική απόκλιση

Παράμετρος για σύγκριση μεταξύ δεξιού και αριστερού νεφρού	Μέση απόκλιση	95% CI (κατώτερο - ανώτερο)	Στατιστική σημασία
Μήκος νεφρού	0,83	-0,18 - 0,34	P= 0,521
Πλάτος νεφρού	0,31	-0,27 - 0,21	P= 0,790
Ύψος νεφρού	0,13	-0,29 - 0,36	P= 0,123
Πάχος νεφρικού φλοιού	0,003	-0,11 - 0,10	P= 0,955
Λόγος N/Αο	0,22	-0,74 - 1,18	P= 0,644
Λόγος N/O2	0,48	-0,95 - 0,19	P= 0,498

Πίνακας 2.

Σύγκριση των διαστάσεων, N/Αο, του N/O2 και του πάχους του νεφρικού φλοιού μεταξύ του δεξιού και του αριστερού νεφρού.

Συνομογραφίες:

- Αο** Μέγιστη διάμετρος κοιλιακής αορτής
- CI** Διάστημα εμπιστοσύνης
- N** Μήκος νεφρού
- O2** Μήκος του δευτέρου οσφυϊκού σπονδύλου

	Parameter (cm)	Range (cm)	Mean (\pm SD)
Right Kidney (RK)	Length	3.58 - 4.80	3.99 (\pm 0.33)
	Width	2.35 - 3.39	2.76 (\pm 0.33)
	Height	1.97 - 2.66	2.31 (\pm 0.21)
Left Kidney (LK)	Length	3.32 - 4.61	3.91 (\pm 0.34)
	Width	2.40 - 3.37	2.79 (\pm 0.29)
	Height	2.09 - 2.81	2.44 (\pm 0.20)
Both Kidneys (K)	Length	3.32 - 4.80	3.95 (\pm 0.33)
	Width	2.35 - 3.39	2.77 (\pm 0.30)
	Height	1.97 - 2.81	2.37 (\pm 0.21)
Right Kidney Renal cortex (RRC)	Thickness	0.36 - 0.85	0.49 (\pm 0.13)
Left Kidney Renal cortex (LRC)	Thickness	0.36 - 0.87	0.49 (\pm 0.14)
Both Kidney Renal cortex (KRC)	Thickness	0.36 - 0.87	0.49 (\pm 0.13)
Abdominal Aorta (Ao)	Diameter	0.32 - 0.48	0.39 (\pm 0.04)
Second lumbar Vertebral body (L2)	Length	1.56 - 1.97	1.75 (\pm 0.12)
K/Ao ratio			
RK/Ao		7.54 - 12.38	10.25 (\pm 1.25)
LK/Ao		7.35 - 12.03	10.04 (\pm 1.22)
K/Ao		7.35 - 12.38	10.15 (\pm 1.21)
K/L2 ratio			
RK/L2		1.99 - 2.67	2.29 (\pm 0.19)
LK/L2		1.97 - 2.61	2.24 (\pm 0.18)
K/L2		1.97 - 2.67	2.26 (\pm 0.18)

Table 1.

CT dimensions of kidneys, the maximal diameter of the abdominal aorta, and the length of the second lumbar vertebra as measured before the injection of contrast medium (pre-contrast studies). The renal cortex thickness as measured after the injection of contrast medium (post-contrast studies).

Abbreviations:

Ao Abdominal aorta diameter
K Kidney length
RK Right kidney length
LK Left kidney length
SD Standard deviation

Parameter for comparison between right and left kidney	Mean difference	95% CI (lower-upper)	Statistical significance
Kidney length	0.83	-0.18 - 0.34	P= 0.521
Kidney width	0.31	-0.27 - 0.21	P= 0.790
Kidney height	0.13	-0.29 - 0.36	P= 0.123
Renal cortex thickness	0.003	-0.11 - 0.10	P= 0.955
K/Ao ratio	0.22	-0.74 - 1.18	P= 0.644
K/L2 ratio	0.48	-0.95 - 0.19	P= 0.498

Table 2.

Comparison of the dimensions, K/Ao, K/L2, and renal cortex thickness between the right and left kidney.

Abbreviations:

Ao Maximal abdominal aorta diameter
CI Confidence interval
K Kidney length
L2 Length of the second lumbar vertebra

Συζήτηση

Αυτή η αναδρομική μελέτη δείχνει ότι η μέτρηση των διαστάσεων των νεφρών και του πάχους του νεφρικού φλοιού γατών σε μελέτες αξονικής τομογραφίας είναι εφικτή. Στη μελέτη μας, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι μέσες διαστάσεις του δεξιού νεφρού πριν από τη σκιαγράφιση ήταν $3,99 \pm 0,33$ εκ. σε μήκος, $2,76 \pm 0,33$ εκ. σε πλάτος, $2,31 \pm 0,21$ εκ. σε ύψος, ενώ εκείνα του αριστερού νεφρού ήταν $3,91 \pm 0,34$ εκ., $2,79 \pm 0,29$ εκ., $2,44 \pm 0,20$ εκ., αντίστοιχα. Οι μέσοι λόγοι ΔΝ/Ο2 και ΑΝ/Ο2 ήταν $2,29 \pm 0,19$ και $2,24 \pm 0,18$, αντίστοιχα, και οι μέσοι λόγοι ΔΝ/Αο και ΑΝ/Αο ήταν $10,25 \pm 1,25$ και $10,04 \pm 1,22$, αντίστοιχα. Το μέσο πάχος του νεφρικού φλοιού μετά τη σκιαγράφιση για τον δεξιό νεφρό ήταν $0,49 \pm 0,13$ εκ. και για τον αριστερό $0,49 \pm 0,14$ εκ. Στη μελέτη μας δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις μεταξύ των δύο νεφρών.

Στην κτηνιατρική βιβλιογραφία υπάρχουν δημοσιευμένες αναφορές για τις διαστάσεις των νεφρών με διάφορες μεθόδους. Για παράδειγμα, στους υπερήχους, οι νεφροί των γατών μπορούν να έχουν μήκος 3,2 έως 4,1 εκ., πλάτος 2,2 έως 2,8 εκ. και ύψος 1,9 έως 2,5 εκ., σύμφωνα με τους Walter et al. 1987. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με μια πιο πρόσφατη υπερηχογραφική μελέτη (Park et al. 2008). Στην ίδια μελέτη των Park et al. 2008, οι συγγραφείς μέτρησαν το πάχος του φλοιού του νεφρού που ήταν $0,47 \pm 0,08$ εκ. στον αριστερό νεφρό και $0,47 \pm 0,08$ εκ. στον δεξιό νεφρό και οι συνολικές μετρήσεις των ανατομικών διαστάσεων του νεφρού δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τις υπερηχογραφικές μετρήσεις. Το φυσιολογικό μήκος του νεφρού στην ακτινογραφία θεωρείται ότι είναι 2,4-3,0 φορές το μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου (Barrett & Kneller 1972). Μέχρι στιγμής, υπάρχει μόνο μία δημοσιευμένη μελέτη που αξιολογεί τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των νεφρών σε γάτες με τη χρήση της αξονικής τομογραφίας (Darawiroj & Choisunirachon 2019). Σε αυτή τη μελέτη, οι διαστάσεις των νεφρών πριν τη χρήση σκιαγραφικού ήταν $3,54 \pm 0,46$ εκ. σε μήκος, $2,45 \pm 0,27$ εκ. σε πλάτος και $2,05 \pm 0,23$ εκ. σε ύψος για τον δεξιό νεφρό και $3,52 \pm 0,44$ εκ., $2,46 \pm 0,28$ και $2,19 \pm 0,31$ εκ. για τον αριστερό νεφρό. Εξ όσων γνωρίζει ο συγγραφέας, υπάρχει μόνο μία μελέτη μαγνητικής τομογραφίας που αξιολογεί τις διαστάσεις των νεφρών, η οποία όμως αφορά μόνο τις γάτες Περσίας (Dabanoglu & Pekoguz 2022).

Το εύρος αναφοράς που περιγράφεται στους υπερήχους (Walter et al., 1987 Park et al. 2008) και στις ακτινογραφίες (Barrett & Kneller 1972) όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, διαφέρει ελαφρώς από

times the length of the second lumbar vertebra (Barrett & Kneller 1972). So far, there is only one published study assessing the feline renal morphological characteristics in CT (Darawiroj and Choisunirachon 2019). In this study, the pre-contrast CT renal dimensions were 3.54 ± 0.46 cm in length, 2.45 ± 0.27 cm in width, and 2.05 ± 0.23 cm in height for the right kidney and 3.52 ± 0.44 cm, 2.46 ± 0.28 , and 2.19 ± 0.31 cm for the left kidney. To the authors' knowledge, there is only one MRI study assessing the renal dimensions, but it is breed-specific for Persian cats (Dabanoglu & Pekoguz 2022).

The reference ranges described in ultrasound (Walter et al., 1987 Park et al. 2008) and radiographs (Barrett & Kneller 1972) mentioned above, differ slightly from the results of our study, with these two modalities underestimating the renal size compared to the CT measurements of our study. This underestimation might be explained by the fact that CT multiplanar reconstruction allows a more reliable measurement providing three-dimensional images of the kidneys compared to the two-dimensional ones that radiographs and ultrasound provide, as described in the human literature (Larson et al. 2011).

The renal dimensions reported in our study disagree with the results of a CT study conducted on a healthy population of cats in Thailand (Darawiroj & Choisunirachon 2019). The techniques used for measuring the renal dimensions in this study are almost identical, apart from the width measurement, which was performed slightly differently than in our study. The average dimensions were lower in the population of cats in Thailand. The difference in the results might be related to the fact that the authors in the previous study included cats under the age of seven months, which might have reduced the average kidney dimensions and/or reflect a difference in the kidney dimensions between Asian cats and cats in the UK. According to an author's experience (Mantis 2022, p. 87), some Asian breeds of cats might have a renal length as low as 3.5 cm. Another difference in our study was that our population of cats consisted of only neutered cats, while the population of cats in the study conducted in Thailand consisted of both neutered and entire cats. In the existing veterinary literature, it has been reported that the reproductive status of the feline patient might affect the size of the kidneys, with neutered cats usually having smaller kidney sizes (Shiroma et al. 1999), so the difference found in our population might not reflect the actual difference and could be even higher if

τα αποτελέσματα της μελέτης μας, με τις δύο αυτές μεθόδους να υποτιμούν το μέγεθος των νεφρών σε σύγκριση με τις μετρήσεις μας, με τη χρήση της αξονικής τομογραφίας. Αυτή η υποτίμηση μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η πολυεπίπεδη ανακατασκευή της αξονικής τομογραφίας επιτρέπει μια πιο αξιόπιστη μέτρηση παρέχοντας τρισδιάστατες εικόνες των νεφρών σε σύγκριση με τις δισδιάστατες εικόνες που παρέχουν οι ακτινογραφίες και ο υπέρηχος, όπως περιγράφεται και στην ανθρώπινη βιβλιογραφία (Larson et al. 2011).

Οι νεφρικές διαστάσεις που αναφέρθηκαν στη μελέτη μας διαφωνούν με τα αποτελέσματα μιας μελέτης αξονικής τομογραφίας νεφρών που διεξήχθη σε υγιή πληθυσμό γατών στην Ταϊλάνδη (Darawiroj & Choisunirachon 2019). Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση των νεφρικών διαστάσεων σε αυτή τη μελέτη είναι πανομοιότυπες, εκτός από τη μέτρηση του πλάτους, η οποία πραγματοποιήθηκε ελαφρώς διαφορετικά από τη δική μας μελέτη. Οι μέσες διαστάσεις ήταν χαμηλότερες στον πληθυσμό των γατών στην Ταϊλάνδη. Η διαφορά στα αποτελέσματα μπορεί να σχετίζεται με το γεγονός ότι οι συγγραφείς στην προηγούμενη μελέτη συμπεριέλαβαν γάτες ηλικίας κάτω των επτά μηνών, γεγονός που μπορεί να μείωσε τις μέσες διαστάσεις των νεφρών ή/και να αντικατοπτρίζει μια διαφορά στις διαστάσεις των νεφρών μεταξύ των ασιατικών γατών και των γατών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Σύμφωνα με την εμπειρία ενός από τους συγγραφείς (Μάντης 2022 σελ. 87), ορισμένες ασιατικές φυλές γατών ενδέχεται να έχουν μήκος νεφρού μόλις 3,5 εκ. Μια άλλη διαφορά στη μελέτη μας ήταν ότι ο πληθυσμός των γατών μας αποτελούνταν μόνο από στείρωμένες γάτες, ενώ ο πληθυσμός των γατών στη μελέτη που διεξήχθη στην Ταϊλάνδη αποτελούνταν τόσο από στείρωμένες όσο και από ακέραιες γάτες. Στην υπάρχουσα κτηνιατρική βιβλιογραφία έχει αναφερθεί ότι η αναπαραγωγική κατάσταση μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος των νεφρών, με τις στείρωμένες γάτες να έχουν συνήθως μικρότερο μέγεθος νεφρών (Shiroma et al. 1999), οπότε η διαφορά που διαπιστώθηκε στον πληθυσμό μας μπορεί να μην αντανακλά την πραγματική διαφορά και θα μπορούσε να είναι ακόμη μεγαλύτερη εάν στη μελέτη μας περιλαμβάνονταν ακέραιες γάτες. Με βάση την διαφορά που παρατηρήθηκε στα μεγέθη των δύο μελετών εγείρεται η υποψία ότι οι διαστάσεις των νεφρών των ασιατικών γατών μπορεί να είναι μικρότερες από τις γάτες στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τέλος, οι μέσοι λόγοι N/O2 και N/Ao, $2,22 \pm 0,23$ και $10,36 \pm 1,33$, που αναφέρθηκαν από τους Darawiroj και Choisunirachon, 2019, βρίσκονται σε ελαφρώς καλύτερη συμφωνία με τα δικά μας απο-

entire cats were included in our study. This observation raises a further suspicion that the kidney dimensions of Asian cats might be smaller than the cats in the UK. Finally, the mean K/L2 and K/Ao ratios, $2,22 \pm 0,23$ and $10,36 \pm 1,33$, reported by Darawiroj & Choisunirachon 2019, were in slightly better agreement with our results of $2,26 \pm 0,18$ and $10,15 \pm 1,21$, respectively. That might be associated with the more stable length of the second lumbar vertebra and aorta diameter independently of the cat's size, age, and gender. However, further studies with a bigger sample size are warranted before drawing into conclusions.

To the authors' knowledge, this is the first study attempting to measure the renal cortical thickness in CT. The average renal cortical thickness of the right kidney was $0,49 \pm 0,13$ cm thick and $0,49 \pm 0,14$ cm in the left kidney. In the human literature, an ultrasonographic study (Beland et al. 2010) showed that RCT is more closely related to the estimated glomerular filtration rate (eGFR) compared to the kidneys' length. Furthermore, an ultrasonographic study in cats has shown that cortical thickness has a stronger linear correlation with the reciprocal of the serum creatinine concentration and superior diagnostic performance of CKD compared to other kidney dimensions (Yan et al. 2020). This study concluded that decreased renal cortical thickness is observed in cats with loss of renal function, and measurement of cortical thickness using ultrasonography could be a valuable method to evaluate CKD progression in cats. Based on that, the reference values provided here might be beneficial in the future for the detection and monitoring of CKD in cats based on CT, although the results should be interpreted with caution due to the small sample size in our study and further studies are warranted before drawing any conclusions.

Our study has also some limitations. The small sample size, the absence of gross anatomy to correlate to the actual size of the kidney, and the lack of histopathology to confirm the lack of renal disease are some drawbacks of this study. The study's retrospective nature is another limitation as it does not allow the application of standardised protocols in the study design. Also, the USG was not available in all cats in this population. So that might affected the results of this study as we do not know if the remaining cases had a normal USG, and we relied upon the renal biochemical values only in these cases. In addition, the renal values assessed omitted the most recent symmetric dimethylarginine (SDMA) serum renal bi-

τελέσματα $2,26 \pm 0,18$ και $10,15 \pm 1,21$, αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με το σταθερότερο μήκος του δεύτερου οσφυϊκού σπονδύλου και τη διάμετρο της αορτής ανεξάρτητα από το μέγεθος, την ηλικία και το φύλο της γάτας. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες με μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος πριν από την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Εξ όσων γνωρίζουν οι συγγραφείς, αυτή είναι η πρώτη μελέτη που επιχειρεί να μετρήσει το πάχος του νεφρικού φλοιού με τη χρήση αξονικής τομογραφίας. Το μέσο πάχος του νεφρικού φλοιού του δεξιού νεφρού ήταν $0,49 \pm 0,13$ εκ., και $0,49 \pm 0,14$ εκ. στον αριστερό νεφρό. Στην ανθρώπινη βιβλιογραφία, μια υπερηχογραφική μελέτη (Beland et al. 2010) έδειξε ότι το ΠΝΦ σχετίζεται καλύτερα με τον εκτιμώμενο ρυθμό σπειραματικής διήθησης (eGFR) συγκριτικά με το μήκος των νεφρών. Επιπλέον, μια υπερηχογραφική μελέτη σε γάτες έδειξε ότι το πάχος του φλοιού έχει ισχυρότερη γραμμική συσχέτιση με τη συγκέντρωση κρεατινίνης ορού και καλύτερη διαγνωστική απόδοση της ΧΝΝ σε σύγκριση με άλλες διαστάσεις των νεφρών (Yan et al. 2020). Η μελέτη αυτή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι παρατηρείται μείωση του πάχους του νεφρικού φλοιού σε γάτες με απώλεια της νεφρικής λειτουργίας και η μέτρηση του πάχους του φλοιού με τη χρήση υπερηχογραφίας θα μπορούσε να αποτελέσει πολύτιμη μέθοδο για την αξιολόγηση της εξέλιξης της ΧΝΝ στις γάτες. Με βάση αυτό, οι τιμές αναφοράς που παρέχονται στην παρούσα μελέτη μπορεί να είναι χρήσιμες στο μέλλον για την ανίχνευση και την παρακολούθηση της ΧΝΝ σε γάτες με τη χρήση αξονικής τομογραφίας, αν και τα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος στη μελέτη μας και περαιτέρω μελέτες είναι απαραίτητες πριν από την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η μελέτη μας έχει επίσης ορισμένους περιορισμούς. Το μικρό μέγεθος του δείγματος, η απουσία μακροσκοπικής ανατομικής εξέτασης για τη συσχέτιση με το πραγματικό μέγεθος του νεφρού και η έλλειψη ιστοπαθολογικής εξέτασης για την επιβεβαίωση της απουσίας νεφρικής νόσου αποτελούν ορισμένα μειονεκτήματα αυτής της μελέτης. Ο αναδρομικός χαρακτήρας της μελέτης είναι ένας άλλος περιορισμός, καθώς δεν επιτρέπει την εφαρμογή τυποποιημένων πρωτοκόλλων στο σχεδιασμό της μελέτης. Επίσης, το ειδικό βάρος των ούρων δεν ήταν διαθέσιμο σε όλες τις γάτες αυτού του πληθυσμού. Έτσι, αυτό μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, καθώς δεν γνωρίζουμε αν οι υπόλοιπες περιπτώσεις είχαν φυσιολογικό ειδικό βάρος ούρων και βασιστήκαμε μόνο στις νεφρικές βιοχημικές τιμές σε αυτές

omarker that allows detection of CKD earlier in cats compared to serum creatinine values (Hall et al. 2014).

In conclusion, this study shows that measurement of the renal dimensions in cats is feasible by using CT and the mean pre-contrast dimensions of the right kidney are 3.99 ± 0.33 cm in length, 2.76 ± 0.33 cm in width, 2.31 ± 0.21 cm in height, whereas those of the left kidney are 3.91 ± 0.34 cm, 2.79 ± 0.29 cm, 2.44 ± 0.20 cm, respectively. The dimensions of the kidney when both kidneys counted together are 3.95 ± 0.33 cm in length, 2.77 ± 0.30 cm in width and 2.37 ± 0.21 cm in height. The mean post-contrast renal cortical thickness for the right kidney is 0.49 ± 0.13 cm and for the left 0.49 ± 0.14 cm while, for both kidneys as a single measurement is 0.49 ± 0.13 cm. In addition, the renal cortical thickness reference provided in this study can be used in future studies to evaluate and monitor CKD in cats. Finally, further studies with a bigger sample size are warranted for more sensitive, specific and accurate measurement of the renal dimensions and to evaluate their application in the clinical setting.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank Periandros Papamarkos for his assistance with the statistical analysis of the study.

τις περιπτώσεις. Επιπλέον, από τις νεφρικές τιμές που αξιολογήθηκαν παραλείφθηκε ο πιο πρόσφατος νεφρικός βιοδείκτης ορού συμμετρικής διμεθυλαργινίνης (SDMA) που επιτρέπει την πρόωμη ανίχνευση της ΧΝΝ στις γάτες συγκριτικά με τις τιμές κρεατινίνης ορού (Hall et al. 2014).

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη δείχνει ότι η μέτρηση των διαστάσεων των νεφρών στις γάτες με τη χρήση της αξονικής τομογραφίας είναι εφικτή, και οι μέσες διαστάσεις πριν από τη σκιαγράφιση του δεξιού νεφρού είναι $3,99 \pm 0,33$ εκ. σε μήκος, $2,76 \pm 0,33$ εκ. σε πλάτος, $2,31 \pm 0,21$ εκ. σε ύψος, ενώ εκείνες του αριστερού νεφρού είναι $3,91 \pm 0,34$ εκ., $2,79 \pm 0,29$ εκ., $2,44 \pm 0,20$ εκ., αντίστοιχα. Οι διαστάσεις του νεφρού όταν και οι δύο νεφροί υπολογίστηκαν μαζί είναι $3,95 \pm 0,33$ εκ. σε μήκος, $2,77 \pm 0,30$ εκ. σε πλάτος και $2,37 \pm 0,21$ εκ. σε ύψος. Το μέσο πάχος του φλοιού του νεφρού μετά τη σκιαγράφιση για τον δεξιό νεφρό είναι $0,49 \pm 0,13$ εκ. και για τον αριστερό $0,49 \pm 0,14$ εκ., ενώ για τους δύο νεφρούς ως ενιαία μέτρηση είναι $0,49 \pm 0,13$ εκ.. Επιπλέον, η αναφορά του πάχους του νεφρικού φλοιού που παρέχεται σε αυτή τη μελέτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικές μελέτες για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση της ΧΝΝ στις γάτες. Τέλος, περαιτέρω μελέτες με μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος είναι απαραίτητες για μια πιο ευαίσθητη, ειδική και ακριβή μέτρηση των νεφρικών διαστάσεων και την αξιολόγηση της εφαρμογής τους στην κλινική πράξη.

Σύγκρουση συμφερόντων

Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι δεν υπάρχει σύγκρουση συμφερόντων

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τον Περίανδρο Παπαμάρκο για τη βοήθειά του στη στατιστική ανάλυση της μελέτης.



Υπεύθυνος αλληλογραφίας:

Θωμάς Νατσιόπουλος
thomas.natsiopoulos@linnaeusgroup.co.uk

Corresponding author:

Thomas Natsiopoulos
thomas.natsiopoulos@linnaeusgroup.co.uk

Βιβλιογραφία / References

- Barrett RB, Kneller SK (1972) Feline kidney mensuration. *Acta Radiol Suppl* 319, 279-80.
- Beland MD, Walle NL, Machan JT, Cronan JJ (2010) Renal cortical thickness measured at ultrasound: is it better than renal length as an indicator of renal function in chronic kidney disease? *AJR Am J Roentgenol* 195, W146-9.
- Bragato N, Borges NC, Fioravanti MC (2017) B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. *Vet Res Commu*, 41, 307-315.
- Brown A, Elliott J, Schmiedt CW, Brow A (2016) Chronic Kidney Disease in Aged Cats: Clinical Features, Morphology, and Proposed Pathogeneses. *Vet Pathol*, 53, 309-26.
- Dabanoglu I, Pekoguz NC (2020) Normal values of the kidney in Persian cats by MRI. *Israel Journal of Veterinary Medicine Vol.77* (1), 38-43.
- Darawiroj D, Choisunirachon N, (2019) Morphological assessment of cat kidneys using computed tomography. *Anat Histol Embryol* 48, 358-365.
- Hal J, Yerramilli M, Obar E, Yerramilli M, Jewel DE (2014) Comparison of serum concentrations of symmetric dimethylarginine and creatinine as kidney function biomarkers in cats with chronic kidney disease. *J Vet Intern Med*, 28, 1676-83.
- Larson DB, Meyers ML, O'har SM (2011) Reliability of renal length measurements made with ultrasound compared with measurements from helical CT multiplanar reformat images. *AJR Am J Roentgenol* 196, W592-7.
- Mantis P (2022) In: *Practical small animal ultrasonography: abdomen*. 2nd ed. Grupo Asis, Zaragoza, Spain, p. 87.
- O'neill DG, Church DB, McGreevy PD, Thomson PC, Brodbelt DC (2015) Longevity and mortality of cats attending primary care veterinary practices in England. *J Feline Med Surg* 17, 125-33.
- Park IC, Lee S., Kim JT, Nam SJ, Choi R, Oh KS, Son CH, Hyun C (2008) Ultrasonographic evaluation of renal dimension and resistive index in clinically healthy Korean domestic short-hair cats. *J Vet Sci* 9, 415-9.
- Shiroma JT, Gabriel JK, Carter RL, Scruggs SL, Stubbs PW (1999). Effect of reproductive status on feline renal size. *Vet Radiol Ultrasound* 40, 242-5.
- Yan GY, Chen KY, Wang HC, Ma TY, Chen KS (2020) Relationship between ultrasonographically determined renal dimensions and International Renal Interest Society stages in cats with chronic kidney disease. *J Vet Intern Med* 34, 1464-1475.
- www.iris-kidney.com. (2022). IRIS Kidney. [online]
- Available at: <http://www.iris-kidney.com/index.html>.