

Ο Alexis Carrel και οι απαρχές της κτηνιατρικής αγγειοχειρουργικής

Λυσίμαχος Παπάζογλου κτηνίατρος, PhD, MRCVS, Βασιλεία Αγγέλου κτηνίατρος MSc, Κυριάκος Χατζημήσιος κτηνίατρος, MSc, MRCVS

Κλινική Ζώων Συντροφιάς, Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

SPECIAL ARTICLE

Alexis Carrel and the origins of veterinary vascular surgery

Lysimachos Papazoglou DVM, PhD, MRCVS, Vasileia Angelou DVM, MSc, Kyriakos Chatzimisios DVM, MSc, MRCVS

Companion Animal Clinic, School of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

Περίληψη

Η πρώτη σύγκλειση τομών σε αγγεία έγινε από χειρουργούς κατά τη διάρκεια πειραμάτων σε ζώα 250 χρόνια πριν. Στη συνέχεια εφευρέθηκαν νεότερες μέθοδοι και εργαλεία με αποτέλεσμα την ανάπτυξη και βελτίωση της χειρουργικής των περιφερικών αγγείων, των αγγειακών μοσχευμάτων και της μεταμόσχευσης οργάνων. Η πρώτη επιτυχημένη αγγειακή αναστόμωση και μεταμόσχευση οργάνων σε ανθρώπους και ζώα έγινε από τον Alexis Carrel στις αρχές του 1900. Οι κτηνίατροι εφάρμοσαν τις τεχνικές αυτές στο σκύλο και τη γάτα στα μέσα του εικοστού αιώνα, οπότε ξεκίνησαν να γίνονται απολινώσεις, εμβολεκτομές στην αορτή, μεταμοσχεύσεις νεφρού και σύγκλειση πυλαιοσυστηματικών αναστομώνσεων.

Οι πρώτες επεμβάσεις αγγειοχειρουργικής στα ζώα έγιναν πειραματικά όχι από κτηνίατρος, αλλά από χειρουργούς σε σκύλους και γάτες, καθώς και άλλα είδη ζώων για πολλές δεκαετίες. Εφευρέθηκαν νέες τεχνικές και εργαλεία και οι πειραματικές επεμβάσεις οδήγησαν στην ανάπτυξη και βελτίωση της χειρουργικής των περιφερικών αγγείων, των αγγειακών μοσχευμάτων και της μεταμόσχευσης οργάνων στον άνθρωπο (Watts 1907, Cusimano et al. 1984, Friedman 2005). Οι κτηνίατροι ξεκίνησαν να εφαρμόζουν τις τεχνικές αυτές στους σκύλους και στις γάτες μετά τα μέσα του εικοστού αιώνα.

Πρώιμη σύγκλειση αγγειακών τομών

Ο μόνιμος αποκλεισμός ενός αγγείου μέσω απολίνωσης

Abstract

Human surgeons performed the earliest repair of vascular incisions experimenting in animals 250 years ago. New methods and instruments were devised resulting in the development and improvement of peripheral vascular surgery, vascular grafts and organ transplantation. Alexis Carrel performed the first successful vascular anastomosis and organ transplantation in humans and animals by early 1900. Veterinary surgeons applied these principles in dogs and cats not until the middle of twentieth century, performing ligations, aortic embolectomies, renal transplants and portosystemic shunt attenuations.

The very first vascular surgeries in animals were performed not by veterinarians but human surgeons who experimented in dogs and cats and other animal species for many decades; new techniques and instrumentation were devised, and these experiments led to the development and improvement of peripheral vascular surgery, vascular grafts and organ transplantation in humans (Watts 1907, Cusimano et al. 1984, Friedman 2005). Veterinary surgeons started to apply these principles in dogs and cats not until the middle of twentieth century.

Early repair of vascular incisions

ήταν η παλαιότερη τεχνική αγγειοχειρουργικής που χρησιμοποιήθηκε από χειρουργούς στον άνθρωπο για τον έλεγχο της αιμορραγίας, αλλά με καταστροφικά αποτελέσματα, καθώς οδηγούσε στην ισχαιμική νέκρωση των άκρων. Η αποκατάσταση αγγειακού τραύματος ή τομής με την τοποθέτηση ραμμάτων ήταν ο πρωταρχικός στόχος για τους χειρουργούς. Η αιμορραγία και η θρόμβωση αποτελούσαν τα κύρια προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπίσουν οι χειρουργοί για ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα (Watts 1907, Friedman 2005).

Το 1772 ο Assman αποπειράθηκε να κάνει τη σύγκλειση τομών στις μηριαίες αρτηρίες σκύλων, αλλά ο άμεσος σχηματισμός θρόμβου στους περισσότερους σκύλους τον οδήγησε στο να εγκαταλείψει τα πειράματα αυτά και να θεωρήσει τις τεχνικές αυτές μη εφαρμόσιμες και επικίνδυνες (Watts 1907, Friedman 2005). Τα ευρήματα του Assman έγιναν ευρέως αποδεκτά από τη χειρουργική κοινότητα και ξεκίνησε μια εποχή κρίσης, όσον αφορά την επανορθωτική χειρουργική των αγγείων, που διήρκεσε έναν αιώνα. Το 1833 έγιναν για πρώτη φορά από τον Gensoul συγκλείσεις φλεβών σε άλογα αλλά προέκυψαν αποτυχίες που σχετιζόνταν με θρομβώσεις (Friedman 2005). Περαιτέρω απόπειρες δεν έγιναν μέχρι το 1881, όταν ο Gluck έκανε τη συρραφή τομών στις λαγόνιες αρτηρίες σκύλων και στην αορτή σε κουνέλια με τη βοήθεια λαβίδας από ελεφαντοστό έχοντας επιτυχία στη μερική αποκατάσταση των αρτηριακών τραυμάτων (Watts 1907). Το 1889 ο Jassinowsky πειραματίστηκε σε μεγαλόσωμους σκύλους, σε άλογα και σε βοοειδή και πέτυχε τη σύγκλειση επιμήκων και εγκάρσιων τομών στις καρωτίδες αρτηρίες με την ταυτόχρονη διατήρηση του αγγειακού αυλού (Watts 1907). Το 1890 ο Burci επανέλαβε τα πειράματα του Jassinowsky με τη σύγκλειση αρτηριών σε σκύλους και άλογα με συνεχή ραφή και ανέφερε ευνοϊκά αποτελέσματα σε τέσσερα από τα έξι πειράματα (Watts 1907). Το 1897 ο Murphy έκανε πολυάριθμες πειραματικές συγκλείσεις αρτηριακών τομών σε σκύλους και πρόβατα με πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα (Watts 1907). Ο Silberberg πειραματίστηκε με ράμματα στις αρτηρίες σκύλων το 1897-1898, τονίζοντας τη σημασία της αυστηρής αντισηψίας για ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα (Watts 1907). Το 1899 ο Dorfler ανέφερε τα επιτυχημένα του αποτελέσματα στη συρραφή αρτηριών και ο Jakobsthal επιβεβαίωσε ιστολογικά την επούλωση του τραύματος από δείγματα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια αυτών των πειραμάτων (Watts 1907).

Οι πειραματισμοί σε ζώα κατέγραψαν επιτυχή αποτελέσματα στη σύγκλειση αρτηριοτομών ή φλεβοτομών που βασιζόνταν στην άσηπτη τεχνική, στη σύγκλειση χωρίς τάση σε καθαρές τομές τραύματος και στην προσεκτική χειρουργική τεχνική με τη χρήση λεπτών ραμμάτων ολικού πάχους σε συνεχή ραφή. Στην περίπτωση αιμορραγίας μέσω της τομής, η ήπια πίεση με τα δάκτυλα είχε ως αποτέλεσμα τον έλεγχό της (Watts 1907, Friedman 2005).

Permanent vascular interruption by ligature application was the oldest vascular technique used by human surgeons to control haemorrhage, but with devastating results, as they led to ischemic necrosis of the limbs. Repair of a vascular laceration or incision by placing sutures was the primary goal of surgeons. Haemorrhage and thrombosis were the major issues that surgeons had to overcome for a successful outcome (Watts 1907, Friedman 2005).

In 1772, Assman attempted to close arteriotomies in femoral arteries of dogs but immediate thrombus formation in most of the dogs made him abandon these experiments and regarded these methods as not applicable and dangerous (Watts 1907, Friedman 2005). Assman's findings were widely accepted by the surgical community and a vascular repair crisis, that lasted for a century, began. In 1833, Gensoul performed for the first time venous closures in horses but failure associated with thrombosis occurred (Friedman 2005). Further attempts were not made until 1881, when Gluck sutured incisions in iliac arteries of dogs and aortas in rabbits by the aid of ivory clamps and succeeded in partial repair of the arterial wounds (Watts 1907). In 1889, Jassinowsky experimented in large dogs, horses and calves and successfully repaired longitudinal and transverse incisions on carotids with preservation of the vessel lumen (Watts 1907). In 1890, Burci repeated Jassinowsky's experiments by suturing arteries in dogs and horses using a continuous suture pattern and reported favourable results in four out of six experiments (Watts 1907). In 1897, Murphy did numerous experiments for closure of arterial incisions in dogs and sheep with promising results (Watts 1907). Silberberg experimented in arterial sutures in dogs in 1897-1898, emphasizing the importance of strict asepsis for a successful result (Watts 1907). In 1899, Dorfler reported his successful results on arterial suturing and Jakobsthal confirmed histologically arterial wound healing from samples obtained in these experiments (Watts 1907).

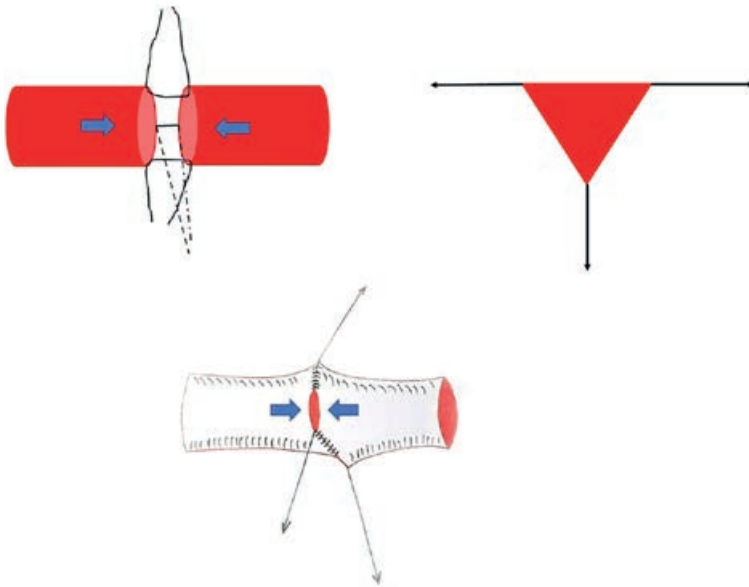
Animal experimentation documented a successful outcome in arteriotomy or venotomy closure based on the aseptic technique, tension free closure in clean cut wound edges, careful surgical technique using fine sutures that penetrated the vessel wall full thickness in a continuous suture pattern. In case of haemorrhage through the incision line slight pressure with fingers resulted in control (Watts 1907, Friedman 2005).

Η εποχή της αγγειακής αναστόμωσης

Ο Alexis Carrel θεωρήθηκε ο πατέρας της αγγειακής αναστόμωσης και της μεταμόσχευσης τόσο στα ζώα όσο και στον άνθρωπο (Cusimano et al. 1984, Friedman 2005, Sade 2005, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Ο Carrel ήταν Γάλλος χειρουργός που ανέπτυξε έντονο ενδιαφέρον προς την αγγειοχειρουργική, ενόσω ζούσε στη Γαλλία, μετά τη δολοφονία του Γάλλου προέδρου Sadi Carnot το 1894 από τραύμα της πυλαίας φλέβας (Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). Ο Carrel δίδαχθηκε τις δεξιότητες της αναστόμωσης από τη Madame Leroidier, μια κεντήστρα στη Lyon (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011). Έμαθε τις τεχνικές συρραφής με τη χρήση λεπτών ευθείων βελονών και μονόκλωνων ραμμάτων και εξασκήθηκε σε χαρτί πολλές φορές πριν δοκιμάσει την αγγειακή αναστόμωση σε σκύλους και γάτες στο Πανεπιστήμιο της Lyon (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Ο Carrel σύντομα συνειδητοποίησε ότι προκειμένου να κατορθώσει επιτυχημένες αναστομώσεις αγγείων θα έπρεπε να αντιμετωπίσει την αιμορραγία των αγγείων, την αγγειακή στένωση και τη θρόμβωση. Δουλεύοντας για πολλές ώρες στο εργαστήριο χειρουργικής, χρησιμοποίησε ευθείες βελόνες αντί για κυρτές και λεπτό μετάξι που είχε εμποτιστεί σε διάλυμα Ringer's και εμβαπτιστεί σε βαζελίνη, ώστε να μειώσει την τριβή και να εξαλείψει τις οπές που δημιουργούσαν οι βελόνες περνώντας μέσα από το αγγειακό τοίχωμα (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Χρησιμοποιούσε συνεχή ραφή στα αγγεία με ταυτόχρονη εκστροφή των άκρων της τομής, ώστε να έρθουν σε άμεση επαφή με τον έσω χιτώνα κατά μήκος της τομής, αποτρέποντας με αυτή τη μέθοδο το σχηματισμό θρόμβου (Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). Εφήυρε την τεχνική του τριγωνισμού, με την τοποθέτηση τριών καθηλωτικών ραμμάτων σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους στα άκρα των δύο αγγείων προς αναστόμωση (Carrel 1963, Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). Με αυτό πέτυχε την ευκολότερη και ταχύτερη σύγκλειση κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής με συνεχή ραφή. Με τη διατήρηση του τοιχώματος του αγγείου υπό τάση, προλάμβανε τη στένωση κατά μήκος της τομής (Εικόνα 1). Ο Carrel εξασκήθηκε στην τελικοτελική, τελικοπλάγια ή πλαγιοπλάγια αναστόμωση σε σκύλους και γάτες (Carrel 1963, Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). Ο ίδιος δημοσίευσε την πρώτη του εργασία που αφορούσε στις αγγειακές αναστομώσεις το 1902 (Carrel 1963). Σύντομα μετά από αυτό μετακόμισε στο Σικάγο, όπου εργάστηκε με τον Charles Guthrie (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Στις ΗΠΑ ο Carrel βελτίωσε την τεχνική του στις αγγειακές αναστομώσεις και ασχολήθηκε με τις μεταμοσχεύσεις νεφρού σε σκύλους και γάτες (Cusimano et al. 1984, Sade

Vascular anastomosis era

Alexis Carrel was considered the father of vascular anastomosis and transplantation in both animals and humans (Cusimano et al. 1984, Friedman 2005, Sade 2005, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Carrel was a French surgeon that developed a strong interest in vascular surgery, while living in France, following the assassination of French president Sadi Carnot in 1894 due to portal vein trauma (Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). Carrel was taught the skills of anastomosis by Madame Leroidier, an embroider in Lyon (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011). He learnt sewing techniques by using fine straight needles and monofilament threads and practiced these techniques on paper many times before he performed vascular anastomosis in dogs and cats in the University of Lyon (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Carrel soon realized that in order to achieve a successful anastomosis he had to address haemorrhage of the vessels, vascular stenosis and thrombosis. Working for many hours in the surgical laboratory, he used straight needles instead of curved and fine silk moistened with Ringer's solution and coated in petroleum jelly to decrease friction and eliminate needle holes created through the vessel wall (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). He sutured the vessels in a continuous pattern by everting the vascular edges to make direct contact of tunica intima in the incision line, thus preventing clot formation (Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). He devised the triangulation technique by placing three stay sutures at equal points at the edges of the two vessels to be anastomosed (Carrel 1963, Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). By doing so, he achieved easier and rapid suturing along a straight line in a continuous suture pattern. By keeping the vessel wall under tension, stenosis at the incision line was prevented (Figure 1). Carrel practiced end-to-end, end-to-side or side-to-side anastomoses in dogs and cats (Carrel 1963, Cusimano et al. 1984, Rotwell 2011). He published his first paper on vascular anastomosis in 1902 (Carrel 1963). Soon after, he moved to Chicago where he worked with Charles Guthrie (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). In the USA, Carrel improved his vascular anastomosis technique and performed renal transplants in dogs and cats (Cusimano et al. 1984, Sade 2005, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013).



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση της τεχνικής τριγωνισμού της τελικοτελικής αγγειακής αναστόμωσης κατά Carrel. Τρία καθηλωτικά ράμματα τοποθετούνται σε ίσες αποστάσεις στα άκρα των αγγείων ώστε να επιτρέψουν την ταχύτερη και ευκολότερη ραφή σε ευθεία γραμμή.

Figure 1. Schematic representation of Carrel's triangulation technique for end-to-end vascular anastomosis. Three stay sutures were placed equidistantly at the vascular edges to allow a quick and easier suturing along a straight line.

2005, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Η γόνιμη συνεργασία του με τον Guthrie οδήγησε σε πάνω από 20 δημοσιεύσεις. Το 1912, αποδόθηκε στον Carrel το βραβείο Nobel της ιατρικής ως αναγνώριση του έργου στις αγγειακές αναστομώσεις και τις μεταμοσχεύσεις οργάνων (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). Κατά την ομιλία του για το βραβείο Nobel, που έγινε στις 11 Δεκεμβρίου του 1912, εγκαθίδρυσε τις τεχνικές της επιτυχημένης αγγειακής αναστόμωσης, τονίζοντας την άσηπτη χειρουργική τεχνική, τον ήπιο χειρισμό των αγγειακών ιστών με το χέρι ή λεπτή λαβίδα, την έκπλυση του αγγειακού τοιχώματος με διάλυμα Ringer's για την πρόληψη της αφυδάτωσής του, την αφαίρεση θρόμβων αίματος ή τεμαχίων ιστών, την ελαχιστοποίηση της θρόμβωσης και τη χρήση ραμμάτων εμβλαπτισμένων σε βαζελίνη ώστε να αποφεύγεται η άμεση επαφή του τραυματισμένου ιστού και των ραμμάτων που αποτελούν ξένο σώμα, με το αίμα (Carrel 1912).

Κτηνιατρική αγγειοχειρουργική

Η απαρχή της κτηνιατρικής αγγειοχειρουργικής εντοπίζεται στα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Πιο πριν, οι τεχνικές για την επανορθωτική χειρουργική των αγγείων δεν χρησιμοποιούνταν στην κτηνιατρική. Το γεγονός αυτό οφειλόταν στο ότι το μέγεθος των αγγείων ήταν πολύ μικρό για να επιτρέψει την αποκατάστασή τους σε περίπτωση τραυματισμού και έτσι αντί για την τελευταία γινόταν απολίνωση των αγγείων με συρραφή (Butler 1975). Η ανάπτυξη παράπλευρης κυκλοφορίας βοηθούσε στη διατήρηση επαρκούς παροχής αίματος στα περισσότερα μέρη του σώματος του ζώου (Butler 1975). Η απολίνωση των αγγείων είναι η πιο συχνή μορφή αγγειοχειρουργικής στην κτηνιατρική επιστήμη. Η αγγειακή απολίνωση γίνεται συχνά στα ζώα κατά τη

His fruitful collaboration with Guthrie resulted in more than 20 publications. In 1912, Carrel was awarded the Nobel Prize in medicine in recognition of his work in vascular anastomosis and organ transplantation (Cusimano et al. 1984, Dutkowski et al. 2008, Rotwell 2011, Merchani & Tan 2013). In his Nobel Prize speech that was delivered in December 11, 1912, he established the principles for a successful vascular anastomosis, emphasizing on aseptic surgical technique, gentle vascular tissue handling with hands or fine forceps, vascular wall irrigation with Ringer's solution to prevent desiccation and remove blood clots or debris and minimize thrombosis, and using sutures coated in petroleum jelly to prevent direct contact of wounded tissue and foreign material with blood (Carrel 1912).

Veterinary vascular surgery

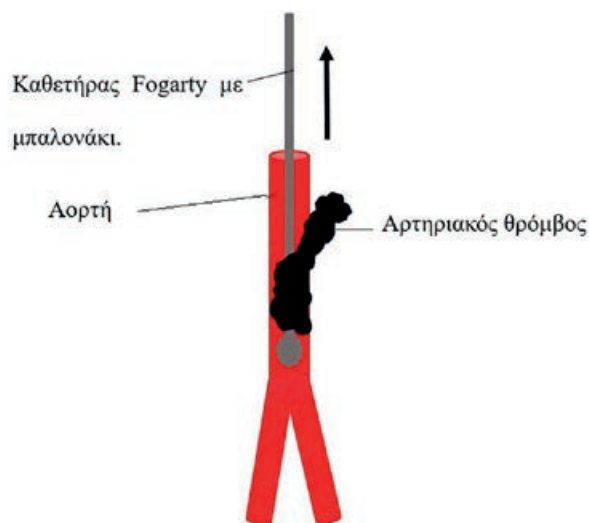
The advent of veterinary vascular surgery was traced in the middle of the 20th century. Before that, surgical techniques for vascular reconstruction were not used in veterinary medicine. This is because the size of the vessels was small to allow for vascular repair in case of injury and vascular interruption by ligation was performed instead (Butler 1975). The development of collateral circulation aided in the maintenance of adequate blood supply to most parts of the animal body (Butler 1975). Vascular interruption is the most common form of vascular surgery in veterinary medicine. Vascular ligation is commonly performed in animals during ovariohysterectomy,

διάρκεια ωθηκυστερεκτομής, ορχεκτομής, σπληνεκτομής ή ακρωτηριασμού των άκρων. Το 1952 έγινε σε σκύλο η πρώτη απολίνωση παραμένουστος αρτηριακού πόρου, μιας συγγενούς καρδιοπάθειας που συνδέει την αορτή με την πνευμονική αρτηρία (Walters & Bramer 1952). Η χειρουργική απολίνωση αποτελεί τη θεραπεία επιλογής για τους αγγειακούς δακτυλίους, οι οποίοι είναι συγγενείς μεταβολές του αορτικού τόξου που προκαλούν στένωση του οισοφάγου από τον αρτηριακό σύνδεσμο, την τραχεία και τα μεγάλα αγγεία. Η πρώτη απολίνωση του δεξιού αορτικού τόξου με αριστερό αρτηριακό σύνδεσμο στο σκύλο, που αποτελεί και το συχνότερο τύπο παραμένουστος αγγειακού δακτυλίου, αναφέρεται το 1955 (Detweiler & Allam 1955). Προσπάθεια παροδικού αρτηριακού αποκλεισμού έγινε για να μειωθεί η απώλεια αίματος και να βελτιωθεί η επισκόπηση του πεδίου και η χειρουργική διερεύνηση των ρινικών κοιλοτήτων σε σκύλους με ρινικές νόσους (Hedlund et al. 1983).

Οι αρτηριοτομές για την απομάκρυνση εμβόλων έγιναν σε γάτες με αορτική θρομβοεμβολή στις αρχές της δεκαετίας του εξήντα (Bardens & Walker 1962, Buchanan et al. 1966, Lucke & Sumner-Smith 1966, Palumbo & Hubbard 1966). Ο καθετήρας εμβολεκτομής Fogarty επίσης χρησιμοποιήθηκε στη διαχείριση αυτών των εμβόλων. Ο καθετήρας εισάγεται μέσω τομής στην αορτή ώστε να απομακρύνει τα έμβολα από την αορτή και την μηριαία αρτηρία σε γάτα (Εικόνα 2) (Baker & Birk 1974, Crowe 1983). Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές εμβολεκτομής σύντομα εγκαταλείφθηκαν, καθώς είχαν απογοητευτικά αποτελέσματα και αντικαταστάθηκαν από θρομβολυτική αγωγή. Η τεχνική εμβολεκτομής με καθετήρα Fogarty χρησιμοποιήθηκε επίσης σε σκύλο με θρόμβωση της αορτής, ωστόσο η μέθοδος αυτή πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω τόσο για την ίδια την μέθοδο όσο

castration, splenectomy or limb amputations. In 1952, the first ligation of patent ductus arteriosus, a congenital cardiac malformation that connects the aorta to the pulmonary artery, was performed in a dog (Walters & Bramer 1952). Surgical ligation is the treatment of choice for vascular ring anomalies; these are congenital malformations of the aortic arch causing stricture of the oesophagus by the ligamentum arteriosum, trachea and great vessels. The earliest ligation of the right aortic arch with a left ligamentum arteriosum in dogs, the most common vascular ring anomaly, was reported in 1955 (Detweiler & Allam 1955). Temporary arterial occlusion was attempted to decrease blood loss and improve visualization and surgical exploration of nasal cavity in dogs with nasal disease (Hedlund et al. 1983).

Arteriotomies for the removal of emboli were performed in cats with aortic thromboembolism in the early sixties (Bardens & Walker 1962, Buchanan et al. 1966, Lucke & Sumner-Smith 1966, Palumbo & Hubbard 1966). Fogarty embolectomy catheter was also used for the management of these emboli; the catheter was placed through an aortic incision to remove emboli from the aorta and femoral artery in a cat (Figure 2) (Baker & Birk 1974, Crowe 1983). However, these embolectomy techniques were soon abandoned as they met with disappointing results and were replaced with thrombolytic therapy. Fogarty embolectomy manoeuvre has also been used in a dog with aortic thrombosis, but this method needs to be further investigated both for the technique and



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της εμβολεκτομής με καθετήρα Fogarty με μπαλονάκι.

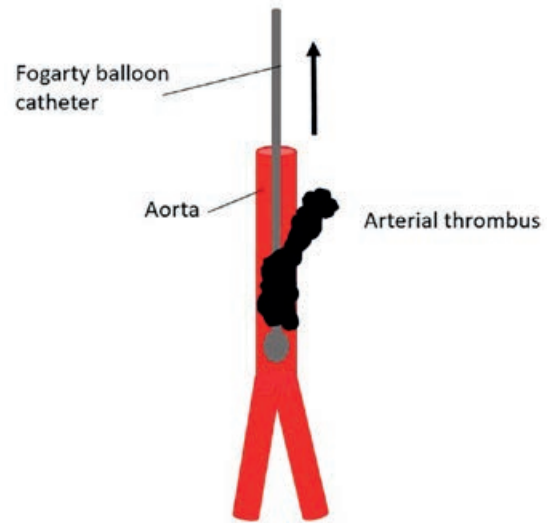


Figure 2. Schematic representation of Fogarty balloon catheter embolectomy.

και για τη μετεγχειρητική διαχείριση τέτοιων περιστατικών σε ζώα συντροφιάς (Schwede 2018).

Οι πυλαιοσυστηματικές αναστομώσεις που παροχετεύουν φλεβικό αίμα προς τη συστηματική κυκλοφορία παρακάμπτοντας το ήπαρ και εντοπίζονται εξωηπατικά ή ενδοηπατικά αποτελούν μία ακόμη πρόκληση για τον κτηνίατρο. Οι Strombeck et al. (1977) και ο Breznock (1979) έκαναν την πρώτη μείωση των πυλαιοσυστηματικών αναστομώσεων μέσω μερικής ή πλήρους απολίνωσης σε σκύλους. Η ενδοαγγειακή επιδιόρθωση των ενδοηπατικών αναστομώσεων, μια πιο απαιτητική επέμβαση και δυσκολότερη ως προς την τεχνική, έγινε αρχικά από τους Breznock et al. (1983). Έχει επίσης περιγραφεί η ενδοαγγειακή επέμβαση, η οποία απαιτεί φλεβοτομή μέσω της οπίσθιας κοίλης φλέβας και τοποθέτηση πολλών ραμμάτων σε στρώματα, ώστε να μειώσουν τη διάμετρο ή να αποκλείσουν την αναστόμωση. Μπορεί επίσης να γίνει σύγκλιση των ενδοηπατικών και εξωηπατικών αναστομώσεων με ενδοαγγειακές τεχνικές (διαδερμική εμβολή με έλασμα) (Culp et al. 2018, Weisse et al. 2014).

Η χειρουργική αφαίρεση των διροφιλαριών του σκύλου μέσω πνευμονικής αρτηριτομής έγινε για πρώτη φορά από τον Roenigk (1956) και αξιολογήθηκε από τον Horne (1962). Το σύνδρομο της πρόσθιας κοίλης φλέβας εξαιτίας λόγω διροφιλαριών στο σκύλο αναφέρθηκε αρχικά από τους Jackson et al. (1977). Το σύνδρομο αυτό σχετίζεται με την παρουσία σε μεγάλους αριθμούς σκωλήκων *Dirofilaria immitis* εντός της πρόσθιας κοίλης φλέβας και του δεξιού κόλπου. Οι συγγραφείς αφαίρεσαν τις διροφιλάριες μέσω φλεβοτομής στη δεξιά σφαγίτιδα με τη χρήση μακρών λαβίδων τύπου κροκοδείλου (Jackson et al. 1977). Η μέσω του φλεβικού συστήματος τοποθέτηση καρδιακού βηματοδότη αρχικά δοκιμάστηκε σε σκύλο με τομή στη σφαγίτιδα φλέβα (Darke et al. 1985).

Το 1952 δοκιμάστηκε σε σκύλο η πειραματική τοποθέτηση του πρώτου συνθετικού προθέματος της αορτής (Voorhees et al. 1952). Τα συνθετικά προθέματα τοποθετήθηκαν με επιτυχία σε γάτες και ένα σκύλο, ώστε να παρακάμψουν μέρος εμφραγμένης υποκλειδίας αρτηρίας (Frye 1967, MacCoy & Trotter 1977). Ωστόσο, οι ενδείξεις για τα αγγειακά προθέματα είναι περιορισμένες στην κλινική πράξη στην κτηνιατρική χειρουργική. Τα αυτόλογα μοσχεύματα αντικατέστησαν τα συνθετικά προθέματα, με λήψη από τη σφαγίτιδα φλέβα τόσο στην ογκολογία όσο και σε συγγενείς καρδιοπάθειες (Holsworth et al. 2004, Pelosi et al. 2006).

Ο Alexis Carrel ανέφερε την πρώτη επιτυχή μεταμόσχευση νεφρού στο σκύλο στις ΗΠΑ το 1905 (Sade 2005, Merchani & Tan 2013). Ο ίδιος ανέπτυξε την τελικοτελική και την τελικοπλάγια αγγειακή αναστόμωση που εφαρμόζονται πλέον στη μεταμόσχευση νεφρού στις γάτες (Carrel 1963, Sade 2005). Η πρώτη επιτυχής μεταμόσχευση νεφρού έγινε σε γάτα στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, στο Davis το 1984 (Gregory et al. 1990, Gregory 1993). Στις γάτες

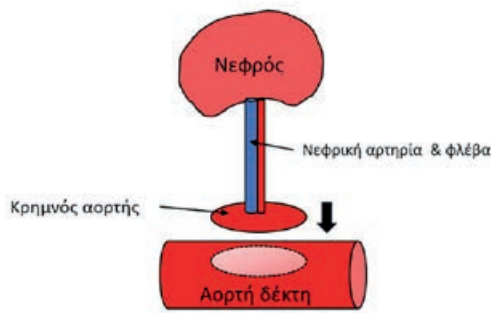
for the postoperative management of such cases in small animals (Schwede 2018).

Portosystemic vascular anomalies diverting venous blood from the liver to systemic circulation and located extrahepatically or intrahepatically was another challenge for the veterinary surgeon. Strombeck et al. (1977) and Breznock (1979) performed the first attenuation by partial ligation or complete ligation of portosystemic shunts in dogs. Intravascular repair of intrahepatic shunts, a more demanding and technically more difficult procedure, was originally performed by Breznock et al. (1983). Intravascular repair required a venotomy incision through the caudal vena cava and placement of several mattress sutures to attenuate or occlude the shunting vessel was also described. Intrahepatic and extrahepatic shunts can also be attenuated with endovascular procedures (percutaneous coil embolization) (Culp et al. 2018, Weisse et al. 2014).

Surgical removal of canine heartworms by pulmonary arteriotomy was first performed by Roenigk (1956) and evaluated by Horne (1962). Heartworm caval syndrome in dogs was originally addressed by Jackson et al. (1977). This syndrome is associated with massive presence of *Dirofilaria immitis* worms within the cranial vena cava and right atrium. The authors removed the worms through a right jugular venotomy using long alligator forceps (Jackson et al. 1977). Transvenous cardiac pacing was initially employed in a dog through jugular vein penetration (Darke et al. 1985).

In 1952, the first synthetic aortic prosthesis was experimentally attempted in a dog (Voorhees et al. 1952). Synthetic prostheses were placed successfully in cats and a dog for bypassing part of an occluded subclavian artery (Frye 1967, MacCoy & Trotter 1977). However, indications for vascular prostheses are limited in clinical veterinary surgery; autologous grafts replaced synthetic grafts, using the jugular vein in oncologic and congenital cardiac disease (Holsworth et al. 2004, Pelosi et al. 2006).

Alexis Carrel reported the first successful renal transplantation in dogs in the USA in 1905 (Sade 2005, Merchani & Tan 2013). Carrel developed end-to-end and end-to-side vascular anastomoses currently used in renal transplantation in cats (Carrel 1963, Sade 2005). The first successful renal transplant was performed in a cat in the University of California, Davis in 1984 (Gregory et al. 1990, Gregory 1993). In cats, end-to-side anastomosis of the renal vein to the iliac vein was



Εικόνα 3. Σχηματική αναπαράσταση της τεχνικής κατά Carrel με κρημνό της αορτής κατά τη μεταμόσχευση του νεφρού.

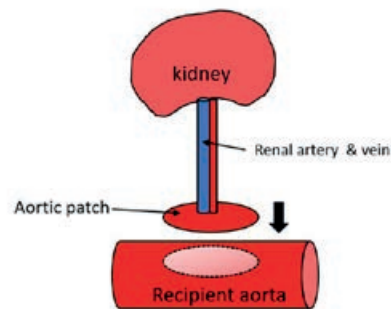


Figure 3. Schematic representation of Carrel's patch technique for renal transplantation.

εφαρμόστηκε η τελικοπλάγια αναστόμωση της νεφρικής στη λαγόνια φλέβα, λόγω της διαφοράς μεγέθους της μικρότερης σε διάμετρο νεφρικής φλέβας προς τη μεγαλύτερη λαγόνια φλέβα. Η νεφρική αρτηρία αναστομώνεται με τελικοτελική τεχνική στη λαγόνια αρτηρία καθώς και τα δύο αγγεία έχουν παρόμοια διάμετρο (Gregory et al. 1992, Gregory 1993). Ο Carrel δημιούργησε επίσης την τεχνική του αορτικού κρημνού, η οποία πρώτα εφαρμόστηκε στον άνθρωπο, κατά τη μεταμόσχευση νεφρού. Ένα τμήμα της αορτής μαζί με τη νεφρική αρτηρία συλλέγονται από τον δότη και μεταμοσχεύονται ώστε να αποφεύγεται το ενδεχόμενο θρόμβωσης (Εικόνα 3) (Sade 2005). Η τεχνική του Carrel με αορτικό κρημνό περιγράφηκε πρόσφατα στη μεταμόσχευση του νεφρού στη γάτα (Budgeon et al. 2017). Η μεταμόσχευση νεφρού θεωρείται πλέον αποδεκτή μέθοδος αντιμετώπισης της νεφρικής νόσου τελικού σταδίου στις γάτες (Mathews & Gregory 1997).

Συμπέρασμα

Η κτηνιατρική αγγειοχειρουργική οφείλει την εξέλιξη της στην πειραματική χειρουργική των αγγείων που έγινε από πρωτοπόρους στη χειρουργική του ανθρώπου. Αυτές οι πειραματικές επεμβάσεις επέτρεψαν στην κτηνιατρική αγγειοχειρουργική να αναπτυχθεί και οι εξελίξεις στο συγκεκριμένο τομέα οδήγησαν στην έναρξη της έλευσης της αγγειοχειρουργικής στο σκύλο και τη γάτα.

Σύγκρουση συμφερόντων

Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι δεν υπάρχει σύγκρουση συμφερόντων.

performed to accommodate the smaller size of the renal vein to the larger iliac vein. Renal artery was anastomosed end-to-end with iliac artery as both vessels are of similar diameter (Gregory et al. 1992, Gregory 1993). Carrel also created the patch technique, first used in humans, for renal transplantation; a patch of aorta along with the renal artery were harvested from the donor and transplanted to avoid the risk of thrombosis (Figure 3) (Sade 2005). Carrel's patch technique was recently described in feline renal transplantation (Budgeon et al. 2017). Renal transplants in cats are currently considered an acceptable treatment for end-stage kidney disease (Mathews & Gregory 1997).

Conclusion

Veterinary vascular surgery owes its development to experimental vascular surgery performed by pioneers in human surgery. These experimental procedures allowed veterinary surgery to flourish and advances in this particular field led to the development of the era of endovascular surgery in dogs and cats.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Βιβλιογραφία / References

- Baker LD, Birk P (1974) Removal of aortic thrombi in the cat. *Mod Vet Pract* 55, 303.
- Bardens JW, Walker JS (1962) Iliac thrombectomy. *Small Anim Clin* 5, 247-249.
- Breznock EM (1979) Surgical manipulation of portosystemic shunts in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 174, 819-826.
- Breznock EM, Berger B, Pendray D, Wagner S, Manley P, Whitting P, Hornof W, West D (1983) Surgical manipulation of intrahepatic portocaval shunts in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 182, 798-805.
- Buchanan JW, Baker GJ, Hill JD (1966) Aortic embolism in cats: prevalence, surgical treatment and electrocardiography. *Vet Rec* 79, 496-505.
- Budgeon C, Hardie RJ, McAnulty JF (2017) A Carrel patch technique for renal transplantation in cats. *Vet Surg* 46, 1139-1144.
- Butler HC (1975) The peripheral vessels. In: Bojrab MJ (ed). *Current Techniques in Small Animal Surgery*. 1st ed. Philadelphia, Lea & Febiger, pp. 326-334.
- Carrel A. Nobel Lecture (1912) Suture of blood vessels and transplantation of organs. The Nobel Prize in Physiology or Medicine <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1912/carrel/lecture/>.
- Carrel A (1963) The operative technique of vascular anastomoses and the transplantation of viscera. *Clin Orthop Relat Res* 29, 3-6.
- Crowe DT (1983) Catheter embolectomy for arterial occlusion. In: Bojrab MJ (ed). *Current Techniques in Small Animal Surgery*. 2nd ed. Philadelphia, Lea & Febiger, pp. 476-481.
- Culp WTN, Zwingenberger AL, Giuffrida MA, Wisner ER, Hunt GB, Steffey MA, Mayhew PD, Marks SL (2018) Prospective evaluation of outcome of dogs with intrahepatic portosystemic shunts treated via percutaneous transvenous coil embolization. *Vet Surg* 47, 74-85.
- Cusimano R, Cusimano M, Cusimano S (1984) The genius of Alexis Carrel. *Can Med Assoc J* 131, 1142-1150.
- Darke PGG, Been M, Marks A (1985) Use of programmable "physiological" pacemaker in a dog with total atrioventricular block. *J Small Anim Pract* 26, 295-303.
- Detweiler DK, Allam MW (1955) Persistent right aortic arch with associated esophageal dilatation in dogs. *Cornell Vet* 45, 209-229.
- Dutkowski P, de Rougemont O, Clavien PA (2008) Alexis Carrel: genius, innovator and ideologist. *Am J Transplant* 8, 1998-2003.
- Friedman SG (2005) A history of vascular surgery. 2nd ed. Malden, Blackwell Futura, pp. 14-30.
- Frye FL (1967) The application of a synthetic aortic prosthesis in the cat. *J Am Vet Med Assoc* 151, 306-312.
- Gregory CR (1993) Renal transplantation in Cats. *Compend Contin Educ Pract Vet* 15, 1325-1339.
- Gregory CR, Gourley IM, Broaddus TW, Christy WC, Mayer CR (1990) Long-term survival of a cat receiving a renal allograft from a unrelated donor. *J Vet Intern Med* 4, 1-3.
- Gregory CR, Gourley IM, Kochin EJ, Broaddus TW (1992) Renal transplantation for treatment of end-stage renal failure in cats. *J Am Vet Med Assoc* 201, 285-291.
- Hedlund CS, Tagner CH, Elkins AD, Hobson HP (1983) Temporary bilateral carotid artery occlusion during surgical exploration of the nasal cavity of the dog. *Vet Surg* 12, 83-85.
- Holsworth IG, Kyles AE, Bailiff NL, Hopper K, Long C, Ilkiw JE (2004) Use of a jugular vein autograft for reconstruction of the cranial vena cava in a dog with invasive thymoma and cranial vena cava syndrome. *J Am Vet Med Assoc* 225, 1205-1210.
- Horne RD (1962) Evaluation of pulmonary arteriotomy for the removal of *Dirofilaria immitis*. *J Am Vet Med Assoc* 141, 248-255.
- Jackson RF, Seymour WG, Growney PJ, Otto GF (1977) Surgical treatment of the caval syndrome of canine heartworm disease. *J Am Vet Med Assoc* 171, 1065-1069.
- Lucke VM, Sumner-Smith G (1966) Aortic embolism in the cat. *Vet Rec* 79, 236-239.
- MacCoy DM, Trotter EJ (1977) Brachial paralysis subsequent to traumatic partial occlusion of right subclavian artery. *J Am Anim Hosp Assoc* 13, 625-630.
- Mathews KG, Gregory CR (1997) Renal transplants in cats: 66 cases (1987-1996). *J Am Vet Med Assoc* 211, 1432-1436.
- Merchani J, Tan SY (2013) Alexis Carrel (1873-1944): pioneer of vascular surgery and organ transplantation. *Singapore Med J* 54, 602-603.
- Palumbo NE, Hubbard RE (1966) Surgical treatment of aortic embolism in the cat. *J Am Vet Med Assoc* 148, 26-28.
- Pelosi A, Eyster GE, Déjardin LM, Kiupel M, Rees JL, Richter MA, Olivier NB (2006) Use of a jugular vein graft in a modified Blalock-Taussig procedure in dogs. *Am J Vet Res* 67, 174-179.
- Roenigk WJ (1958) Surgical removal of canine heartworms by pulmonary arteriotomy. *J Am Vet Med Assoc* 133, 581-585.
- Rotwell A (2011) Alexis Carrel: innovator extraordinaire. *J Perioper Pract* 21, 73-76.
- Sade RM (2005) Transplantation at 100 years: Alexis Carrel, pioneer surgeon. *Ann Thorac Surg* 80, 2415-2418.
- Schwede M, Richter O, Alef M, Theuß T, Loderstedt S (2017). Vascular surgery of aortic thrombosis in a dog using Fogarty maneuver - technical feasibility. *Clin Case Rep*, 6(1), 214-219.
- Strombeck DR, Breznock EM, McNeel S (1977) Surgical treatment for portosystemic shunts in two dogs. *J Am Vet Med Assoc* 170, 1317-1319.
- Voorhees AB, Jaretski A, Blakemore AH (1952) The use of tubes constructed from Vinyon "N" cloth in bridging arterial defects: a preliminary report. *Ann Surg* 135, 332-336.
- Walters B, Bramer CN (1952) Patent ductus arteriosus. *North Am Vet* 33, 252-255.
- Watts SH (1907) The suture of blood vessels. Implantation and transplantation of vessels and organs. A historical and experimental study. *Ann Surg* 46, 373-404.
- Weisse C, Berent AC, Todd K, Solomon JA, Cope C (2014) Endovascular evaluation and treatment of intrahepatic portosystemic shunts in dogs: 100 cases (2001-2011). *J Am Vet Med Assoc* 244, 78-94.

Υπεύθυνη αλληλογραφίας:

Βασιλεία Αγγέλου
vasso_1991@hotmail.com

Corresponding author:

Vasileia Angelou
vasso_1991@hotmail.com