

Κλινική Έρευνα

Αναστομώσεις Μεταξύ Βρογχικής και Στεφανιαίας Κυκλοφορίας στον Χοίρο: Ανάδειξη με Υπολογιστική Τομογραφία και Αγγειογραφία

ΧΡΗΣΤΟΦΟΡΟΣ ΚΩΤΟΥΛΑΣ^{1,2}, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΡΝΑΜΠΑΤΙΔΗΣ³, ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΥ³, ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΚΟΚΚΙΝΗΣ², ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΠΕΤΣΑΣ³, ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΔΟΥΤΕΝΗΣ²

¹Department of Cardiothoracic Surgery, Manchester Royal Infirmary, United Kingdom,

²Καρδιοθωρακοχειρουργική Κλινική και ³Ακτινολογικό εργαστήριο, Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών

Λέξεις ευρετηρίου:
**Βρογχικές
 αρτηρίες,
 στεφανιαίες
 αρτηρίες,
 μεταμόσχευση
 καρδιάς-
 πνευμόνων,
 χειρουργική
 αορτής.**

Ημερ. παραλαβής
 εργασίας:
 2 Απριλίου 2006
 Ημερ. αποδοχής:
 2 Ιουνίου 2006

Διεύθυνση
 Επικοινωνίας:
 Χριστόδουλος
 Κωτούλας

82 Grasmere Rd, Gatley
 SK8 4RS, UK
 e-mail:
chrkotoulas@hol.gr

Εισαγωγή: Αν και η σπουδαιότητα των βρογχικών αρτηριών είναι προφανής στη σύγχρονη θωρακοχειρουργική, η σημασία των αναστομώσεων τους με τις στεφανιαίες αρτηρίες δεν έχει ακόμη αξιολογηθεί, ειδικότερα στις περιπτώσεις των μεταμοσχεύσεων καρδιάς-πνευμόνων και αντιμετώπισης των ανευρυσμάτων της θωρακικής αορτής. Διεξάγαμε την παρούσα μελέτη για να καταδείξουμε την ύπαρξη των βρογχο-στεφανιαίων αναστομώσεων στο πειραματικό μοντέλο του χοίρου χρησιμοποιώντας ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και σπειροειδή υπολογιστική τομογραφία για να επικυρώσουμε τα ανωτέρω ευρήματα.

Μέθοδος: Χρησιμοποιήθηκαν 6 νεαροί θήλειοι χοίροι. Το παρασκευάσμα καρδιάς και πνευμόνων μετά της τραχείας, οισοφάγου και αορτής αφαιρέθηκε *en bloc*. Ο έλεγχος των παρασκευασμάτων για ύπαρξη αναστομωτικού δικτύου έγινε με ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και σπειροειδή υπολογιστική τομογραφία σε τρεις φάσεις πριν και μετά από χορήγηση ενδοφλέβιου σκιαγραφικού και τελικά με χρωστική ρητίνη για τη μακροσκοπική παρατήρηση των ευρημάτων μας. Η μελέτη έγινε με έγχυση του σκιαγραφικού ή της ρητίνης στην αορτική ρίζα ή στην βρογχική αρτηρία.

Αποτελέσματα: Καταδείξαμε την ύπαρξη αναστομωτικού δικτύου μεταξύ των βρογχικών και στεφανιαίων αρτηριών σε 5 από τα 6 παρασκευάσματα, την οποία και επιδείξαμε μακροσκοπικά με τη χορήγηση της χρωστικής ρητίνης. Η επικοινωνία αφορούσε το τοίχωμα του αριστερού κόλπου και το πίσθιο και πρόσθιο τοίχωμα της αριστερής κοιλίας. Σε μία περίπτωση παρατηρήθηκαν περαιτέρω αναστομώσεις με το τοίχωμα του δεξιού κόλπου.

Συμπεράσματα: Αναστομωτικό δίκτυο μεταξύ των αριστερών στεφανιαίων αρτηριών και των βρογχικών αρτηριών παρατηρείται στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και η σπειροειδής υπολογιστική τομογραφία μπορεί να απεικονίσουν το παράπλευρο δίκτυο άμεσα και έμμεσα με μετρήσεις του βαθμού απορρόφησης του σκιαγραφικού από το καρδιακό τοίχωμα. Η μελέτη μας υπογραμμίζει την σπουδαιότητα των βρογχικών αρτηριών σε περιπτώσεις μεταμοσχεύσεων καρδιάς-πνευμόνων και αντιμετώπισης ανευρυσμάτων θωρακικής αορτής.

Οι βρογχικές αρτηρίες, παρέχοντας οξυγονωμένο αίμα υπό συστηματική αρτηριακή πίεση, είναι υπεύθυνες για τη θρέψη των πνευμόνων και των εξωκαρδιακών μεσοθωρακικών δομών, συμπεριλαμβανομένου του οισοφάγου, των

λεμφαδένων και του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Στις μέρες μας, η αναγνώριση και η ανάδειξη της εκβολής τους και της πορείας τους μπορεί να επιτευχθεί με την ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία ή τη σπειροειδή υπολογιστική τομογραφία.^{1,2}

Αναστομώσεις μεταξύ των βρογχικών και των στεφανιαίων αρτηριών έχουν αναφερθεί ανεκδοτικά,³ ενώ επιπρόσθετα ελάχιστες προηγούμενες μελέτες παρατήρησαν την ύπαρξη των βρογχικο-στεφανιαίων αναστομώσεων στον άνθρωπο^{4,5,6} και στα ζώα,⁷ αλλά μόνο ως αποτέλεσμα αγγειογραφικών μελετών.

Σήμερα, η σπουδαιότητα των βρογχικών αρτηριών τυγχάνει αυξανόμενης αναγνώρισης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μαζικής αιμόπτυσης ή έγχυσης χημειοθεραπευτικών σκευασμάτων σε περιπτώσεις καρκίνου του πνεύμονα.^{8,9} Επιπρόσθετα, αν και φαίνεται ότι συμβάλλουν στην ελάττωση των μεταγχειρητικών επιπλοκών στις περιπτώσεις μεταμόσχευσης πνεύμονα, όποτε αυτές επαναγγειώνονται,¹⁰ δεν έχει διερευνηθεί ο ρόλος τους σε περιπτώσεις μεταμόσχευσης καρδιάς και πνευμόνων ή χειρουργικής αντιμετώπισης των θωρακικών ή θωρακοκοιλιακών ανευρυσμάτων της κατιούσας αορτής. Επειδή ο χοίρος αποτελεί το πειραματόζωο με την μεγαλύτερη ομοιότητα ως προς την βρογχική και στεφανιαία κυκλοφορία με τον άνθρωπο,^{11,12} σκοπός του πειράματος είναι να αναδείξει την ύπαρξη αμφίδρομης σχέσης επικοινωνίας της βρογχικής κυκλοφορίας με την στεφανιαία κυκλοφορία της καρδιάς, τόσο με την ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία, όσο και με τη σπειροειδή υπολογιστική τομογραφία, για πρώτη φορά, και να συσχετίσουμε τα ευρήματα με μακροσκοπικά δεδομένα μετά από έγχυση χρωστικής πολυμεριζόμενης ρητίνης για να τα επικυρώσουμε.

Υλικό και μέθοδος

Δεοντολογία

Όλα τα ζώα έλαβαν ανθρώπινη φροντίδα σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί προστασίας των ζώων που χρησιμοποιούνται σε πειραματικούς ή επιστημονικούς σκοπούς.¹³ Το πειραματικό πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Χειρουργικό πρωτόκολλο

Χρησιμοποιήθηκαν έξι (6) θηλυκοί χοίροι βάρους 25-30 kgf και μέσου βάρους 26(±3,1) kgf. Η εισαγωγή στην αναισθησία έγινε με ενδοφλέβια χορήγηση θειοπεντάλης (250-400 mg). Η διασωλήνωση του πειραματόζωου γινόταν δια της τραχείας μετά από τραχειοστομία και διατηρούνταν με τη χορήγηση θειοπεντάλης (5mgf/kgf/h), φαιντανύλης (1mgf/kgf/h)

και βρωμιούχου πανκουρονίου 4mgf (σε τακτά διαστήματα). Η μέση στεροτομή γινόταν με τη χρήση αποστειρωμένου ηλεκτρικού προιονιού αέρος. Μετά από την τη διάνοιξη και την ανάρτηση του περικαρδίου ακολουθούσε η παρασκευή και ο περιβροχισμός των μεγάλων αγγείων. Η επίτευξη τιμής ACT μεγαλύτερης από 300, ήταν το όριο για την έναρξη έκπλυσης τόσο της καρδιάς, όσο και των πνευμόνων με 2 Lt διαλύματος φυσιολογικού ορού, μετά από τοποθέτηση αγγειολαβίδας αποκλεισμού της ανιούσας αορτής περιφερικά του τοποθετημένου καθετήρα και από απολίνωση της άνω κοίλης φλέβας, της κάτω κοίλης φλέβας. Με την τοποθέτηση της αγγειολαβίδας επερχόταν ο θάνατος του πειραματοζώου. Το διάλυμα έκπλυσης αποχετευόταν από το σύστημα καρδιάς και πνευμόνων από τομή που εκτελούνταν κεντρικά της απολίνωσης στην κάτω κοίλη φλέβα. Το επόμενο βήμα ήταν η παρασκευή και η αφαίρεση συλλήβδην της καρδιάς, των πνευμόνων και του οισοφάγου από τους πέριξ μεσοθωρακικούς ιστούς. Η διατομή της τραχείας και του οισοφάγου γινόταν στο ύψος του θυρεοειδούς αδένος μετά από απολίνωσή τους, ενώ της θωρακικής αορτής στο κατώτερο όριο του θωρακικού κύτους, όπου γινόταν επίσης απολίνωση και διατομή του κατώτερου άκρου του οισοφάγου. Μετά την έξοδο του παρασκευάσματος από το θώρακα ακολουθούσε η απολίνωση των ορατών μικροαγγείων και η μεταξύ τους συρραφή των άκρων του υπεζωκότα, που αντιστοιχούσαν στο οπίσθιο μεσοθωράκιο σε όλο το μήκος του παρασκευάσματος.

Ακτινολογικό πρωτόκολλο

Το καθένα μόσχευμα μετά την αφαίρεσή του υποβαλλόταν σε σειρά σε ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και σε σπειροειδή αξονική τομογραφία. Το σκιαγραφικό ενιόταν με πίεση 100 mmHg, με δύο διαφορετικούς τρόπους: σε τέσσερα (4) παρασκευάσματα στις βρογχικές αρτηρίες εκλεκτικά μετά από διάνοιξη της αορτής, αναγνώρισή τους, και καθετηριασμό τους, και σε δύο (2) στην απομονωμένη αορτική ρίζα.

Η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία εκτελέστηκε σε αγγειογράφο DVIS Philips στα 40 Kv με ρυθμό 1 εικόνα/δευτερόλεπτο μετά από έγχυση ιωδιούχου σκιαγραφικού (Iomeron 400 mg/ml Branco, Italy). Ακολουθούσε η έκπλυση του παρασκευάσματος με 1 L διαλύματος φυσιολογικού ορού και ακτινολογικό έλεγχο για επιβεβαίωση της τέλει έκπλυσης του προηγούμενου σκιαγραφικού. Η υπολογιστική τομογραφία εκτελέστηκε σε 4 παρασκευάσματα, σε

Somatom Plus 4 Power scanner (Siemens, Germany) με συνεχείς τομές 2 mm, σε όλο το μήκος των παρασκευασμάτων. Η εξέταση περιελάμβανε τρεις φάσεις: χωρίς σκιαγραφικό, πρώιμα με την έγχυση 50 ml του σκιαγραφικού με ρυθμό 1 ml/sec και σε όψιμη φάση μετά από 2-3 λεπτά.. Μετρήσεις πυκνότητας λαμβάνονταν από το τοίχωμα της καρδιάς και στις τρεις φάσεις της υπολογιστικής τομογραφίας, σύμφωνα με την περιοχή ενδιαφέροντος (ROI). Δυστυχώς ο φόρτος επειγόντων περιστατικών στο Ακτινολογικό Εργαστήριο δεν επέτρεψε την διενέργεια της εξέτασης με έγχυση του σκιαγραφικού στην ρίζα της αορτής.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Χρωστική πολυμεριζόμενη ρητίνη (Vilene Hospital – injecting and casting resin-MERCOX series, Japan) ενέθηκε εκλεκτικά στην βρογχική κυκλοφορία σε τέσσερις περιπτώσεις (n=4) και στην στεφανιαία κυκλοφορία μετά από έγχυσή της στην αορτική ρίζα σε δύο περιπτώσεις (n=2).

Αποτελέσματα

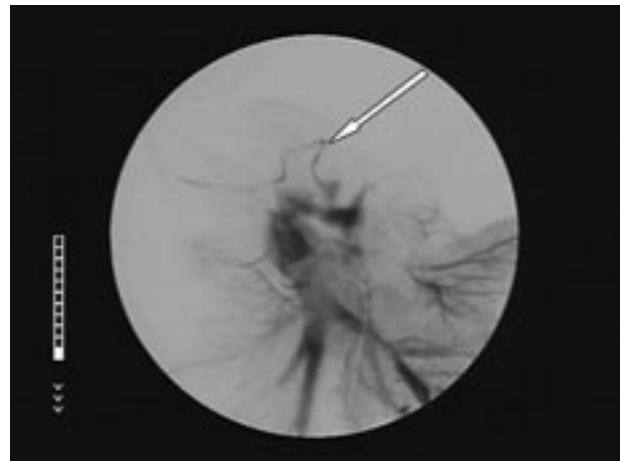
Ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία

Ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία των βρογχικών αρτηριών αποκάλυψε σαφή επικοινωνία μεταξύ αυτών και των στεφανιαίων αρτηριών στα 3 από τα 4 παρασκευάσματα. Οι αριστερές στεφανιαίες αρτηρίες αναδείχθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ η δεξιά στεφανιαία αρτηρία μόνο σε μία. Επακόλουθα, ο χώρος εκροής των πνευμόνων και οι στεφανιαίες φλέβες ανεδείχθηκαν σε 3 περιπτώσεις (Εικόνα 1).

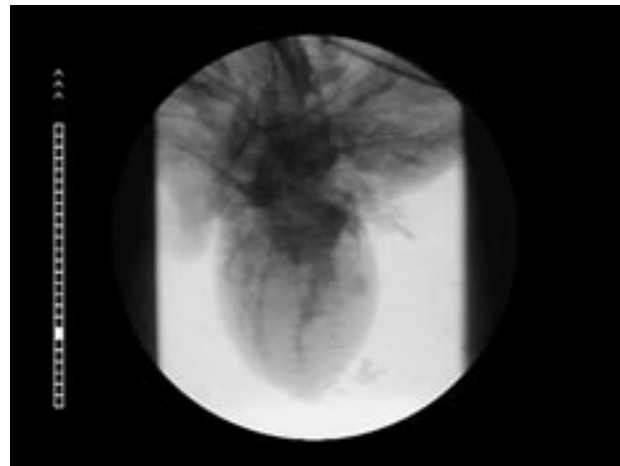
Μετά από την έγχυση του σκιαγραφικού στην απομονωμένη αορτική ρίζα αναγνωρίστηκαν κατά σειρά οι στεφανιαίες αρτηρίες, οι στεφανιαίες φλέβες, και οι βρογχικές αρτηρίες, όπως επίσης και μικρό παράπλευρο δίκτυο με τις οισοφαγικές και μεσοθωρακικές αρτηρίες περί τον αριστερό κόλπο και στις 2 περιπτώσεις (Εικόνα 2) Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι επικοινωνία με τις οισοφαγικές αρτηρίες αναγνωρίστηκε σε όλα τα παρασκευάσματα.

Σπειροειδής υπολογιστική τομογραφία

Επιπρόσθετα, η όψιμη φάση ανέδειξε την ύπαρξη μικρών αγγείων περί του τοιχώματος του αριστερού κόλπου και κοιλίας (οπίσθιο και λιγότερο πρόσθιο τοίχωμα) σε 3 από 4 περιπτώσεις, ενώ η δεξιά στεφανιαία αρτηρία σε μία μόνο περίπτωση.



Εικόνα 1. Χοίρος 2: Απεικόνιση της στεφανιαίας κυκλοφορίας μετά από έγχυση σκιαγραφικού στη βρογχική κυκλοφορία. Το βέλος δείχνει την επικοινωνία με τη στεφανιαία αρτηρία.



Εικόνα 2. Χοίρος 3: Ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία μετά από χορήγηση σκιαγραφικού στην απομονωμένη αορτική ρίζα. Απεικόνιση της βρογχικής κυκλοφορίας.

Μετρήσεις που ελήφθησαν από το καρδιακό τοίχωμα σε κάθε φάση της μελέτης αποκάλυψαν αυξανόμενες τιμές πυκνότητας προϊόντος του χρόνου, που αντιστοιχούν σε πρόσληψη του σκιαγραφικού από την καρδιά. Το εύρημα αυτό συνηγορεί έμμεσα υπέρ της παροχής αίματος στην καρδιά από το σύστημα της βρογχικής κυκλοφορίας. (Εικόνες 3 α, β, γ)

Μακροσκοπική παρατήρηση

Η χρωστική ουσία απομονώθηκε εύκολα στις βρογχικές αρτηρίες σε 2 περιπτώσεις (2/2) μετά από έγχυσή της στην αορτική ρίζα και στο καρδιακό τοίχωμα με-



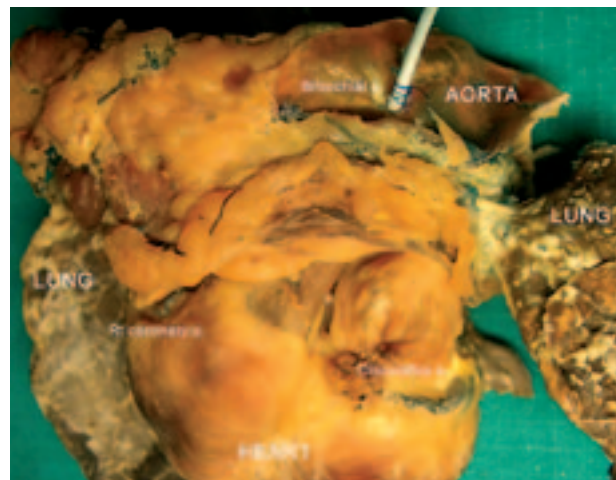
Εικόνα 3Α. Χοίρος 4: Σπείροειδής υπολογιστική τομογραφία χωρίς σκιαγραφικό. **Εικόνα 3Β.** Χοίρος 4: Σπείροειδής υπολογιστική τομογραφία άμεσα μετά από τη χορήγηση σκιαγραφικού. **Εικόνα 3Γ.** Χοίρος 4: Σπείροειδής υπολογιστική τομογραφία σε όψιμη φάση μετά από τη χορήγηση σκιαγραφικού.

τά από έγχυση στις βρογχικές αρτηρίες σε 3 περιπτώσεις (3/4). Επιπρόσθετα, οι οισοφαγικές αρτηρίες, όπως και το μεσοθωρακικό δίκτυο αναδείχθηκε. Η χρωστική ουσία εντοπίστηκε σε όλο το μήκος του οισοφάγου. (Εικόνα 4) Το μέγεθος της κύριας βρογχικής αρτηρίας κυμάνθηκε σε 1,8-2 χιλιοστά, ενώ το μέγεθος των στεφανιαίων αρτηριών σε 1,4-1,6 χιλιοστά. Δεν μπορούσαμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια το μέγεθος των κλάδων, επειδή χρειαζόταν μελέτη τεχνική έγχυσης-διάβρωσης την οποία και δεν εκτελέσαμε. Το μέγεθος τους, κατά προσέγγιση, ήταν μικρότερο από 0,10 χιλιοστά συγκρινόμενα με το μέγεθος του καθετήρα αγγειογραφίας.

Συζήτηση

Ο σκοπός της μελέτης μας ήταν να εκτιμήσουμε την ύπαρξη αναστομών μεταξύ της στεφανιαίας και βρογχικής κυκλοφορίας σε πειραματόζωο, χρησιμοποιώντας διαφορετικές απεικονιστικές μεθόδους, αλλά και να αξιολογήσουμε την κλινική σημασία αυτών.

Η βρογχοοισοφαγική αρτηρία στον χοίρο έχει μονήρες στόμιο και εκφύεται από την θωρακική αορτή, υψηλά και σε απόσταση από τις μεσοπλευρίες αρτηρίες, οπότε είναι εύκολο να αναγνωρισθεί και να ελεγχθεί. Ο κλάδος της που αντιστοιχεί στην βρογχική αρτηρία είναι μονήρης και διαιρείται επιμέρους σε δύο κλάδους, αντιστοιχώντας έτσι στις βρογχικές αρτηρίες του ανθρώπου.^{11,14,15} Πρέπει να τονιστεί ότι κάθε βρόγχος ακολουθείται από δύο κλάδους της βρογχικής αρτηρίας.¹¹ Έτσι, ο χοίρος παρουσιάζοντας ομοιότητα με τον άνθρωπο, στην έκφυση, την πορεία, την διακλάδωση και στην παροχή αίματος όσον αφορά το σύστημα των βρογχικών αρτηριών, τόσο ανατομικά όσο και φυσιολογικά, αποτελεί το



Εικόνα 4. Χοίρος 6: Ανάδειξη της επικοινωνίας μεταξύ της βρογχικής και της στεφανιαίας κυκλοφορίας μετά από εκλεκτική έγχυση της πολυμεριζόμενης ρητίνης στη βρογχική κυκλοφορία. Σημειώνεται η εκλεκτικά καθετηριασμένη βρογχική αρτηρία.

περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενο πειραματόζωο σε ανάλογα πειράματα.

Ο White περιέγραψε την ύπαρξη των βρογχοστεφανιαίων αναστομών στους χοίρους, τονίζοντας ότι η συνεισφορά των εξωκαρδιακών πηγών της παράπλευρης κυκλοφορίας, που κυρίως προέρχεται από την βρογχική και την έσω μαστική αρτηρία, συνεισφέρει ως 30% του συνόλου της μη-αγγειοδιασταλμένης παράπλευρης κυκλοφορίας σε περιπτώσεις αυξημένου κινδύνου, παίζοντας έτσι εξεχόντα ρόλο στην αιμάτωση της ισχαιμικής καρδιάς στον χοίρο.⁷ Εκτός του White, οι Bloor και Liebow εργάστηκαν πάνω στη διερεύνηση των εν λόγω αναστομών και την συνεισφορά τους στην στεφανιαία

κυκλοφορία,^{7,16} ενώ ο Gade διερεύνησε και την αντίστροφη κατάσταση, δηλαδή την συνεισφορά του αναστομωτικού δικτύου στην βρογχική κυκλοφορία.¹⁷ Η δική μας μελέτη επιπρόσθετα, εξετάζει την ύπαρξη του αναστομωτικού δικτύου και την συνεισφορά του από και προς τη βρογχική κυκλοφορία τόσο με τις απεικονιστικές μεθόδους της ψηφιακής αφαιρετικής αγγειογραφίας και της σπειροειδούς υπολογιστικής τομογραφίας, όσο και με την μακροσκοπική ανάδειξη τους χρησιμοποιώντας χρωστική πολυμεριζόμενη ρητίνη προσπαθώντας να αποτυπώσει την κλινική σημασία της ύπαρξης αυτών.

Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει την χρησιμότητα της σπειροειδούς υπολογιστικής τομογραφίας στην σκιαγράφιση των βρογχικών αρτηριών *in vivo*, ιδιαίτερα στην δεξιά, πάντοτε βεβαίως σε περιπτώσεις μεγάλων και ελικοειδών αρτηριών και κατά τη διάρκεια επεμβατικών μεθόδων σε χρόνιες, συγγενείς ή νεοπλασματικές, πνευμονικές νόσους.^{1,2,18}

Στη μελέτη μας, πράγματι κατέστη δυνατόν να καταδείξουμε την ύπαρξη των βρογχο-στεφανιαίων αναστομών στο φυσιολογικό παρασκευάσμα καρδιάς και πνευμόνων με τη βοήθεια της σπειροειδούς υπολογιστικής τομογραφίας. Η μελέτη μας περιελάμβανε τρεις φάσεις, δηλαδή, πριν τη χορήγηση σκιαγραφικού, αμέσως μετά και σε καθυστερημένη φάση. Οι μετρήσεις που λαμβάνονταν από το τοίχωμα της καρδιάς για κάθε μία από τις τρεις φάσεις έδειξαν σταδιακή αύξηση των τιμών πυκνότητας σε σχέση με το χρόνο, αντικατοπτρίζοντας την λήψη του σκιαγραφικού από την καρδιά. Επικοινωνία μεταξύ των βρογχικών και των στεφανιαίων αρτηριών ανιχνεύθηκε ευκρινώς στο καρδιακό τοίχωμα του αριστερού κόλπου και του οπισθίου και λιγότερο του προσθίου τοιχώματος της αριστερής κοιλίας σε 3 από τα 4 παρασκευάσματα, όπως και με την δεξιά στεφανιαία αρτηρία σε ένα. Αυτό αποδεικνύει την ύπαρξη αιματικής ροής προς τις στεφανιαίες αρτηρίες από τη βρογχική κυκλοφορία. Από την άλλη μεριά, η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία απεικόνισε περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά την πορεία του παράπλευρου δικτύου. Το μέγεθος των βρογχικών και στεφανιαίων αγγείων ήταν μέχρι 2 χιλιοστά, ενώ των παράπλευρων αγγείων που αναδείχθηκαν και υπολογίσθηκαν κατά προσέγγιση κατά την αγγειογραφία ήταν μικρότερο από 0,10 χιλιοστά.

Η ποικιλία στην ανατομική των στεφανιαίων αγγείων αποτελεί συχνό φαινόμενο στον άνθρωπο, ενώ είναι άξιο προσοχής ότι οι βρογχικές αρτηρίες στον χοίρο επικοινωνούν κυρίως με τις αριστερές στεφανιαίες αρτηρίες στην πλειονότητα των περιπτώσεων

και μόνο σε μία περίπτωση με τη δεξιά στεφανιαία αρτηρία. Εξάλλου, η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία μετά από εκλεκτικό καθετηριασμό της βρογχικής αρτηρίας ανέδειξε τις οισοφαγικές αρτηρίες σε όλες τις περιπτώσεις, όπως άλλωστε αναμενόταν, δεν διαπιστώθηκε ύπαρξη περιφερικών βρογχο-οισοφαγικών αναστομών, και οι αρτηρίες αυτές όπως αναδείχθηκε είναι υπεύθυνες για την αιμάτωση και του περιφερικού οισοφάγου.

Η μελέτη μας όσον αφορά την αντίστροφη συνεισφορά, δηλαδή της συνεισφοράς της στεφανιαίας κυκλοφορίας προς τη βρογχική, αξιολογήθηκε μόνο με ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και με έγχυση σκιαγραφικού στην αορτική ρίζα. Εκτός του βρογχο-στεφανιαίου αναστομωτικού δικτύου, αναδείχθηκαν λίγα παράπλευρα αγγεία με τις οισοφαγικές και μεσοθωρακικές αρτηρίες στην περιοχή περί του αριστερού κόλπου. Τα ευρήματα μας συμφωνούν μερικώς με τον Gade, ο οποίος περιέγραψε ότι οι βρογχικές αρτηρίες επικοινωνούν με τις στεφανιαίες, αλλά και με τις δύο σε όλες τις περιπτώσεις.¹⁷ Όσον αφορά τη νεκροτομική μελέτη της ομάδας του Riquet, αναδείχθηκε η εν λόγω επικοινωνία, αλλά οι μελετητές δεν κατόρθωσαν να αναδείξουν αναστομώσεις συγχρόνως με την αριστερή και με την δεξιά στεφανιαία αρτηρία στο ίδιο παρασκευάσμα, ενώ τέλος υπογράμμισαν την ύπαρξη του βρογχο-στεφανιαίου παράπλευρου δικτύου ιδιαίτερα στις περιπτώσεις με σημαντική παρουσία αθηροσκληρώσεως στις στεφανιαίες αρτηρίες.¹⁹

Η έγχυση της χρωστικής πολυμεριζόμενη ρητίνης επέτρεψε να εξετάσουμε μακροσκοπικά των ύπαρξη του παράπλευρου αναστομωτικού δικτύου μεταξύ βρογχικών και στεφανιαίων αρτηριών, αφού πρώτα απολινώσαμε τα αγγεία προς την ελεύθερη επιφάνεια του οπισθίου μεσοθωρακίου και συρράψαμε τις δύο ελεύθερες επιφάνειες του τοιχωματικού υπεζωκότα μεταξύ τους, για να αποφύγουμε ή να ελαχιστοποιήσουμε την διαφυγή της χρωστικής ρητίνης.

Η μελέτη μας, λοιπόν, αποδεικνύει ότι οι βρογχικές αρτηρίες δεν είναι μόνο τροφικά αγγεία για τους πνεύμονες και τις δομές του μεσοθωρακίου, αλλά με την επικοινωνία τους με το σύστημα των στεφανιαίων αγγείων συνεισφέρουν προς αυτά και αντιστρόφως.

Έτσι, μπορούμε να συμφωνήσουμε ότι σε περιπτώσεις χειρουργικής αποκατάστασης θωρακικών ή θωρακοκοιλιακών ανευρυσμάτων ενδείκνυται η επαναϊμάτωσή τους, ιδιαίτερος σε περιπτώσεις ασθενών με ισχαιμική νόσο του μυοκαρδίου. Η επαναϊμάτωσή τους είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί εύκολα και γρήγορα, αφού σε 80% των περιπτώσεων οι βρογχικές

αρτηρίες εκβάλλουν από τη θωρακική κατιούσα αορτή στο επίπεδο μεταξύ των θωρακικών σπονδύλων Θ5 και Θ6.²⁰ Η επαναιμάτωσή τους μπορεί να επιτευχθεί είτε με τελικοτελική αναστόμωσή τους με την παρασκευασμένη αριστερή έσω μαστική αρτηρία, είτε τελικοπλάγια, απευθείας στο μόσχευμα εν είδει κομβίου, όπως ανάλογα συμβαίνει στις περιπτώσεις μεταμόσχευσης πνευμόνων.^{21,22} Βεβαίως, σε περιπτώσεις αναλόγων αορτικών ανευρυσμάτων σε ασθενείς χωρίς ισχαιμική νόσο του μυοκαρδίου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι στεφανιαίες αρτηρίες συνεισφέρουν στη διατήρηση αιματικής ροής στη βρογχική κυκλοφορία μέσω του περιγραφόμενου παράπλευρου αναστομωτικού δικτύου.

Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί η σπουδαιότητα της βρογχικής κυκλοφορίας και των βρογχο-στεφανιαίων αναστομώσεων σε περιπτώσεις μεταμοσχεύσεων καρδιάς-πνευμόνων. Όπως έχει ήδη τονιστεί η στεφανιαία νόσος στον μεταμοσχευθέντα αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα για επίτευξη μακράς επιβίωσης μετά από μεταμόσχευση καρδιάς και χαρακτηρίζεται από διάχυτη συγκεντρική διήθηση του ενδοθηλίου των αγγείων. Οι παθολογικοί χαρακτηριστές της αν και διαφέρουν από αυτούς της κλασικής στεφανιαίας νόσου, δεν έχουν διερευνηθεί διεξοδικά, ενώ οι παράγοντες κινδύνου διαιρούνται σε ανοσολογικούς και μη ανοσολογικούς. Η συχνότητα εμφάνισης στην πενταετία είναι 42% σε ασθενείς μετά από μεταμόσχευση καρδιάς²³ και 11-15%, δηλαδή σημαντικά σπανιότερη, μετά από μεταμόσχευση καρδιάς-πνευμόνων.²⁴ Η αιτία αυτής της διαφοράς είναι άγνωστη και πιθανολογούνται διάφοροι μηχανισμοί. Πιστεύουμε ότι το σύστημα των βρογχικών αρτηριών έχει ενεργό ρόλο σε περιπτώσεις μεταμόσχευσης καρδιάς-πνευμόνων προστατεύοντας τα μοσχεύματα και το λήπτη από τις διάφορες μετεγχειρητικές επιπλοκές, οπότε και από τη περιγραφόμενη στεφανιαία νόσο. Πρώτον, μετά από μεταμόσχευση καρδιάς-πνευμόνων, η ύπαρξη παράπλευρου δικτύου μεταξύ στεφανιαίας και βρογχικής κυκλοφορίας, μπορεί να αποτρέψει από σοβαρή ισχαιμία τους κεντρικούς αεραγωγούς, εξηγώντας έτσι τη χαμηλή συχνότητα εμφάνισης των επιπλοκών στους αεραγωγούς μετά από μεταμοσχεύσεις καρδιάς-πνευμόνων σε σύγκριση με *en bloc* μεταμόσχευση πνευμόνων χωρίς επαναιμάτωση των βρογχικών αρτηριών.²¹ Επιπρόσθετα, επειδή οι βρογχικές αρτηρίες απαντούν σε περιπτώσεις φλεγμονωδών και ισχαιμικών ερεθισμάτων αντιδραστικά με συμφύσηση και αγγειογένεση δρώντας ευεργετικά για τους πνεύμονες, σε περιπτώσεις μεταμοσχεύσεων, οι πνεύμονες με επαναι-

μάτωση των βρογχικών αρτηριών είναι πιο ανθεκτικοί σε λοιμώξεις, όπως άλλωστε έχει υποδειχθεί σε μελέτη των πνευμονικών αποστημάτων σε πρόβατα.²⁵ Εμείς υποθέτουμε τον ενεργό ρόλο του συστήματος των βρογχικών αρτηριών σ' αυτές τις περιπτώσεις είτε προστατεύοντας τον λήπτη των μοσχευμάτων από τοπικές λοιμώξεις από παθογόνους οργανισμούς όπως *Chlamydia Pneumoniae* ή διαφόρους ιούς,²⁶ ή διατηρώντας το *status* όσον αφορά τη φυσιολογία και ανατομία στο μεσοθωράκιο και συνεισφέροντας στην στεφανιαία κυκλοφορία μέσω του παράπλευρου δικτύου ακόμη και σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σημαντική στένωση των στεφανιαίων αγγείων.

Οι περιορισμοί της μελέτης μας εντάσσονται σ' αυτούς που περιγράφονται σε κάθε *in vitro* μελέτη. Επειδή, λοιπόν, εκτελέσαμε την ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία και την σπειροειδή υπολογιστική τομογραφία στο εργαστήριο, δεν μπορούσαμε να μελετήσουμε την φυσιολογική *in vivo* καρδιοπνευμονική κυκλοφορία και να υπολογίσουμε τη ροή στο παράπλευρο δίκτυο. Πιστεύουμε ότι περαιτέρω πειραματικές μελέτες, στο εργαστήριο ή *in-situ*, σε χοίρους ή ανθρώπινα πτώματα, χρειάζονται για να διερευνηθούν ενδελεχώς τα δεδομένα αυτά.

Συμπερασματικά, η μελέτη μας επιβεβαιώνει την ύπαρξη επικοινωνίας μεταξύ της βρογχικής και της στεφανιαίας κυκλοφορίας, στο πειραματικό μοντέλο του χοίρου και της συνεισφοράς της καθεμίας κυκλοφορίας στην άλλη. Η ύπαρξη της επικοινωνίας μπορεί να αναδειχθεί τόσο με ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία όσο και με υπολογιστική τομογραφία και μελέτη τριών φάσεων μετά από χορήγηση σκιαγραφικού. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η επικοινωνία αφορά επικοινωνία των βρογχικών αρτηριών με το αριστερό στεφανιαίο δίκτυο.

Η μελέτη μας υπογραμμίζει τη σπουδαιότητα των βρογχικών αρτηριών και του βρογχο-στεφανιαίου παράπλευρου δικτύου στις περιπτώσεις μεταμοσχεύσεων καρδιάς-πνευμόνων για τη μείωση συχνότητας των επιπλοκών λοιμώξεων και στη χειρουργική των ανευρυσμάτων των θωρακικής αορτής για τη διατήρηση της συνεισφοράς τους στη στεφανιαία κυκλοφορία.

Βιβλιογραφία

1. Murayama S, Hashiguchi N, Murakami J, et al: Helical CT imaging of bronchial arteries with curved reformation technique in comparison with selective bronchial arteriography: preliminary report. *J Comput Assist Tomog* 1996; 20: 749-755.

2. Remy-Jardin M, Bouaziz N, Dumont P, et al: Bronchial and nonbronchial systemic arteries at multi-detector row CT angiography: comparison with conventional angiography. *Radiology* 2004; 233: 741-749.
3. Iwasaki K, Kusachi S, Hina K, et al: Coronary to bronchial artery anastomosis in patients with noncyanotic cardiopulmonary disease: report of seven cases. *Can J Cardiol* 1997; 13: 898-900.
4. Petelez T: Radiologic picture of extracoronary arteries of myocardium of man. *Cardiologia* 1965; 46: 65-78.
5. Bjørk L: Angiographic demonstration of extracardial anastomoses to the coronary arteries. *Radiology* 1966; 87: 274-277.
6. Moberg A: Anastomoses between extracardiac vessels and coronary arteries. I. Via bronchial arteries. Post-mortem angiographic study in adults and new-born infants. *Acta Rad Diagn (Stockholm)* 1967; 6: 177-192.
7. White FC, Carroll SM, Magnet A, et al: Coronary collateral development in swine after coronary artery occlusion. *Circ Res* 1992; 71: 1490-1500.
8. Osaki T, Hanagiri T, Nakanishi R, et al: Bronchial arterial infusion is an effective therapeutic modality for centrally located early-stage lung cancer: results of a pilot study. *Chest* 1999; 115: 1424-1428.
9. Yoon W, Kim JK, Kim YH, et al: Bronchial and nonbronchial systemic artery embolization for life-threatening hemoptysis: a comprehensive review. *Radiographics* 2002; 22: 1395-1409.
10. Kamler M, Nowak K, Bock M, et al: Bronchial artery revascularization restores peribronchial tissue oxygenation after lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2004; 23: 763-766.
11. Gade J, Norgaard MA, Andersen CB, et al: The porcine bronchial artery. Surgical and angiographic anatomy. *J Anat* 1999; 194: 241-247.
12. Lorentziadis M, Chamogeorgakis T, Toumpoulis IK, et al: Topographic anatomy of bronchial arteries in the pig: a corrosion cast study. *J Anat* 2005; 207: 427-432.
13. Council Directive 86/609/EEC of 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations, administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes: *Official Journal* 1986 (18 Dec); L 358: 0001-0028.
14. Calka W: Extrapulmonary course of the bronchial and bronchoesophageal arteries in the domestic pig. *Folia Morphologica Warszawa* (English version) 1975; 28: 59-67.
15. Nazari S, Prati U, Berti A, et al: Successful bronchial revascularization in experimental single lung transplantation. *Eur J Cardiothorac Surg* 1990; 4: 561-566.
16. Bloor C, Liebow A: Coronary collateral circulation. *Am J Cardiol* 1965; 16: 238-252.
17. Gade J, Norgaard MA, Andersen CB, et al: The porcine bronchial artery. Anastomoses with oesophageal, coronary and intercostal arteries. *J Anat* 1999; 195: 65-73.
18. Furuse M, Saito K, Kunieda E, et al: Bronchial arteries: CT demonstration with arteriographic correlation. *Radiology* 1987; 162:393-398.
19. Riquet M, Dupont P, Briere J, et al: Anastomoses between bronchial and coronary arteries: incidence of atheroma. *Surg Radiol Anat* 1991;13: 349-351.
20. Carles J, Clerc F, Dubrez J, et al: The bronchial arteries: Anatomic study and application to lung transplantation. *Surg Radiol Anat* 1995; 17: 293-299.
21. Norgaard MA, Efsen F, Arendrup H, et al: Surgical and arteriographic results of bronchial artery revascularization in lung and heart lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 1997; 16: 302-312.
22. Schreinemakers H, Weder W, Miyoshi S, et al: Direct revascularization of bronchial arteries for lung transplantation: an anatomical study. *Ann Thorac Surg* 1990; 49: 44-53.
23. Costanzo M, Naftel D, Pritzker M, et al: Heart transplant coronary artery disease detected by coronary angiography: a multi-institutional study of preoperative donor and recipient risk factors. *J Heart Lung Transplant* 1998;17: 744-753.
24. Lim T, Botas J, Ross H, et al: Are heart-lung transplant recipients protected from developing transplant coronary artery disease? *Circulation* 1996; 94: 1573-1577.
25. Charan N, Turk G, Dhand R: The role of bronchial circulation in lung abscess. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131: 121-124.
26. Ramzy D, Rao V, Brahm J, et al: Cardiac allograft vasculopathy: a review. *Can J Surg* 2005; 48: 319-327.