

## ΠΡΩΤΟΤΥΠΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### Αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία στη μελέτη των νεφρικών αρτηριών σε ασθενείς με υποψία νεφραγγειακής υπέρτασης

I. Τσιτουρίδης, Σ. Χονδροματίδου, Π. Παπαποστόλου, Φ. Γκουτσαρίδου, Μ. Εμμανουηλίδου, Χ. Τσαντιρίδης, Χ. Παπαστεργίου

Ακτινολογικό Εργαστήριο, Γ.Ν. Παπαγεωργίου, Θεσσαλονίκη

**Περιληφτη.** Η νεφραγγειακή υπέρταση αποτελεί ένα μικρό ποσοστό της αρτηριακής υπέρτασης. Η αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία έδωσε μια εναλλακτική μη αιματηρή προσέγγιση στη διερεύνηση της.

Σκοπός της εργασίας μας αυτής είναι να σας παρουσιάσουμε την εμπειρία μας από τη διενέργεια αγγειογραφιών με την ελικοειδή αξονική τομογραφία σε 120 άτομα με υποψία αρτηριακής υπέρτασης νεφραγγειακής αιτιολογίας.

Η εξέταση έγινε με ελικοειδή αξονικό τομογράφο PICKER 5000 PQ, με συνεχόμενες λεπτές αλληλοεπικαλυπτόμενες τομές και στη συνέχεια έγινε επεξεργασία σε σταθμό εργασίας Voxel Q με αλγορίθμους την MIP, SSD και VR.

Από τους ασθενείς που εξετάσαμε διαπιστώσαμε προβλήματα σε 19. Στους ασθενείς αυτούς βρέθηκε στένωση (11), ανευρύσματα (2), πολλαπλές ελικώσεις με μικροστενώσεις και διατάσεις (6). Όλοι οι ασθενείς αυτοί έκαναν και ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία λίγες μέρες μετά την αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία.

Διαπιστώθηκε μικρή υπερεκτίμηση της στένωσης σε όλους σχεδόν τους ασθενείς της τάξης του 0,5%-3,8% ενώ στους ασθενείς με ανευρύσματα ήταν ταυτόσημη η μέτρηση.

Συμπερασματικά πιστεύουμε ότι η αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία σε ασθενείς με υποψία νεφραγγειακής υπέρτασης είναι η μέθοδος εκλογής με την προϋπόθεση της γνώσης του μικρού βαθμού υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης του προβλήματος. *Hippokratia 2005, 9(4): 161-166*

**Summary.** Tsitouridis I, Chondromatidou Z, Papapostolou P, Goutsaridou F, Emmanouilidou M, Tsadiridis Ch, Papastergiou Ch. **Spiral CT angiography in the evaluation of the renal arteries in patients with renal hypertension.** The purpose of our study is to present our experience in the diagnostic value of CTA in the evaluation and management of patients with suspected renovascular disease. We describe the technique of CTA and the advantages of 3D-reconstructions of renal arteries. From our study, the conclusion is that CTA is the method of choice in the evaluation of renal arteries in patients with suspected renovascular disease, and also we must aware of a small percentage of stenosis overestimation. *Hippokratia 2005; 9(4): 161-166*

**Λέξεις - κλειδιά:** νεφραγγειακή υπέρταση, ελικοειδής αξονική τομογραφία, αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία.

**Key words:** renovascular hypertension, spiral CT, CT-A

**Υπεύθυνος αλληλογραφίας:** I. Τσιτουρίδης, Ακτινολογικό Εργαστήριο Γ.Ν. Παπαγεωργίου Θεσσαλονίκης

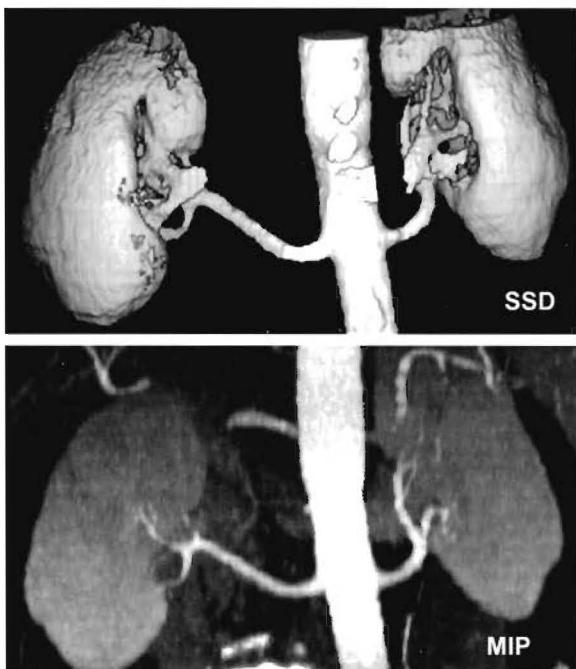
**Corresponding author:** Tsitouridis I, Radiology Dpt, "G. Papageorgiou" G.H. of Thessaloniki, Greece

Η υπέρταση που οφείλεται σε προβλήματα των νεφρικών αγγείων ονομάζεται νεφραγγειακή υπέρταση και η διαπίστωση της είναι πολύ σημαντική γιατί σε μεγάλο βαθμό είναι διορθώσιμη.

Η συχνότητα εμφάνισης είναι συζητήσιμη από κέντρο σε κέντρο, αλλά γενικά πιστεύεται ότι κυμαίνεται στο 3-5% επί των περιπτώσεων της υπέρτασης και αν εξειδικεύσουμε στην ήπια υπέρταση κυμαίνεται περίπου στο 1%, ενώ σε περιπτώσεις ανθεκτικής υπέρτασης ή σε περιπτώσεις αιφνίδιας εμφάνισης σοβαρής υπέρτασης φθάνει στο 10% έως 45%<sup>1</sup>.

Οι κλινικές παραμέτροι που οριοθετούν την υπόνοια της νεφραγγειακής νόσου, είναι η οξεία εμφάνιση της υπέρτασης, υπέρταση ανθεκτική στην φαρμακευτική αγωγή χωρίς προηγούμενο ιστορικό, η αιφνίδια αύξηση της κρεατινίνης του ορού χωρίς προφανές αίτιο ή αμέσως μετά την έναρξη θεραπείας με αναστολέα του μετατρεπτικού ενζύμου καθώς και η εμφάνιση ήπιας ή σοβαρής υπέρτασης σε ασθενείς με διάχυτη αθηροσκληρότητα νόσο και ηλικία μεγαλύτερη από 50 έτη<sup>2,3</sup>.

Η διερεύνηση της κατάστασης των νεφρικών αγ-



**Εικ 1: a,β)** Φυσιολογικές νεφρικές αρτηρίες. Ανασύνθεση με αλγόριθμο SSD και MIP



**Εικ 2: a,β)** Φυσιολογικές νεφρικές αρτηρίες σε εγκάρδιο και στεφανιαίο επίπεδο. Ανασύνθεση με αλγόριθμο VR

γείων γίνονταν μέχρι τώρα με την ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία, που δύναται θεωρείται μια αιματηρή μέθοδος. Ήταν επιτακτική η ανάγκη για εφαρμογή λιγότερο επεμβατικών μεθόδων, όπως είναι η αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία (CTA), καθώς και η μαγνητική νεφραγγειογραφία.

Η μελέτη αυτή αποτελεί μια προσπάθεια να καταγραφεί η εμπειρία του κέντρου μας σχετικά με την εφαρμογή της CTA στην διάγνωση της νεφραγγειακής υπέρτασης.

#### Υλικό και μέθοδοι

Διερευνήθηκαν 120 ασθενείς με κλινικές ενδείξεις νεφραγγειακής υπέρτασης ή με υπέρταση σχετικά σοβαρή. Προηγουμένως υπήρχε κλινικός έλεγχος των ασθενών που περιελάμβανε: λήψη του οικογενειακού και ατομικού ιστορικού, κλινική εξέταση, αιματολογικό και βιοχημικό έλεγχο, καθώς και γενική εξέταση ούρων.

Από το ιστορικό των ασθενών διερευνήθηκε η αιφνίδια ή όχι εμφάνιση υπέρτασης, η ανθεκτικότητα της υπέρτασης στην φαρμακευτική αγωγή, καθώς και πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ή όχι προδιαθεσικών παραγόντων αθηροματικής νόσου. Από τον εργαστηριακό έλεγχο αξιολογήθηκε το λιπιδαιμικό προφίλ, καθώς και η νεφρική λειτουργία του ασθενούς.

Η εξέταση έγινε με ελικοειδή αξονικό τομογράφο PICKER 5000 PQ, με χορήγηση 120 ml μη ιονικού σκιαστικού 300 mg iωδίου /ml, σε ταχεία ενδοφλέβια χορήγησης με εγχυτή 3 ml/sec.

Όλοι οι ασθενείς έκαναν CT -αγγειογραφία νεφρικών αγγείων και σε αρτηριακή και σε φλεβική στάση και στην συνέχεια έγινε ανασύνθεση με αλγορίθμους MIP, SSD, και VR (Εικόνες 1, 2,3).

Σε όλους τους ασθενείς αμέσως μετά την εξέταση εφαρμόσθηκε πρωτόκολλο ενυδάτωσης με 100 ml μανιτάλης και 3L υγρών.

Το πρωτόκολλο των τεχνικών δεδομένων ήταν ονομαστικό πάχους τομής 2mm, Pitch 1,5, διάστημα ανακατασκευής 1mm, χρόνος τομής 1sec, πεδίο οράσεως (FOV) 300-340, Kvp/ mA 120/230.

#### Αποτελέσματα

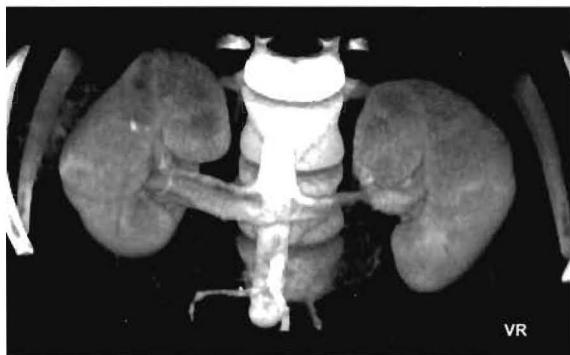
Η μελέτη περιλάμβανε 120 ασθενείς με κλινική ενδείξη νεφραγγειακής υπέρτασης που όλοι τους διερευνήθηκαν με CTA, ηλικίας που κυμαίνοταν από 28 έως 76 ετών.

Σε 11 ασθενείς διαπιστώθηκε ετερόπλευρη στένωση της νεφρικής αρτηρίας, σε 2 ανευρύσματα και σε 6 ασθενείς πολλαπλά kinking και μικροστενώσεις των νεφρικών αγγείων (Εικόνες 4, 5, 6, 7).

Όλοι οι ασθενείς αυτοί, συνολικά 19 έκαναν και DSA στο εργαστήριο μας για συγκριτικό έλεγχο και σε 6 από αυτούς έγινε αγγειοπλαστική των αγγείων και τοποθέτηση stent αμέσως μετά την απλή DSA εξέταση.

#### Συζήτηση

Στον συνολικό πληθυσμό που πάσχει από υπέρταση το 3-5% υπολογίζεται ότι είναι δευτερογενής υπέρ-



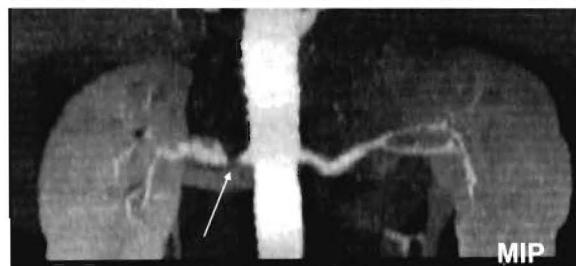
**Εικ 3: α,β,γ)**Φυσιολογικές νεφρικές αρτηρίες. Ανασύνθεση με αλγόριθμο VR και MIP



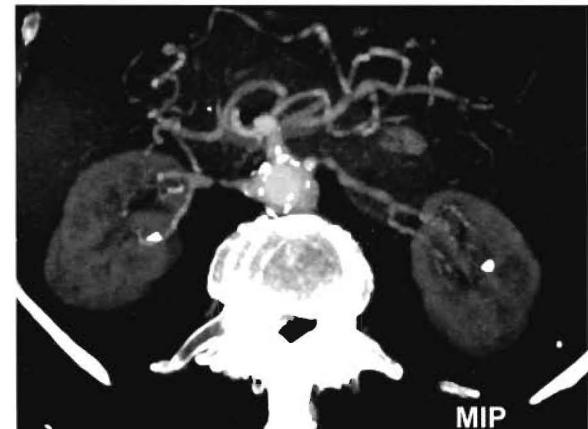
**Εικ 5:** Στένωση νεφρικής αρτηρίας (βέλος). Ανασύνθεση με αλγόριθμο MIP



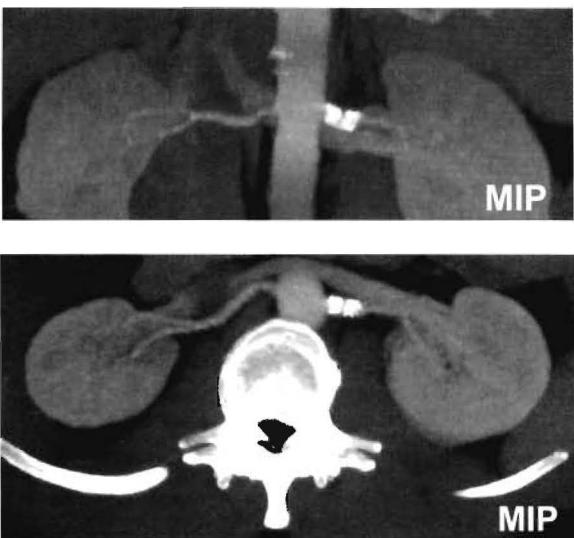
**Εικ 6:** Στένωση νεφρικής αρτηρίας (βέλος). Ανασύνθεση με την τεχνική VR



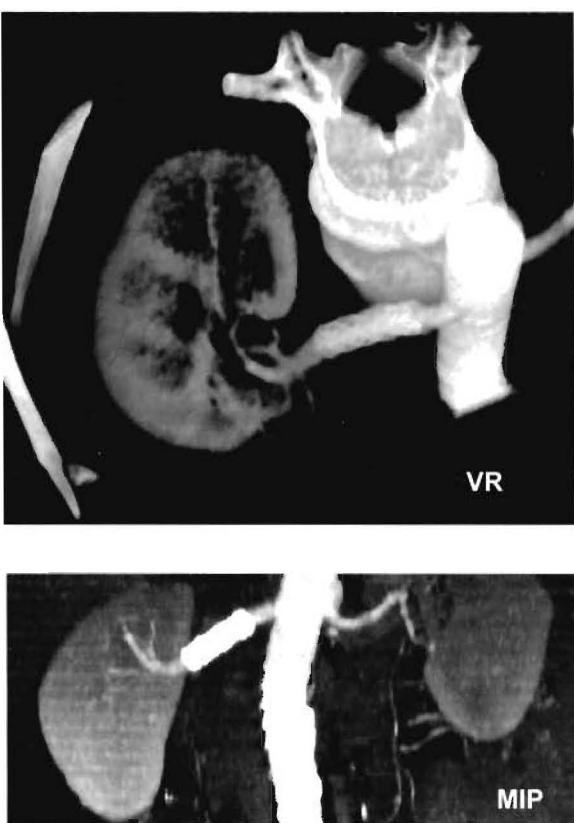
**Εικ 4: α,β)**Στένωση νεφρικής αρτηρίας (βέλος). Ανασύνθεση με αλγόριθμο VR και MIP



**Εικ 7: α,β)**Πολλαπλές στενώσεις νεφρικών αρτηριών. Ανασύνθεση με αλγόριθμο MIP



**Εικ 8: α,β)** Τοποθέτηση stent στην νεφρική αρτηρία και ανασύνθεση των τομών με αλγόριθμο MIP



**Εικ 9: α,β)** Τοποθέτηση stent στην νεφρική αρτηρία και ανασύνθεση των τομών με αλγόριθμο VR και MIP

ταση. Η στένωση των νεφρικών αρτηριών από αθηροσκλήρυνση είναι η πιο κοινή αιτία της δευτερογενούς υπέρτασης. Σε ασθενείς πάνω από 60 ετών η δευτερογενής υπέρταση υπολογίζεται στο 10% περίπου επί του

συνολικού ποσοστού υπερτασικών.

Στη νεφραγγειακή υπέρταση, η αύξηση της αρτηριακής πίεσης οδηγεί σε ισχαμία ενός ή περισσότερων κλάδων των νεφρικών αρτηριών.

Στην νεφραγγειακή υπέρταση ο μηχανισμός ρύθμισης της ρενίνης –αγγειοτενσίνης καθίσταται προβληματικός με αποτέλεσμα την εμφάνιση υπέρτασης.

Η στένωση των νεφρικών αρτηριών από αθηροσκλήρυνση είναι μια σταδιακά επιδεινούμενη νόσος που μπορεί να οδηγήσει σε ατροφία του σύστοιχου νεφρού. Αν στην νόσο εμπλέκονται και οι δυο νεφροί ο ασθενής μπορεί να οδηγηθεί σε νεφρική ανεπάρκεια. Η έγκαιρη διάγνωση των στενώσεων των νεφρικών αρτηριών μπορεί να προλάβει αυτή την κατάληξη.

Η στένωση των νεφρικών αγγείων κατατάσσεται σε σοβαρή (>75%), μετρίου βαθμού (50-75%) και ήπια (<50%). Επίσης χρησιμοποιείται και ο όρος στενωτική διαμόρφωση όταν η στένωση είναι μικρή.

Μέθοδος εκλογής για την διάγνωση των στενώσεων των νεφρικών αρτηριών θεωρείτο μέχρι πρότινος η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA). Το ακριβές σημείο, δημως, της έκφυσης των νεφρικών αρτηριών μπορεί να ποικίλει σε σχέση με το επίπεδο της κοιλιακής αορτής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε επιπροσβόλη της έκφυσης των νεφρικών αρτηριών και της κοιλιακής αορτής με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση των στενώσεων ακριβώς στο σημείο έκφυσής τους, στο σημείο δηλαδή το οποίο συμβαίνουν οι περισσότερες στενώσεις. Το πρόβλημα ξεπερνιέται με την λήψη πολλαπλών προβολών με διαφορετικές μεταξύ τους γωνίες<sup>4,5</sup>. Το γεγονός αυτό προσθέτει φυσικά στην συνολική δόση που δέχεται ο εξεταζόμενος και στην συνολική ποσότητα της σκιαγραφικής ουσίας που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η εξέταση.

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση των μεταμοσχεύσεων των νεφρών πρόσθεσε και άλλο ένα σημαντικό λόγο για την καθιέρωση εξετάσεων των νεφρικών αρτηριών. Μια τέτοια μέθοδος είναι και η αγγειογραφία με την ελικοειδή αξονική τομογραφία (CTA).

Η CTA είναι μια μη επεμβατική μέθοδος. Αντίθετα από την DSA δεν χρειάζεται καθετηριασμός αρτηριών και επειδή η έγχυση της σκιαγραφικής ουσίας γίνεται από περιφερική φλέβα, ο κίνδυνος θρομβοεμβολικών επεισοδίων μειώνεται σημαντικά<sup>6</sup>. Ένα ακόμα μεγάλο πλεονέκτημα απέναντι στην DSA είναι ότι ταυτόχρονα με την απεικόνιση των νεφρικών αρτηριών απεικονίζονται και οι νεφροί. Έτσι είναι δυνατόν να ανιχνευθούν και παθολογικές καταστάσεις που εμπλέκουν τους νεφρούς<sup>7</sup>.

Από την αρχή ακόμα, της εφαρμογής της μεθόδου παρουσιάστηκαν πολύ καλά αποτέλεσμα<sup>8,9</sup>. Με την βελτίωση των μηχανημάτων κατασκευάστηκαν λυχνίες με δυνατότητα για μεγαλύτερο θερμικό φορτίο και

με ταχύτερο ρυθμό αποβολής της θερμότητας. Επιπλέον ο χρόνος τομής έπεσε κάπω από το 1sec. Έτσι έγινε δυνατόν να καλύπτονται μεγαλύτερες αποστάσεις κατά τον άξονα –z σε ακόμα μικρότερο χρόνο με μικρότερο ονομαστικό πάχος τομής. Όλα αυτά βελτίωσαν την χωρική ανάλυση της εξέτασης, γεγονός που οδήγησε στην παραπέρα βελτίωση τόσο της ευαισθησίας όσο και της ειδικότητας της μεθόδου. Έτσι το ποσοστό της ευαισθησίας έφτασε στο 100% για σημαντικές αιμοδυναμικά στενώσεις ( $>50\%$ )<sup>10,11</sup>.

Τα σημαντικά θέματα στην τεχνική της CTA είναι δύο. Το πρώτο αφορά την βελτιστοποίηση της χωρικής ανάλυσης σε σχέση με την περιοχή κάλυψης. Το δεύτερο αφορά την ακριβή επιλογή του χρόνου άφιξης της σκιαγραφικής ουσίας στην υπό μελέτη περιοχή.

Όσον αφορά την χωρική ανάλυση, έχουν γίνει μελέτες σε σχέση με το ποιες είναι οι παράμετροι της εξέτασης που θα οδηγήσουν στην βελτιστη απεικόνιση των νεφρικών αρτηριών.

Ο συμβιβασμός, ο οποίος πρέπει να γίνει, αφορά την μείωση του ονομαστικού πάχους τομής και του pitch σε σχέση με την συνολική έκταση που μπορεί να καλυφθεί από την εξέταση. Όσο περισσότερο μειώνεται το ονομαστικό πάχος τομής και το pitch τόσο καλύτερη χωρική ανάλυση επιτυγχάνεται αλλά και τόσο μικρότερη περιοχή καλύπτεται. Το πρόβλημα είναι η απεικόνιση ή όχι των επικουρικών αρτηριών. Εμείς χρησιμοποιούμε το εξής πρωτόκολλο: Ονομαστικό πάχος τομής 2mm, Pitch 1.5, Διάστημα ανακατασκευής 1mm, Kvp/mA 120/230, Χρόνος τομής 1sec, Πεδίο οράσεως (FOV) 300-340.

Με την εισαγωγή των πολυτομικών αξονικών τομογράφων στην καθημερινή κλινική πράξη το πρόβλημα αυτό θα ξεπεραστεί<sup>12</sup>. Μεγάλες περιοχές κάλυψης με υπερυψηλή χωρική ανάλυση θα είναι δυνατόν να καλυφθούν. Θα μπορούν να παράγονται ισοτροπικά voxel και να απεικονίζονται αγγεία με διάμετρο μικρότερη από 1mm.

Όσον αφορά τον χρόνο έναρξης αν και έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία σταθεροί χρόνοι έναρξης για την λήψη τομών, ο καλύτερος τρόπος είναι η εξατομίκευση αυτού του χρόνου για τον κάθε εξεταζόμενο.

Αυτό επιτυγχάνεται με την δοκιμαστική έγχυση (test bolus). Προγραμματίζονται μια σειρά από τομές με πολύ χαμηλά στοιχεία (80k Vp, 50 mA) στην ίδια θέση, περίπου στο ύψος της άνω μεσεντερίου αρτηρίας. Γίνεται έγχυση σκιαγραφικής ουσίας 15ml με ρυθμό 3ml/sec. 5 sec μετά την έναρξη της έγχυσης αρχίζουν και οι τομές οι οποίες έχουν χρόνο σάρωσης 1 sec και έχουν μεσοδιάστημα 2 sec. Συνήθως 15 τομές είναι αρκετές.

Σε κάθε μια από αυτές τις τομές υπολογίζεται μια μέτρηση πυκνότητας στην κοιλιακή αρτηρί. Οι υπολογισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται για να παραχθεί μια καμπύλη η οποία δίνει το χρόνο μέγιστης συγκέντρωσης της σκιαγραφικής ουσίας στην κοιλιακή αρτηρί.

Με βάση το χρόνο αυτό και χρησιμοποιώντας έναν απλό τύπο υπολογιζουμε τον χρόνο έναρξης των το-

μών. Ο τύπος είναι:

Χρόνος έναρξης τομών = Χρόνος μέγιστης συγκέντρωσης + 5 sec.

Η εξέταση με CT-αγγειογραφία δεν θα μπορούσε να σταθεί στην καθημερινή κλινική πράξη χωρίς τις δι- και τρισδιάστατες ανακατασκευές. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να παρουσιάζουν τα δεδομένα που λήφθηκαν σε ένα επίπεδο και σε διαφορετικά επίπεδα. Η δυνατότητα να βλέπουμε τα δεδομένα και σε άλλα επίπεδα προσθέτει στην διαγνωστική ακρίβεια των εξετάσεων<sup>6</sup>.

Ο πιο διαδεδομένος αλγόριθμος είναι ο MIP (Maximum Intensity Projection). Είναι απλός στην χρήση του και δεν απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ.

Καθώς όμως στο χώρο των υπολογιστικών συστημάτων παρουσιάζονται ωραίας εξελίξεις καινούργιοι αλγόριθμοι κάνουν την εμφάνισή τους, όπως ο VR (Volume Rendering) και ο SSD (shaded surface). Οι αλγόριθμοι αυτοί αναπαριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα αντικείμενα και άρα προσθέτουν ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστία στην εξέταση<sup>6</sup>.

Συγκριτικά η επεξεργασία με τον αλγόριθμο MIP συνήθως προκαλεί προβλήματα υπερεκτίμησης ή υπερεκτίμησης της στένωσης, σε αντίθεση με τον αλγόριθμο VR που είναι πιο ακριβής. Ο λόγος είναι ότι έχουμε με την MIP ανασύνθεση το πρόβλημα του thresholding, που παρουσιάζεται όπου πρέπει να τοποθετήσουμε ένα εύρος τιμών.

Έτσι αν αποκλείσουμε κάποιες τομές ή βάλουμε επιπλέον τομές στο εύρος αυτό υπάρχει κίνδυνος να υπερεκτιμήσουμε ή να υποεκτιμήσουμε την βλάβη.

Η δική μας εμπειρία, από την μελέτη του υλικού που έχαμε, δείχνει ότι σε περιπτώσεις στένωσης των νεφρικών αρτηριών, διαπιστώσαμε μόνο περιπτώσεις υπερεκτίμησης της στένωσης με εύρος που κυμαίνοταν από 0,5 έως 3,2% ανάλογα με την περίπτωση.

Όμως πιστεύουμε ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος ρουτίνας για έλεγχο των ασθενών, παρέχοντας επίσης και το πλεονέκτημα ότι συγχρόνως απεικονίζονται και ελέγχονται τα επινεφρίδια.

Λόγω της υπερεκτίμησης της βλάβης, η μέθοδος είναι πολύ αξιόπιστη σαν μέθοδος διερεύνησης της νεφραγγειακής υπέρτασης σε ασθενείς μετρίου ή υψηλού κινδύνου που έχουν εκτεταμένη αθηροαρατική νόσο ή μη ικανοποιητική ανταπόκριση της αρτηριακής υπέρτασης στην φαρμακευτική αγωγή. Η αξιοπιστία αυτή είναι μικρότερη σε ασθενείς χαμηλού κινδύνου για την εμφάνιση νεφραγγειακής υπέρτασης, γιατί το μικρό ποσοστό υπερεκτίμησης είναι περισσότερο καθοριστικό.

## Βιβλιογραφία

1. Cannanello VJ, Textor SC. Non-invasive diagnosis of renovascular disease. Mayo Clin Proc 1994; 69:1172-1181
2. Vonde Ven PJ, Bentler JJ, Kaatee R, et al. Angiotensin converting enzyme inhibitor -induced renal dysfunction in atherosclerotic renovascular disease. Kidney Int 1998; 53:286-293
3. Rimmer JU, Gennari FJ. Atherosclerotic renovascular dis-

- ease and progressive renal failure. Ann Intern Med 1993; 118:712-719
4. Verschuyl EJ, Kaatee R, Beek FJA, et al. Location of the renal artery origins in the transverse plane. Radiology 1997; 203:71-75
  5. Beregi JP, Mauroy B, Willoteaux S, Mounier-Vehier C, Remy-Jardin M, Francke J. Anatomic variation in the origin of the main renal arteries: spiral CT-A evaluation. Eur Radiol 1999; 9:1330-1334
  6. Smith PA, Fishman EK. Three-dimensional CT angiography: renal applications. Semin Ultrasound, CT, MR 1998; 19:413-424
  7. Wittenberg G, Kenn W, Tschaemmler A, Sandstede J, Hahn D. Spiral CT angiography of renal arteries: comparison with angiography. Eur Radiol 1999; 9:546-551
  8. Galanski M, Prokop M, Chavan A, Schaefer CM, Jandeleit K, Nischelsky JE. Renal arterial stenoses: spiral CT angiography. Radiology 1993; 89: 185-192
  9. Galanski M, Prokop M, Chavan A, Schaefer CM, Jandeleit K, Olbricht C. (Accuracy of CT angiography in the diagnosis of renal artery stenosis). Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahrt 1994; 161:519-525
  10. Kim TS, Chung JW, Park JH, Kim SH, Yeon KM, Han MC. Renal artery evaluation: comparison of spiral CT angiography to intraarterial DSA. J Vasc Interv Radiol 1998; 9:553-559
  11. Berg MH, Manninen HI, Vanninen RL, Vainio PA, Soimakallio S. Assessment of renal artery stenosis with CT angiography: usefulness of multiplanar reformation, quantitative stenosis measurements, and densitometric analysis of renal parenchymal enhancement as adjuncts to MIP film reading. J Comput Assist Tomogr 1998; 22:533-540
  12. Prokop M. Multislice CT angiography. Eur J Radiol 2000; 36: 86-96