

Σύστημα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων
για τη Νόσο των Ανευρυσμάτων Κοιλιακής Αορτής
Βασισμένο σε Μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης



Παραδοτέο Π3.2.

Έκθεση Προοπτικής Κλινικής Μελέτης

Όνομα Αρχείου:	Safe-Aorta-Π3.2-v1.0- Έκθεση Προοπτικής Κλινικής Μελέτης.pdf	Επίπεδο Διάδοσης:	Απόρρητο
Ημερομηνία Υποβολής:	Νοέμβριος 2025 (M28)	Κωδικός Έργου:	TAEDR-0535983
Κοινοπραξία:	ΕΜΠ, ΠΔΜ, ΠΚ, ΕΛΜΕΠΑ, ΠΑΔΑ, ΠΒΕΑΑ, ΠΑΠΕΛ	Υπεύθυνος Παραδοτέου:	ΕΚΠΑ (ανάδοχος)
Διάρκεια:	9 μήνες	Κατάσταση:	Τελικό

ΛΙΣΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Συγγραφείς				
#	Επίθετο	Όνομα	Φορέας	Email Επικοινωνίας
1	Κακίσης	Ιωάννης	ΕΚΠΑ	kakisis@med.uoa.gr
2	Μουλακάκης	Κωνσταντίνος	ΕΚΠΑ	kmoulakakis@med.uoa.gr
3	Λάζαρης	Ανδρέας	ΕΚΠΑ	amlazaris@med.uoa.gr
4	Σφυρόερας	Γεώργιος	ΕΚΠΑ	
5	Καραβασίλης	Ευστράτιος	ΕΚΠΑ	skaravasilis82@gmail.com
6	Χριστόπουλος	Γεώργιος	ΕΚΠΑ	geochristo@hotmail.com
7				
8				
9				
Συν-συγγραφείς				
#	Επίθετο	Όνομα	Φορέας	Email Επικοινωνίας
1				
2				

ΛΙΣΤΑ ΚΡΙΤΩΝ

Κριτές				
#	Επίθετο	Όνομα	Φορέας	Email Επικοινωνίας
1	Ματσόπουλος	Γεώργιος	ΕΜΠ	gmatsopoulos@biomed.ntua.gr
2	Μανόπουλος	Χρήστος	ΕΜΠ	manopoul@central.ntua.gr
3	Ράπτης	Αναστάσιος	ΕΜΠ	raptistasos@mail.ntua.gr

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ

Έκδοση	Συγγραφέας	Ημερομηνία	Κατάσταση
0.1		25/4/2025	Προτακτική έκθεση
0.2		25/7/2025	Ενδιάμεση έκθεση
1.0		30/11/2025	Τελική έκθεση

Περιεχόμενα

Προοπτική Κλινική Μελέτη.....	1
Αριθμός ασθενών	1
Μεθοδολογία και μέτρα για τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του GDPR.....	1
Εφαρμογή πρωτοκόλλου μελέτης	2
Κλινική αξιολόγηση	2
Πρωτόκολλο και τεχνικές προδιαγραφές των εξετάσεων αξονικής τομογραφίας / αγγειογραφίας.....	3
Γεωμετρική ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από τις αξονικές αγγειογραφίες.....	4
Διενέργεια 4-D MRI (Τμήμα Μαγνητικού Τομογράφου ΕΛΚΕ ΕΚΠΑ).....	9
Διενέργεια Υπερηχογραφικού Ελέγχου	11
Βιομετρικά δεδομένα	12
Βιβλιογραφία.....	14

Προοπτική Κλινική Μελέτη

Αριθμός ασθενών

Μελετήθηκαν 102 ασθενείς με Ανεύρυσμα Κοιλιακής Αορτής (ΑΚΑ) με μέγιστη διάμετρο ≥ 4 cm, ανεξαρτήτως αιτιολογίας, συμπτωματολογίας, μορφολογίας και έκτασης (υπερνεφρική ή υπονεφρική), που λάμβαναν συντηρητική θεραπεία, είτε λόγω μεγέθους του ανευρύσματος είτε λόγω αντένδειξης για επεμβατική αντιμετώπιση. Αποκλείστηκαν ασθενείς με θωρακοκοιλιακά ανευρύσματα ή απρόθυμοι να συμμετάσχουν στη μελέτη ή/και να επιστρέψουν για επανεξέταση. Η συχνότητα των επισκέψεων επιτήρησης συγχρονίστηκε με τα τακτικά προγραμματισμένα ραντεβού επιτήρησής τους, σύμφωνα με τις Κατευθυντήριες Γραμμές Κλινικής Πρακτικής της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Αγγειοχειρουργικής (ESVS) σχετικά με τη διαχείριση των ΑΚΑ.

Μεθοδολογία και μέτρα για τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του GDPR

Για τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις GDPR, πραγματοποιήθηκαν οι εξής ενέργειες:

- Εξασφάλιση έγκρισης από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου «Αττικών» για τη διεξαγωγή της προοπτικής κλινικής μελέτης με συλλογή ιατρικών δεδομένων.
- Γραπτή συγκατάθεση των ασθενών για τη συμμετοχή τους στην προοπτική κλινική μελέτη και τη δευτερογενή χρήση των ανωνυμοποιημένων ιατρικών δεδομένων τους.
- Ορισμός Υπεύθυνου Προστασίας Δεδομένων (Κωνσταντίνος Μουλακάκης).
- Υπογραφή Συμφωνητικού Επεξεργασίας Δεδομένων (Data Processing Agreement, DPA) σύμφωνα με το υπόδειγμα του Παραρτήματος XIV της Διακήρυξης του Διαγωνισμού
- Ενημέρωση του Σχεδίου Εκτίμησης Αντικτύπου στην Προστασία Δεδομένων (Data Protection Impact Assessment) στη βάση του προσχεδίου του Παραρτήματος XVI της Διακήρυξης του Διαγωνισμού
- Ανωνυμοποίηση/ψευδωνυμοποίηση των ιατρικών δεδομένων προτού παραχωρηθούν για τους ερευνητικούς σκοπούς του έργου

Εφαρμογή πρωτοκόλλου μελέτης

Το πλήρες ιατρικό ιστορικό κάθε ασθενή λαμβανόταν κατά την πρώτη επίσκεψη και επαναξιολογούταν κατά τη διάρκεια όλων των επισκέψεων. Για κάθε ασθενή συγκεντρώθηκαν δημογραφικά, κλινικά και απεικονιστικά δεδομένα από τουλάχιστον δύο (2) διαδοχικές αξονικές αγγειογραφίες (CTA). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έγχρωμη υπερηχογραφία σε όλους τους ασθενείς, με στόχο την εκτίμηση της ροής του αίματος σε επιλεγμένα ανατομικά σημεία του ανευρύσματος, παρέχοντας ποσοτικά δεδομένα για τη λειτουργία του αυλού. Για την επικύρωση των αιμοδυναμικών μετρήσεων, πραγματοποιήθηκαν εξειδικευμένες απεικονιστικές εξετάσεις μαγνητικής τομογραφίας ροής (4D Flow MRI) σε συνολικά δώδεκα (12) ασθενείς. Το 4D Flow MRI είναι μια προηγμένη τεχνική απεικόνισης που καταγράφει την ταχύτητα και την κατεύθυνση της ροής σε όλο τον όγκο της αορτής σε συνάρτηση με το χρόνο. Η πληροφορία αυτή είναι κρίσιμη για την ακριβή εκτίμηση της αιμοδυναμικής συμπεριφοράς των ανευρυσμάτων, καθώς παρέχει τα πραγματικά δεδομένα εισόδου και εξόδου (boundary conditions) για τις υπολογιστικές προσομοιώσεις ρευστοδυναμικής (CFD), βελτιώνοντας την αξιοπιστία και την ακρίβεια των προσομοιώσεων και επιτρέποντας την ποσοτική αξιολόγηση των αιμοδυναμικών παραμέτρων σε εξατομικευμένες συνθήκες ροής.

Προκειμένου να γίνει αξιολόγηση και επεξεργασία των ανωτέρω, εξασφαλίστηκε η συγκατάθεση των ασθενών και τα δεδομένα ανωνυμοποιήθηκαν, διασφαλίζοντας την προστασία προσωπικών δεδομένων.

Κλινική αξιολόγηση

Στα πλαίσια της κλινικής αξιολόγησης καταγράφηκαν η ηλικία, το φύλο, τα επίπεδα καπνίσματος (μετρώντας τον δείκτη pack-years (πακέτα-έτη), υπολογιζόμενο ως ο αριθμός πακέτων τσιγάρων ανά ημέρα επί τα έτη καπνίσματος), το οικογενειακό ιστορικό ανευρυσματικής ασθένειας, βάρος, ύψος, βραχιόνιος συστολική-διαστολική πίεση, αιματοκρίτης, και οι συννοσηρότητες (υπέρταση, διαβήτης, δυσλιπιδαιμία, στεφανιαία νόσος, χρόνια αποφρακτική, πνευμονική νόσος, περιφερική νόσος, νεφρική ανεπάρκεια, εγκεφαλοαγγειακή ασθένεια, νόσος του συνδετικού ιστού). Οι συννοσηρότητες κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το σύστημα βαθμονόμησης της Εταιρείας Αγγειοχειρουργικής / Διεθνούς Εταιρείας Καρδιαγγειακής Χειρουργικής.

Πίνακας 1: Ενδεικτικά κλινικά στοιχεία των ασθενών που συλλέχθηκαν.

Συννοσηρότητες	n (%)
Αρτηριακή Υπέρταση	76%
Σακχαρώδης Διαβήτης	12%
Δυσλιπιδαιμία	85%
Στεφανιαία Νόσος	33%
Μέση έκθεση σε καπνό	52.3 ± 28.1 Pack-Years
Μέση ηλικία	72.3 ± 7.8 έτη

Πρωτόκολλο και τεχνικές προδιαγραφές των εξετάσεων αξονικής τομογραφίας / αγγειογραφίας

Οι αξονικές αγγειογραφίες της κοιλιακής αορτής πραγματοποιήθηκαν στους δύο αξονικούς τομογράφους του Β' Εργαστηρίου Ακτινολογίας, στο ΠΓΝ «Αττικών». Οι τεχνικές προδιαγραφές, ανά μηχάνημα, και το πρωτόκολλο της εξέτασης ήταν τα εξής:

Philips Brilliance 16 τομών

1. FOV (εξεταστικό πεδίο): 50 cm
2. Ελάχιστο πάχος τομής: 1mm. Ο αξονικός διαθέτει 16 σειρές ανιχνευτών με πάχος 0,75mm και 8 σειρές ανιχνευτών με πάχος 1,5mm
3. Αριθμός ταυτόχρονων τομών: 16 ανά περιστροφή
4. Τεχνική λήψης εικόνων: Helical
5. Μήτρα: 512x512

Canon Aquilion one prism edition 640 τομών

1. FOV (εξεταστικό πεδίο): 50 cm
2. Ελάχιστο πάχος τομής: 0.5mm. Ο αξονικός διαθέτει 320 σειρές ανιχνευτών με πάχος 0,5mm
3. Αριθμός ταυτόχρονων τομών: 640 ανά περιστροφή
4. Τεχνική λήψης εικόνων: Helical

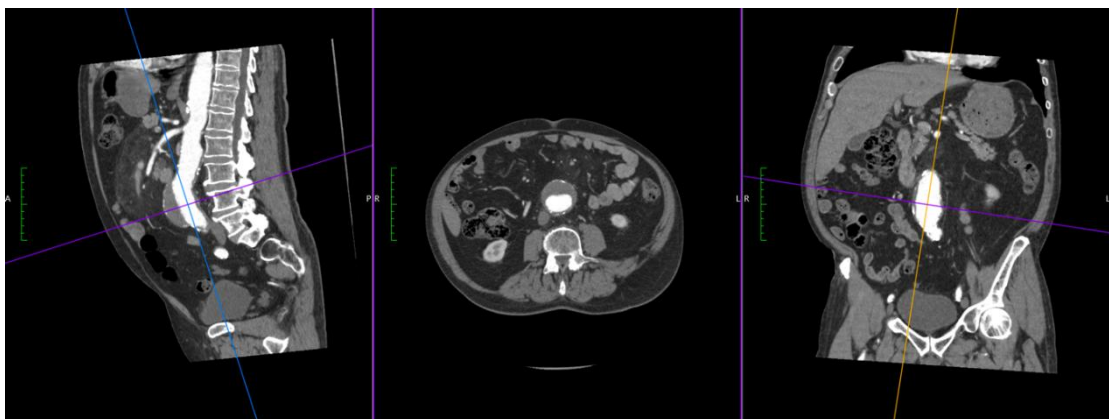
5. Μήτρα: 512x512

Πρωτόκολλο

Για την πραγματοποίηση της εξέτασης εκτελούνταν ενδοφλέβια έγχυση ιωδιούχου σκιαγραφικού με υψηλό ρυθμό έγχυσης. Ο ρυθμός έγχυσης ξεκινούσε από τα 3ml/sec και έφτανε μέχρι τα 6 ml/sec, ανάλογα με το σωματότυπο (BMI) του εξεταζόμενου. Ασθενείς με αυξημένο BMI χρειαζόνταν υψηλότερα KV για την απεικόνιση και επομένως υψηλότερο ρυθμό έγχυσης. Κατά τη χορήγηση του σκιαγραφικού λαμβανόταν συνεχόμενα μία τομή όπου απεικονιζόταν η αορτή και χρησιμοποιώντας ένα ROI μετρούνταν τα HU εντός αυτής. Μόλις η τιμή του HU υπερέβαινε το 180 ξεκινούσε η σάρωση της περιοχής. Οι εικόνες που ελήφθησαν είχαν πάχος τομής 0,5mm και αλληλοεπικάλυψη 0,3mm.

Γεωμετρική ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από τις αξονικές αγγειογραφίες

Οι αξονικές αγγειογραφίες (CTA) όλων των ασθενών υποβλήθηκαν σε συστηματική επεξεργασία μέσω εξειδικευμένου λογισμικού προβολής και ανάλυσης ιατρικών εικόνων τύπου DICOM, και συγκεκριμένα της εφαρμογής Horos. Η αρχική φάση περιλάμβανε λεπτομερή αξιολόγηση των ανατομικών δομών χρησιμοποιώντας την τεχνική Multiplanar Reconstruction (MPR). Το MPR επέτρεψε την ανασύνθεση της απεικόνισης σε τρεις αμοιβαία κάθετες τομές - οβελιαία, στεφανιαία και εγκάρσια - καθιστώντας εφικτή την πραγματοποίηση μετρήσεων σε επίπεδα απολύτως κάθετα προς τον φυσικό άξονα ροής του αίματος. Η συγκεκριμένη προσέγγιση ελαχιστοποιεί τα σφάλματα που προκύπτουν από την καμπυλότητα της αορτής και επιτρέπει τη βέλτιστη αποτύπωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών κάθε ανευρύσματος.



Εικόνα 1: Ανασύνθεση της Αξονικής Αγγειογραφίας για την Εκτέλεση Μετρήσεων.

Η ακρίβεια των μετρήσεων που προέκυψαν από τη διαδικασία MPR είχε καθοριστικό ρόλο, καθώς οι συγκεκριμένες τιμές αποτέλεσαν τις πρωτογενείς τιμές αναφοράς (reference ground-truth) για την ανάπτυξη, βαθμονόμηση και επαλήθευση του λογισμικού αυτόματης ποσοτικοποίησης του ανευρύσματος, το οποίο ενσωματώνεται στο παρόν πρωτόκολλο. Ως εκ τούτου, η αξιοπιστία των επόμενων υπολογιστικών και αναλυτικών σταδίων εξαρτήθηκε άμεσα από την ακρίβεια της αρχικής MPR-βασισμένης γεωμετρικής αποτίμησης. Συνολικά, καταγράφηκαν τα εξής γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανευρυσμάτων: μέγιστη διάμετρος, μήκος, όγκος, διάμετρος λαιμού, υπονεφρική και υπερνεφρική γωνία, ύπαρξη ενδοαυλικού θρόμβου και ασβεστώσεων καθώς και η διάμετρος και το μήκος των κοινών λαγονίων αρτηριών. Βάσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, τα ανευρύσματα κατηγοριοποιήθηκαν μορφολογικά σε ατρακτοειδή και σακοειδή. Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ασθενών οι οποίοι εντάχθηκαν στο εν λόγω ερευνητικό πρωτόκολλο.

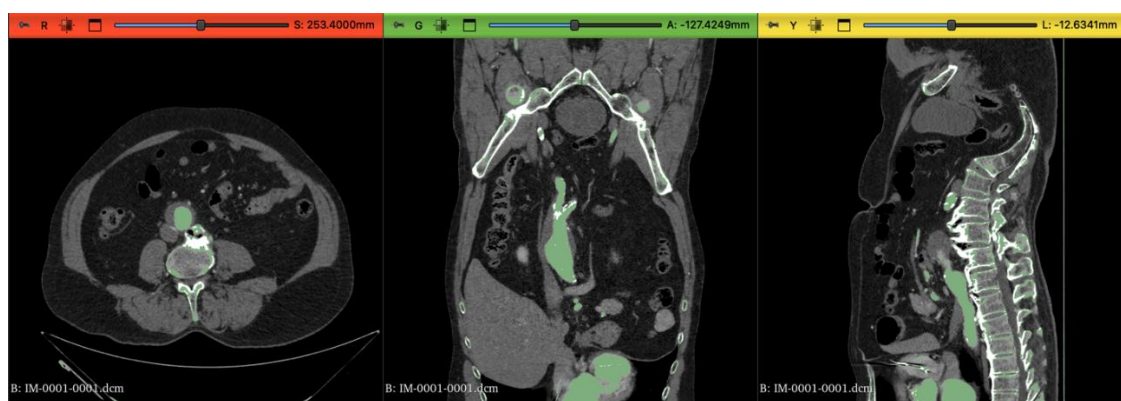
Πίνακας 2: Σύνοψη Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών Ανευρυσμάτων των Επιλεγμένων Ασθενών.

Γεωμετρικό Χαρακτηριστικό	Τιμή	Μονάδα
Μήκος Λαιμού Ανευρύσματος	23.8 ± 3.1 (n=102)	mm
Υπερνεφρική Γωνίωση	35.7 ± 13.6 (n=102)	degrees
Υπονεφρική Γωνίωση	42.1 ± 6.6 (n=102)	degrees
Όγκος Ανευρύσματος	140 ± 60 (n=102)	cm ³
Διάμετρος Κοινών Λαγονίων Αρτηριών	15.3 ± 3.4 (n=102)	mm
Μήκος Κοινών Λαγονίων Αρτηριών	57.1 ± 17.4 (n=102)	mm

Μετά την ολοκλήρωση του προσδιορισμού των γεωμετρικών παραμέτρων του ανευρύσματος, ακολούθησε ο μορφολογικός χαρακτηρισμός και η τμηματοποίηση των εξατομικευμένων τρισδιάστατων μοντέλων. Η διαδικασία υλοποιήθηκε στο ανοικτό λογισμικό

3D Slicer, αξιοποιώντας τις βιβλιοθήκες Visualization Toolkit (VTK) και Vascular Modeling Toolkit (VMTK), οι οποίες παρέχουν προηγμένες δυνατότητες για τη διακριτοποίηση αγγείων και την εξαγωγή επιφάνειας του αυλού — απαραίτητο στοιχείο για την περαιτέρω ανάλυση αιμοδυναμικών χαρακτηριστικών μέσω υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD).

Ως αρχικό βήμα της διαδικασίας, επιλέχθηκε ένα βέλτιστο εύρος τιμών ακτινοσκιερότητας κατά Hounsfield (HU), το οποίο αντιστοιχεί στις περιοχές εντός του αυλού της αορτής και των κύριων κλάδων αυτής. Η επιλογή αυτού του εύρους αποτελεί κρίσιμο στοιχείο, καθώς λειτουργεί ως σταθερό σημείο αναφοράς για την πυκνότητα (radiodensity baseline), πάνω στο οποίο βασίζεται ο αλγόριθμος Grow From Seeds για την επιτυχή εφαρμογή της διαδικασίας region-growing. Η ακριβής τιμή HU είναι καθοριστική για τη σωστή διάκριση μεταξύ των διαφορετικών ανατομικών δομών, διασφαλίζοντας ότι η επέκταση των τμημάτων (segments) παραμένει περιορισμένη εντός του ενδαγγειακού χώρου και δεν επεκτείνεται σε παρακείμενους ιστούς.



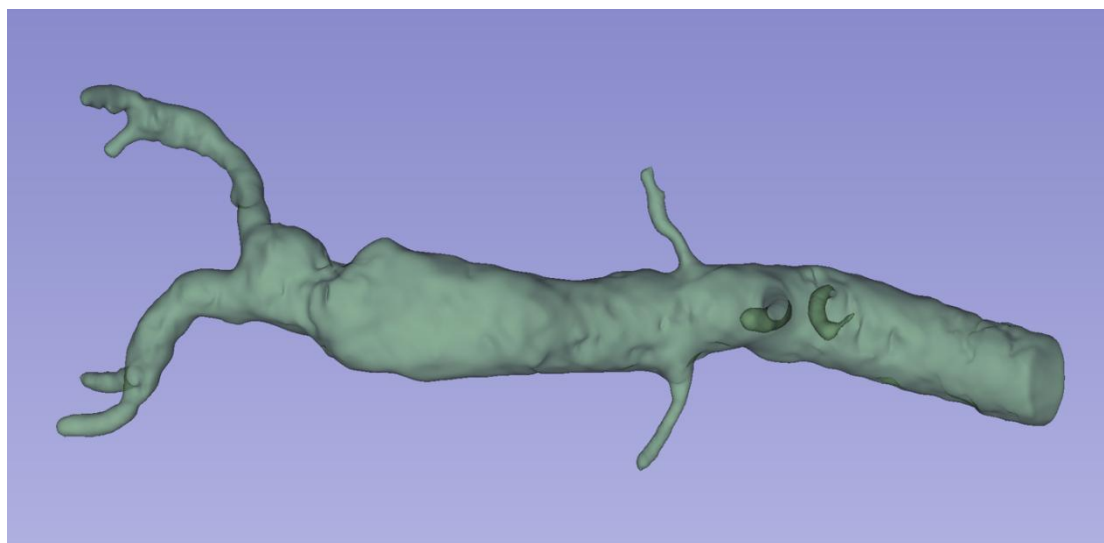
Εικόνα 2: Επιλογή Εύρους Τιμών Ακτινοσκιερότητας (HU) του Αυλού.

Η επιλογή της μεθόδου “Grow from Seeds” βασίστηκε στον συνδυασμό τριών κρίσιμων χαρακτηριστικών: την υψηλή επαναληψιμότητα, την ταχύτητα υπολογισμού και την ακρίβεια στη γεωμετρική αναπαράσταση. Αυτά τα χαρακτηριστικά θεωρήθηκαν απαραίτητα όχι μόνο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των τρισδιάστατων μοντέλων, αλλά και για την περαιτέρω υπολογιστική ανάλυση των αιμοδυναμικών παραμέτρων, διατηρώντας σταθερότητα και συνέπεια μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων και επιτρέποντας την παραγωγή συγκρίσιμων αποτελεσμάτων σε όλο το δείγμα των ασθενών.

Ειδικότερα, ο αλγόριθμος Grow From Seeds αξιοποιεί τα προκαθορισμένα seed regions σε στενή συνεργασία με την ογκομετρική πληροφορία την οποία παρέχει η CTA, προκειμένου να εντοπίσει με μεγάλη ακρίβεια τα όρια μεταξύ του ενδαγγειακού αυλού, του αγγειακού τοιχώματος και του ενδοαυλικού θρόμβου (ILT). Η διαδικασία οριοθέτησης

βασίζεται στην ανίχνευση απότομων μεταβολών στην ακτινοσκοπιότητα των voxels, οι οποίες αντιστοιχούν σε φυσιολογικά ανατομικά όρια, όπως το τοίχωμα των αγγείων ή περιοχές θρόμβου. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η ακριβής απόδοση των διαφορετικών δομών, διατηρώντας τη συνεκτικότητα και τη συνέχεια των διαφόρων τμημάτων.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η παραγωγή ενός λεπτομερούς και υψηλής πιστότητας τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο αναπαριστά με ακρίβεια την αορτή και τους κύριους κλάδους της.



Εικόνα 3: Το τρισδιάστατο μοντέλο του αυλού της Αορτής και των Κλάδων αυτής

Το επόμενο βήμα του μορφολογικού χαρακτηρισμού αφορά την ταυτοποίηση και τμηματοποίηση των περιοχών που αντιστοιχούν σε αθήρωμα. Αρχικά, για την προκαταρκτική ανίχνευση των ασβεστωμένων περιοχών χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος Arterial Calcification Pre-processor της βιβλιοθήκης Vascular Modeling Toolkit (VMTK). Ο αλγόριθμος αυτός έχει σχεδιαστεί ώστε να εντοπίζει περιοχές που βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση από το όριο των αγγείων και εμφανίζουν έντονη ακτινοσκοπιότητα, παρέχοντας μια πρώτη προσέγγιση των θέσεων του αθηρώματος.

Ωστόσο, το αποτέλεσμα της εφαρμογής του αλγορίθμου δεν θεωρείται τελικό, καθώς η μέθοδος δημιουργεί ενδεχομένως κενά μεταξύ διαφορετικών τμημάτων και περιορίζει την επιλογή των περιοχών εντός μιας προκαθορισμένης απόστασης από το αγγειακό τοίχωμα.

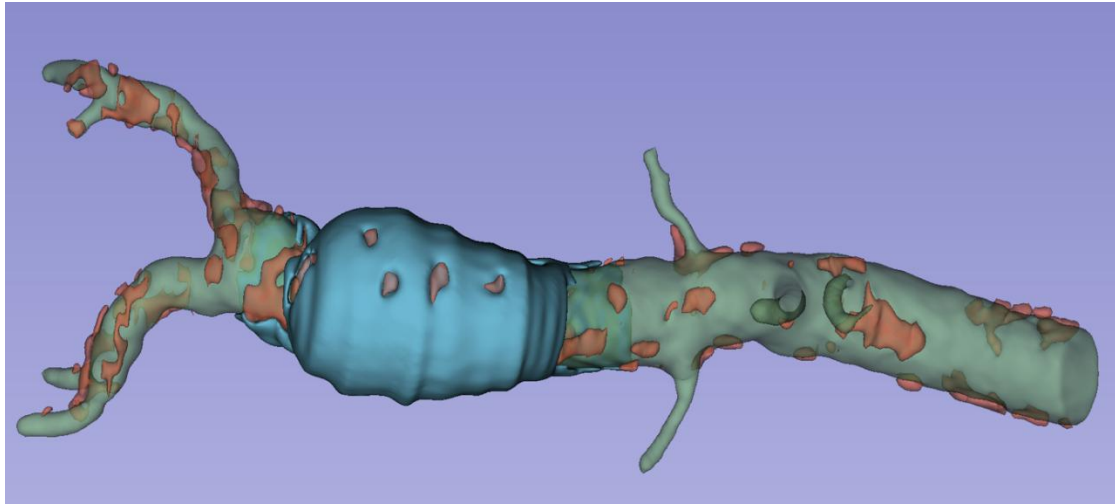
Για την αντιμετώπιση αυτής της ατέλει, επιλέχθηκε ένα βέλτιστο εύρος τιμών HU που αντιστοιχεί στο αθήρωμα, πάνω στο οποίο πραγματοποιήθηκε ο μηχανικός χαρακτηρισμός των περιοχών που δεν είχαν ανιχνευθεί στο προκαταρκτικό στάδιο. Παράλληλα, εκτελέστηκε η εξάλειψη των κενών μεταξύ του αυλού και των αθηρωματικών περιοχών, διασφαλίζοντας τη συνεκτικότητα και τη συνέχεια των segments στο τελικό τρισδιάστατο μοντέλο.



Εικόνα 4: Αρχικά Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού Αθηρωματικών Περιοχών Μέσω Βιβλιοθήκης VMTK.

Το τελικό βήμα του μορφολογικού χαρακτηρισμού αφορά την ταυτοποίηση και τμηματοποίηση των περιοχών της αξονικής τομογραφίας που αντιστοιχούν στον ενδοτοιχωματικό θρόμβο (ILT) του ανευρύσματος. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε καθαρά μηχανικά, δεδομένου ότι ο ενδοτοιχωματικός θρόμβος παρουσιάζει παρόμοια ακτινοσκοπικότητα με τις παρακείμενες δομές, γεγονός που καθιστά δύσκολη την αλγοριθμική του απομόνωση με ακρίβεια.

Η μηχανική επιλογή των περιοχών του ILT επέτρεψε την πλήρη αποτύπωση της δομής του θρόμβου, διατηρώντας τη συνέχειά του σε όλο το μήκος του ανευρύσματος. Παράλληλα, η προσέγγιση αυτή διασφαλίζει την απαλοιφή πιθανών κενών και τη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που μπορεί να είχαν προκύψει κατά τα προηγούμενα βήματα της τμηματοποίησης.



Εικόνα 5: Το Ολοκληρωμένο Τρισδιάστατο Μοντέλο του Ανευρύσματος.

Διενέργεια 4-D MRI (Τμήμα Μαγνητικού Τομογράφου ΕΛΚΕ ΕΚΠΑ)

Πρωτόκολλο και τεχνικές προδιαγραφές των εξετάσεων μαγνητικής αγγειογραφίας 4D Flow.

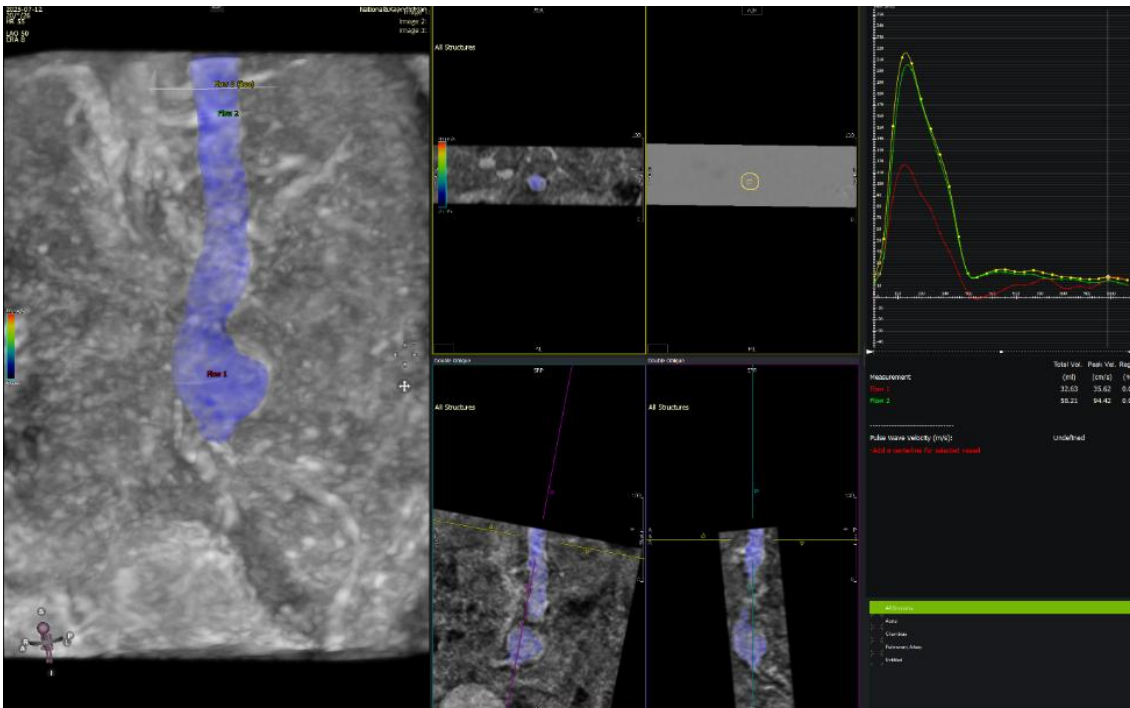
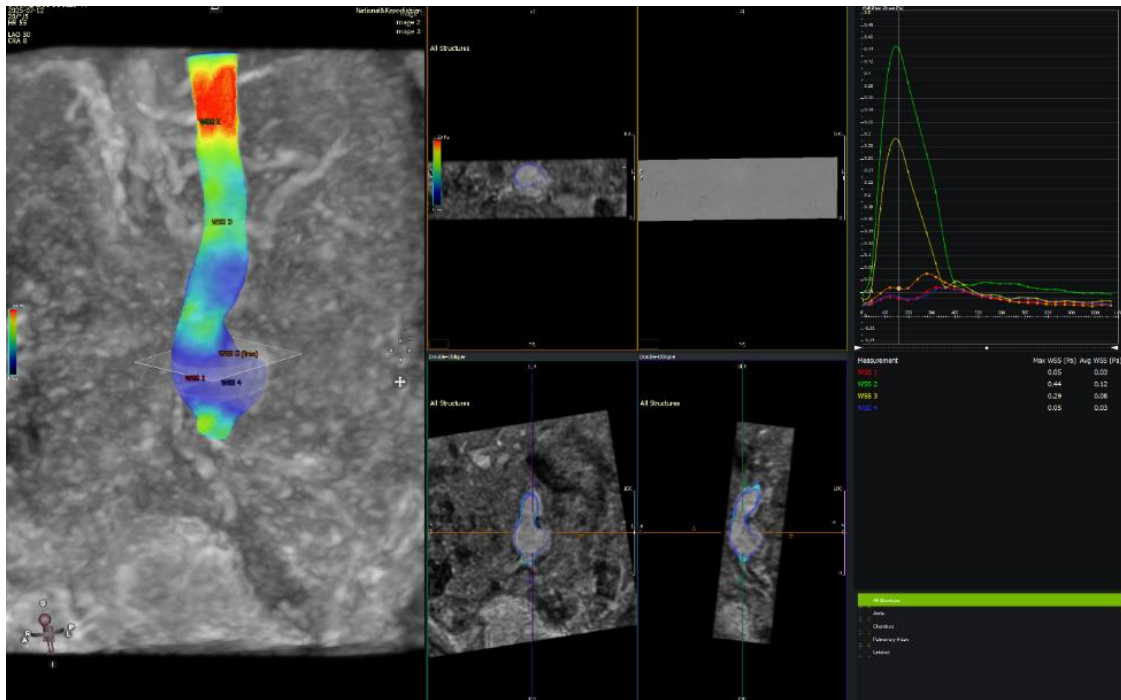
Ο μαγνητικός τομογράφος που χρησιμοποιήθηκε (Philips Achieva) είναι 3.0T, εξοπλισμένος με 16 καναλιών πηνίο επιφανείας για την λήψη σήματος κάλυψης οριακά 50 cm, και διαθέτει τεχνική λήψης εικόνων 4dflow (δυναμική εκτίμηση των ροών σε 3 διαστάσεις) καθώς το τμήμα διαθέτει το λογισμικό Circle cvi το οποίο επιτρέπει την μετεπεξεργασία των εικόνων για την εξαγωγή ποσοτικών παραμέτρων όπως των ταχυτήτων, των διατμητικών τάσεων, της σχετικής πίεσης στα τοιχώματα των αγγείων. Ο μαγνητικός τομογράφος είναι εγκατεστημένος στο Τμήμα Μαγνητικού Τομογράφου του ΕΚΠΑ.

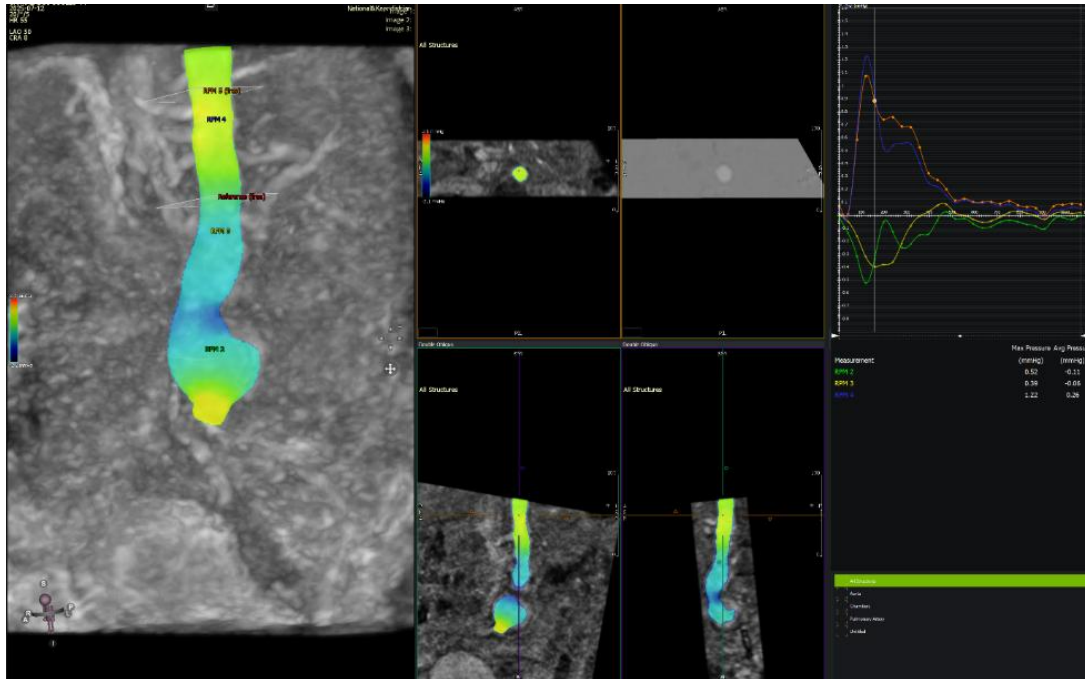
Ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από τις 4D Flow MRI.

Όπως προαναφέρθηκε στην αρχική ενότητα της μελέτης, συνολικά 12 ασθενείς της Α΄ Αγγειοχειρουργικής Κλινικής ΕΚΠΑ του ΠΓΝ «Αττικών» συμπεριλήφθηκαν στην προοπτική μελέτη για διενέργεια 4D Flow MRI μετά από ενημέρωση και συγκατάθεση. Από τα δεδομένα της μαγνητικής τομογραφίας στους 12 ασθενείς έχει γίνει αρχική εκτίμηση με οπτικοποίηση της ροής του αίματος και έχει πραγματοποιηθεί ποσοτική αξιολόγηση και αναλύσεις, συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού, ταχύτητας και όγκου ροής, της διαδρομής αίματος και στροβιλοτήτων, της διατμητικής τάσης τοιχώματος (WSS), της απώλειας ενέργειας στο τοίχωμα του ανευρύσματος.

Πιο συγκεκριμένα διενεργήθηκε Μαγνητική Τομογραφία σε σύστημα Philips Achieva 3.0T με χρήση πολυκάναλων πηνίων. Το κλινικό πρωτόκολλο περιελάμβανε ανατομικές, τρισδιάστατες αγγειογραφικές λήψεις καθώς και δυναμική τρισδιάστατη εκτίμηση της ροής

του αίματος της κοιλιακής αορτής (**Εικόνα 6 Α,Β,Γ**). Μετά την λήψη των raw data, ακολούθησε μετεπεξεργασία αυτών για την εξαγωγή εικόνων ροής για κάθε μια από τις τρεις διαστάσεις του χώρου προκειμένου να είναι επεξεργάσιμες από το ειδικό λογισμικό επεξεργασίας Circle CVI. Κάνοντας χρήση του λογισμικού CVI, δημιουργήθηκαν παραμετρικές εικόνες οι οποίες επιτρέπουν την ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση χρήσιμων κλινικών ποσοτικών παραμέτρων, όπως η μέση, μέγιστη, ελάχιστη ροή του αίματος, την διατμηματική τάση, την πίεση σε διαφορετικά ανατομικά σημεία της κοιλιακής αορτής, συμπεριλαμβανομένων σημείων του ανευρύσματος και φυσιολογικών σημείων.

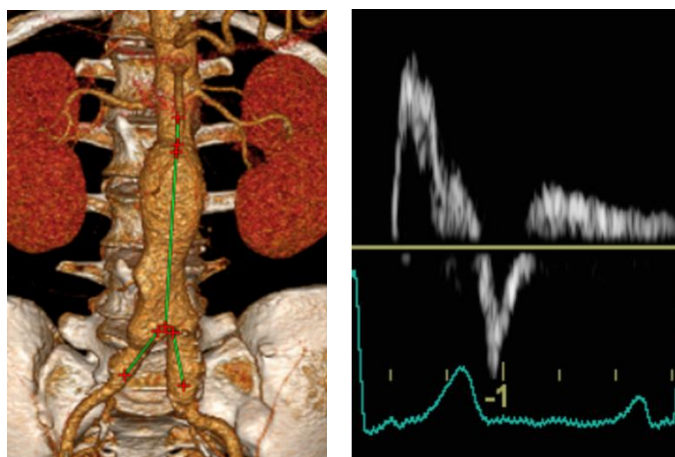




Εικόνα 6 Α,Β,Γ: Δυναμική τρισδιάστατη εκτίμηση της ροής του αίματος της κοιλιακής αορτής σε ασθενή με ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής.

Διενέργεια Υπερηχογραφικού Ελέγχου

- Η πλήρης κοιλιακή αορτή εξετάστηκε στον επιμήκη άξονα, από το διάφραγμα έως το διχασμό της και προσδιορίστηκαν τα εγγύς και τα απομακρυσμένα όρια του ανευρύσματος.
- Ομοίως, οι κοινές λαγόνιες αρτηρίες εξετάστηκαν από την έκφυσή τους μέχρι το διχασμό τους.
- Η προσθιοπίσθια και πλαγιο-πλάγια διάμετρος (outer-to-outer) της αορτής και των κοινών λαγονίων αρτηριών μετρήθηκαν στον εγκάρσιο άξονα.
- Η εγκάρσια διάμετρος (outer-to-outer) της αορτής μετρήθηκε επίσης στο στεφανιαίο επίπεδο, ιδιαίτερα σε ασθενείς με παχυσαρκία.
- Η κυματομορφή της ταχύτητας του αίματος καταγράφηκε στο εγγύς άκρο του ανευρύσματος.





Εικόνα 7: Υπερηχογραφική μελέτη ανευρύσματος κοιλιακής αορτής.

Πίνακας 3: Διάμετρος κοιλιακής αορτές και λαγονίων αρτηριών (προσθιοπίσθια, outer to outer)

	ΑΟΡΤΗ	ΔΕΞΙΑ ΛΑΓΟΝΙΟΣ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΛΑΓΟΝΙΟΣ
102 ΑΣΘΕΝΕΙΣ	58,3 ± 13,4 cm	15.5 ± 3.5 cm	15.1 ± 3.4

Βιομετρικά δεδομένα

Η Α΄ Αγγειοχειρουργική Κλινική ΕΚΠΑ του ΠΓΝ «Αττικών» στα πλαίσια της προοπτικής κλινικής μελέτης, επέλεξε μια υποομάδα είκοσι (20) ασθενών με ΑΚΑ από την οποία συλλέχθηκαν βιομετρικά δεδομένα με χρήση κατάλληλων φορητών συσκευών (wearables) που παραχωρήθηκαν στους ασθενείς. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε η πίεση (συστολική και διαστολική) τρεις (3) φορές τη μέρα (πρωί, μεσημέρι, βράδυ), καθώς και οι καρδιακοί παλμοί, τα επίπεδα άσκησης (αριθμός βημάτων) και η ποιότητα ύπνου. Οι ανωτέρω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν καθημερινά για μία (1) εβδομάδα ανά ασθενή. Για τη εκτέλεση των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συσκευές:

	<p>Εταιρεία: Withings</p> <p>Μοντέλο: BPM Core</p> <p>Κλινικά επικυρωμένο: ναι (για μετρήσεις πίεσης αίματος)</p> <p>Μετρήσεις: Πίεση, καρδιακοί παλμοί, ΗΚΓ</p> <p>Πρόσβαση σε δεδομένα: Ναι, μέσω REST API</p> <p>Προσφέρει ακατέργαστα δεδομένα: Όχι</p> <p>URL: https://www.withings.com/gr/en/bpm-core</p>
	<p>Εταιρεία: Withings</p> <p>Μοντέλο: Scanwatch 2</p> <p>Κλινικά επικυρωμένο: Ναι (για μετρήσεις ΗΚΓ)</p> <p>Μετρήσεις: Παλμοί καρδιάς, SPO2, Ρυθμός Αναπνοής, Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), Παρακολούθηση Δραστηριότητας, Πρότυπα Ύπνου</p> <p>Πρόσβαση σε δεδομένα: Ναι, μέσω REST API</p> <p>Προσφέρει ακατέργαστα δεδομένα: Ναι (απαιτείται συμβόλαιο με την εταιρεία)</p> <p>Ιστότοπος: Withings Scanwatch 2</p>

Πίνακας 4: Βιομετρικά δεδομένα με χρήση κατάλληλων φορητών συσκευών (wearables).

Βιομετρικό Χαρακτηριστικό	Τιμή	Μονάδα
Συστολική πίεση	136.7 ± 24.3 (n=10)	mmHg
Διαστολική πίεση	86.5 ± 16.2 (n=10)	mmHg
Καρδιακή συχνότητα	79.3 ± 11.7 (n=10)	
Αριθμός βημάτων	4,300 ± 2,381 (n=10)	

Βιβλιογραφία

- Al-Balah, A., Goodall, R., Salciccioli, J., Marshall, D., & Shalhoub, J. (2020). Mortality from abdominal aortic aneurysm: trends in European Union 15+ countries from 1990 to 2017. *Journal of British Surgery*, *107*(11), 1459-1467.
- Carino, D., Sarac, T. P., Ziganshin, B. A., & Elefteriades, J. A. (2018). Abdominal aortic aneurysm: evolving controversies and uncertainties. *International Journal of Angiology*, *27*(02), 058-080.
- Darling, R. C., Messina, C. R., Brewster, D. C., & Ottinger, L. W. (1977). Autopsy study of unoperated abdominal aortic aneurysms. The case for early resection. *Circulation*, *56*(3 Suppl), II161-164. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/884821>
- Hardman, D., Fisher, C., Patel, M., Neale, M., Chambers, J., Lane, R., & Appleberg, M. (1996). Ruptured abdominal aortic aneurysms: who should be offered surgery? *Journal of Vascular Surgery*, *23*(1), 123-129.
- Harikrishnan, S., Jeemon, P., Mini, G., Thankappan, K., & Sylaja, P. (2018). GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017.
- Kent, K. C. (2014). Clinical practice. Abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med*, *371*(22), 2101-2108. doi:10.1056/NEJMcp1401430
- Kumar, Y., Hooda, K., Li, S., Goyal, P., Gupta, N., & Adeb, M. (2017). Abdominal aortic aneurysm: pictorial review of common appearances and complications. *Annals of Translational Medicine*, *5*(12).
- Maier, A., Gee, M. W., Reeps, C., Pongratz, J., Eckstein, H. H., & Wall, W. A. (2010). A comparison of diameter, wall stress, and rupture potential index for abdominal aortic aneurysm rupture risk prediction. *Ann Biomed Eng*, *38*(10), 3124-3134. doi:10.1007/s10439-010-0067-6
- Raffort, J., Adam, C., Carrier, M., & Lareyre, F. (2020). Fundamentals in artificial intelligence for vascular surgeons. *Annals of Vascular Surgery*, *65*, 254-260.
- Reimerink, J. J., van der Laan, M. J., Koelemay, M. J., Balm, R., & Legemate, D. A. (2013). Systematic review and meta-analysis of population-based mortality from ruptured abdominal aortic aneurysm. *Journal of British Surgery*, *100*(11), 1405-1413.
- Samy, A. K., Murray, G., & MacBain, G. (1994). Glasgow aneurysm score. *Cardiovasc Surg*, *2*(1), 41-44. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8049922>
- Upchurch, G. R., Jr., & Schaub, T. A. (2006). Abdominal aortic aneurysm. *Am Fam Physician*, *73*(7), 1198-1204. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16623206>
- Vorp, D. A., Raghavan, M. L., & Webster, M. W. (1998). Mechanical wall stress in abdominal aortic aneurysm: influence of diameter and asymmetry. *Journal of Vascular Surgery*, *27*(4), 632-639. doi:10.1016/s0741-5214(98)70227-7

- Wanhainen, A., Verzini, F., Van Herzele, I., Allaire, E., Bown, M., Cohnert, T., . . . Koelemay, M. (2019). Editor's choice—European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 57(1), 8-93.
- Xenos, M., Rambhia, S. H., Alemu, Y., Einav, S., Labropoulos, N., Tassiopoulos, A., . . . Bluestein, D. (2010). Patient-based abdominal aortic aneurysm rupture risk prediction with fluid structure interaction modeling. *Annals of Biomedical Engineering*, 38(11), 3323-3337. doi:DOI 10.1007/s10439-010-0094-3