



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Προηγμένα Συστήματα και Μέθοδοι στη Βιοϊατρική Τεχνολογία»

**Ανάλυση Ταχυαρρυθμιών, Μηχανισμών
Πρόκλησής τους και Χαρτογράφησής
τους από το Σύστημα Τρισδιάστατης
Ηλεκτροανατομικής Καρδιακής
Χαρτογράφησης CARTO® 3**

Γκανάς Παναγιώτης
Αριθμός Μητρώου: 1902

Επιβλέπων Καθηγητής
Γκλώτσος Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα 22/09/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Γκλώτσος Δημήτριος

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Ασβεστάς Παντελής

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Κωστόπουλος Σπύρος

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Γκανάς Παναγιώτης του Αθανασίου, με αριθμό μητρώου 1902, φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

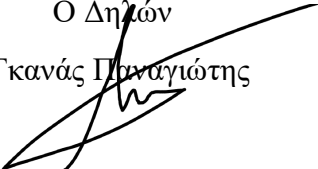
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

22/09/2022

Ο Δηλών
Γκανάς Παναγιώτης



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι καρδιακές ταχυαρρυθμίες είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο που μπορούν είτε να υποβαθμίσουν την ποιότητα ζωής των ατόμων που τις φέρουν είτε να αποβούν μοιραίες για την ζωή τους.

Η θεραπεία τους μπορεί να γίνει μέσω φαρμακευτικής αγωγής (καταστολή αρρυθμιών) ή μέσω κατάλυσής τους. Για την κατάλυση πιο συχνά χρησιμοποιείται η μέθοδος του RF Ablation, δηλαδή χορήγηση βλαβών με την χρήση υψίσυχνου ρεύματος.

Πριν φτάσει ο γιατρός στο στάδιο της κατάλυσης με RF Ablation, προηγείται μια χαρτογράφηση της καρδιακής κοιλότητας στην οποία προκαλείται η ταχυκαρδία ώστε να ταυτοποιηθεί η ταχυκαρδία και ο μηχανισμός της και η κατάλυση να γίνει με ακρίβεια.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε εξομοιωτής ανατομίας και ηλεκτρικών σημάτων για τις διάφορες ταχυκαρδίες που υπάρχουν ώστε να δημιουργηθούν χάρτες υψηλής ποιότητας και ανάλυσης, όπως γίνεται και με πραγματικούς ασθενείς. Στους χάρτες φαίνονται ξεκάθαρα οι μηχανισμοί των αρρυθμιών και τα σημεία στα οποία πρέπει να χορηγηθούν βλάβες με RF Ablation για τον τερματισμό της εκάστοτε ταχυκαρδίας.

Θα αναλυθεί το ενδογενές ηλεκτρικό σύστημα αγωγής της καρδιάς και πιο συγκεκριμένα θα δοθεί έμφαση στις ταχυαρρυθμίες που προκαλούνται όταν τα ερεθίσματα δεν ακολουθούν το φυσιολογικό αυτό δίκτυο.

Στόχος της εργασίας είναι να γίνει μελέτη του τρόπου με τον οποίο ένα σύστημα τρισδιάστατης χαρτογράφησης δημιουργεί το ηλεκτροανατομικό μοντέλο της κοιλότητας της καρδιάς που παρουσιάζει την αρρυθμία, τις ηλεκτρικές ιδιότητες του ιστού αυτής της κοιλότητας καθώς και τον χρονισμό της εκπόλωσης της.

Θα δοθεί ιδιαίτερη βάση στην ανάλυση των σημάτων των ιστών και το πως αυτά απεικονίζονται στο τρισδιάστατο μοντέλο ώστε να αποτελέσουν χρήσιμη πληροφορία για την επαλήθευση της αρχικής διάγνωσης της αρρυθμίας και τέλος να κατευθύνουν το σημείο στο οποίο θα δοθεί θεραπεία καυτηριασμού με την χρήση υψίσυχνου ρεύματος (RF Ablation).

Τέλος, θα αναλυθούν δεδομένα από περιστατικά (σήματα, εικόνες και βίντεο) στα οποία θα φαίνεται η παθογένεια.

Λέξεις Κλειδιά: Διπλωματική εργασία, τρισδιάστατη χαρτογράφηση, rf ablation, Carto3 system, αρρυθμίες, ταχυαρρυθμίες, ταχυκαρδίες

ABSTRACT

Cardiac tachyarrhythmias are very often and can demote people's life quality or even be fatal for them.

These arrhythmias can be treated with the use of drugs (reduce arrhythmia) or by using the method of ablation. RF ablation is most used.

Before doctor decide where to ablate, there is a mapping procedure of the chamber of interest. After completing mapping, doctor can identify tachycardia's mechanism and choose the right spot to ablate with high precision.

In this thesis a simulator was used to acquire anatomical and electrical data for the tachycardias that exist in order to create high resolution maps as happens in real life cases. At the created maps, each tachycardia's mechanism is clearly appeared and the spots where the doctor should ablate are easily identified.

Intrinsic conduction system of the heart will be explained and tachyarrhythmias mechanisms will be emphasized.

The goal of this thesis is to study the way a 3D electroanatomical mapping system creates an electroanatomical model of the chamber where the tachycardia takes place, the electrical properties of the chamber's tissue and the timing of the depolarization.

Electrograms of the cardiac tissues will be analyzed and how they are visualized at the 3D electroanatomical model in order to form an image of valuable information for the identification and verification of the original diagnosis. The information is evaluated so the doctor can plan the therapy with RF ablation.

At the end, data from cases will be analyzed (signals, videos, images) and the pathogenic tissue will be located.

Key words: *Thesis, 3D electroanatomical mapping, RF ablation, Carto3 system, arrhythmias, tachyarrhythmias, tachycardias*

Ευχαριστίες:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου (Θανάσης – Δήμητρα) που όπως σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου έτσι και τώρα στάθηκαν δίπλα μου. Την αδερφή μου Γεωργία Γκανά που με τον τρόπο της με παρότρυνε να συνεχίζω και να μην σταματάω στις δυσκολίες. Την κοπέλα μου Ηλιάνα Κινητή που με ενθάρρυνε σε κάθε εξεταστική και στην συγγραφή της διπλωματικής. Από την προηγούμενη εργασία μου τους Αλεξάνδρα Γιαννοπούλου και Μιχάλη Αθανασίου που στηρίζανε την προσπάθειά μου να συνδυάσω το πρόγραμμα του μεταπτυχιακού με την καθημερινή εργασία. Τις Βασιλέ Μαρία-Άννα και Γουδρούπη Χριστίνα που μου θύμιζαν κάθε μέρα ότι ο χρόνος πιέζει. Τον συμφοιτητή και φίλο Δημήτρη Μητροπέτρο που πήρε την απόφαση να ξεκινήσουμε μαζί το πρόγραμμα και μαζί με τους Σταυριανίδη Παναγιώτη και Ριζογιάννη Παναγιώτη υπήρχε καθημερινή συνεργασία και αλληλοστήριξη για τις απαιτήσεις των μαθημάτων. Τέλος τον κύριο Δημήτρη Γκλώτσο που με κατεύθυνε και με βοήθησε να πραγματοποιήσω αυτή την εργασία ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος αυτός.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ.....	10
1.1 Φλεβόκομβος (Sinus Node)	10
1.2 Κολποκοιλιακός Κόμβος (AV Node).....	11
1.3 Σύστημα HIS-PURKINJE.....	13
2. ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΕΣ	14
2.1 Υπερκοιλιακές – Κοιλιακές	14
2.2 Εστιακές - Επανεισόδου	15
2.3 Micro & Macro Re-Entry.....	15
2.4 Κολπική Μαρμαρυγή.....	15
2.5 Έκτακτες Κολπικές Συστολές (Premature Atrial Contractions – PAC).....	16
2.6 Κολπικός Πτερυγισμός (Atrial Flutter – AF).....	17
2.7 Παραπληρωματικό Δεμάτιο (Accessory Pathway – AP)	19
2.8 Κολποκοιλιακή Κομβική Ταχυκαρδία Επανεισόδου (Atrioventricular Nodal Reentry Tachycardia – AVNRT)	21
2.9 Έκτακτες Κοιλιακές Συστολές (Premature Ventricular Contractions - PVC)..	22
2.10 Κοιλιακή Ταχυκαρδία (Ventricular Tachycardia -VT)	23
3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3	24
3.1 Ηλεκτροανατομικός χάρτης	26
3.2 Σημείο αναφοράς.....	27
3.3 Παράθυρο ενδιαφέροντος (WOI)	27
4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΑΡΡΥΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	30
4.1 Χαρτογράφηση Κολπικής μαρμαρυγής.....	33
4.2 Χαρτογράφηση Κολπικού Πτερυγισμού	44
4.3 Χαρτογράφηση Κολπικών Έκτακτων Συστολών.....	50
4.4 Χαρτογράφηση Κολποκοιλιακής Κομβικής Ταχυκαρδίας Επανεισόδου.....	54
4.5 Χαρτογράφηση Έκτακτων Κοιλιακών Συστολών	55
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	59
5.1 Σύγκριση με την συμβατική μέθοδο.....	59
5.2 Σύγκριση με άλλες τεχνολογίες.....	61
5.3 Νέες τεχνολογίες	62
6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΗΓΕΣ.....	63

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι καρδιακές αρρυθμίες έχουν να κάνουν με την διατάραξη του φυσιολογικού καρδιακού κύκλου. Ο φυσιολογικός ρυθμός της καρδιάς είναι συνήθως 60-100 χτύπους ανά λεπτό. Εάν η καρδιά χτυπά με λιγότερους από 60 χτύπους ανά λεπτό τότε πρόκειται για βραδυαρρυθμία και η αντιμετώπιση της συνήθως γίνεται με την εμφύτευση βηματοδότη. Αντίθετα αν η καρδιά χτυπά γρήγορα, πρόκειται για ταχυαρρυθμίες και αντιμετωπίζεται είτε φαρμακευτικά, είτε με εμφύτευση απινιδωτή, είτε με την κατάλυσή τους μέσω RF Ablation. [1]

Για την κατάλυση των αρρυθμιών με RF Ablation απαιτείται πρώτα η χαρτογράφηση της κοιλότητας ώστε να προσδιοριστεί η περιοχή που παρουσιάζει την παθογένεια και προκαλεί την αρρυθμία.

ΠΟΤΕ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Η χαρτογράφηση αυτή γίνεται αφού παρουσιαστούν συμπτώματα τα οποία προκαλούνται από την μη φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς και συγκεκριμένα στο ηλεκτρικό της δίκτυο. Αφού γίνει καταγραφή του προβλήματος (μέσω καρδιογραφήματος επιφανείας ή καταγραφικού holter) και καταλήξουμε στον τύπο της αρρυθμίας που υπάρχει, προχωράμε σε μια επεμβατική πράξη στο εργαστήριο ηλεκτροφυσιολογίας (καθετηριασμός) όπου γίνεται η χαρτογράφηση της αντίστοιχης κοιλότητας της καρδιάς που παρουσιάζεται το πρόβλημα και τέλος η κατάλυση της ταχυκαρδίας.

ΠΟΥ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Κάθε νοσοκομείο έχει ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο για επεμβατικές καρδιολογικές πράξεις, το αιμοδυναμικό εργαστήριο. Εκεί γίνονται εμφυτεύσεις βηματοδοτών, απινιδωτών, εμφυτεύσιμων Holter, ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες, στεφανιογραφίες, προσθετικές βαλβίδες, ηλεκτροκαυτηριασμός (ablation).

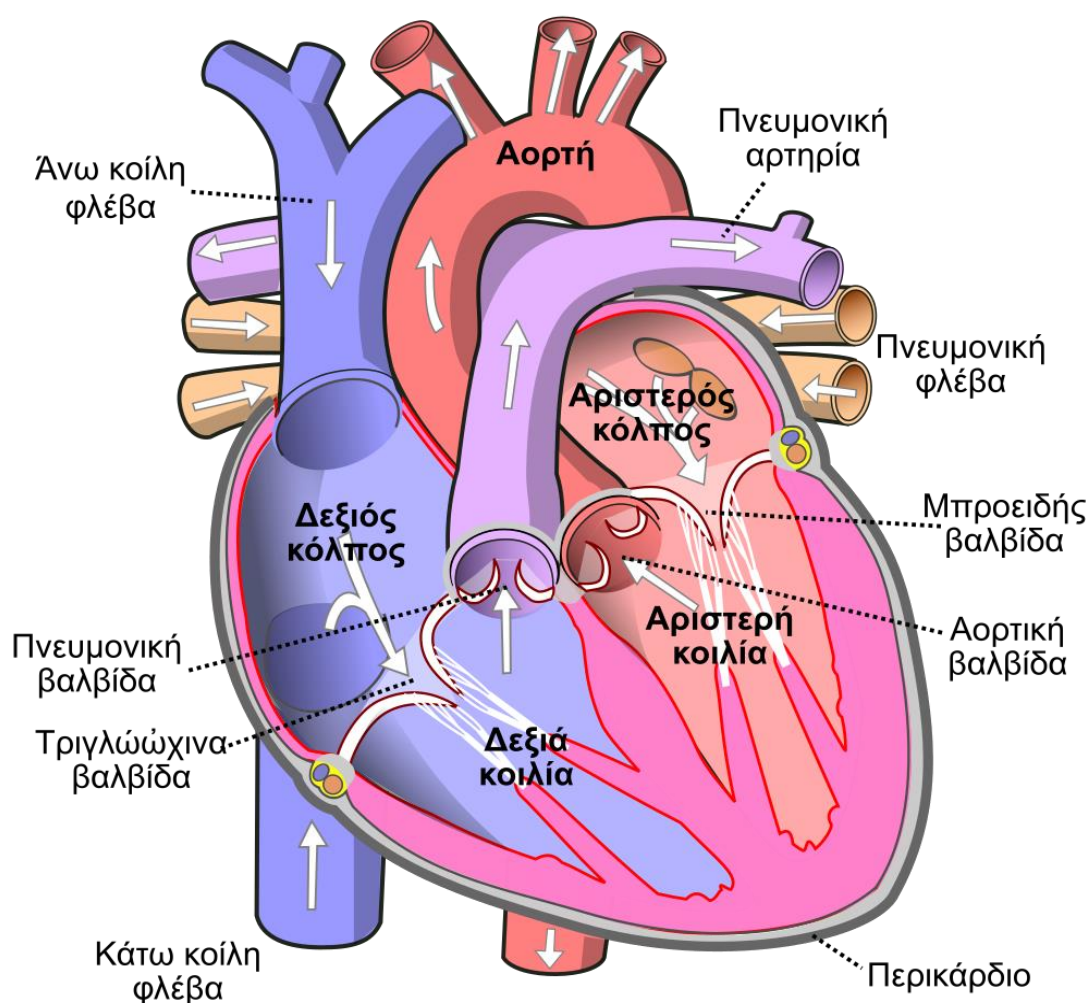
ΓΙΑΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Η χαρτογράφηση γίνεται για να προσδιοριστεί το σημείο μέσα στην κοιλότητα της καρδιάς το οποίο δημιουργεί την αρρυθμία. Με διάφορους τρόπους, που θα αναλυθούν παρακάτω, παράγεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο της κοιλότητας που παράγει την αρρυθμία και σε αυτό φαίνονται πληροφορίες οι οποίες αξιολογούνται ώστε να καταλήξει ο γιατρός πως και που θα δοθεί η θεραπεία για την οριστική κατάλυση της αρρυθμίας και να επιστρέψει ξανά ο φυσιολογικός ρυθμός στην καρδιά. [2]

Για την πλήρη κατανόηση των ταχυαρρυθμιών που προκαλούνται στην καρδιά κρίνεται απαραίτητη μια ανασκόπηση – ανάλυση της φυσιολογίας και της ανατομίας της καρδιάς και του συστήματος ηλεκτρικής αγωγής για το πως το ρεύμα ερεθίζει το μυοκάρδιο ώστε να υπάρξει ένας φυσιολογικός καρδιακός κύκλος.

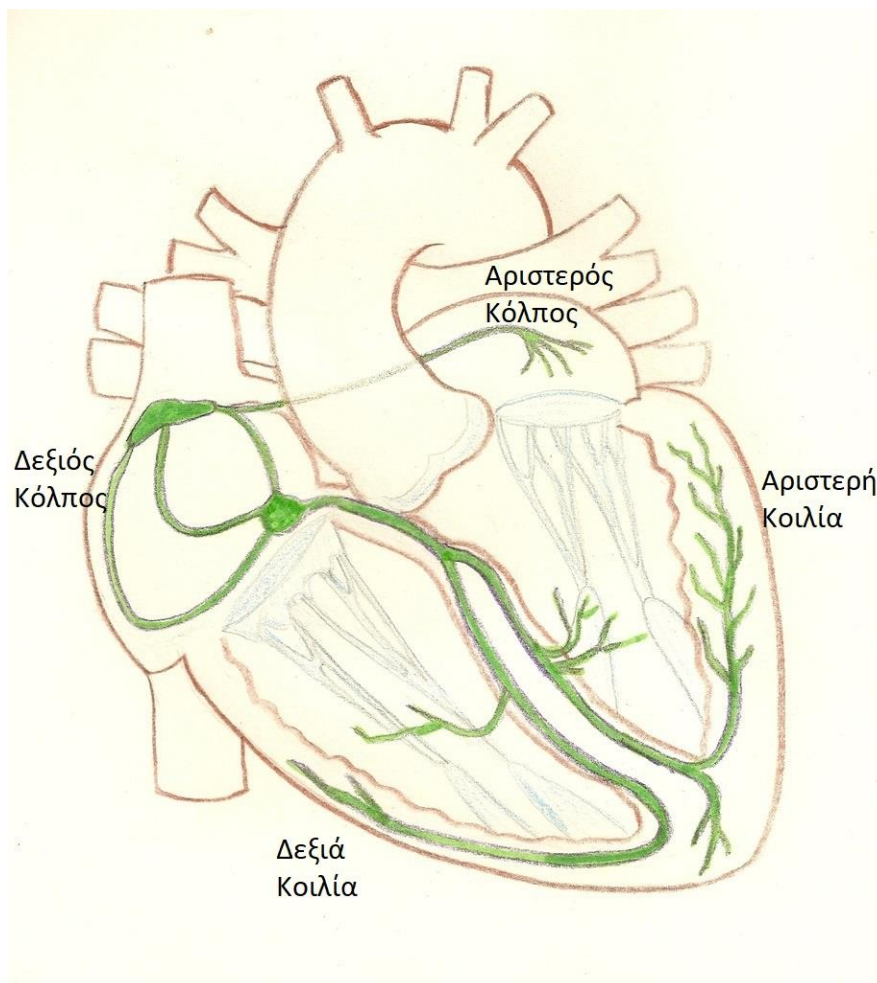
ΑΝΑΤΟΜΙΑ

Η καρδιά αποτελείται από κόλπους και κοιλίες. Το μη οξυγονωμένο αίμα μπαίνει στον δεξιό κόλπο μέσω της άνω και κάτω κοίλης φλέβας. Με την σύσπαση των κόλπων το αίμα μέσω της τριγλώχινας βαλβίδας (που ανοίγει κατά την εκπόλωση των κόλπων) γεμίζει την δεξιά κοιλία. Με την σύσπαση των κοιλιών το μη οξυγονωμένο αίμα φεύγει μέσω της πνευμονικής αρτηρίας ώστε να οξυγονωθεί στους πνεύμονες. Από εκεί μέσω των τεσσάρων πνευμονικών φλεβών καταλήγει στον αριστερό κόλπο ο οποίος με την σύσπαση των κόλπων και μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας γεμίζει με οξυγονωμένο αίμα την αριστερή κοιλία. Τέλος με την εκπόλωση των κοιλιών το οξυγονωμένο αίμα φεύγει από την καρδιά μέσω της αορτής.



Εικόνα 1: Ανατομία καρδιάς και ροή αίματος.

Πηγή: <https://el.wikipedia.org>



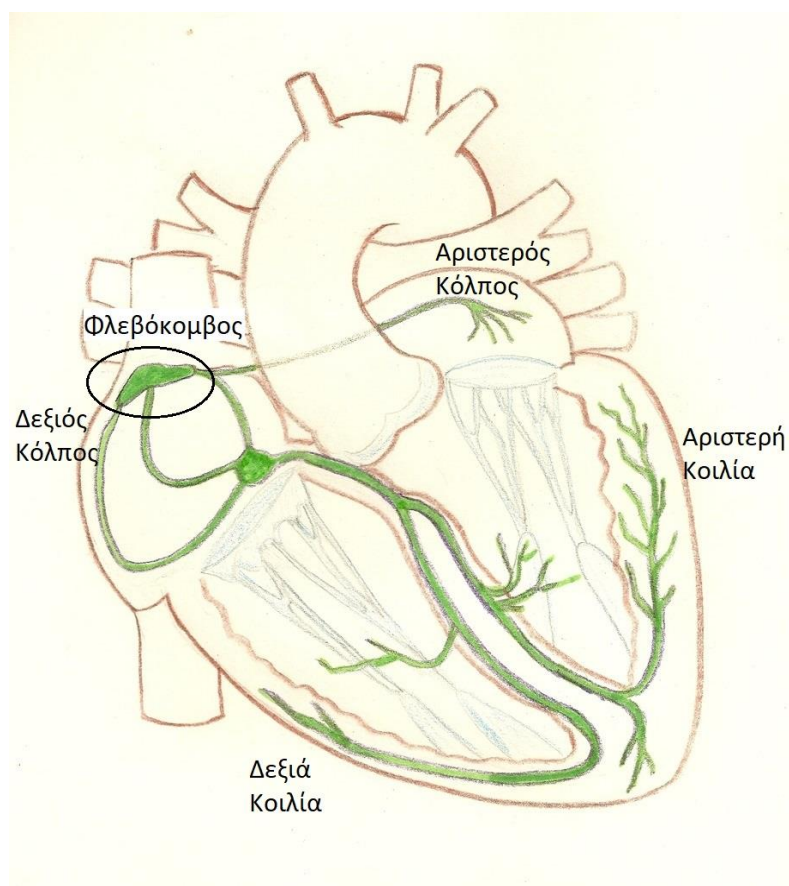
Εικόνα 2: Ηλεκτρικό σύστημα καρδιάς.
Πηγή: <https://www.ecgguru.com>

1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

1.1 Φλεβόκομβος (Sinus Node)

Ο φλεβόκομβος είναι ο φυσικός βηματοδότης της καρδιάς. Είναι μια δομή που βρίσκεται στην συμβολή της άνω κοίλης φλέβας και του δεξιού κόλπου. Διαθέτει αυτόνομη αιματική παροχή και νεύρωση και οι διαστάσεις του είναι περίπου 10-20 mm.

Ο κάθε καρδιακός κύκλος, σε συνθήκες φυσιολογικού ρυθμού, ξεκινάει από τον φλεβόκομβο ως ηλεκτρικό ερέθισμα. Η δομή αυτή καθορίζει πόσο γρήγορα ή αργά θα χτυπάει η καρδιά ανάλογα με τις ανάγκες που έχει το ανθρώπινο σώμα. Για παράδειγμα, στην άσκηση, ο φλεβόκομβος χτυπάει πιο γρήγορα για να μπορέσει η καρδιά να ανταποκριθεί στις αυξημένες ανάγκες αιμάτωσης που έχει το σώμα σε αυτές τις συνθήκες.



Εικόνα 3: Η θέση του φλεβοκόμβου στην ανατομία και το ηλεκτρικό σύστημα της καρδιάς.
Πηγή: <https://www.ecgguru.com>

1.2 Κολποκοιλιακός Κόμβος (AV Node)

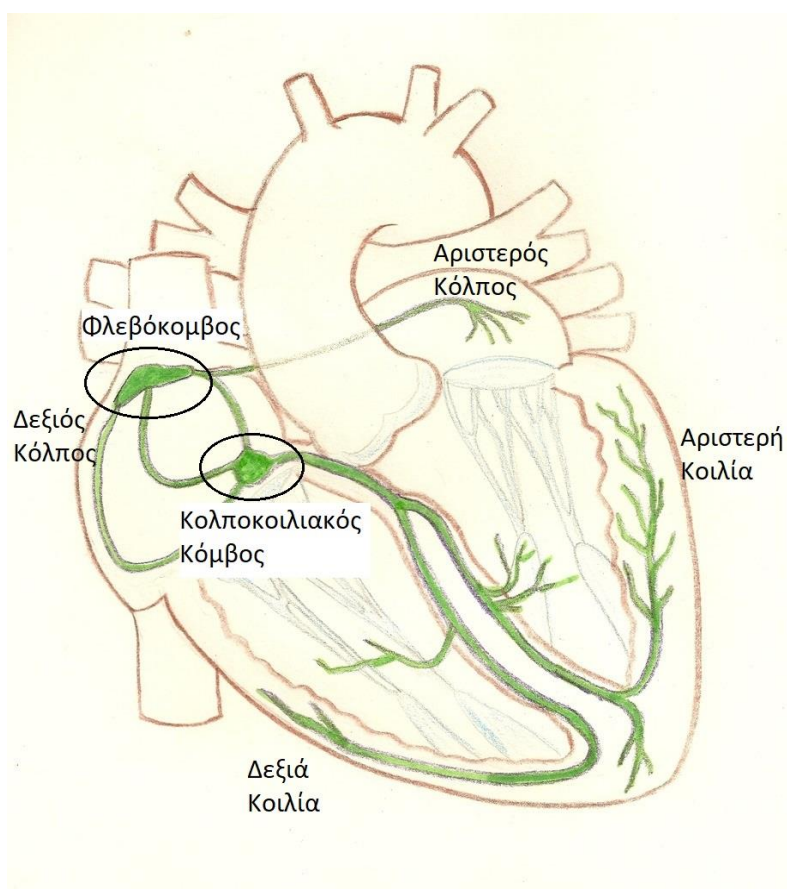
Ο κολποκοιλιακός κόμβος είναι μια συμπαγής δομή με μήκος 5-7 mm και πλάτος 2-5 mm. Ιστολογικά, το μέσο μέρος του κόμβου αποτελείται από δύο ηλεκτρικούς οδούς, την βραδεία και την ταχεία, διατάξεις που έχουν σημασία για την διατήρηση ταχυκαρδιών στο επίπεδο του κολποκοιλιακού κόμβου. Ο μηχανισμός των ταχυκαρδιών αυτών θα εξηγηθεί αργότερα.

Μια ακόμα σημαντική ιδιότητα του κολποκοιλιακού κόμβου είναι οι φθίνουσες ιδιότητες που έχει όσο αναφορά την ηλεκτρική αγωγή του ρεύματος από τους κόλπους προς τις κοιλίες.

Πιο αναλυτικά, σε φυσιολογικό φλεβοκομβικό ρυθμό ο χρόνος που χρειάζεται το ερέθισμα για να φτάσει από τον φλεβοκόμβο στις κοιλίες είναι 120-200 ms. Δηλαδή από τον φλεβοκόμβο μέχρι τον κολποκοιλιακό κόμβο το ερέθισμα μέσω του συστήματος αγωγής χρειάζεται 50-120 ms και από τον κολποκοιλιακό κόμβο μέχρι

τις κοιλίες 35-55 ms. Η καθυστέρηση αυτή που παρατηρείται στην αγωγή στο σημείο της δομής του κολποκοιλιακού κόμβου οφείλεται στις φθίνουσες ιδιότητες που έχει.

Ένας βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι για να υπάρξει χρόνος από την σύσπαση των κόλπων και να προλάβουν οι κοιλίες να γεμίσουν με αίμα πριν εκπολωθούν ώστε να υπάρξει σωστή αιμάτωση του σώματος. Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι έτσι προστατεύει την καρδιά από κολπικές ταχυκαρδίες να μεταφέρονται στις κοιλίες και να εκπολώνονται με πολύ μεγάλη ταχύτητα (για παράδειγμα 200-300 σφίξεις το λεπτό), γεγονός που πάλι καταλήξει αιμοδυναμική αστάθεια και μη σωστή αιμάτωση του σώματος.

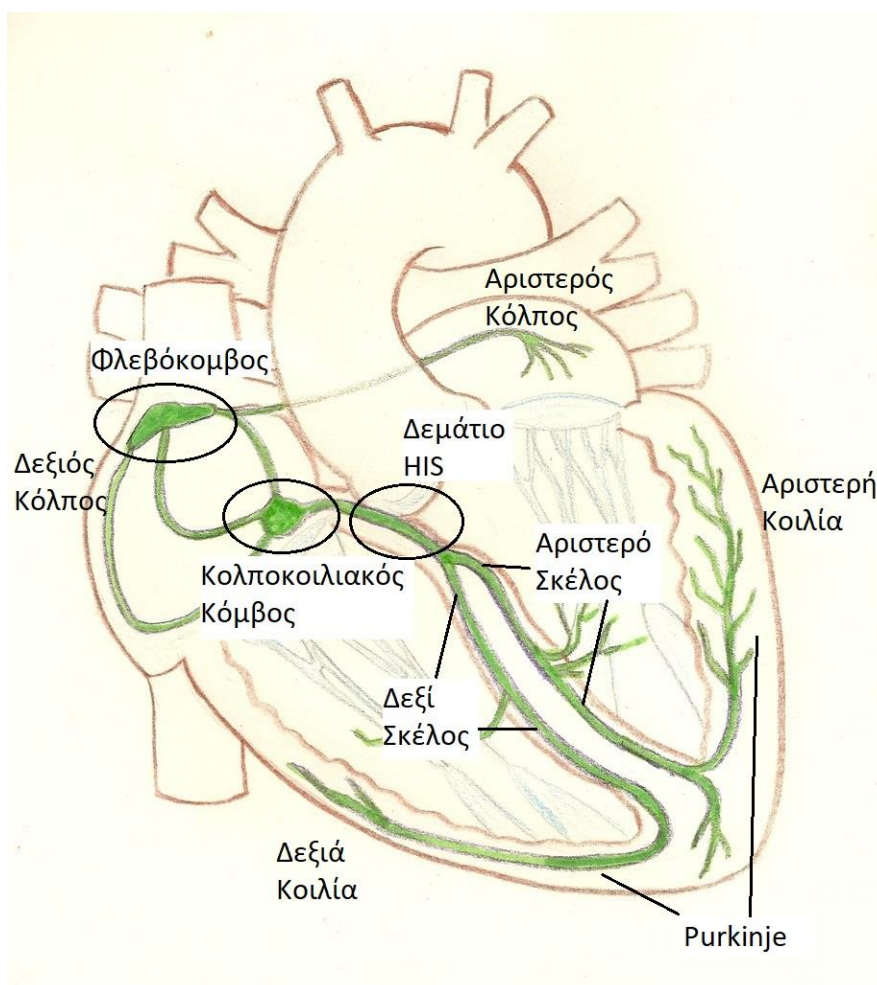


Εικόνα 4: Η θέση του κολποκοιλιακού κόμβου στην ανατομία και το ηλεκτρικό σύστημα της καρδιάς.

Πηγή: <https://www.ecgguru.com>

1.3 Σύστημα HIS-PURKINJE

Αμέσως μετά τον κολποκοιλιακό κόμβο υπάρχει το δεμάτιο του His το οποίο στην συνέχεια χωρίζεται σε δεξί και αριστερό σκέλος (Right – Left Bundle) τα οποία καταλήγουν στις ίνες Purkinje και αγκαλιάζουν τις κοιλίες ώστε να φτάσει σε αυτές το ερέθισμα που θα προκαλέσει την σύσπασή τους.



Εικόνα 5 Η θέση του δεματίου HIS και των ινών Purkinje στην ανατομία και το ηλεκτρικό σύστημα της καρδιάς.

Πηγή: <https://www.ecgguru.com>

Συνοπτικά, το πρώτο ερέθισμα ξεκινάει από τον φλεβόκομβο και είναι υπεύθυνο για την εκπόλωση του δεξιού και του αριστερού κόλπου (μέσω του δεματίου Bachmann). Ύστερα φτάνει στον κολποκοιλιακό κόμβο, ο οποίος είναι η μόνη ηλεκτρική σύνδεση κόλπων και κοιλιών σε φυσιολογικές συνθήκες, και με μια μικρή καθυστέρηση περνά στο δεμάτιο του His. Το δεμάτιο του His χωρίζεται σε δεξί και αριστερό σκέλος τα οποία καταλήγουν στις ίνες Purkinje και είναι υπεύθυνα για την εκπόλωση της δεξιάς και της αριστερής κοιλίας αντίστοιχα. Έτσι προκύπτει ένας πλήρης καρδιακός κύκλος στο ηλεκτρικό σύστημα της καρδιάς.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως τα κύτταρα της καρδιάς (του ηλεκτρικού συστήματος και του μυοκαρδίου) χαρακτηρίζονται από μία ακόμα ηλεκτρική ιδιότητα, την ανερέθιστη περίοδο. Ανερέθιστη περίοδος ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται ένα κύτταρο για να είναι έτοιμο να δεχθεί ξανά ηλεκτρική διέγερση. Αν για παράδειγμα βηματοδοτηθεί ο κόλπος με παλμούς που έχουν διαφορά 400 ms και στα ηλεκτρογράμματα φαίνεται η σύσπασή του, τότε τα κολπικά κύτταρα δεν είναι σε ανερέθιστη περίοδο. Αν μειωθεί το διάστημα ανάμεσα στους παλμούς στα 350 ms και δεν υπάρχει ηλεκτρογράμμα που να δηλώνει κολπική δραστηριότητα τότε τα κύτταρα του κόλπου έχουν φτάσει στην ανερέθιστη περιόδό τους και χρειάζονται παραπάνω χρόνο από 350 ms για να είναι έτοιμα να δεχθούν νέο ερέθισμα. Η ανερέθιστη περίοδος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και διαφέρει από ιστό σε ιστό και άνθρωπο σε άνθρωπο.

Οποιαδήποτε άλλη πορεία ακολουθήσει το ερέθισμα στον καρδιακό κύκλο δεν είναι φυσιολογικό. Εάν σε κάποιο σημείο υπάρχει «διακοπή» του συστήματος τότε προκαλούνται βραδυκαρδίες και για την θεραπεία τους χρειάζεται η εμφύτευση βηματοδότη.

Σε περιπτώσεις που υπάρχει διέγερση της καρδιάς από σημεία που είναι εκτός του ενδογενούς ηλεκτρικού δικτύου τότε προκαλούνται ταχυαρρυθμίες. Κάποιες από αυτές μπορεί να επηρεάζουν την καθημερινότητα και την ποιότητα ζωής του ανθρώπου (έκτακτες κολπικές συστολές, ταχυκαρδία επανεισόδου κολποκοιλιακού κόμβου) και άλλες μπορεί να είναι θανάσιμες (πχ κοιλιακή μαρμαρυγή). Για την θεραπεία γίνεται είτε εμφύτευση απινιδωτή είτε κατάλυση τους με υψίσυχνου ρεύμα.

Για την κατάλυσή τους με την μέθοδο του ablation (εφαρμογή υψίσυχνου ρεύματος) υπάρχουν συστήματα τρισδιάστατης χαρτογράφησης τα οποία δημιουργούν ένα τρισδιάστατο ανατομικό μοντέλο της καρδιάς και πάνω σε αυτό εμφανίζεται ο χρονισμός της αρρυθμίας καθώς και το υπόστρωμα της καρδιάς. Τα παραπάνω προσφέρουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της αρρυθμίας και επιτρέπουν στον γιατρό να προχωρήσει σε καυτηριασμό του ενδοκαρδίου στα παθολογικά σημεία με απόλυτη ασφάλεια.

2. ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΕΣ

Οι καρδιακές ταχυαρρυθμίες χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, τις υπερκοιλιακές και τις κοιλιακές. Άρα βασικό χαρακτηριστικό τους είναι το ανατομικό μέρος της καρδιάς στο οποίο συμβαίνουν.

2.1 Υπερκοιλιακές – Κοιλιακές

Υπερκοιλιακές (ή κολπικές) ονομάζονται οι αρρυθμίες που η εστία τους ή το κύκλωμά τους βρίσκεται στον κόλπο και έτσι εκπολώνεται πρώτα ο κόλπος και ύστερα ακολουθεί η κοιλία.

Κοιλιακές είναι οι αρρυθμίες των οποίων η εστία ή το κύκλωμα βρίσκεται στις κοιλίες και κατά την διάρκεια της αρρυθμίας εκπολώνονται πρώτες.

2.2 Εστιακές - Επανεισόδου

Μία υπερκοιλιακή ή κοιλιακή αρρυθμία χαρακτηρίζεται επίσης και από τον μηχανισμό με τον οποίο λειτουργεί και εκπολώνει τον καρδιακό ιστό.

Εάν η εκπόλωση ξεκινάει από ένα συγκεκριμένο σημείο της καρδιάς και στην συνέχεια εκπολώνεται το υπόλοιπο μυοκάρδιο, τότε υπάρχει μια εστιακή (focal) ταχυκαρδία. Το παθολογικό σημείο είναι αυτό που ξεκινάει το ερέθισμα και υπερκερνά τον φλεβόκομβο προκαλώντας την αρρυθμία.

Ένας δεύτερος μηχανισμός των ταχυαρρυθμιών είναι οι ταχυκαρδίες με κύκλωμα επανεισόδου. Σε αυτόν τον τύπο ταχυκαρδίας, παρατηρείται στον ενδοκάρδιο ένα κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από μια βραδεία και μια ταχεία οδό (απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη κυκλωμάτων επανεισόδου), και το ρεύμα ταξιδεύει μέσα σε αυτό εκπολώνοντας σε σταθερό ρυθμό την αντίστοιχη κοιλότητα στην οποία βρίσκεται.

2.3 Micro & Macro Re-Entry

Οι ταχυκαρδίες που βασίζονται σε κύκλωμα επανεισόδου χωρίζονται σε ακόμα δύο υποκατηγορίες, τις micro re- entry και τις macro re-entry. Η διαφορά τους είναι στο μέγεθος του κυκλώματος επανεισόδου το οποίο προκαλεί την ταχυκαρδία.

Μια ταχυκαρδία που στο κύκλωμά της περιλαμβάνει και τον κόλπο αλλά και την κοιλία ανήκει στις macro re- entry ταχυκαρδίες καθώς το κύκλωμα είναι μεγάλο. Ακόμα και το κύκλωμα να πιάνει μια ολόκληρη κοιλότητα, η ταχυκαρδία ανήκει στην ίδια κατηγορία.

Αντίθετα, όταν το κύκλωμα είναι σε πολύ μικρή έκταση τότε μιλάμε για ταχυκαρδίες micro re-entry. Το κύκλωμα αυτό μπορεί να βρίσκεται είτε μέσα στον κολποκοιλιακό κόμβο είτε γύρω από κάποια ουλή.

2.4 Κολπική Μαρμαρυγή

Τέλος, μια από τις πιο συχνές καρδιακές αρρυθμίες είναι η κολπική μαρμαρυγή. Ο μηχανισμός της δεν είναι ακόμα ξεκάθαρος όμως έχει παρατηρηθεί πως ο ιστός που αναπτύσσεται γύρω από τις πνευμονικές φλέβες πυροδοτεί τον αριστερό κόλπο με αποτέλεσμα να μαρμαίρει. [1]

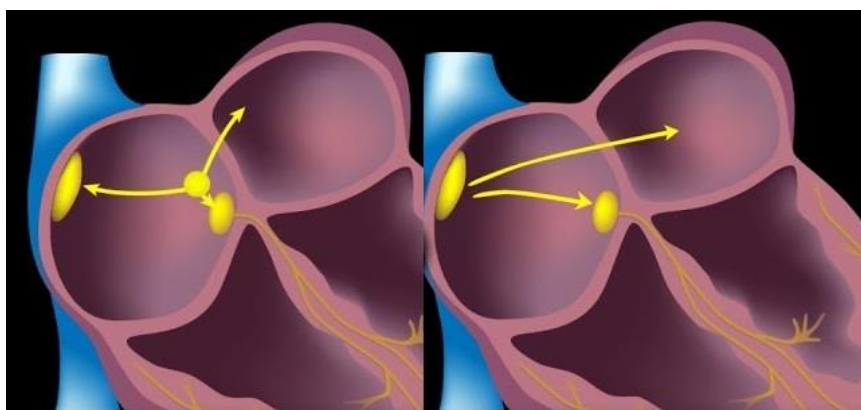
Αναλυτικότερα οι αρρυθμίες που συναντάμε είναι οι εξής:

2.5 Έκτακτες Κολπικές Συστολές (Premature Atrial Contractions – PAC)

Οι έκτακτες κολπικές συστολές συμβαίνουν όταν ένα σημείο στο μυοκάρδιο, εκτός του φυσιολογικού συστήματος αγωγής, ξεκινάει μια δραστηριότητα και πυροδοτεί ηλεκτρικά το μυοκάρδιο. Πρόκειται για μια κολπική εστιακή ταχυκαρδία, καθώς ο μηχανισμός της είναι να πυροδοτείται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Συμβαίνει χρονικά πιο νωρίς από την φλεβοκομβική δραστηριότητα και εφόσον ο ιστός δεν είναι σε ανερέθιστη περίοδο, εκπολώνονται οι κόλποι και ύστερα με την σειρά τους οι κοιλίες.

Μια έκτακτη κολπική συστολή μπορεί να συμβεί στιγμιαία και να επηρεάσει την καρδιά μόνο για έναν κύκλο, είτε με περισσότερη διάρκεια και να προκαλέσει ταχυκαρδία για μερικά δευτερόλεπτα ή και περισσότερο. [3]

Παρακάτω φαίνεται στις εικόνες η διαφορά μιας έκτακτης κολπικής συστολής από μια φυσιολογική συστολή που προκαλείται από τον φλεβόκομβο καθώς και η διαφορά τους στο ηλεκτροκαρδιογράφημα.



Εικόνα 6: Έκτακτη κολπική συστολή (αριστερά) και ερέθισμα από τον φλεβόκομβο (δεξιά).

Πηγή: <https://www.google.com>

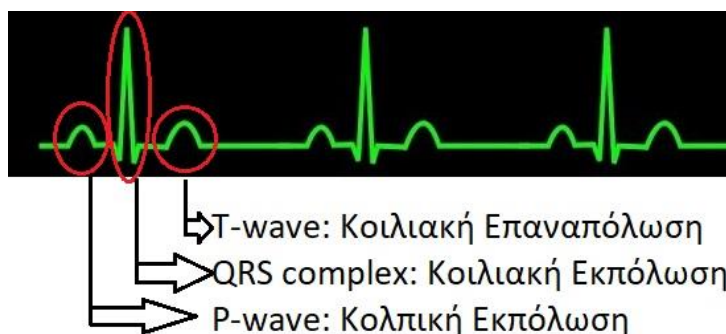
Στο αριστερό μέρος της εικόνας η εκπόλωση ξεκινάει από ένα έκτοπο στον κόλπο και όχι από τον φλεβόκομβο όπως στο δεξιό.



Εικόνα 7: Απαγωγή καρδιογραφήματος ανάστροφου p wave λόγω της κολπικής έκτακτης (αριστερά) και φυσιολογικού φλεβοκομβικού ρυθμού (δεξιά).

Πηγή: <https://www.google.com>

Στα αντίστοιχα καρδιογραφήματα παρατηρείται πως υπάρχει ένας καρδιακός χτύπος πιο γρήγορα σε σχέση με το φυσιολογικό και ανεστραμμένο P-wave (σήμα κολπικής δραστηριότητας – προηγείται του QRS το οποίο υποδηλώνει την κοιλιακή εκπόλωση)



Εικόνα 8: Απαγωγή καρδιογραφήματος φυσιολογικού φλεβοκομβικού ρυθμού.
Πηγή: <https://www.google.com>

Για την θεραπεία της ταχυκαρδίας αυτής πρέπει να βρεθεί το σημείο το οποίο ξεκινάει το έκτοπο ερέθισμα και να χορηγηθεί βλάβη με RF Ablation ώστε να καταστραφεί τοπικά ο ιστός που προκαλεί την αρρυθμία.

2.6 Κολπικός Πτερυγισμός (Atrial Flutter – AF)

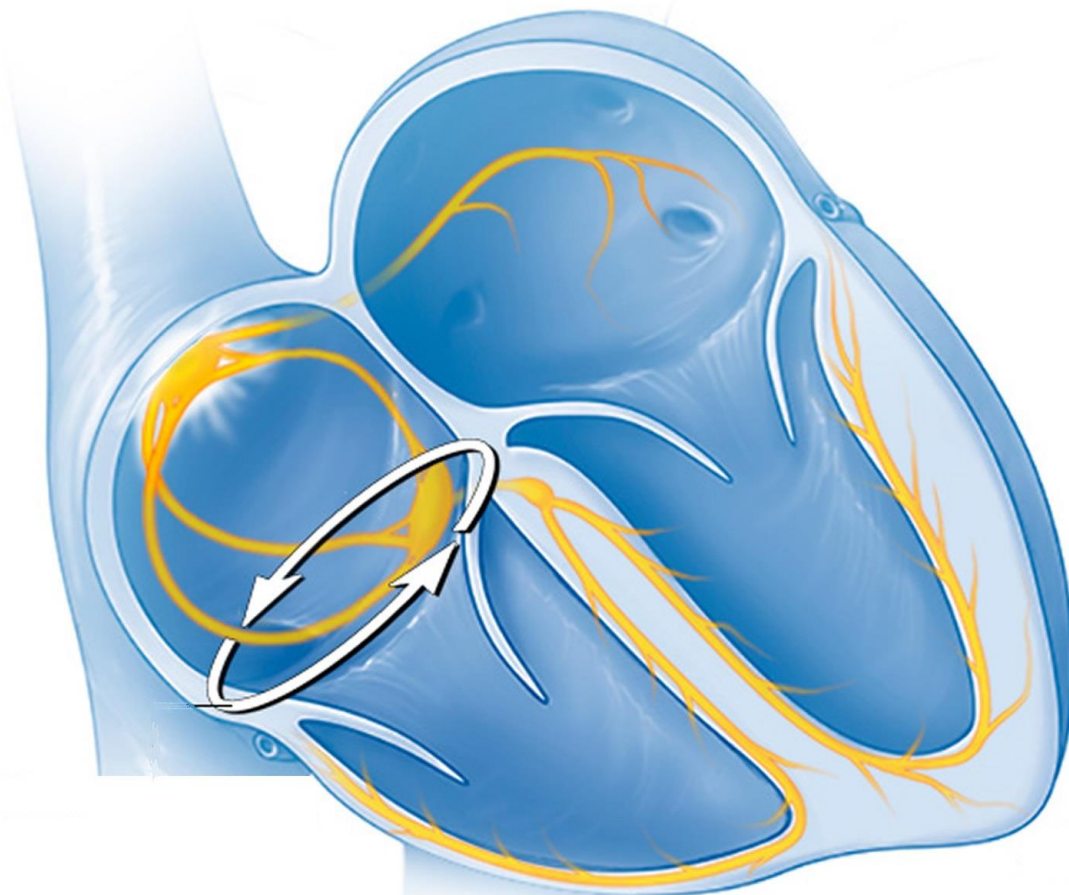
Ο κολπικός πτερυγισμός (τυπικός ή άτυπος) είναι μια κολπική ταχυκαρδία επανεισόδου. Ανήκει στις στην κατηγορία των macro re-entry ταχυκαρδιών καθώς το κύκλωμα που την διατηρεί εκτείνεται σε μεγάλο μέρος στις κολπικής κοιλότητας (δεξής ή αριστερός κόλπος). Όπως έχει αναφερθεί, για να υπάρξει μια τέτοια ταχυκαρδία στο κύκλωμά στις υπάρχουν σημεία βραδείας και ταχείας αγωγής. Στις περιοχές βραδείας αγωγής, το ρεύμα διεγείρει τα κύτταρα του μυοκαρδίου με μικρότερη ταχύτητα από ότι στον φυσιολογικό ιστό. Το αποτέλεσμα είναι όταν το ρεύμα βγει από την παθολογική περιοχή (συνήθως κάποια ουλή στον ιστό) να βρει σε ανερέθιστη περίοδο τα υπόλοιπα κύτταρα του υγιούς ιστού, τα οποία δεν έχουν προλάβει να διεγερθούν από τον φλεβόκομβο, και να τα διεγείρει ξανά. Έτσι δημιουργείται ένα ατέρμονο κύκλωμα το οποίο εκπολώνει στις κόλπους με περίπου 150-200 σφίξεις ανά λεπτό.

Πολύ συχνά το κύκλωμα αυτό στις ταχυκαρδίες επανεισόδου συναντάται γύρω από την τριγλώχινα βαλβίδα και πιο σπάνια γύρω από την μιτροειδή. Κολπικοί πτερυγισμοί αυτού του τύπου ονομάζονται τυπικοί και για την θεραπεία στις εφαρμόζεται υψίσυχο ρεύμα στην περιοχή στις βραδείας αγωγής, το οποίο ονομάζεται ισθμός στις ταχυκαρδίας. Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται βλάβη στον ήδη παθολογικό ιστό και δεν επιτρέπεται να περάσει ρεύμα. Το αποτέλεσμα είναι η

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

διακοπή του κυκλώματος και η αδυναμία συντήρησης μιας παρόμοιας ταχυκαρδίας επανεισόδου. [4]

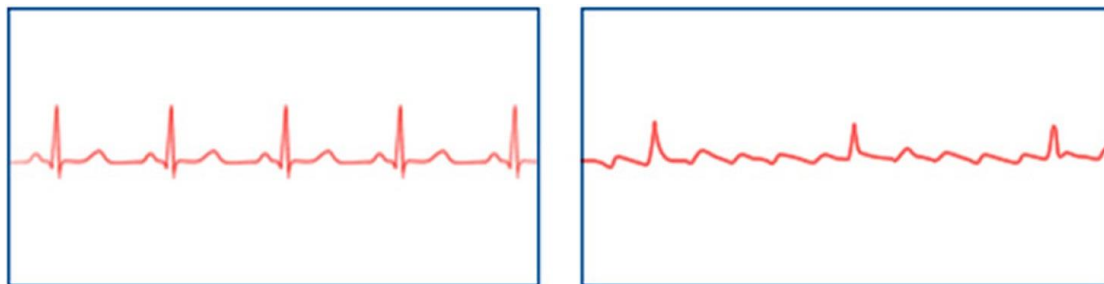
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται σχηματικά ο τρόπος με τον οποίο το κύκλωμα του πτερυγισμού συντηρείται στον δεξιό κόλπο σε μια ταχυκαρδία τυπικού πτερυγισμού (γύρω από την τριγλώχινα βαλβίδα).



Εικόνα 9: Ταχυκαρδία τυπικού πτερυγισμού στον δακτύλιο της τριγλώχινας βαλβίδας.

Πηγή: <https://www.mayoclinic.org>

Στο αριστερό καρδιογράφημα της παρακάτω εικόνας φαίνεται ο φυσιολογικός φλεβοκομβικός ρυθμός και δεξιά διακρίνονται περισσότερα από ένα κολπικά επάρματα (P-waves) που αντιστοιχούν στις πολλαπλές εκπολώσεις των κόλπων. Σημαντική παρατήρηση είναι πως δεν αντιστοιχεί κάθε κολπικό έπαρμα σε κοιλιακό αλλά η αναλογία είναι 4:1. Αυτό οφείλεται στις φθίνουσες ιδιότητες του κολποκοιλιακού κόμβου που δεν αφήνει όλα τα ερεθίσματα να περάσουν στην κοιλία.



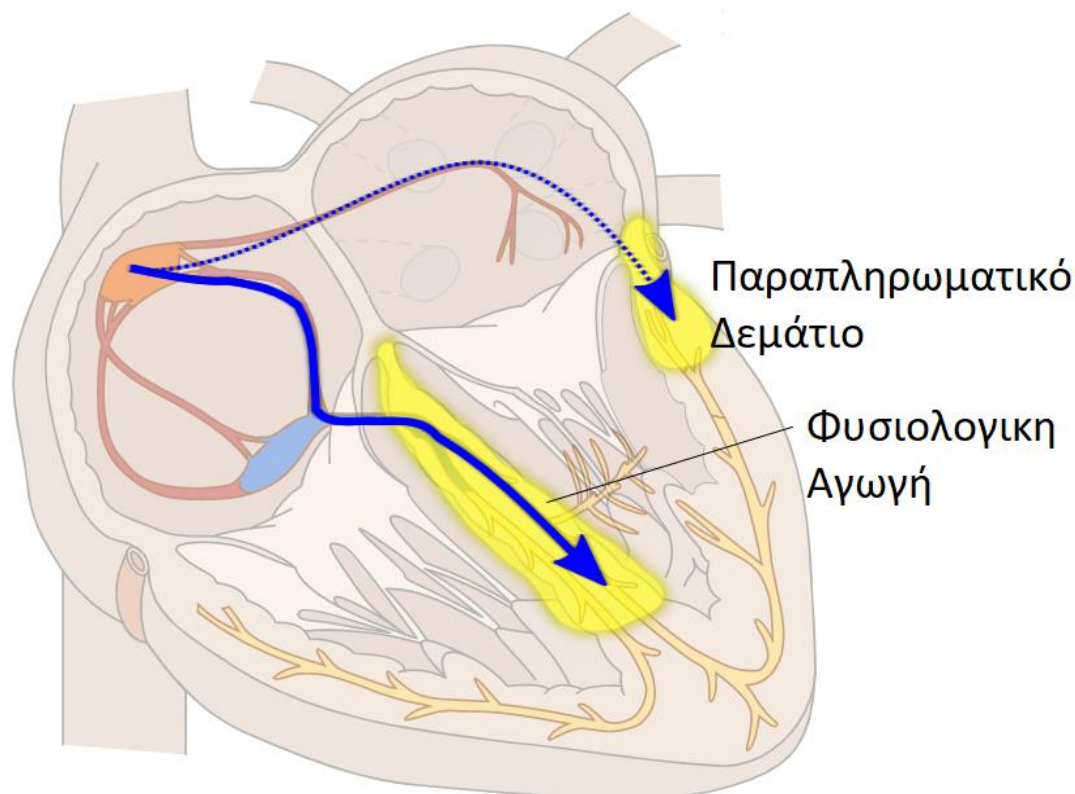
Εικόνα 10: Απαγωγή καρδιογραφήματος φυσιολογικού φλεβοκομβικού ρυθμού (αριστερά) και ρυθμού επί ταχυκαρδίας τυπικού περυγισμού (δεξιά)

Πηγή: <https://www.mayoclinic.org>

Για την θεραπεία της ταχυκαρδίας πρέπει να χορηγηθούν βλάβες με υψίσυγχο ρεύμα σε κάποιο μέρος του κυκλώματος ώστε να διακοπεί. Στις ταχυκαρδίες επανεισόδου συνήθως επιλέγεται το πιο αργό κομμάτι του κυκλώματος και γίνεται μια γραμμή από βλάβες. Η γραμμή αυτή ενώνει δυο σημεία τα οποία δεν έχουν δυνατότητα ηλεκτρικής αγωγής ώστε να μην υπάρχει τρόπος να συντηρηθεί το κύκλωμα.

2.7 Παραπληρωματικό Δεμάτιο (Accessory Pathway – AP)

Ο μόνος τρόπος με τον οποίο μεταφέρεται το ηλεκτρικό ερέθισμα υπό φυσιολογικές συνθήκες από τους κόλπους στις κοιλίες είναι ο κολποκοιλιακός κόμβος και το δεμάτιο του His. Συχνά όμως συναντάται και μια ακόμα ηλεκτρική οδός η οποία χρησιμοποιείται παράλληλα με το φυσιολογικό ηλεκτρικό δίκτυο της καρδιάς. Πρόκειται για ίνες που αναπτύσσονται σχεδόν παράλληλα με τις βαλβίδες (τριγλώχινα και μιτροειδής) και μέσα από αυτές περνά το ηλεκτρικό ερέθισμα και εκπολώνει τις κοιλίες νωρίτερα καθώς το φυσιολογικό ερέθισμα καθυστερεί στον κολποκοιλιακό κόμβο. [5]



Εικόνα 11: Ηλεκτρική οδός φυσιολογικής αγωγής και οδός παραπληρωματικού δεματίου.

Πηγή: <https://en.ecgpedia.org>

Αυτές οι ίνες ονομάζονται παραπληρωματικά δεμάτια. Παρακάμπτουν την φυσιολογική ηλεκτρική οδό, η εκπόλωση γίνεται ασύγχρονα και δημιουργούνται ταχυκαρδίες.

Συγκεκριμένα, οι ταχυκαρδίες που δημιουργούνται είναι επανεισόδου καθώς το κύκλωμα αποτελείται από δύο δρόμους με διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες, το φυσιολογικό σύστημα αγωγής και τον παραπληρωματικό δεμάτιο. Επιπροσθέτως είναι macro re-entry ταχυκαρδίες καθώς συμμετέχουν στο κύκλωμα και οι κόλποι και οι κοιλίες.

Ένα παραπληρωματικό δεμάτιο μπορεί να άγει είτε ορθόδρομα (από κόλπους προς κοιλίες), είτε ανάδρομα (από κοιλίες προς κόλπους), είτε και προς τις δύο πλευρές.

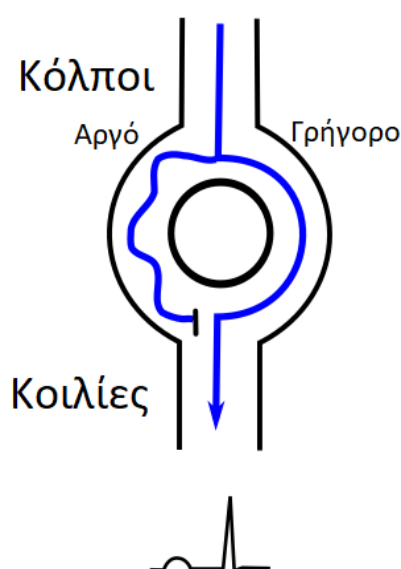
Οι ταχυκαρδίες που προκαλούνται μπορεί να είναι ακόμα και θανάσιμες για αυτό η αντιμετώπισή τους πρέπει να γίνεται άμεσα.

Για την κατάλυσή τους χορηγούνται βλάβες με την χρήση του RF Ablation πάνω στο δεμάτιο το οποίο άγει μεταξύ κοιλιών και κόλπων με σκοπό την καταστροφή του.

2.8 Κολποκοιλιακή Κομβική Ταχυκαρδία Επανεισόδου (Atrioventricular Nodal Reentry Tachycardia – AVNRT)

Μια πολύ συχνή ταχυκαρδία είναι η κολποκοιλιακή κομβική ταχυκαρδία επανεισόδου. Ένα μικρό κύκλωμα επανεισόδου μέσα στον κολποκοιλιακό κόμβο, ο οποίος έχει δυο ηλεκτρικές οδούς, συντηρεί αυτήν την ταχυκαρδία.

Η δομή του κολποκοιλιακού κόμβου αποτελείται από μια γρήγορη και μια αργή οδό όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα

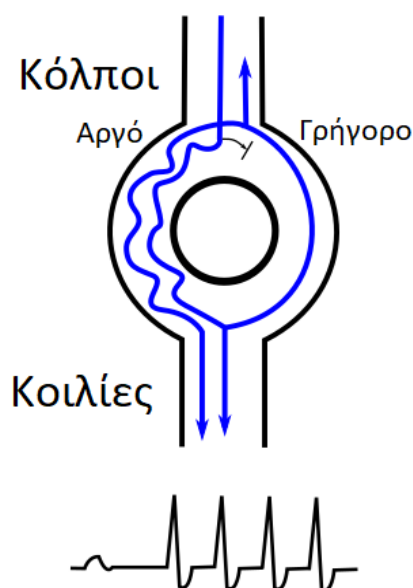


Εικόνα 12: Αργή και γρήγορη οδός κολποκοιλιακού κόμβου (slow and fast pathway)

Πηγή: <https://en.ecgpedia.org>

Σε φυσιολογικές συνθήκες, το ερέθισμα φτάνοντας στον κολποκοιλιακό κόμβο άγεται και από το αργό και από το γρήγορο μονοπάτι. Καθυστερεί όμως στο αργό οπότε όταν φτάσει στο τέλος του κόμβου δεν μπορεί να διεγείρει τα κύτταρα προς τις κοιλίες καθώς ήδη έχουν διεγερθεί από το ερέθισμα που έφτασε από το γρήγορο μονοπάτι και βρίσκονται σε ανερέθιστη περίοδο. Έτσι λοιπόν σταματάει εκεί το ερέθισμα και ο κόμβος ετοιμάζεται για νέο ερέθισμα από τον κόλπο.

Μια κολπική έκτακτη όμως μπορεί να αλλάξει αυτή την ισορροπία. Μπορεί δηλαδή να διεγείρει την αργή οδό (καθώς έχει μικρότερη ανερέθιστη περίοδο – δέχεται πιο γρήγορα ερεθίσματα) και όταν το ερέθισμα μέσω αυτής φτάσει στο τέρμα του κόμβου να διεγείρει και τις κοιλίες αλλά και την γρήγορη οδό.



Εικόνα 13: Αγωγή ερεθίσματος στην γρήγορη οδό και ερεθισμός της αργής με αποτέλεσμα την αρρυθμία
Πηγή: <https://en.ecgpedia.org>

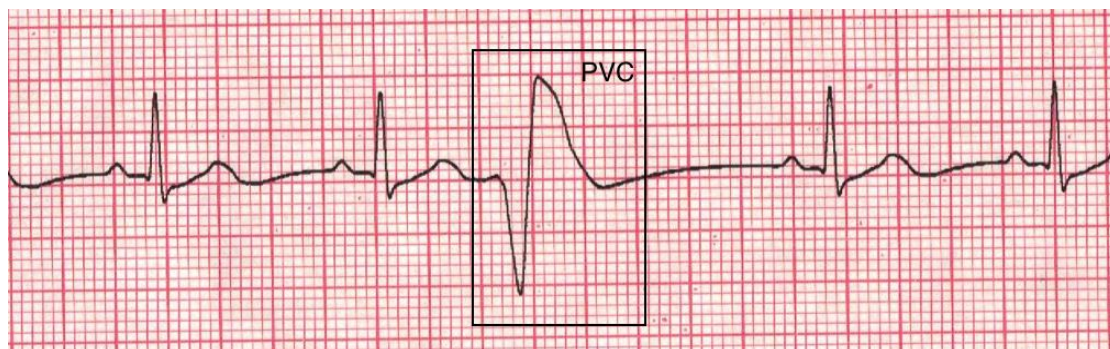
Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθεί ένας ατέρμονος κύκλος στον οποίο θα ταξιδεύει το ρεύμα και θα εκπολώνει ταυτόχρονα κόλπους και κοιλίες σε αυξημένη συχνότητα. [6]

Όπως προαναφέρθηκε, στις ταχυκαρδίες επανεισόδου συνηθίζεται να επιλέγεται το αργό τμήμα του κυκλώματος για να χορηγηθεί η βλάβη. Έτσι και σε αυτή την ταχυκαρδία, πλησιάζει ο καθετήρας στην αργή οδό ώστε η βλάβη να την καταστρέψει ή να την τροποποιήσει για να μην μπορεί να συντηρηθεί η ταχυκαρδία.

2.9 Έκτακτες Κοιλιακές Συστολές (Premature Ventricular Contractions - PVC)

Ο μηχανισμός των έκτακτων κοιλιακών συστολών είναι ίδιος με αυτόν των έκτακτων κοιλιακών. Πρόκειται για μια εστιακή κοιλιακή αρρυθμία όπου ένα έκτοπο πυροδοτείται και διεγείρει το μυοκάρδιο παρουσιάζοντας ένα ευρύ σύμπλεγμα QRS. Αυτό συμβαίνει διότι το έκτοπο ξεκινά και ερεθίζει το μυοκάρδιο της κοιλίας από κύτταρο σε κύτταρο. Η αγωγή έτσι είναι πιο αργή από αυτή του φυσιολογικού συστήματος αγωγής. [7]

Παρακάτω φαίνονται οι διαφορές ενός φυσιολογικού κτύπου και ενός κατά την διάρκεια της έκτακτης κοιλιακής συστολής.



Εικόνα 14: Απαγωγή καρδιογραφήματος με έκτακτη κοιλιακή συστολή
Πηγή: <https://doseofpa.blogspot.com>

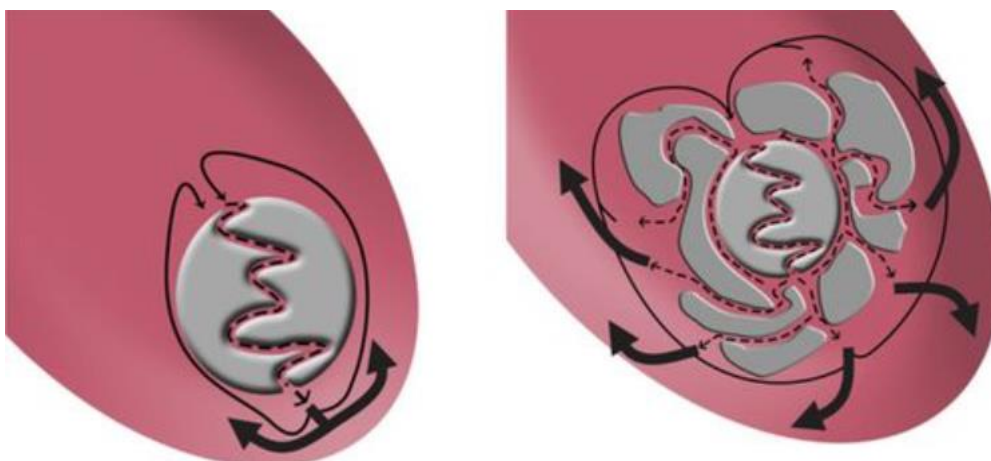
Στην εικόνα φαίνεται ξεκάθαρα πόσο πιο ευρύ είναι το σύμπλεγμα της κοιλιακής εκπόλωσης στην έκτακτη συστολή σε σχέση με τον φυσιολογική φλεβοκομβικό ρυθμό.

Το σημείο το οποίο προκαλεί την πρόιμη εκπόλωση είναι αυτό στο οποίο θα χορηγηθεί βλάβη ώστε να καταστραφεί ο ιστός και να σταματήσει η αρρυθμία.

2.10 Κοιλιακή Ταχυκαρδία (Ventricular Tachycardia -VT)

Οι κοιλιακές ταχυκαρδίες ανήκουν στην κατηγορία των ταχυκαρδιών επανεισόδου. Πρόκειται για μικρότερα ή και μεγαλύτερα κυκλώματα που δημιουργούνται στον ενδοκάρδιο κυρίως της αριστερής κοιλίας. Αυτά τα κυκλώματα μπορούν να κάνουν την καρδιά να χτυπάει με 200-300 σφίξεις ανά λεπτό, πράγμα που τα καθιστά επικίνδυνα.

Ως ταχυκαρδίες επανεισόδου, η αργή οδός που απαιτείται για να συντηρηθεί το κύκλωμα αυτό συναντάται κοντά και ανάμεσα σε ουλές στο εσωτερικό της αριστερής κοιλίας οι οποίες έχουν προκληθεί από ισχαιμικά επεισόδια. [8]



Εικόνα 15: Αργές οδοί ταχυκαρδίας σε ουλές της αριστερής κοιλίας
Πηγή: <https://www.ahajournals.org>



Εικόνα 16: Αργή οδός ταχυκαρδίας σε ουλή
Πηγή: <https://heart.bmj.com>

Στις εικόνες περιγράφεται πως μέσα στις ουλές κινούνται αργά κάποια δυναμικά τα οποία όταν βγουν από αυτές ερεθίζουν ξανά το μυοκάρδιο με αποτέλεσμα την κοιλιακή ταχυκαρδία.

Η μέθοδος για την κατάλυση αυτής της ταχυκαρδίας που ακολουθείται είναι η ομογενοποίηση της ουλής. Βλάβες χορηγούνται στους «διαδρόμους» που επιτρέπουν να άγεται αργά το ρεύμα ώστε να μην υπάρχει τρόπος να συντηρηθεί κύκλωμα γύρω και μέσα στην ουλή.

3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

Τα συστήματα χαρτογράφησης παρέχουν δύο βασικές πληροφορίες. Πρώτον δίνουν ανατομικά δεδομένα, δημιουργείται δηλαδή ένα εκμαγείο το οποίο αντιστοιχεί σε μια τρισδιάστατη απεικόνιση της κοιλότητας που παρουσιάζει το ενδιαφέρον. Δεύτερον, το σύστημα παρέχει και ηλεκτρικά δεδομένα, τα οποία τα συνδυάζει με το ανατομικό μοντέλο ώστε να προκύψει χαρτογράφηση αναλυτική που θα δίνει πληροφορίες για την λεπτομερή ανατομία αλλά και την ηλεκτρική δραστηριότητα της κοιλότητας που χαρτογραφήθηκε.

Τα συστήματα της τρισδιάστατης χαρτογράφησης συνδυάζονται και με μια γεννήτρια παραγωγής υψίσυχνου ρεύματος ώστε να μπορεί χορηγηθεί βλάβη για την κατάλυση της κάθε αρρυθμίας.

Στην συγκεκριμένη εργασία θα μελετήσουμε συγκεκριμένα για το σύστημα τρισδιάστατης χαρτογράφησης Carto3® της Biosense Webster.

Το σύστημα χαρτογράφησης αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- Μαγνήτης

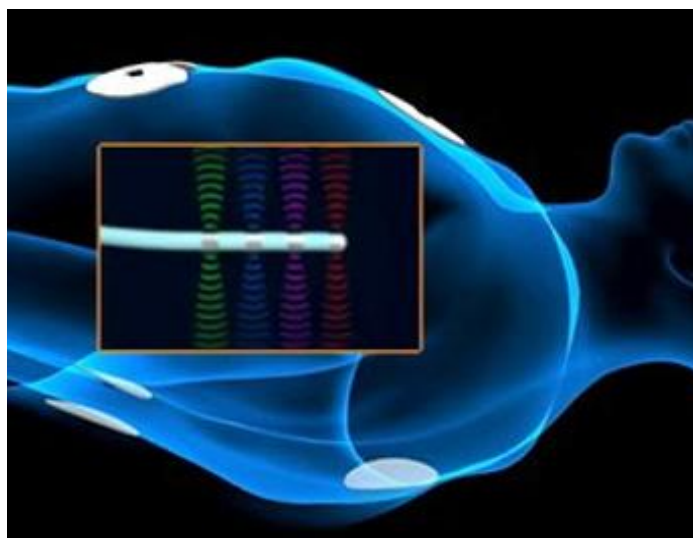
- 3 μπροστινά αυτοκόλλητα
- 3 αυτοκόλλητα πλάτης (αυτοκόλλητα αναφοράς)
- Καλώδιο καρδιογραφήματος
- Κεντρική μονάδα υποδοχής σημάτων ασθενούς
- Σταθμός εργασίας
- Καθετήρες (διαγνωστικοί – Θεραπευτικοί)

Κάτω από την πλάτη του ασθενούς βρίσκεται ένας ο μαγνήτης που δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο, εμφανίζονται οι διαγνωστικοί και οι θεραπευτικοί καθετήρες του συστήματος. [9]

Πριν ξαπλώσει ο ασθενής, τοποθετούνται τρία αυτοκόλλητα στην πλάτη του και τρία στο στήθος με μαγνητικούς αισθητήρες. Αυτά εξασφαλίζουν ότι ο ασθενής θα μείνει ακίνητος και για την αναγνώριση των μοναδικών συχνοτήτων κάθε δίπολου διαγνωστικού καθετήρα.

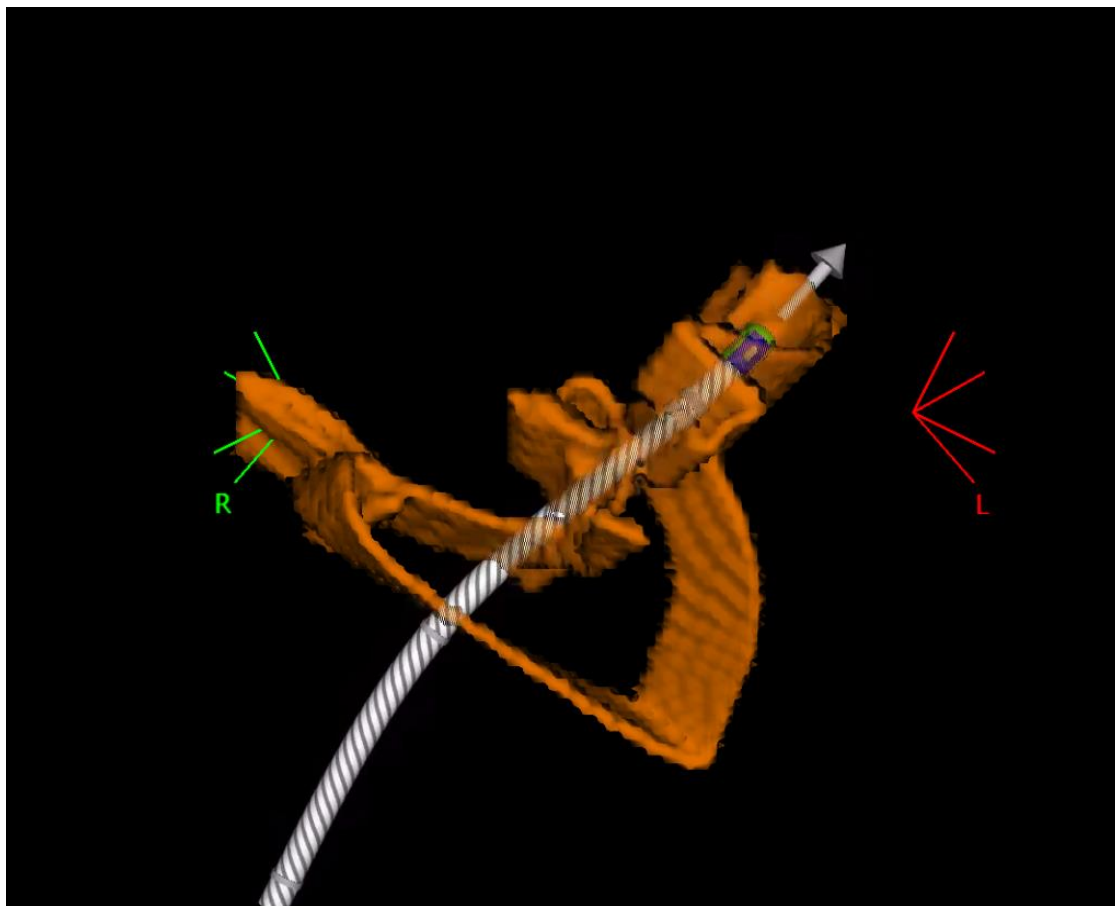
Μερικοί καθετήρες (θεραπευτικοί ή διαγνωστικοί) διαθέτουν κοντά στην άκρη τους έναν αισθητήρα με πηνία, ο οποίος σε σχέση με τον μαγνήτη δημιουργεί έναν πίνακα τρισδιάστατο από voxels. Αυτοί οι καθετήρες είναι απαραίτητοι για την δημιουργία ανατομίας αλλά και την απόκτηση ηλεκτρικών σημείων που θα ανατεθούν πάνω στην ανατομία.

Στα voxels που αναφέρθηκαν πριν, ανατίθενται και συγκεκριμένες τιμές ρεύματος. Τα αυτοκόλλητα της πλάτης σε συνδυασμό με τα μπροστινά αυτοκόλλητα, λαμβάνουν ένα ρεύμα από το ηλεκτρόδιο του καθετήρα με τον αισθητήρα.



Εικόνα 17: Συχνότητες ηλεκτροδίων καθετήρων που ανιχνεύονται από τα αυτοκόλλητα ασθενούς
Πηγή: <https://quizlet.com>

Από όλα τα σημεία από τα οποία περνάει ο καθετήρας με τον αισθητήρα, το σύστημα κρατάει τα δεδομένα. Αυτά εμφανίζονται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 18: Ανατομικά δεδομένα από τα σημεία που έχει περάσει ο καθετήρας.

3.1 Ηλεκτροανατομικός χάρτης

Παράλληλα με την δημιουργία του ανατομικού χάρτη, οι καθετήρες λαμβάνουν και πληροφορίες για τα σημεία του ιστού στα οποία ακουμπάνε. Οι πληροφορίες που λαμβάνουν έχουν να κάνουν με τον χρονισμό (σε ποιο σημείο χρονικά του καρδιογραφήματος εκπολώνεται το συγκεκριμένο κομμάτι του ιστού) και με το δυναμικό της εκπόλωσης (πόσα millivolt είναι το δυναμικό που καταγράφεται).

Ο χάρτης που εμφανίζεται και έχει τα σημεία τοποθετημένα με σειρά χρονικής εκπόλωσης ονομάζεται χάρτης χρονισμού (LAT Map – Local Activation Time Map) και δείχνει τον τρόπο και την διαδρομή που ακολουθεί το ερέθισμα καθώς εκπολώνει την κοιλότητα που έχει χαρτογραφηθεί.

Ο χάρτης που εμφανίζει τα σημεία με βάση την έντασή τους σε millivolts, ονομάζεται χάρτης υποστρώματος (Bipolar / Substrate Map) και χρησιμεύει για την αξιολόγηση της υγείας του ιστού της κοιλότητας που χαρτογραφείται.

Και για τις δύο περιπτώσεις χαρτογράφησης, χρησιμοποιείται χρωματικός κώδικας. Συγκεκριμένα, στο σύστημα υπάρχει μία μπάρα με χρώματα που ξεκινάνε από το

κόκκινο και τερματίζουν στο μωβ με όλες τις αποχρώσεις ενδιάμεσα, όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 19: Χρωματικός κώδικας

3.2 Σημείο αναφοράς

Το σημείο αναφοράς πρέπει να είναι ένα σήμα καθαρό και δυνατό και επαναλαμβανόμενο σε κάθε κύκλο της αρρυθμίας.

Στις δύο παρακάτω εικόνες έχει επιλεχθεί ως κριτήριο το ARA οπότε φαίνεται καθαρά πως είτε στο καρδιογράφημα επιφανείας είτε στον στεφανιαίο το σημείο αναφοράς είναι εξαιρετικά σταθερό σε κάθε κύκλο

3.3 Παράθυρο ενδιαφέροντος (WOI)

Το παράθυρο ενδιαφέροντος έχει να κάνει με το χρονικό διάστημα του καρδιακού κύκλου που θα μελετηθεί και για να οριστεί χρειάζεται δύο τιμές, οι οποίες είναι άμεσα σχετιζόμενες με το σημείο αναφοράς.

Σε έναν χάρτη χρονισμού, τα σημεία που θα πάρουν χρώμα βρίσκονται μέσα στο παράθυρο ενδιαφέροντος που έχει οριστεί (WOI). Σε αυτό το παράθυρο αντιστοιχεί και μπάρα του χρώματος. Το κόκκινο είναι στο αριστερό μέρος του παραθύρου και το μωβ στο δεξί. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται πιο αναλυτικά η εξήγηση.

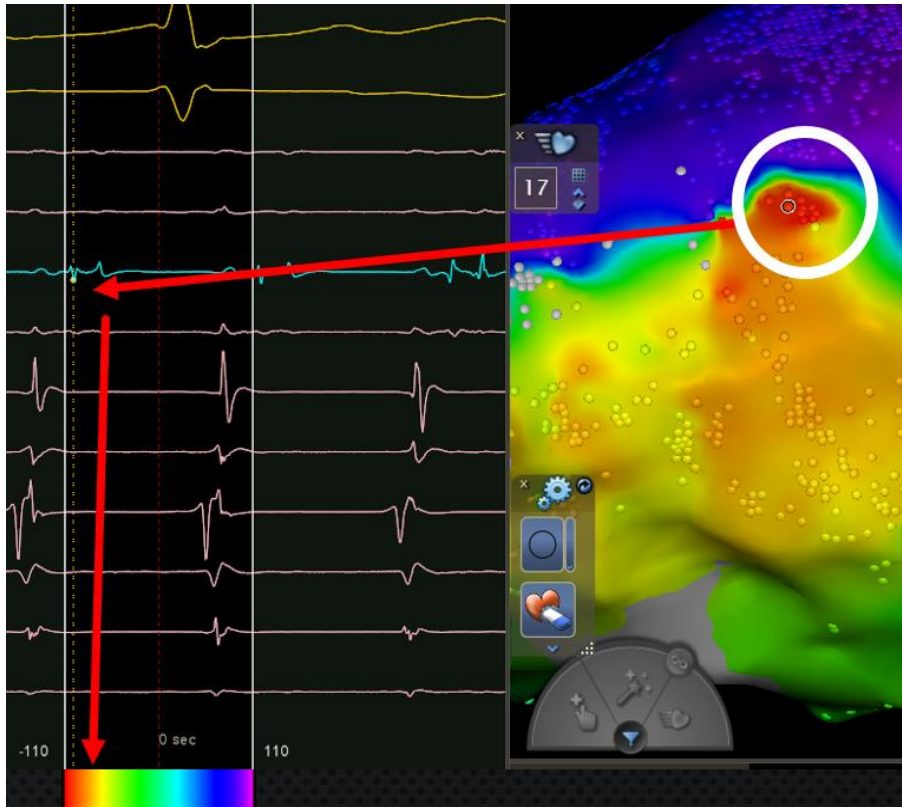


Εικόνα 20: Παράθυρο ενδιαφέροντος σε αντιστοιχία με τον χρωματικό κώδικα

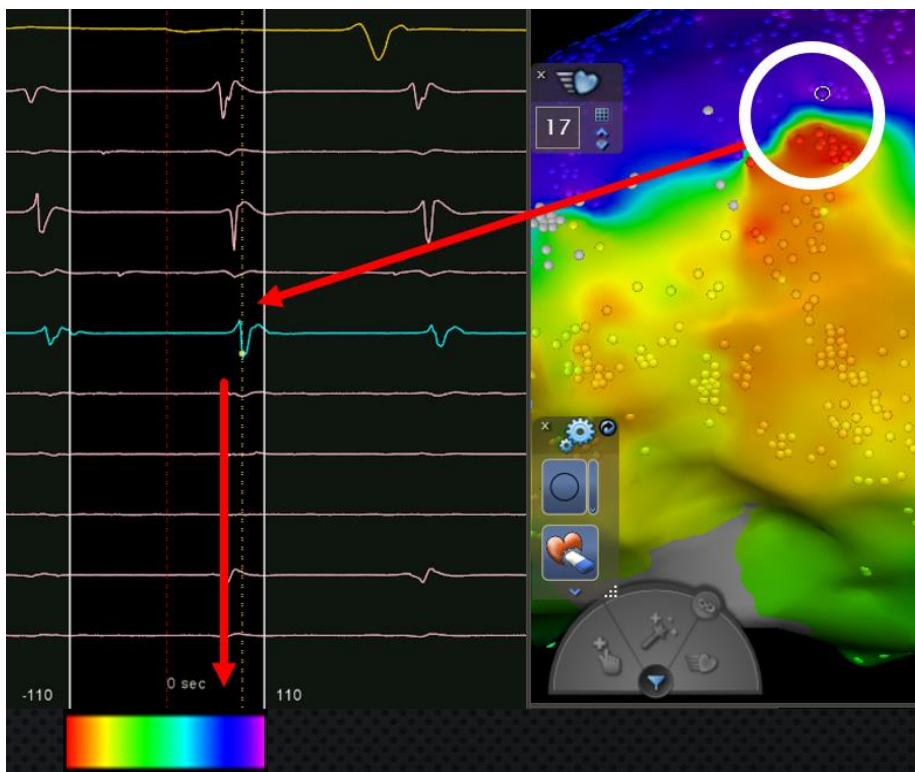
Έτσι λοιπόν το σήμα που είναι με επιλεγμένο (ανοιχτό μπλε χρώμα) μέσω του παραπάνω αλγορίθμου θα δώσει στο σημείο που αντιστοιχεί χρώμα κίτρινο.

Παίρνοντας πολλά σημεία με τον ίδιο τρόπο δημιουργείται ο χάρτης.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



Εικόνα 21: Σημείο στην αρχή του παραθύρου και η αντιστοιχία του με κόκκινο χρώμα



Εικόνα 22: Σημείο στο τέλος του παραθύρου και η αντιστοιχία του με μωβ χρώμα

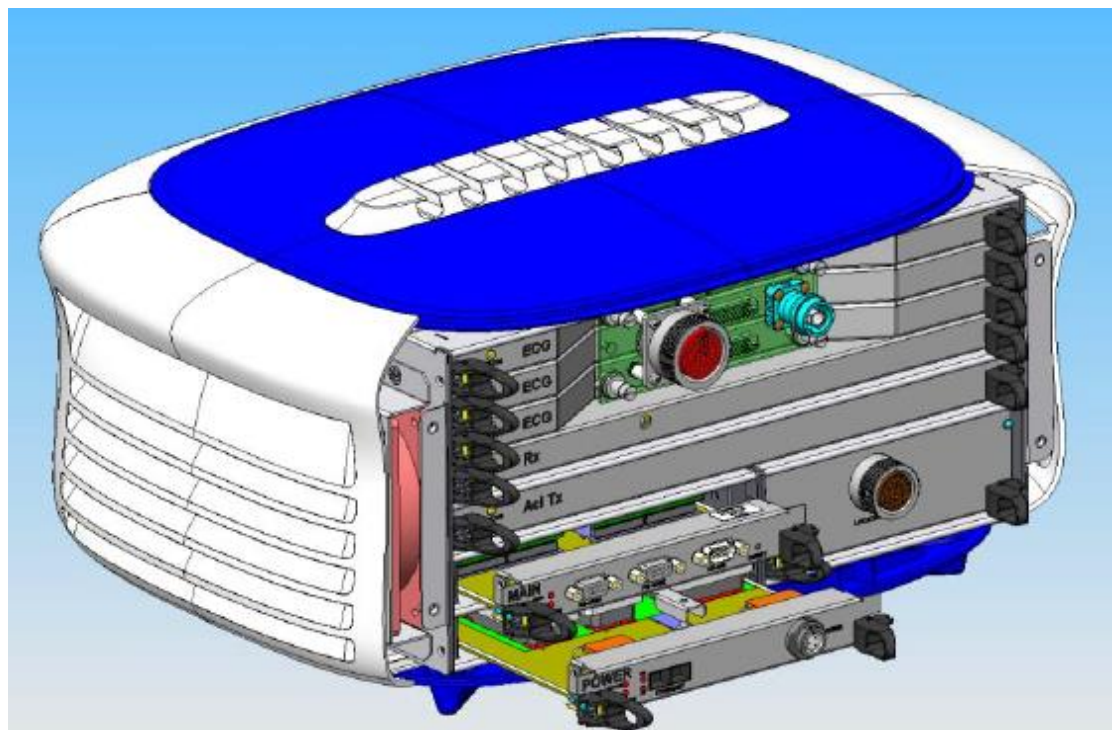
4. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΑΡΡΥΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Για την χαρτογράφηση των περιστατικών η αρχική διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται παρακάτω.

Στο μπροστινό μέρος του PIU συνδέθηκαν όλοι οι καθετήρες, το καρδιογράφημα, η γεννήτρια και το σύστημα των αυτοκόλλητων ασθενούς. Όλα δηλαδή τα σήματα και οι πληροφορίες που έρχονται από τον ασθενή, ως είσοδο έχουν το μπροστινό μέρος του PIU.



Εικόνα 23: Μπροστινό μέρος του PIU με συνδεδεμένους καθετήρες
Πηγή: <https://www.e-ifu.com/search-document-metadata/carto>



Εικόνα 24: Σχέδιο με το πίσω μέρος του PIU και τις πλακέτες
Πηγή: <https://www.e-ifu.com/search-document-metadata/carto>

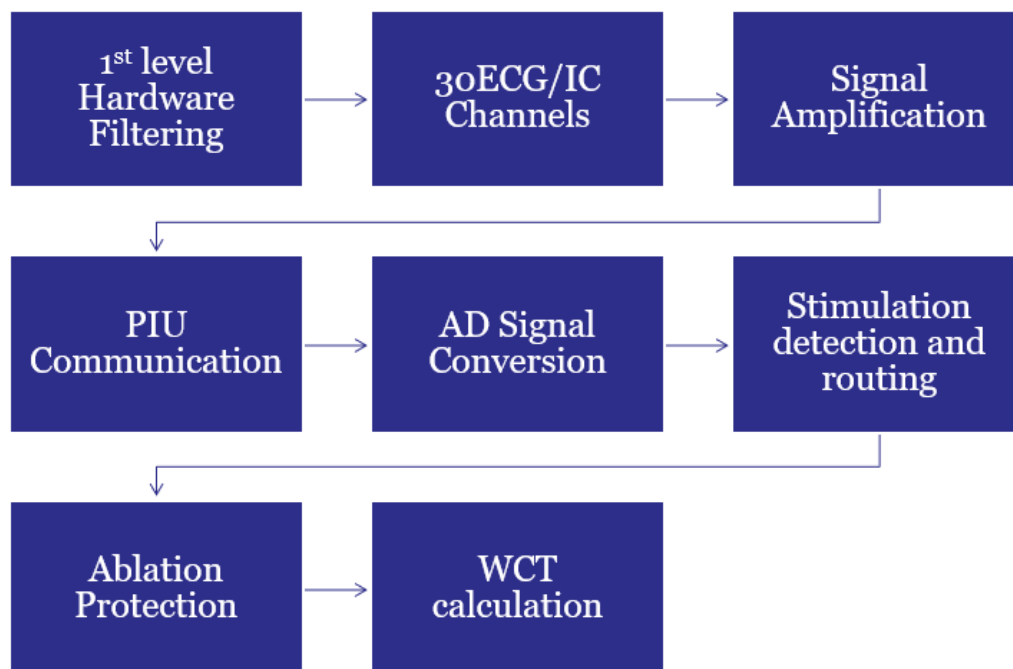
Τα σήματα που προέρχονται από τους ενδοκαρδιακούς καθετήρες και από το καρδιογράφημα επιφανείας επεξεργάζονται και φιλτράρονται από 3 πλακέτες, τις ECG Boards.

Αυτές έχουν μια έξοδο που μέσω οπτικής ίνας καταλήγει στον υπολογιστή (Work Station) για να γίνει η τελική αξιολόγηση των σημάτων και να τοποθετηθούν ως σημείο με χρονικές και ηλεκτρικές ιδιότητες στον ανατομικό χάρτη. Σύμφωνα με τα φίλτρα που έχει ρυθμίσει ο τεχνικός για την χαρτογράφηση. Υπάρχει και μια δεύτερη έξοδος για να περάσουν αυτά τα σήματα σε άλλη συσκευή, στο καταγραφικό και να εμφανίζονται εκεί φιλτραρισμένα από θόρυβο.

Σε αυτές διεξάγεται μια πρώτη επεξεργασία των αναλογικών σημάτων του καρδιογραφήματος και των ενδοκοιλοτικών ηλεκτρογραμμάτων από βαθυπερατά φίλτρα και ύστερα περνάει από ενισχυτές. Το σύστημα διαβάζει σήματα από 10 μV μέχρι 300 mV. Οι πλακέτες διαθέτουν ταχύτατους μετατροπείς σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 8 kHz.

Οι πλακέτες είναι πανομοιότυπες μεταξύ τους και μπορούν να επεξεργαστούν 80 ενδοκαρδιακά σήματα και 10 σήματα από το καρδιογράφημα επιφανείας.

Τέλος η πρώτη πλακέτα υπολογίζει το Wilson's Central Terminal (WCT), ένα σημείο εικονικό τεχνητά δημιουργημένο. Υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ηλεκτροδίων των άκρων και χρησιμεύει ως το αρνητικό μέρος για τις προκάρδιες απαγωγές (V1 – V6) αλλά και για την δημιουργία των μονοπολικών σημάτων στα δίπολα των διαγνωστικών καθετήρων.



Εικόνα 25: Διάγραμμα ροής σημάτων

Πηγή: <https://www.e-ifu.com/search-document-metadata/carto>

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

Τα σήματα από τα αυτοκόλλητα ασθενούς και τα ρεύματα μεταξύ των αυτοκόλλητων και των καθετήρων λαμβάνονται από την πλακέτα Loc Rx με μεγάλο ρυθμό δειγματοληψίας. Συνδυάζεται δηλαδή η μαγνητική τεχνολογία με αυτή των αντιστάσεων μέσω των ρευμάτων (ACL) ώστε να προκύψει με μεγάλη ακρίβεια η θέση κάθε καθετήρα χωρίς αισθητήρα.

Συνολικά η πλακέτα μπορεί να λαμβάνει μαγνητικά σήματα από 11 αισθητήρες, 6 από τα αυτοκόλλητα ασθενούς, 4 από καθετήρες με μαγνητικούς αισθητήρες και 1 από τον ενδοκαρδιακό υπέρηχο.

Τα ρεύματα τα οποία παράγονται από τα αυτοκόλλητα ασθενούς και τους καθετήρες που χρησιμοποιούνται από τον αλγόριθμο ACL προκύπτουν από την ACL Tx Board. Παράγει και εκπέμπει αναλογικά σήματα στα ενδοκαρδιακά ηλεκτρόδια και στα αυτοκόλλητα ασθενούς και παρακολουθεί τις τάσεις στις εξόδους των καναλιών των ενδοκαρδιακών ηλεκτροδίων με συχνότητα εκπομπής από 100 kHz έως 110 kHz. Επίσης η πλακέτα παράγει σήματα βαθμονόμησης για τα έξι αυτοκόλλητα ασθενούς.

Η πλακέτα Main Board διαχειρίζεται όλο το PIU. Ελέγχει τις υπόλοιπες πλακέτες και τις λειτουργίες τους. Επεξεργάζεται όλα τα δεδομένα (καρδιογραφήματος, ηλεκτρογραμμάτων, μαγνητικής τοποθεσίας, ACL). Ελέγχει τις επικοινωνίες των πλακετών μεταξύ τους μέσω διαύλου I2C καθώς διεξάγει και τα ενσωματωμένα διαγνωστικά για την καλή λειτουργία του συστήματος.

Για την δημιουργία του μαγνητικού πεδίου ευθύνεται η Mag Tx Board. Η κάρτα παράγει ρεύματα τα οποία αναγκάζουν τα 9 πηνία του μαγνήτη να έχουν συχνότητες από 2.010 Hz έως 2.610 Hz.

Η πλακέτα εκπέμπει αναλογικά σήματα στον μαγνήτη, ο οποίος χρησιμοποιεί τοπολογία σχεδίασης συντονισμού. Έτσι ο μαγνήτης παράγει ένα μαγνητικό πεδίο για τους καθετήρες της Biosense Webster με μαγνητικό αισθητήρα. Έτσι δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο της καρδιάς όπως εξηγήθηκε παραπάνω.

Η πλακέτα υποστηρίζει 9 πηνία τα οποία βρίσκονται μέσα στον μαγνήτη μέσω 9 καναλιών, ένα για το κάθε πηνίο. Κάθε κανάλι έχει έναν μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, μονάδα προ ενίσχυσης και μονάδα ενίσχυσης ρεύματος. Στην κάρτα επίσης υπάρχει και ένας δέκτης για κάθε ένα από τα 9 κανάλια που χρησιμεύει στην βαθμονόμηση των καναλιών εκπομπής.

Η πλακέτα περιέχει πέντε τμήματα. Κάθε τμήμα υποστηρίζει δύο κανάλια και βασίζεται σε τεχνολογία Class-D όσο αναφορά την τροφοδοσία η οποία προσφέρει μικρή κατανάλωση ενέργειας (μέσω της εναλλαγής της συχνότητας δειγματοληψίας) και μικρότερη κατανάλωση χώρου. Ένα κύκλωμα σειριακού συντονισμού δημιουργεί την κατάσταση συντονισμού. Η αντίσταση βρίσκεται στο τμήμα τροφοδοσίας ενώ το πηνίο και ο πυκνωτής στον μαγνήτη.

Η τροφοδοσία όλων των πλακετών του PIU με την κατάλληλη συνεχή τάση γίνεται από την πλακέτα DC2DC. Παρέχει 1,5 kV απομόνωση ασφαλείας από εξωτερική τροφοδοσία, προστασία κατά της αύξησης θερμοκρασίας και των εναλλαγών του ρεύματος ή της τάσης εισόδου, επικοινωνία με τον υπολογιστή (WorkStation) μέσω οπτικής ίνας. Παράλληλα προσφέρει παρακολούθηση της μνήμης EEPROM, του

αισθητήρα θερμοκρασίας, της τάσης, του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και του ανεμιστήρα ψύξης μέσω ενός I2C μικροελεγκτή.

Από την στιγμή που έχει δημιουργηθεί το μαγνητικό πεδίο, τα αυτοκόλλητα ασθενούς είναι στην σωστή θέση και έχουν αναγνωρίσει την αναπνοή και οι καθετήρες βρίσκονται στην κοιλότητα που πρέπει να χαρτογραφηθεί, ξεκινάει η διαδικασία της λήψης του ηλεκτροανατομικού χάρτη.

Οι ηλεκτροανατομικοί χάρτες που έχουν προκύψει στα παρακάτω περιστατικά και μελετώνται προέρχονται από τον προσομοιωτή της Biosense Webster και αντικατοπτρίζουν τις συνθήκες που συναντώνται στο εργαστήριο.

4.1 Χαρτογράφιση Κολπικής μαρμαρυγής

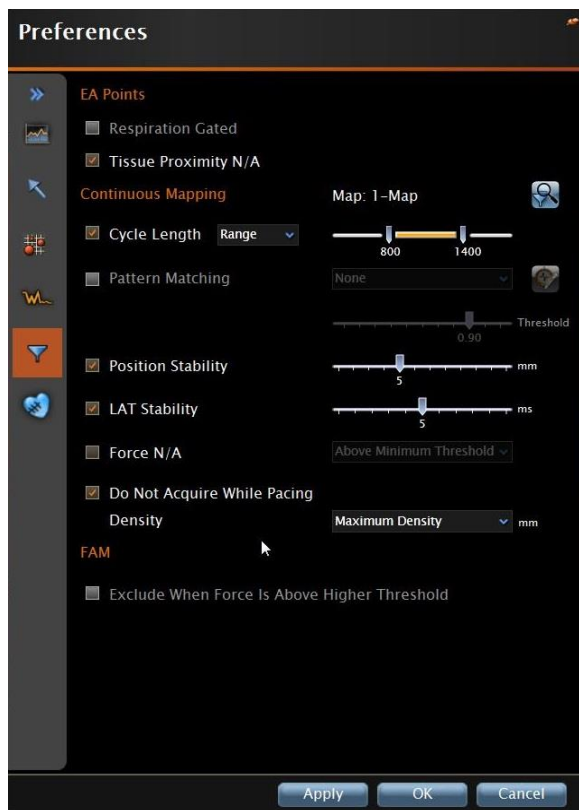
Για το περιστατικό της κολπικής μαρμαρυγής, πρέπει να δημιουργηθεί ένας χάρτης με ακριβή ανατομία και να εμφανίζεται το υπόστρωμα.

Η χαρτογράφιση στο συγκεκριμένο περιστατικό έγινε επί φλεβοκομβικού ρυθμού (περίπου 830 – 900 ms κύκλος) για να εξασφαλιστεί η σωστή ανατομία καθώς η κίνηση του μυοκαρδίου επί αρρυθμίας διαφέρει από την κίνηση επί φυσιολογικού ρυθμού. Επίσης στον φλεβόκομβο φαίνονται και τα σημεία τα οποία οι φλέβες είναι ενεργές ηλεκτρικά και πυροδοτούν την κολπική μαρμαρυγή. Παράλληλα φαίνεται και το πόσο υγιής είναι ο ιστός του αριστερού κόλπου και ο γιατρός να κρίνει αν χρειάζεται επιπλέον ablation εκτός από αυτό για την απομόνωση των φλεβών.

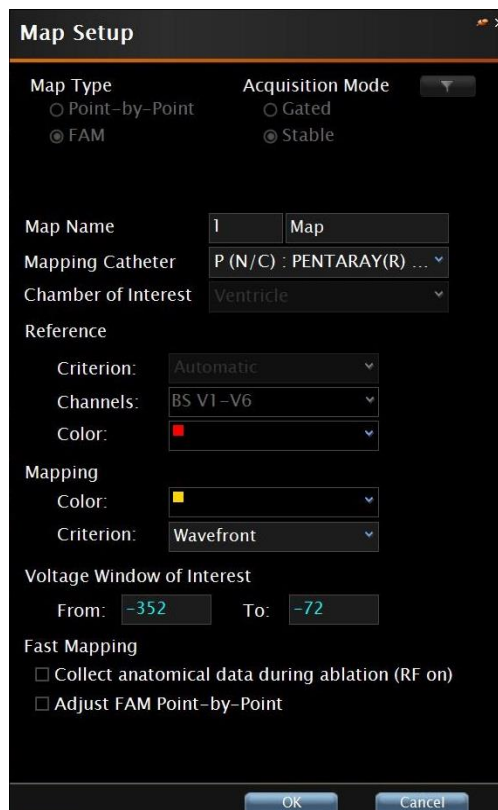
Οι ρυθμίσεις για την δημιουργία του χάρτη είναι οι εξής:

- | | | | |
|---|--------------------|-----------------|----------|
| - | Cycle Length | From: 800 | To: 1400 |
| - | TPI | ON | |
| - | LAT Stability | 5 ms | |
| - | Position Stability | 5 ms | |
| - | Reference | ARA (BS: V1-V6) | |
| - | WOI | From: -352 | To: -72 |

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



Εικόνα 26: Φίλτρα λήψης ηλεκτρικών σημείων



Εικόνα 27: Ρυθμίσεις για ορισμό σημείου αναφοράς και παράθυρου ενδιαφέροντος

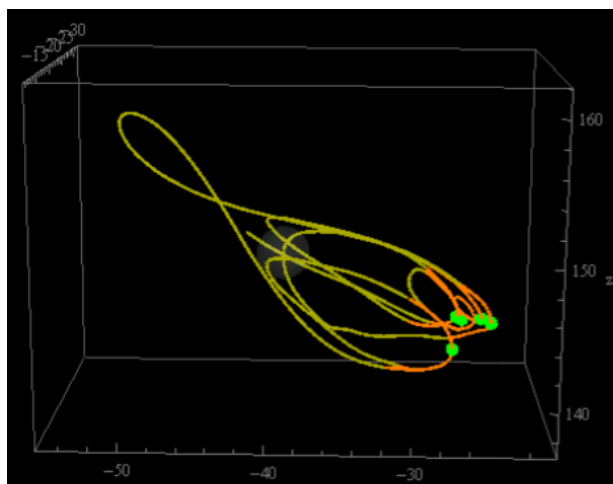


Εικόνα 28: Παράθυρο ενδιαφέροντος που καλύπτει μόνο την δραστηριότητα του κόλπου.

Στην συνέχεια, το σύστημα πρέπει να αναγνωρίσει την αναπνοή του ασθενούς και να δημιουργήσει ένα γράφημα αναπνοής, ώστε η λήψη ανατομίας κατά την χαρτογράφηση θα γίνεται μόνο κατά την εκπνοή του ασθενούς. Έτσι το τρισδιάστατο ανατομικό μοντέλο που θα δημιουργηθεί θα είναι αξιόπιστο διότι θα έχει περιοριστεί το σφάλμα της ανατομίας από την μετατόπιση της καρδιάς λόγω της αναπνοής.

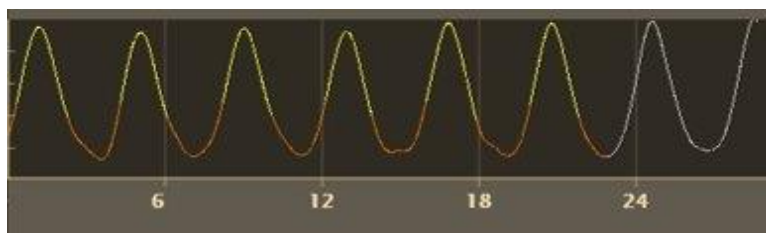
Για την «προπόνηση» του συστήματος στην αναπνοή ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Ο γιατρός κατευθύνει τον μαγνητικό καθετήρα (sensor-based) ώστε να ακουμπήσει σε κάποιο τοίχωμα της καρδιάς για να κινείται και αυτός μαζί με την καρδιά στον ρυθμό της αναπνοής του ασθενούς. Πρέπει να μείνει σταθερός μέχρι να τελειώσει η διαδικασία. Το σύστημα εντοπίζει την θέση του καθετήρα και την καταγράφει καθώς αυτός κινείται στον χώρο. Μόλις ξεκινήσει η διαδικασία για την λήψη της αναπνοής το σύστημα εντοπίζει όλες τις κινήσεις που κάνει η άκρη του καθετήρα όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα:



Εικόνα 29: Δεδομένα του καθετήρα που σχετίζονται με την αναπνοή.
Πηγή: <https://www.e-ifu.com/search-document-metadata/carto>

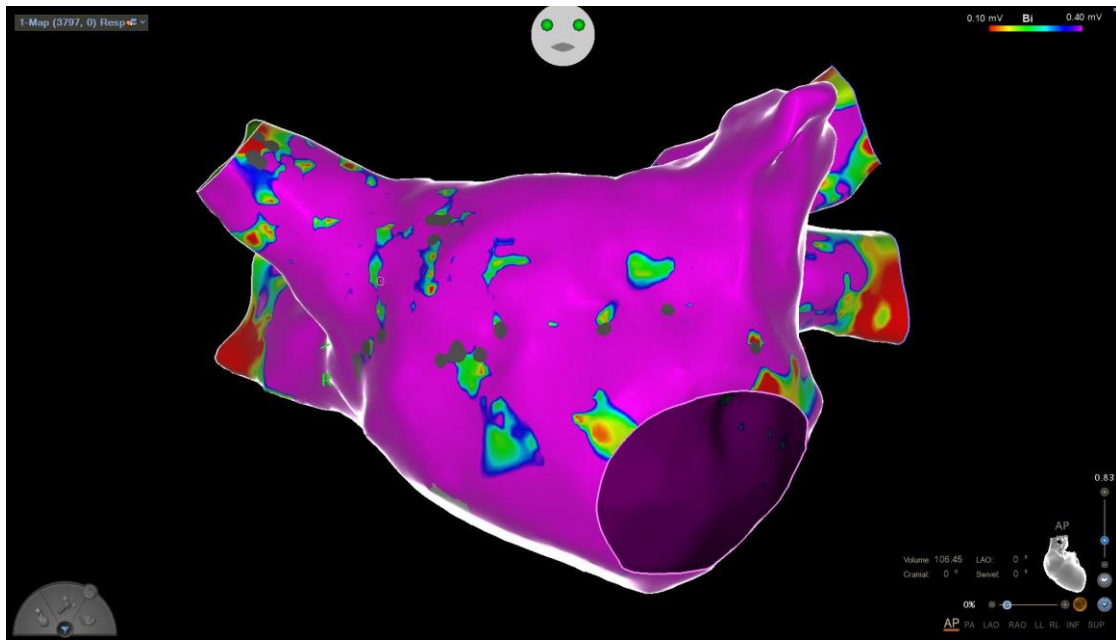
- Τα τρία αυτοκόλλητα ασθενούς της πλάτης με τα τρία του στήθους μετράνε τον όγκο των πνευμόνων κατά την αναπνοή με την χρήση συχνοτήτων ρεύματος μεταξύ τους. Στην εισπνοή καθώς οι πνεύμονες γεμίζουν με αέρα, τα αυτοκόλλητα του στήθους απομακρύνονται από αυτά της πλάτης. Έτσι η αντίσταση αυξάνεται λόγω της αυξημένης απόστασης αλλά και του αέρα που παρεμβάλλεται. Στην εκπνοή συμβαίνει το αντίθετο, η αντίσταση δηλαδή μικραίνει. Το σύστημα κρατάει τα ρεύματα που έχει στην μικρότερη αντίσταση, δηλαδή στην εκπνοή του ασθενούς.
- Καταγράφοντας την κίνηση του τοιχώματος της καρδιάς (ενώ ο καθετήρας ακουμπάει σε αυτό) με μεγάλη ακρίβεια και την ακριβή στιγμή της εκπνοής το σύστημα δημιουργεί ένα γράφημα το οποίο αντιστοιχεί στην αναπνοή του ασθενούς.



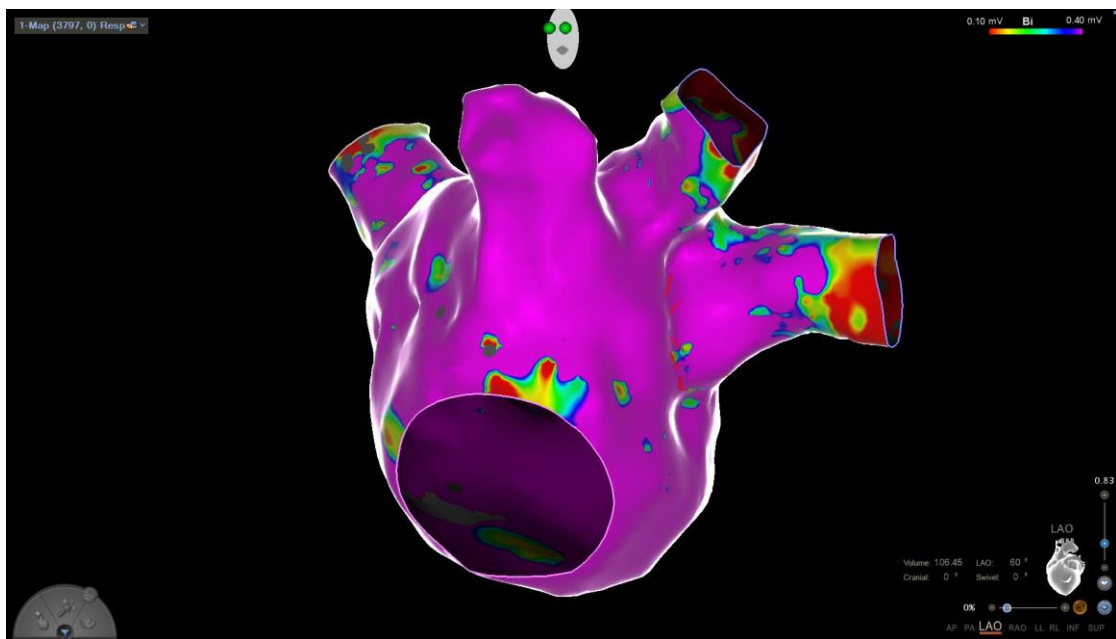
Εικόνα 30: Γράφημα αναπνοής και ρύθμιση για λήψη σημείων μόνο κατά την εκπνοή.
Πηγή: <https://link.springer.com>

Τα δεδομένα από εδώ και πέρα θα παίρνονται μόνο στην εκπνοή του ασθενούς (πορτοκαλί κομμάτι του γραφήματος). Ο ανατομικός χάρτης που θα δημιουργηθεί θα αποτυπώνει πιστά την πραγματική ανατομία της καρδιάς καθώς όλα τα δεδομένα θα έχουν ληφθεί υπό τις ίδιες συνθήκες αναπνοής.

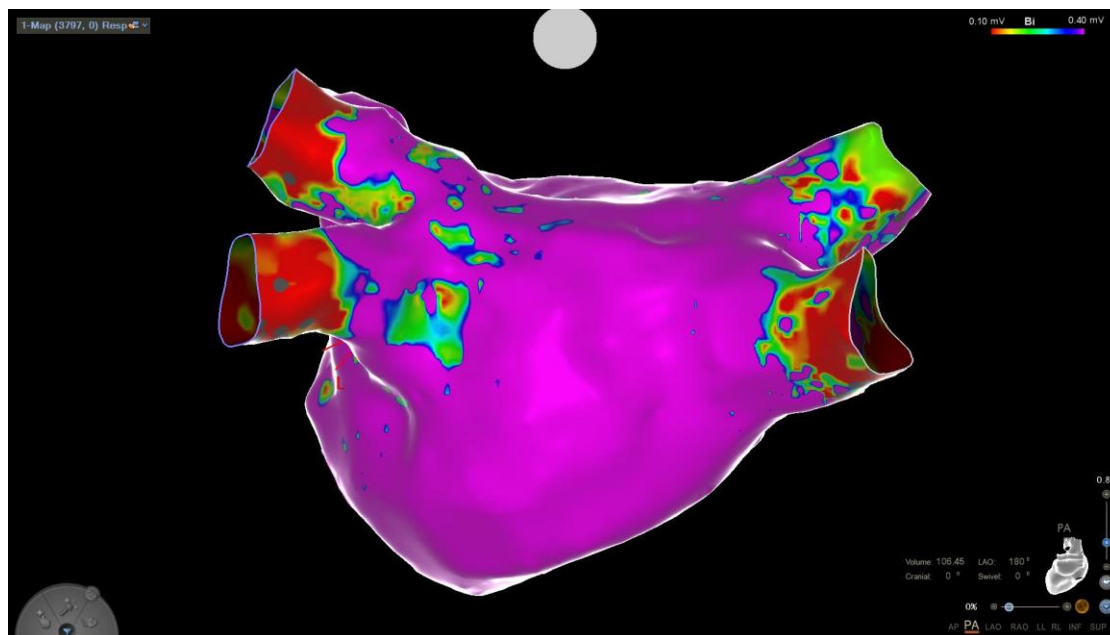
Με τις παραπάνω ρυθμίσεις το αποτέλεσμα της χαρτογράφησης που προκύπτει φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, που είναι διαφορετικές προβολές του αριστερού κόλπου.



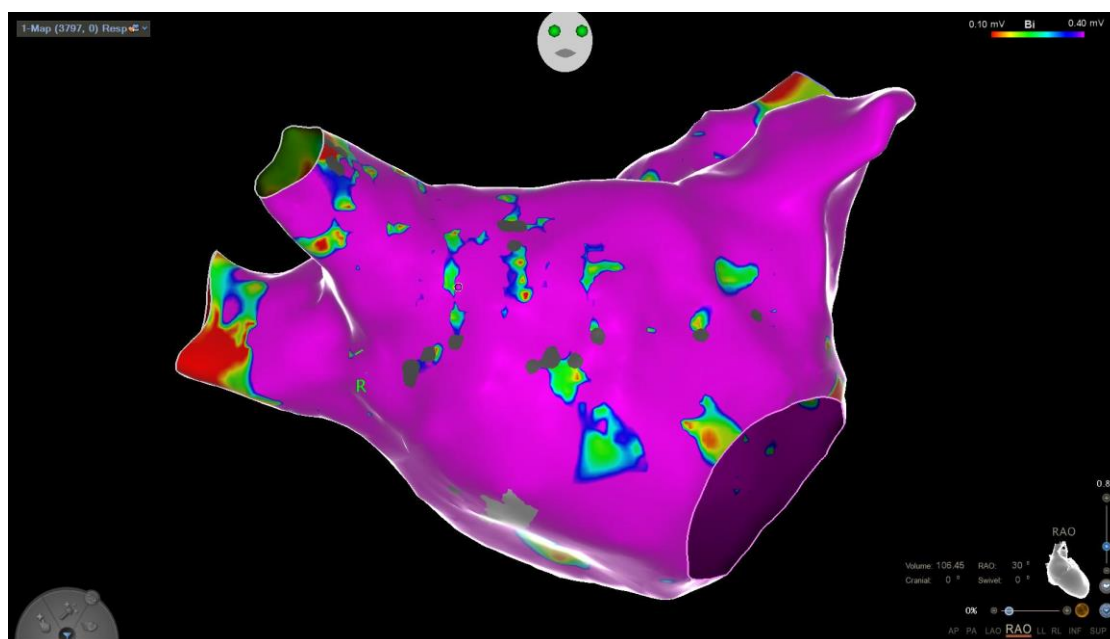
Εικόνα 31: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε προσθοπίστια (AP) προβολή πριν την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.



Εικόνα 32: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε αριστερή πρόσθια λοξή (LAO) προβολή πριν την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.

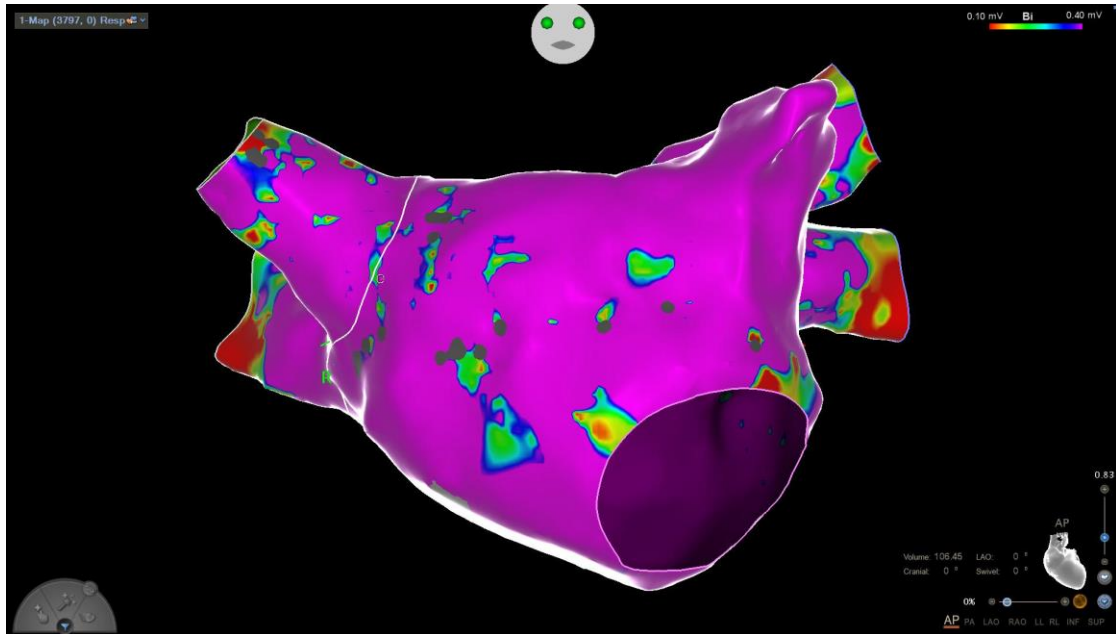


Εικόνα 33: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε οπισθοπρόσθια (PA) προβολή πριν την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.

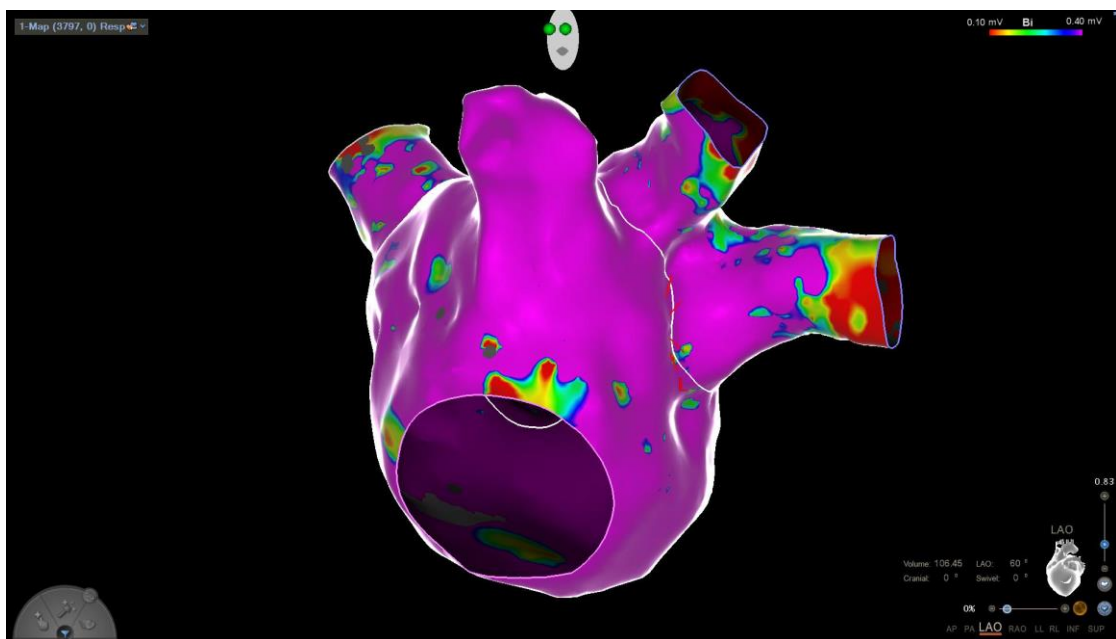


Εικόνα 34: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε δεξιά πρόσθια λοξή (RAO) προβολή πριν την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.

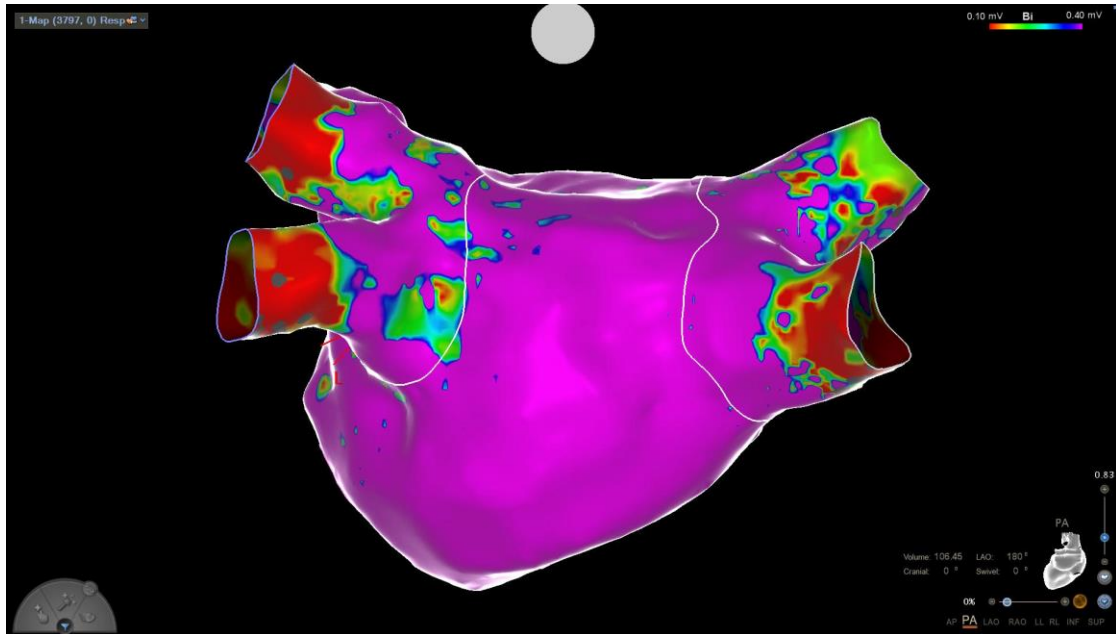
Μετά την παραπάνω χαρτογράφηση, αποφασίστηκε να δοθεί θεραπεία περιμετρικά των πνευμονικών φλεβών για την ηλεκτρική τους απομόνωση στις άσπρες γραμμές που σχεδιάστηκαν από τον τεχνικό σε συνεργασία με τον γιατρό και φαίνονται παρακάτω:



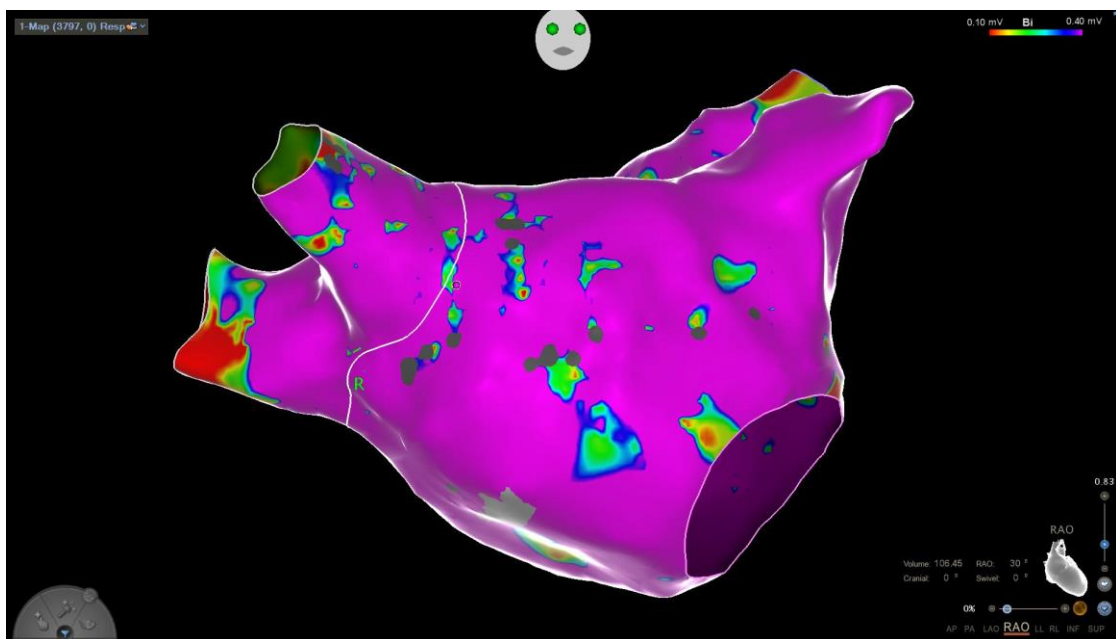
Εικόνα 35: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε προσθοπίσθια (AP) προβολή με σχεδιασμένες γραμμές για την καθοδήγηση του ablation.



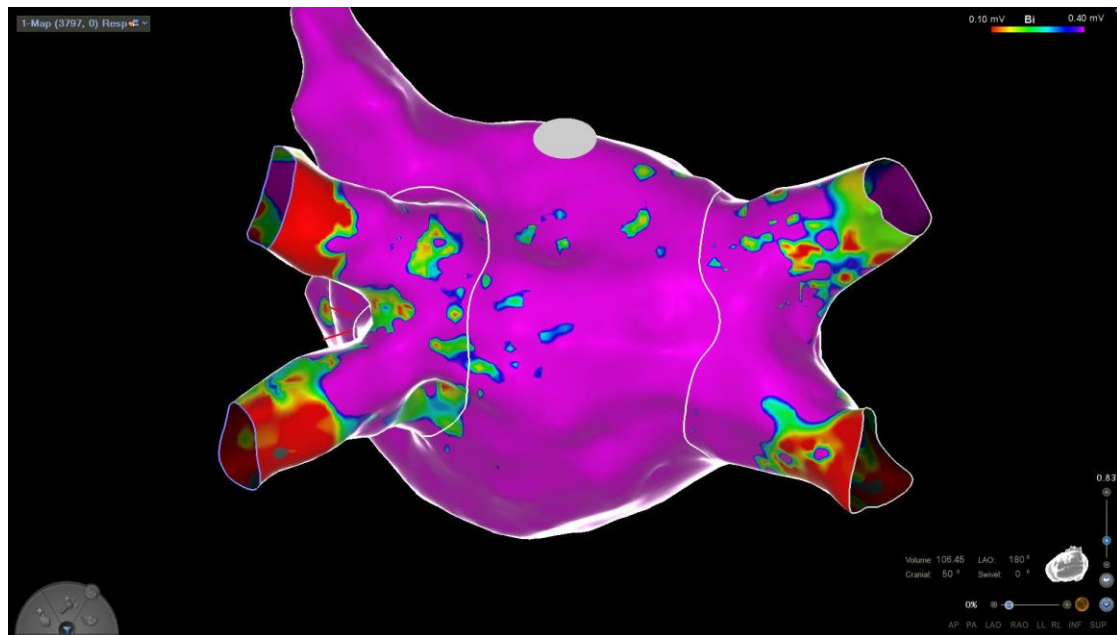
Εικόνα 36: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε αριστερή πρόσθια λοξή (LAO) προβολή με σχεδιασμένες γραμμές για την καθοδήγηση του ablation.



Εικόνα 37: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε οπισθοπρόσθια (PA) προβολή με σχεδιασμένες γραμμές για την καθοδήγηση του ablation.

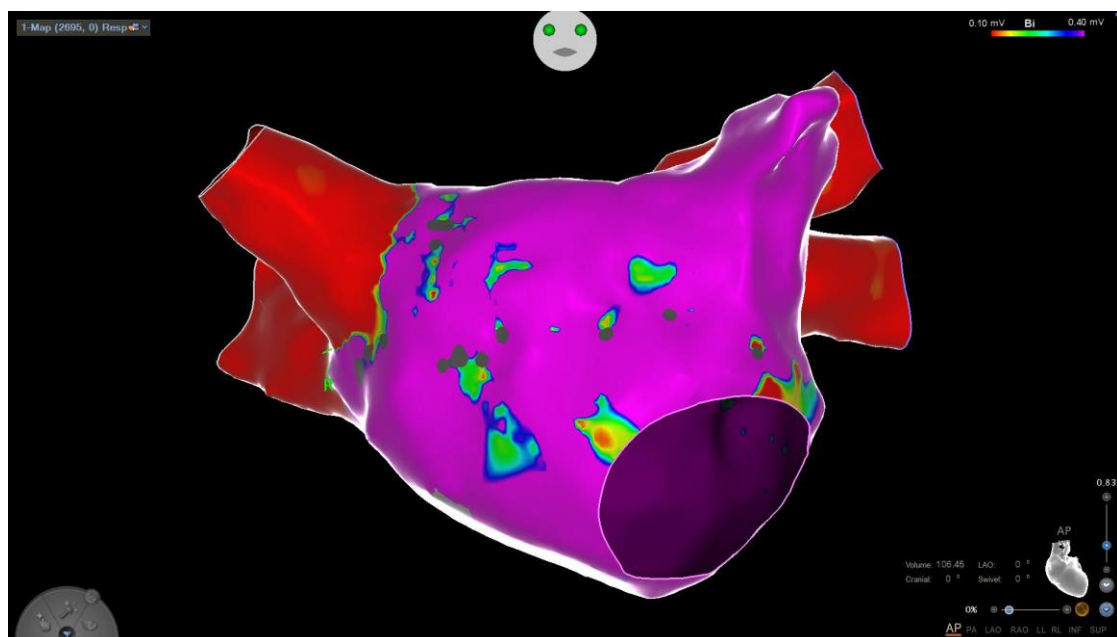


Εικόνα 38: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε δεξιά πρόσθια λοξή (RAO) προβολή με σχεδιασμένες γραμμές για την καθοδήγηση του ablation.



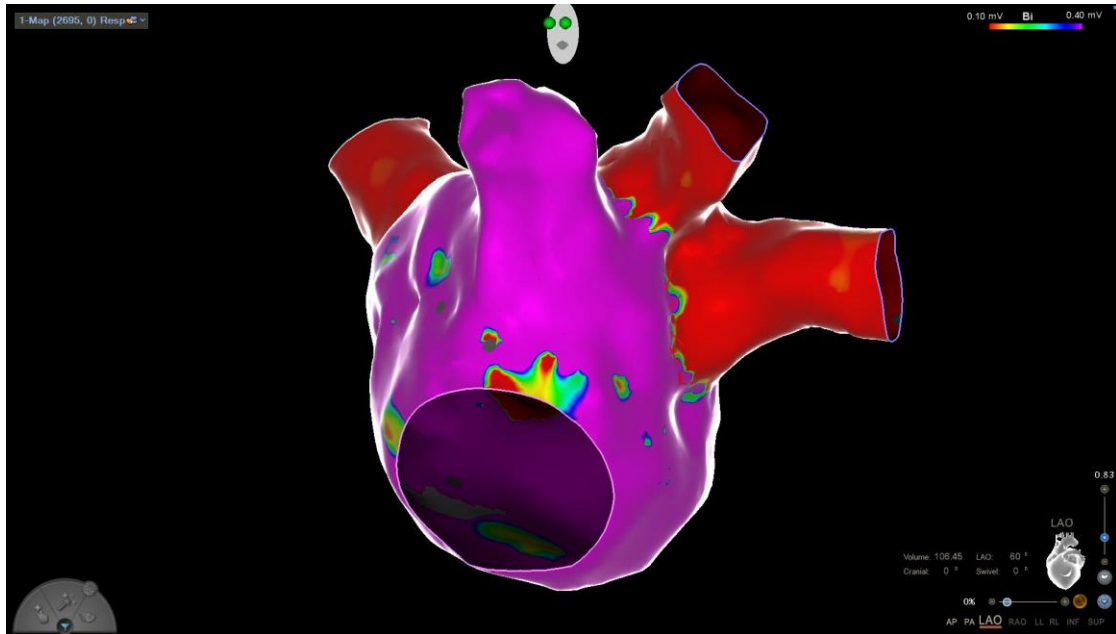
Εικόνα 39: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε οπισθοπρόσθια (PA) και διαμασχαλιαία (INF) προβολή με σχεδιασμένες γραμμές για την καθοδήγηση του ablation.

Μετά την χορήγηση βλαβών, γίνεται χαρτογράφηση για την αξιολόγηση των βλαβών μέσω χάρτη υποστρώματος. Ο τελικός χάρτης έγινε με τις ίδιες ρυθμίσεις, δηλαδή επί φλεβοκόμβου και φαίνεται παρακάτω πως οι πνευμονικές φλέβες είναι πλέον ανενεργές ηλεκτρικά.

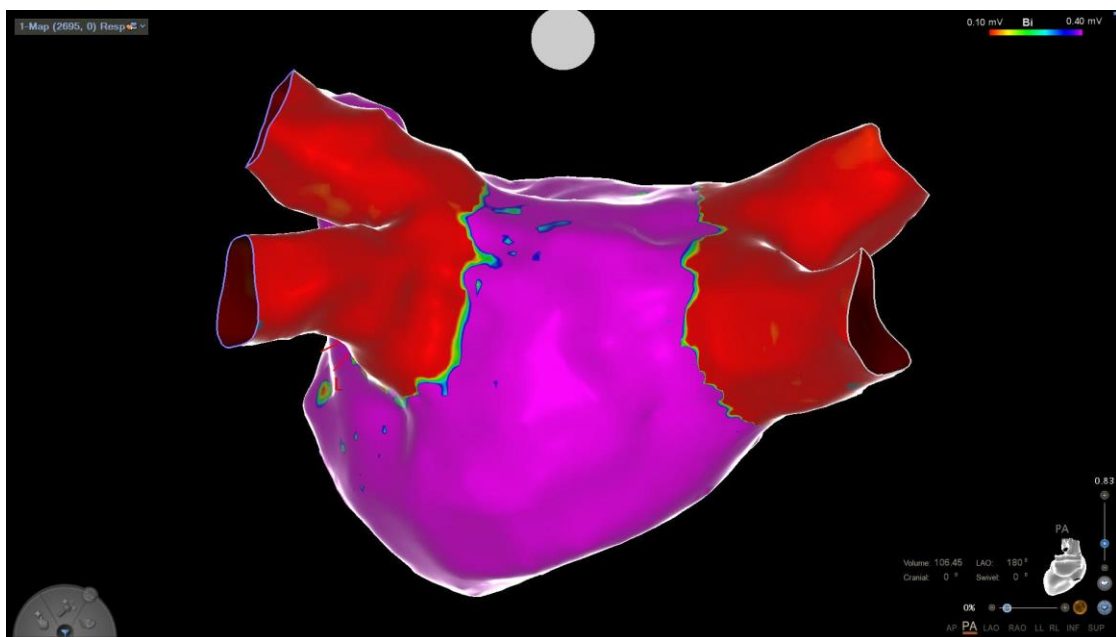


Εικόνα 40: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε προσθοπίσθια (AP) προβολή μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.

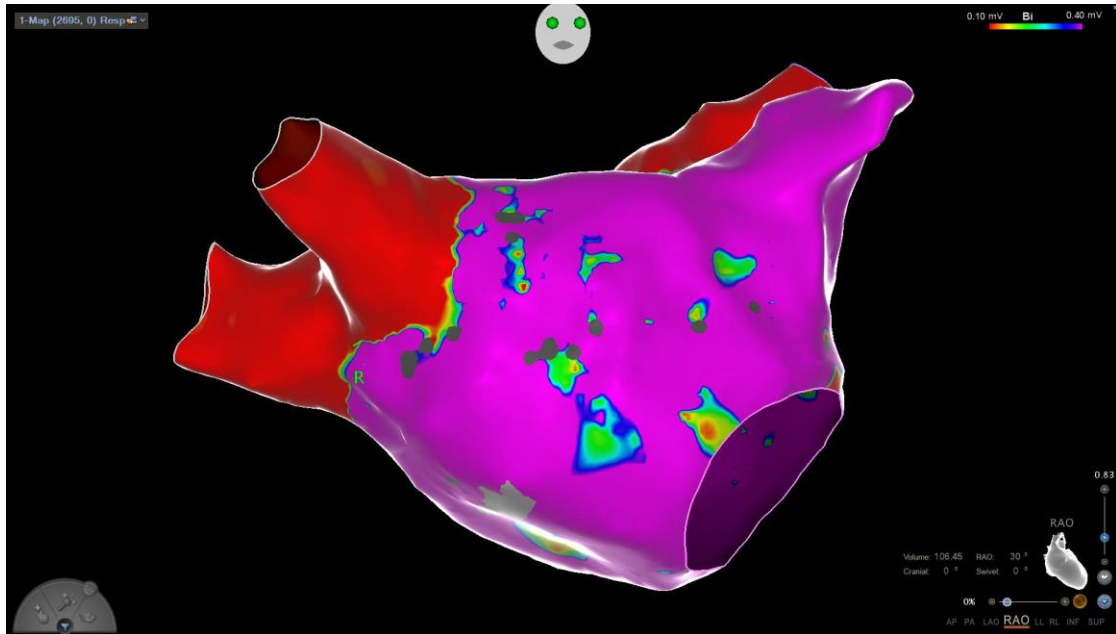
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



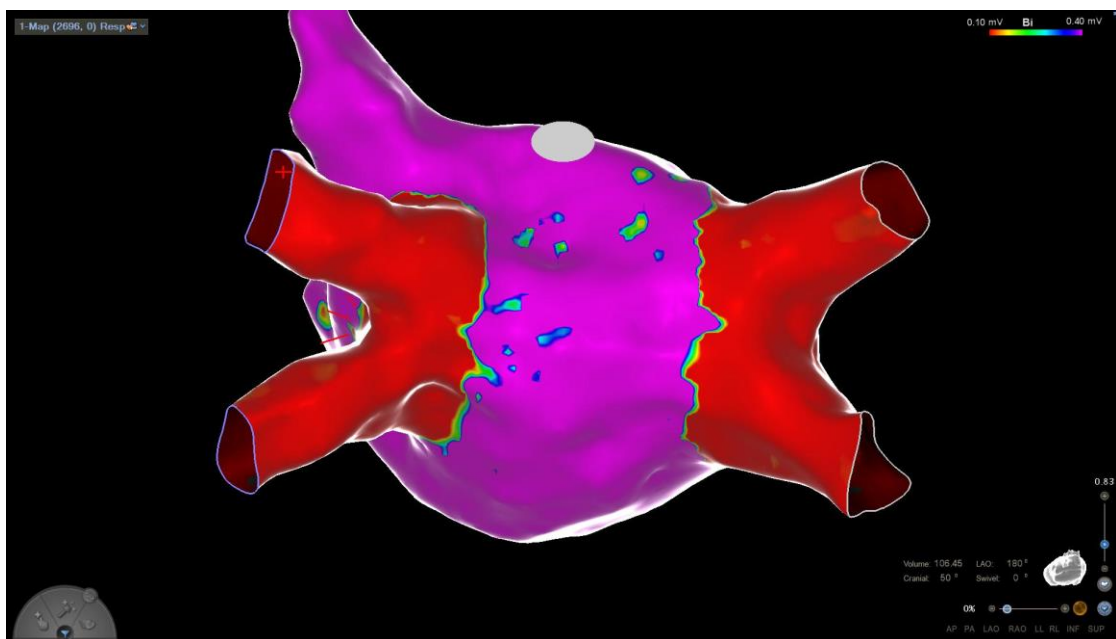
Εικόνα 41: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε αριστερή πρόσθια λοξή (LAO) προβολή μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.



Εικόνα 42: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε οπισθοπρόσθια (PA) προβολή μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.



Εικόνα 43: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε δεξιά πρόσθια λοξή (RAO) προβολή μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.



Εικόνα 44: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερού κόλπου σε οπισθοπρόσθια (PA) και διαμασχαλιαία (INF) προβολή μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών.

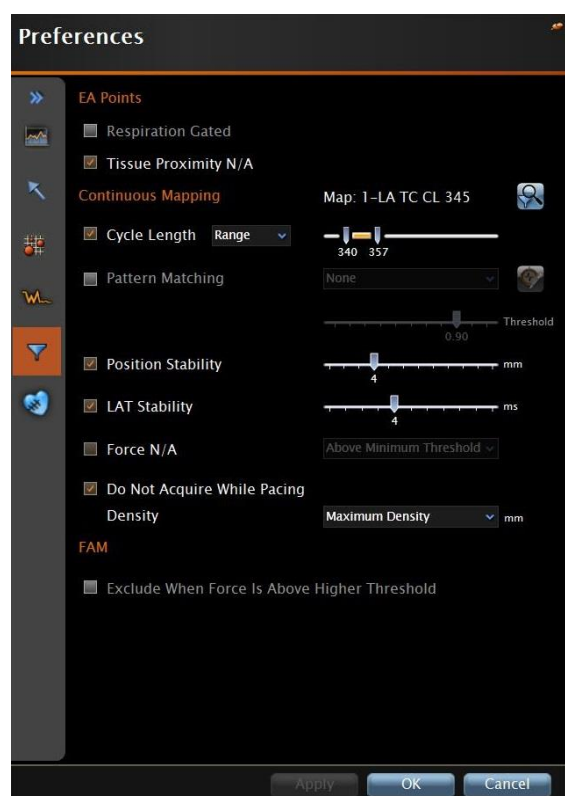
4.2 Χαρτογράφηση Κολπικού Πτερυγισμού

Για τον κολπικό πτερυγισμό, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας χάρτης χρονισμού επί ταχυκαρδίας. Έτσι στο ανατομικό μοντέλο, θα φαίνεται πως εκπολώνεται χρονικά ο κόλπος σε έναν κύκλο ταχυκαρδίας.

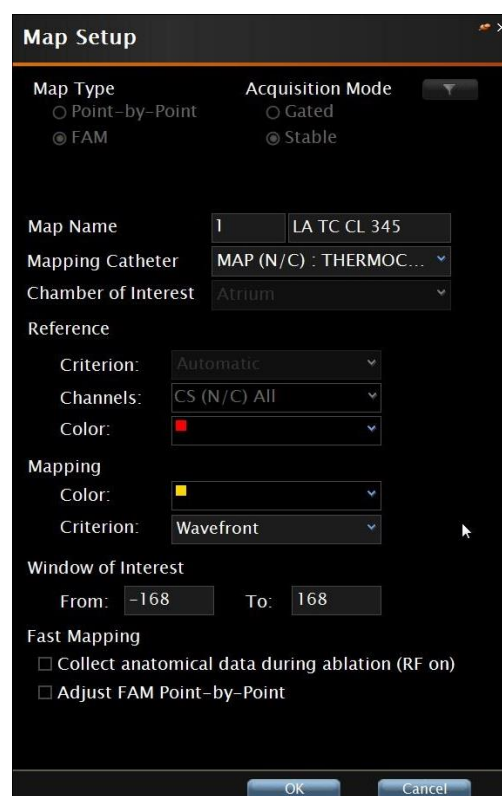
Η συγκεκριμένη περίπτωση έχει να κάνει με έναν κολπικό πτερυγισμό στον αριστερό κόλπο. Ο κύκλος μετρήθηκε στα 345 ms περίπου (από 342 έως 357 ms) και έτσι το παράθυρο ενδιαφέροντος μοιράστηκε 50/50 γύρω από το σημείο αναφοράς.

Αφού ο ασθενής μπει σε ταχυκαρδία και μετρηθεί ο κύκλος της, οι ρυθμίσεις για την δημιουργία του χάρτη είναι οι εξής:

- Cycle Length From: 340 To: 357
- TPI ON
- LAT Stability 4 ms
- Position Stability 4 ms
- Reference ARA (CS)
- WOI From: -168 To: 168

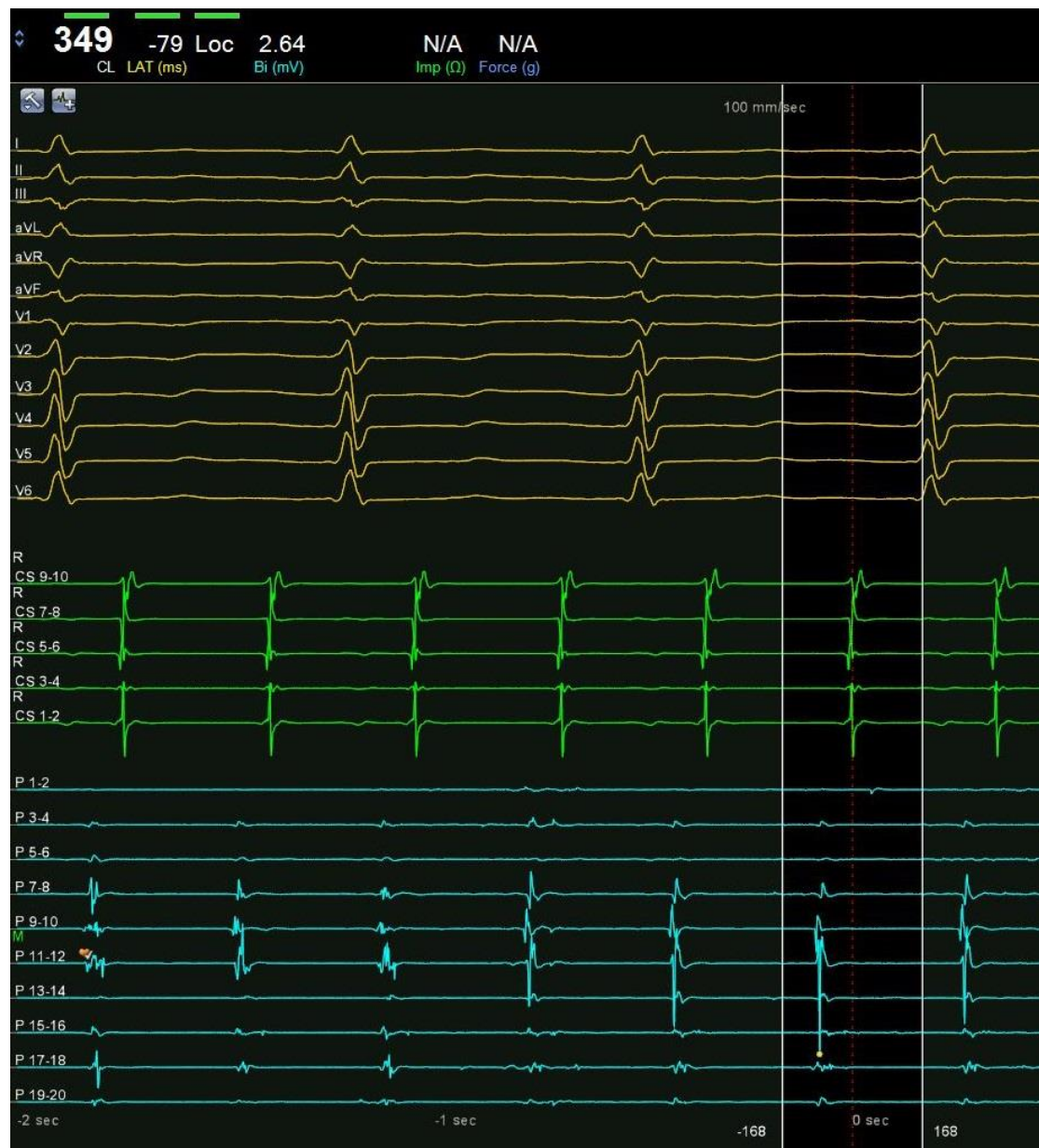


Εικόνα 45: Φίλτρα λήψης ηλεκτρικών σημείων



Εικόνα 46: Ρυθμίσεις για ορισμό σημείου αναφοράς και παράθυρου ενδιαφέροντος

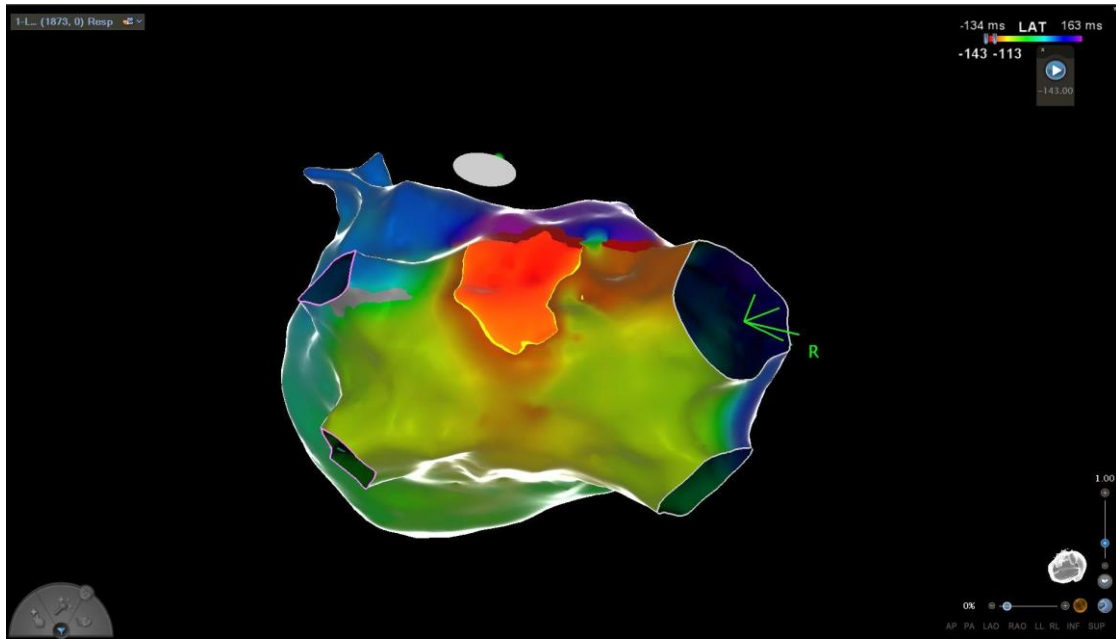
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



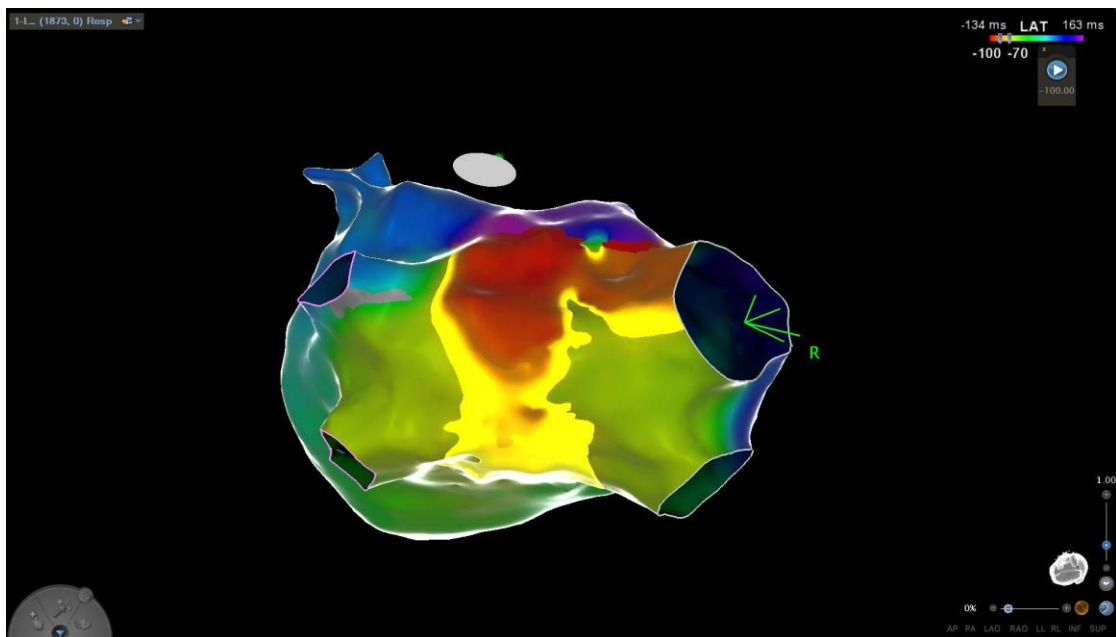
Εικόνα 47: Παράθυρο ενδιαφέροντος που καλύπτει τον κύκλο της ταχυκαρδίας.

Μετά την λήψη σημείων ομοιόμορφα κατανεμημένων στον ανατομικό χάρτη προέκυψε το εξής αποτέλεσμα:

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

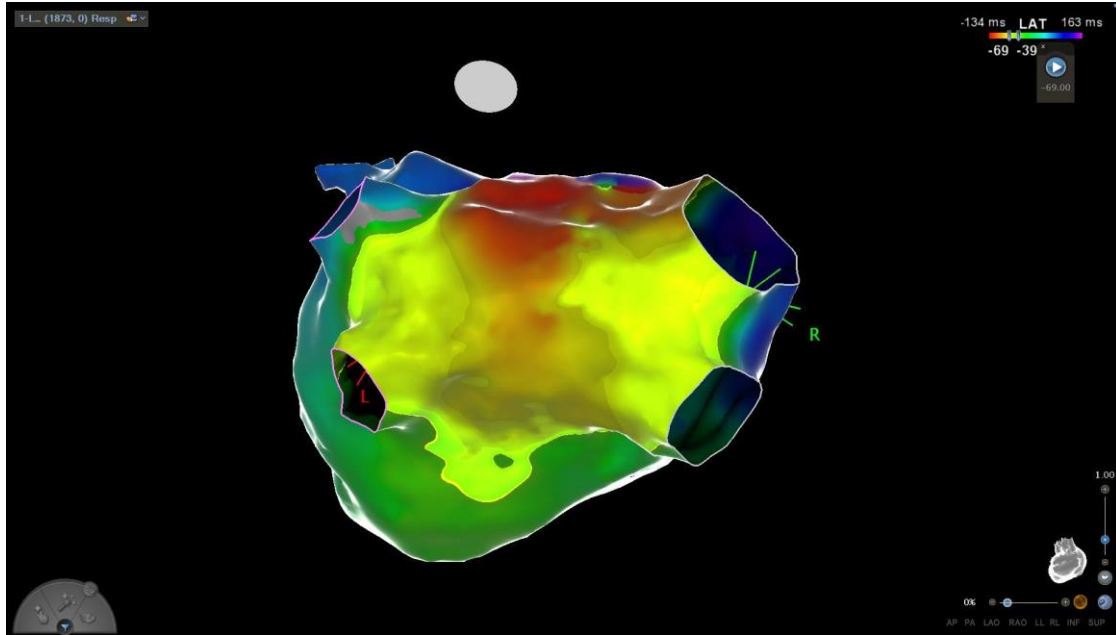


Εικόνα 48: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.

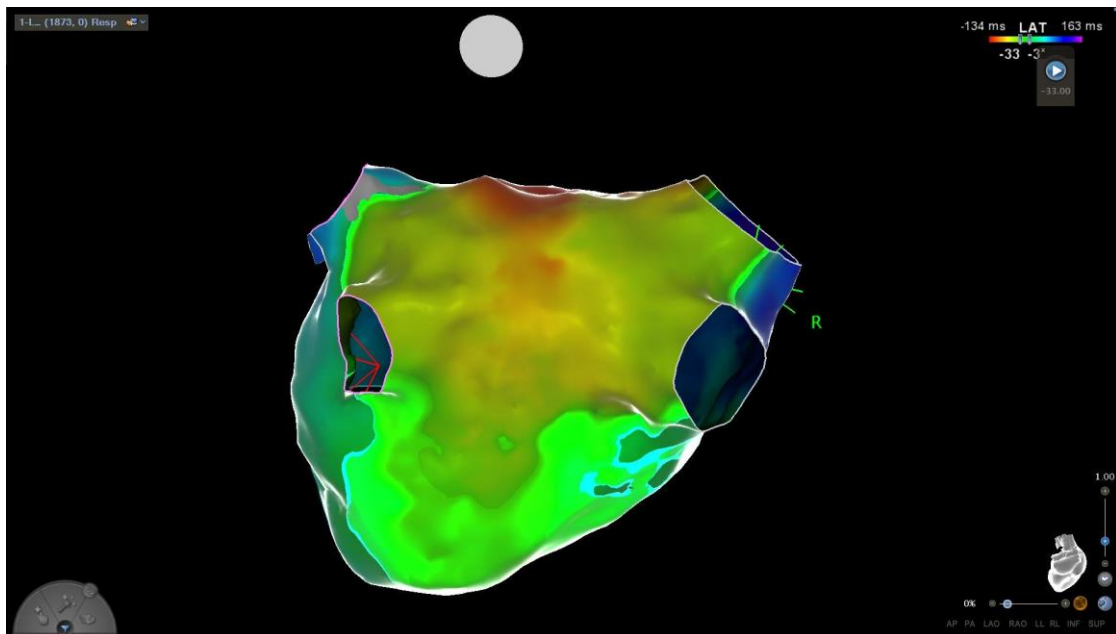


Εικόνα 49: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

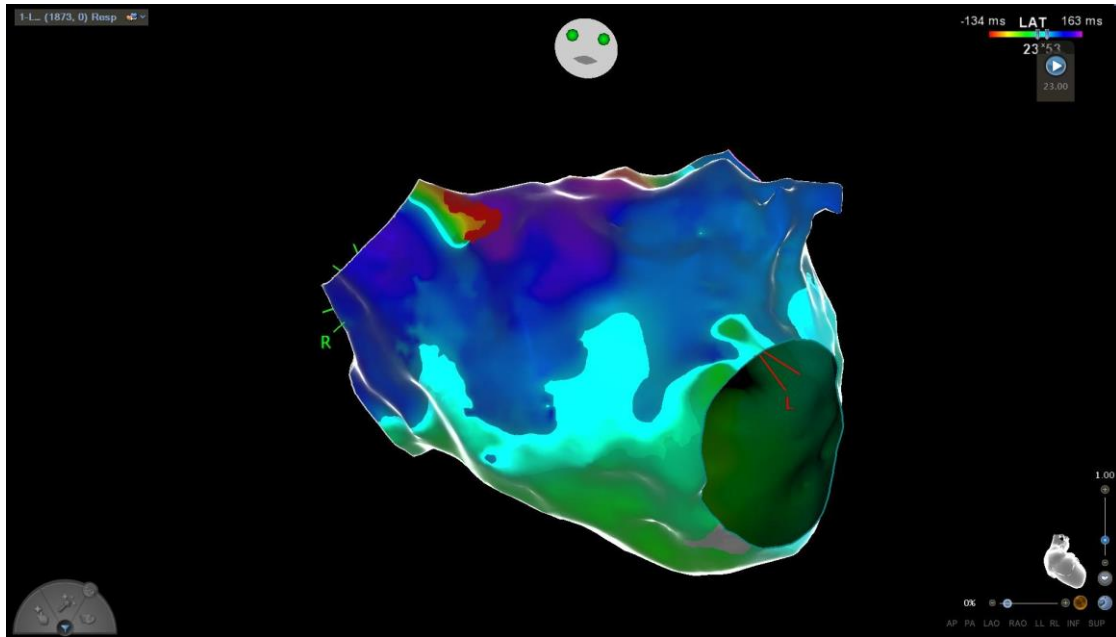


Εικόνα 50: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.

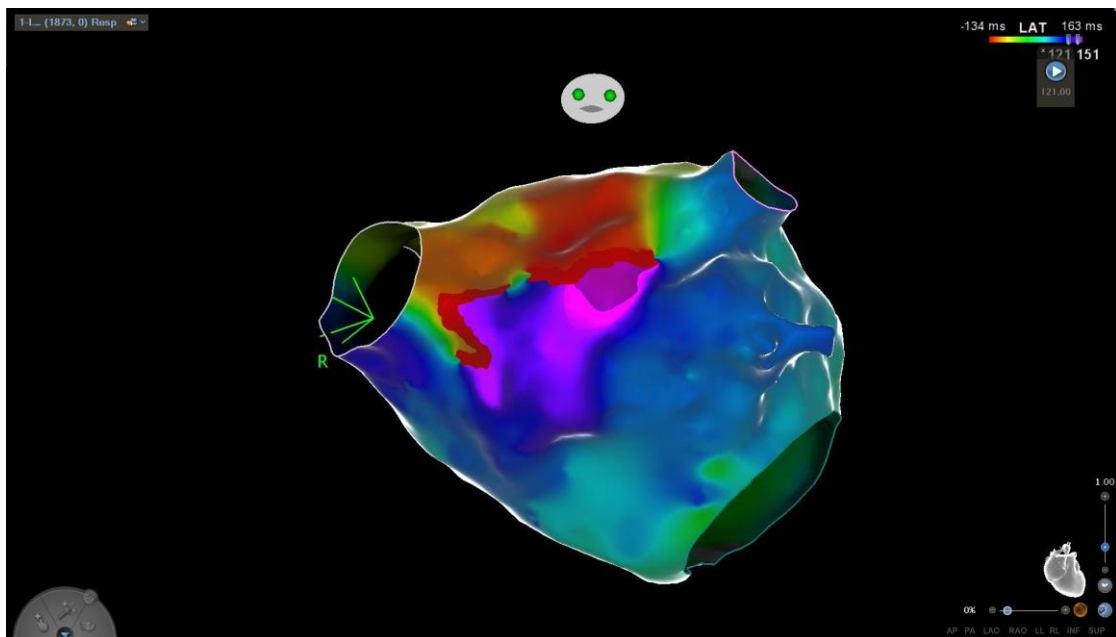


Εικόνα 51: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.

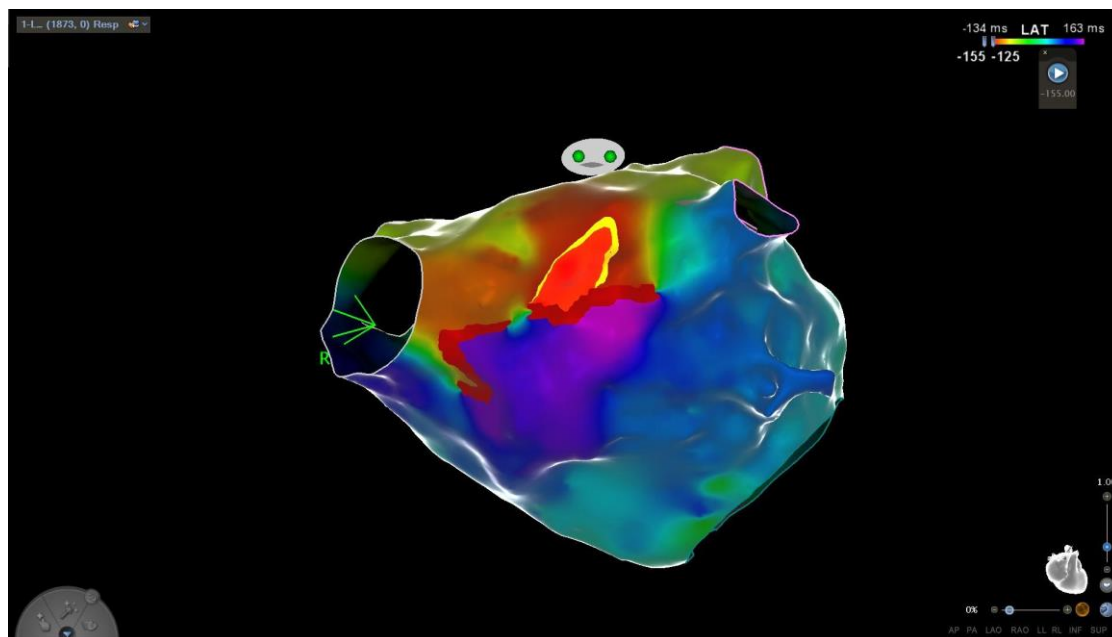
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



Εικόνα 52: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.



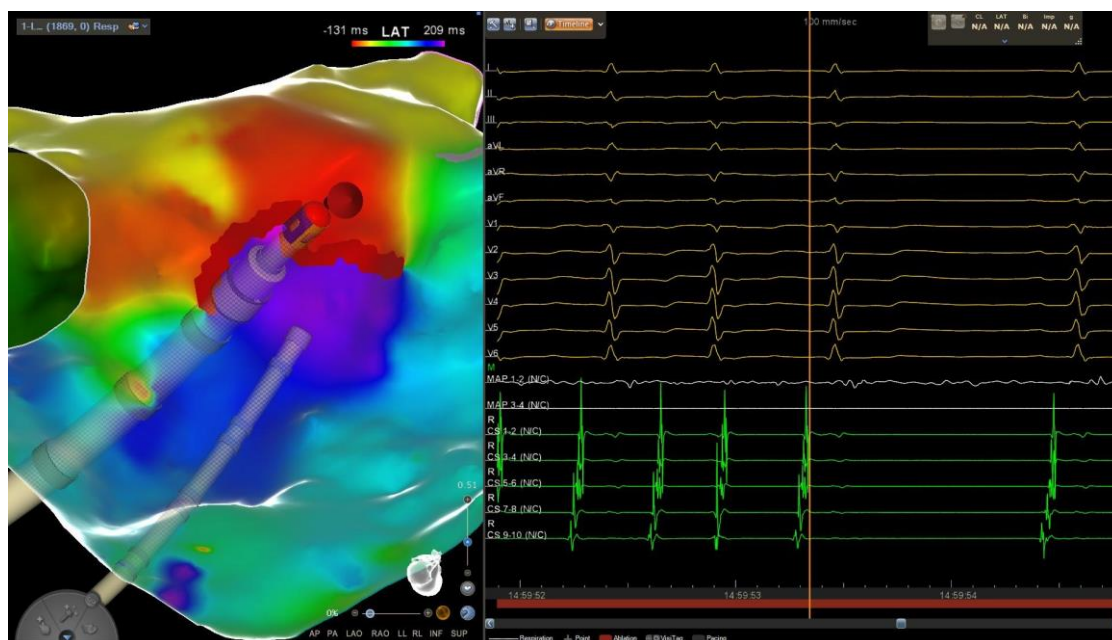
Εικόνα 53: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.



Εικόνα 54: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της ταχυκαρδίας στον αριστερό κόλπο.

Παρατηρείται ένα κύκλωμα που γυρνά γύρω από τον αριστερό κόλπο με αρχικό σημείο την οροφή.

Χορηγήθηκε υψίσυχο ρεύμα RF στο σημείο που ενώνονται τα χρώματα και η ταχυκαρδία σταμάτησε κατά την διάρκεια της βλάβης.



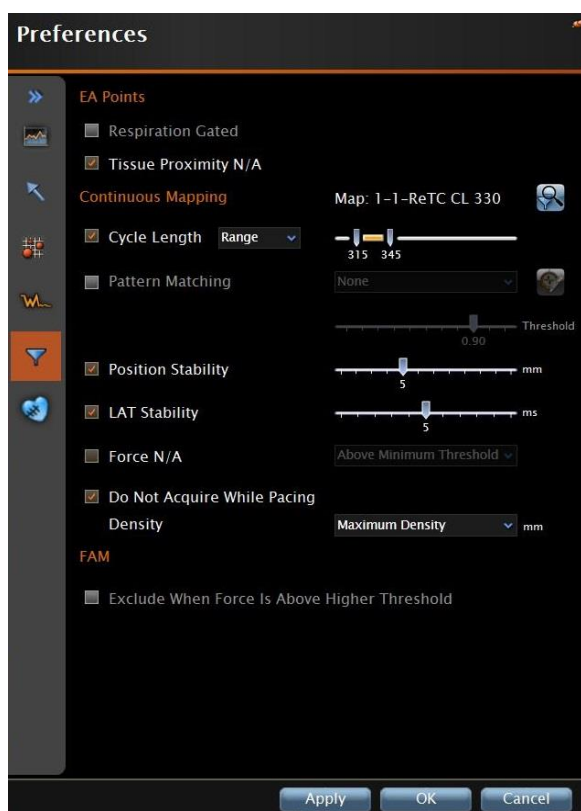
Εικόνα 55: Τερματισμός ταχυκαρδίας και επιστροφή σε φυσιολογικό φλεβοκομβικό ρυθμό κατά την διάρκεια χορήγησης βλάβης

4.3 Χαρτογράφηση Κολπικών Έκτακτων Συστολών

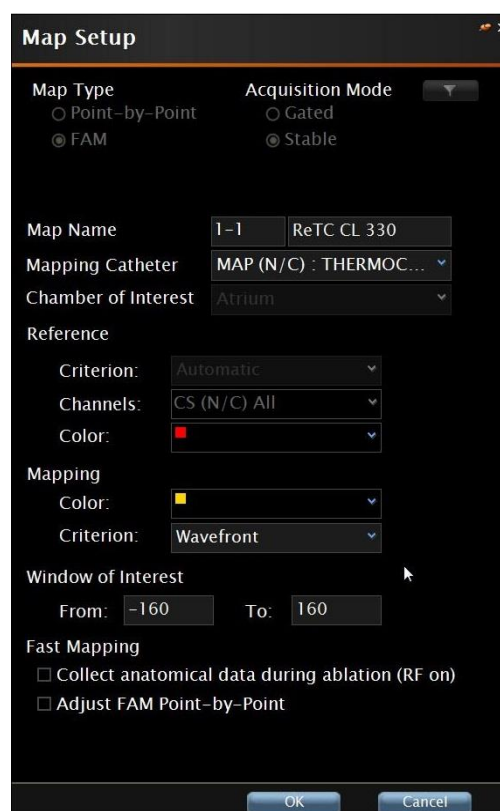
Στο συγκεκριμένο περιστατικό ο ασθενής παρουσίασε κολπικές ταχυκαρδίες. Ξεκινούσε με κάποιες έκτακτες κολπικές συστολές και το έκτοπο πυροδοτούσε σε πολύ ψηλό ρυθμό με αποτέλεσμα να χτυπάει η καρδιά σε αυξημένο ρυθμό σφίξεων.

Η εστιακή αυτή ταχυκαρδία βρισκόταν στον δεξιό κόλπο με κύκλο 330 ms περίπου. Η χαρτογράφηση έγινε επί ταχυκαρδίας με τα παρακάτω φίλτρα και ρυθμίσεις:

- Cycle Length From: 315 To: 345
- TPI ON
- LAT Stability 5 ms
- Position Stability 5 ms
- Reference ARA (CS)
- WOI From: -350 To: -160



Εικόνα 56: Φίλτρα λήψης ηλεκτρικών σημείων



Εικόνα 57: Ρυθμίσεις για ορισμό σημείου αναφοράς και παράθυρον ενδιαφέροντος

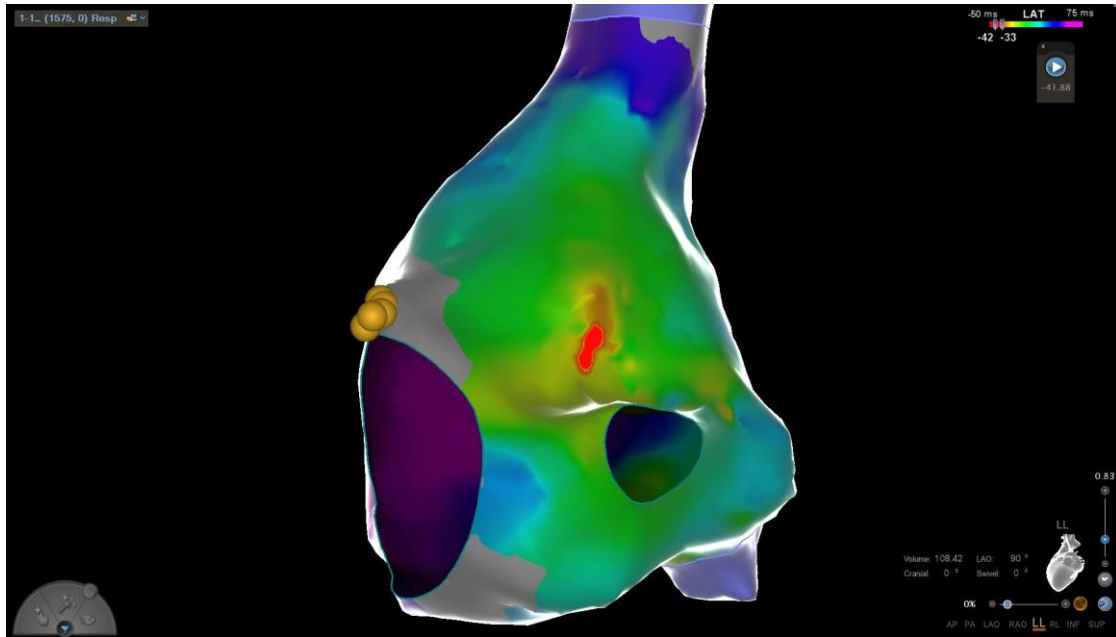
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



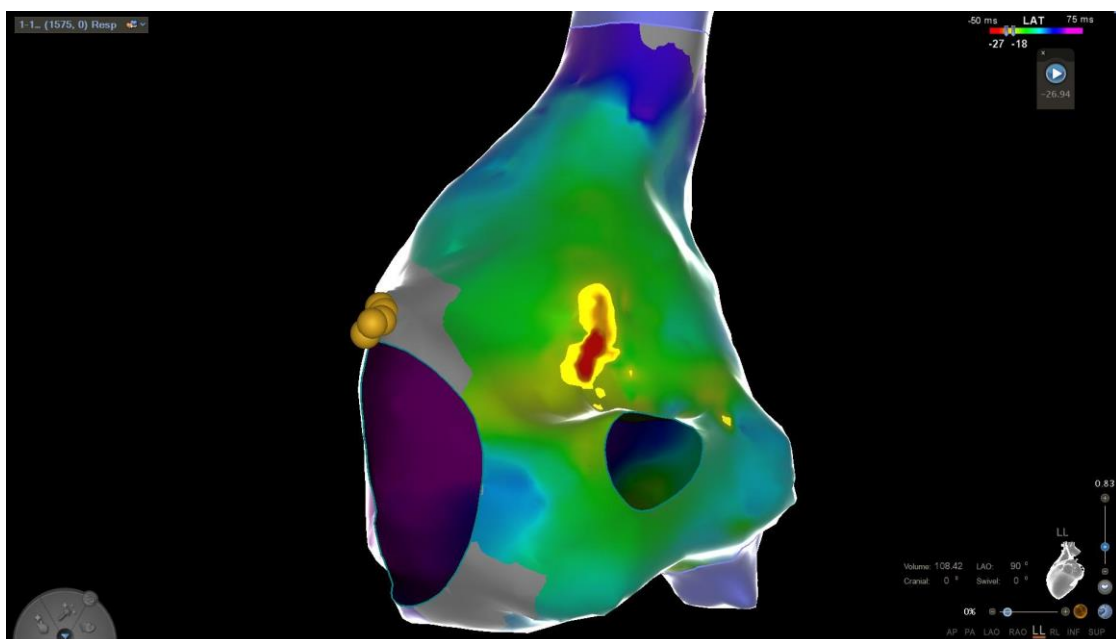
Εικόνα 58: Παράθυρο ενδιαφέροντος που καλύπτει τον κύκλο της ταχυκαρδίας.

Μετά την λήψη σημείων ομοιόμορφα κατανομημένων στον ανατομικό χάρτη του δεξιού κόλπου προέκυψε το εξής αποτέλεσμα:

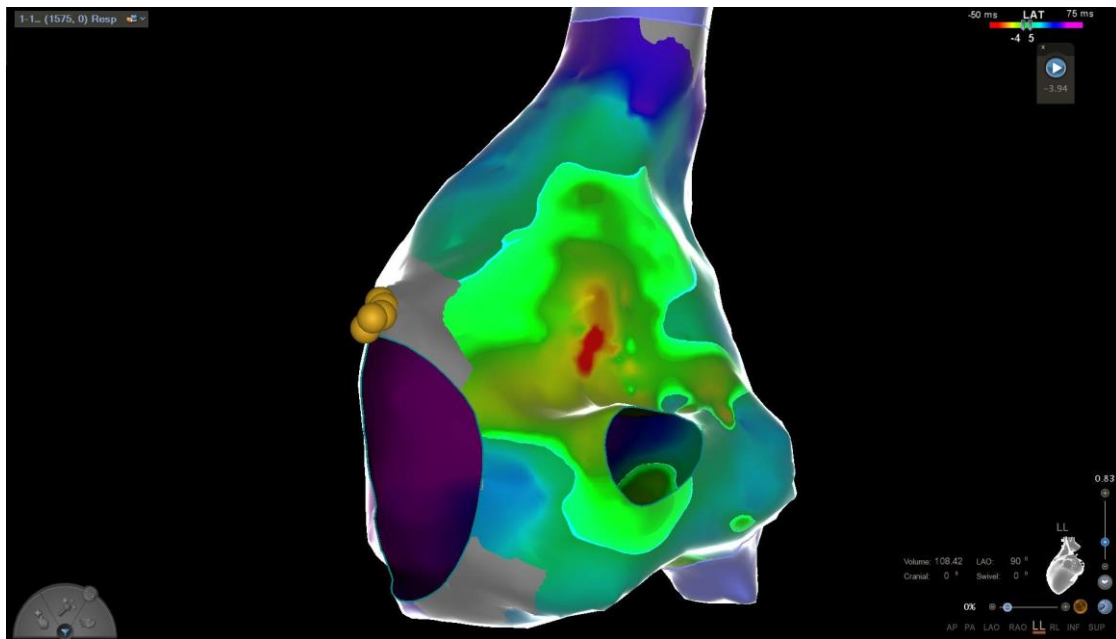
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



Εικόνα 59: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της εστιακής ταχυκαρδίας στον δεξιό κόλπο.

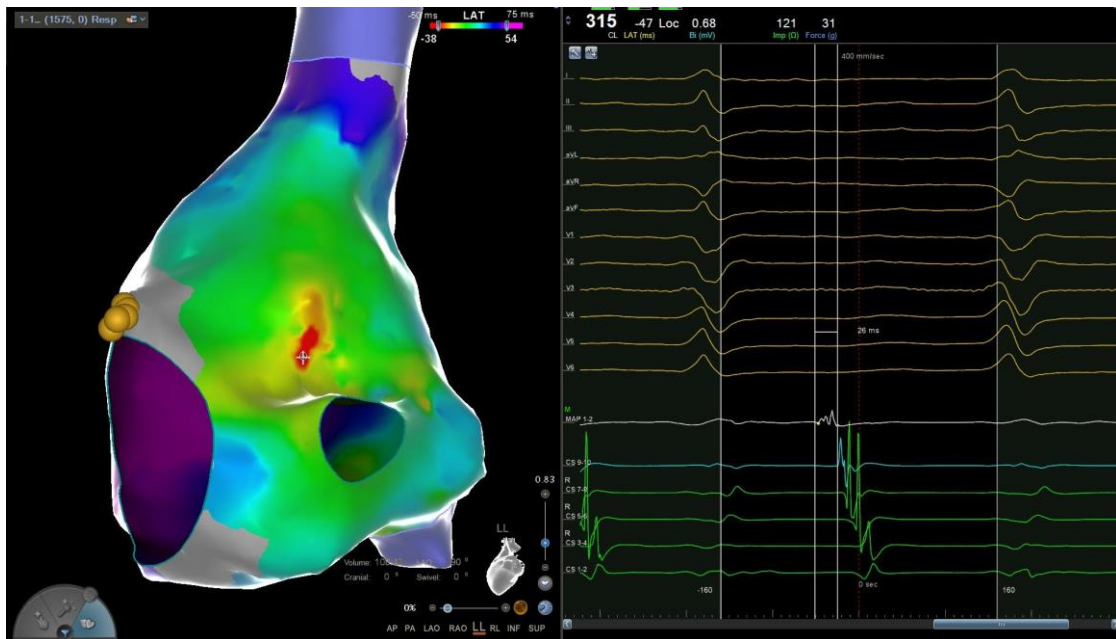


Εικόνα 60: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της εστιακής ταχυκαρδίας στον δεξιό κόλπο.



Εικόνα 61: Φωτισμός σημείων για την οπτικοποίηση του χρονισμού της εκπόλωσης της εστιακής ταχυκαρδίας στον δεξιό κόλπο.

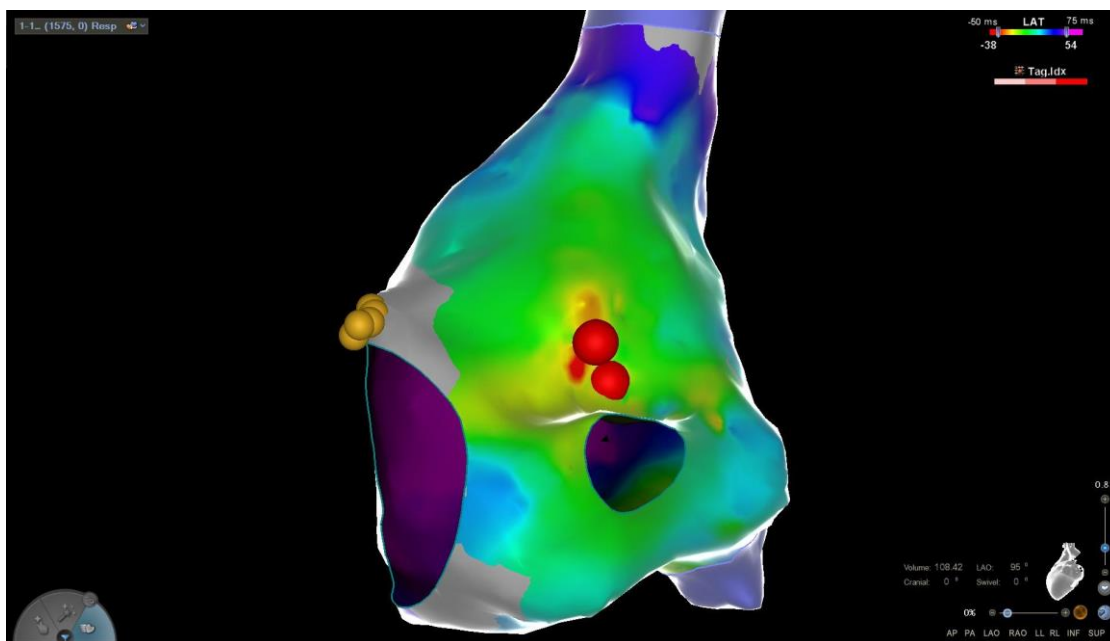
Στο κόκκινο χρώμα φαίνεται το σημείο που πυροδοτεί την ταχυκαρδία.



Εικόνα 62: Ηλεκτρογράμματα προσιμότερου σημείου το οποίο ξεκινάει την έκτακτη κοιλιακή συστολή.

Φαίνεται πως το σήμα στο κόκκινο σημείο είναι το πιο πρώιμο άρα εκεί πρέπει να χορηγηθεί βλάβη.

Χορηγήθηκε υψίσυχο ρεύμα RF σε εκείνο το σημείο και η ταχυκαρδία σταμάτησε κατά την διάρκεια της βλάβης.

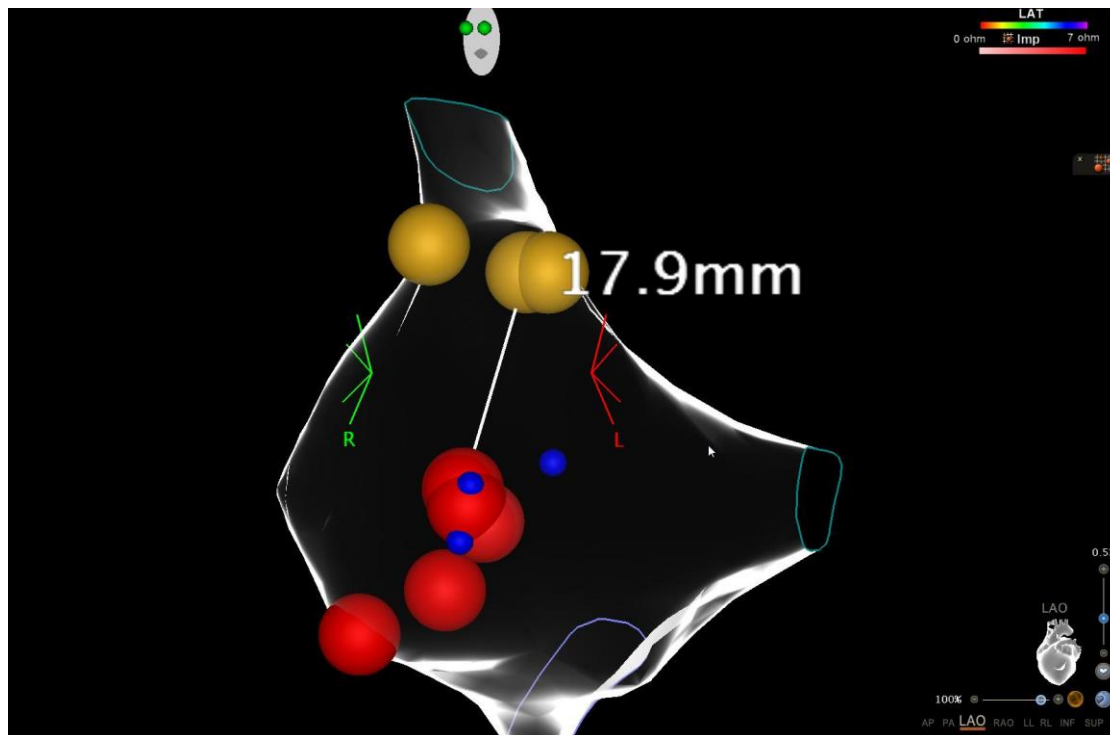


Εικόνα 63: Βλάβες που χορηγήθηκαν στο πρωιμότερο σημείο της ταχυκαρδίας.

4.4 Χαρτογράφηση Κολποκοιλιακής Κομβικής Ταχυκαρδίας Επανεισόδου

Στο συγκεκριμένο περιστατικό ο ασθενής είχε καταγεγραμμένα περιστατικά αυτής της ταχυκαρδίας. Στο εργαστήριο πριν την χαρτογράφηση αναπαράχθηκε η ταχυκαρδία με διάφορα πρωτόκολλα βηματοδότησης.

Η προσέγγιση που χρησιμοποιείται σε αυτά τα περιστατικά είναι η δημιουργία ενός ανατομικού χάρτη και ο προσδιορισμός του δεματίου του HIS, όπως και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



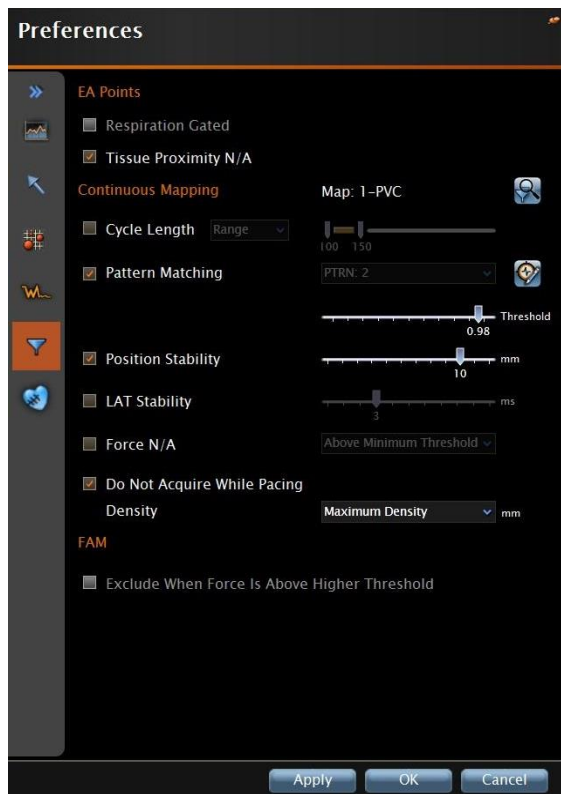
Εικόνα 64: Ανατομικός χάρτης με βλάβες και σημεία του δεματίου HIS

Με αυτόν τον τρόπο ο γιατρός βρίσκει θέση για ablation κοντά στην βαλβίδα αλλά εξασφαλίζει πως βρίσκεται μακριά από το δεμάτιο του HIS.

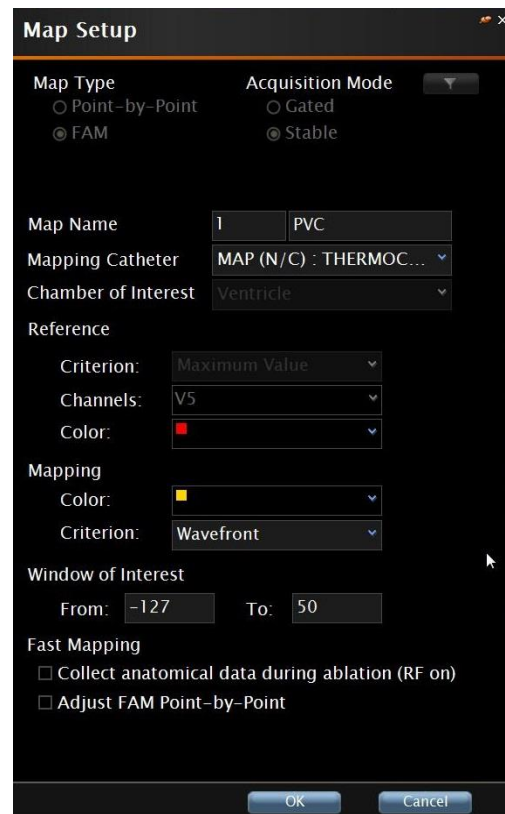
4.5 Χαρτογράφηση Έκτακτων Κοιλιακών Συστολών

Για τις έκτακτες κοιλιακές συστολές, θα πρέπει να εντοπιστεί το έκτοπο που τις προκαλεί. Στο συγκεκριμένο περιστατικό, ο ασθενής είχε μεγάλο φορτίο έκτακτων κοιλιακών συστολών. Ο χάρτης χρειάστηκε τις εξής ρυθμίσεις για να εντοπιστεί το πιο πρώιμο σημείο κατά την διάρκεια των έκτακτων συστολών:

- | | | |
|---|--------------------|-------------------|
| - | Pattern Matching | ON |
| - | TPI | ON |
| - | LAT Stability | OFF |
| - | Position Stability | 10 ms |
| - | Reference | ARA (BS: V1-V6) |
| - | WOI | From: -127 To: 20 |



Εικόνα 65: Φίλτρα λήψης ηλεκτρικών σημείων



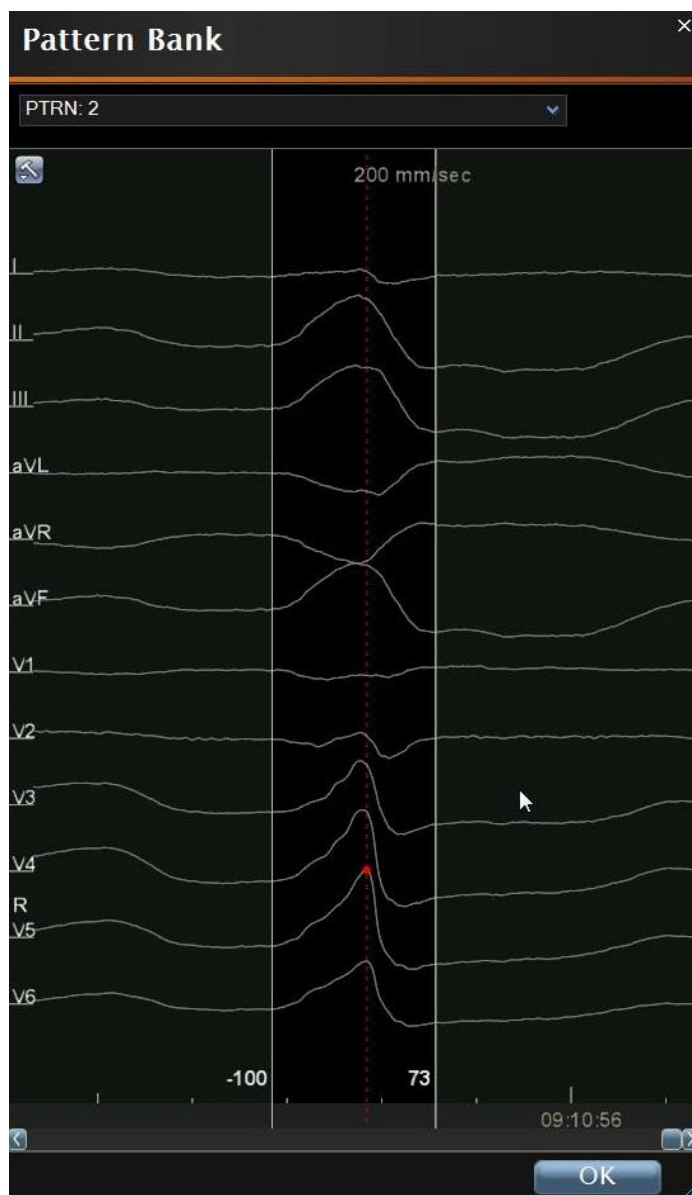
Εικόνα 66: Ρυθμίσεις για ορισμό σημείου αναφοράς και παράθυρον ενδιαφέροντος

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3



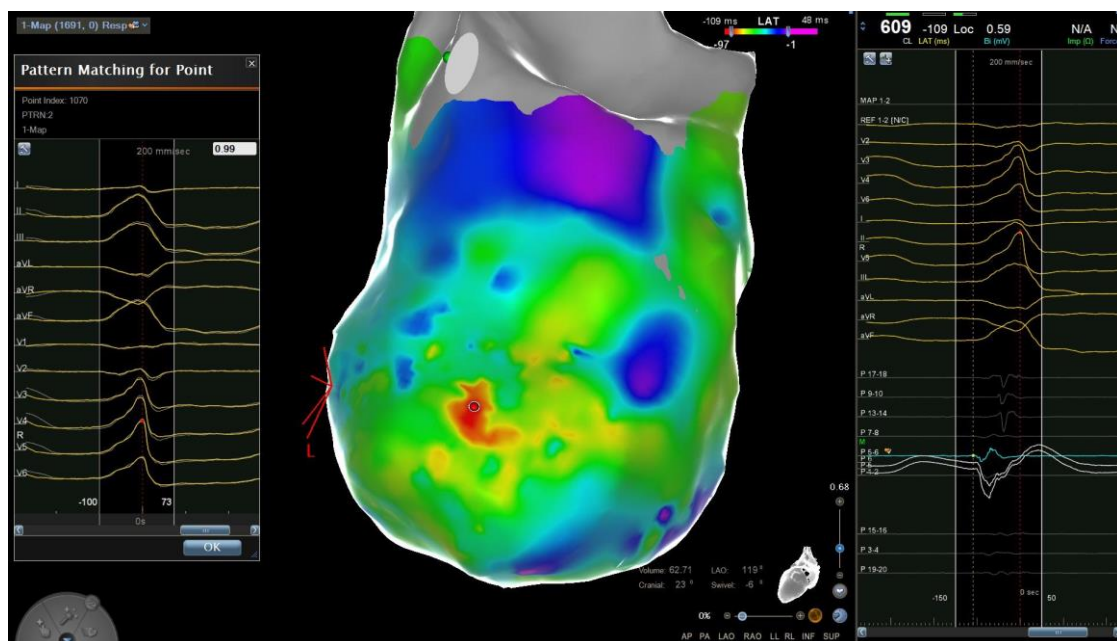
Εικόνα 67: Παράθυρο ενδιαφέροντος που καλύπτει τα χρονικά σημεία πριν την έκτακτη κοιλιακή συστολή.

Για να εξασφαλιστεί ότι ο χάρτης θα έχει αποκλειστικά και μόνο σημεία με τις έκτακτες κοιλιακές εφαρμόζεται το φίλτρο Pattern Matching με τιμή 98%. Δηλαδή τα σημεία στον χάρτη θα προέρχονται μόνο όταν ο κτύπος ταιριάζει 98% ή περισσότερο με την έκτακτη που έχει οριστεί ως κύρια.



Εικόνα 68: Παράθυρο μοτίβων ενδιαφέροντος που εξασφαλίζει ότι όλες οι έκτακτες που θα έχουν χρονικά σημεία στον χάρτη θα μοιάζουν με την κλινική.

Μετά την λήψη σημείων στον ανατομικό χάρτη κοντά στην περιοχή της έκτακτης προέκυψε το εξής αποτέλεσμα:



Εικόνα 69: Ηλεκτροανατομικός χάρτης αριστερής κοιλίας όπου εμφανίζεται η πρωιμότητα.

Φαίνεται καθαρά πως στο κόκκινο σημείο του χάρτη είναι το πρωιμότερο σημείο και ταιριάζει 99% με την έκτακτη που έχει οριστεί ως κύρια

Χορηγήθηκε υψίσυχο ρεύμα RF στην περιοχή του κόκκινου χρώματος και δεν εμφανίστηκαν έκτακτες συστολές ξανά.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Σύγκριση με την συμβατική μέθοδο

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν οι ταχυκαρδίες με σκοπό να μελετηθεί ο μηχανισμός που τις συντηρεί και ύστερα να αναλυθούν στο σύστημα τρισδιάστατης ηλεκτροανατομικής απεικόνισης. Στον προσομοιωτή του συστήματος τρισδιάστατης ηλεκτροανατομικής απεικόνισης χαρτογραφήθηκαν οι αρρυθμίες με ρυθμίσεις που επιλέχθηκαν όπως θα επιλέγονταν και σε πραγματικά περιστατικά. Οι χάρτες που έγιναν στον προσομοιωτή αντιπροσωπεύουν την καθημερινότητα στα αιμοδυναμικά εργαστήρια των νοσοκομείων. Οι ταχυαρρυθμίες μπορεί να μειώνουν την ποιότητα ζωής των ασθενών είτε να είναι επικίνδυνες και θανατηφόρες. Καθημερινά πολλοί ασθενείς με ταχυκαρδίες εισέρχονται και είτε θεραπεύονται πλήρως είτε γίνεται έλεγχος της αρρυθμίας με την βελτίωση του τρόπου ζωής τους.

Οι χάρτες υψηλής ανάλυσης προσφέρουν στο θεράποντα γιατρό μέγιστη ασφάλεια και ακριβή οπτικοποίηση της κάθε ταχυκαρδίας που του επιτρέπουν να επιλέξει τον κατάλληλο τρόπο θεραπείας.

Στις ταχυαρρυθμίες που χαρτογραφήθηκαν για αυτή την εργασία ήταν επιτυχής η ταυτοποίηση του μηχανισμού της αρρυθμίας και η εύρεση της ακριβούς τοποθεσίας όπου πρέπει να δοθεί βλάβη με RF ablation.

Όπως φάνηκε, κάποιες από τις αρρυθμίες (κολπικός πτερυγισμός) τερματίστηκαν την ώρα που χορηγούνταν βλάβη καθώς ο γιατρός γνώριζε την ακριβή τοποθεσία που έπρεπε να χορηγήσει ρεύμα. Αυτό σε συνδυασμό με την αδυναμία του ιστού να ξαναδημιουργήσει την ίδια ταχυκαρδία μετά από πρωτόκολλα βηματοδότησης δείχνει την επιτυχία της επέμβασης. Παράλληλα στην αρρυθμία της κολποκοιλιακής κομβικής ταχυκαρδίας επανεισόδου σημειώθηκε το δεμάτιο του HIS και οι βλάβες χορηγήθηκαν με ασφάλεια μακριά από αυτό.

Άρα σημαντικό πλεονέκτημα της χαρτογράφησης κάθε αρρυθμίας πριν την χορήγηση ablation σε σχέση με την συμβατική μέθοδο χωρίς χαρτογράφηση είναι η ταχύτητα της δημιουργίας του χάρτη, η ακρίβεια για την εύρεση της τοποθεσίας του παθογόνου ιστού, η δημιουργία βλαβών που δεν επιτρέπουν την υποτροπή του ασθενούς σε ταχυκαρδία και η μείωση της ακτινοσκόπησης.

Η χρήση ενός πολυπολικού καθετήρα χαρτογράφησης για την δημιουργία ηλεκτροανατομικού χάρτη βοηθάει τον γιατρό να βρει πιο εύκολα από ότι με τον συμβατικό τρόπο τον ισθμό της ταχυκαρδίας και να χορηγήσει βλάβες στο σωστό σημείο. Σε δύο ομάδες ασθενών (ομάδα Α – συμβατικός τρόπος, ομάδα Β – κατάλυση με χαρτογράφηση με πολυπολικό καθετήρα) διαπιστώθηκαν οι διαφορές. Στην ομάδα Α οι χάρτες περιείχαν 449 ± 520 σημεία με χρόνο χαρτογράφησης 14 ± 6 λεπτά ενώ στην ομάδα Β τα σημεία ήταν 42 ± 18 με χρόνο 33 ± 25 λεπτά. Στην ομάδα Α οι ισθμοί και των 25 περιστατικών αναγνωρίστηκαν αμέσως και χορηγήθηκαν βλάβες με το ποσοστό να είναι 100% σε σχέση με τον συμβατικό τρόπο όπου η επιτυχία ήταν στο 87%. Αντίστοιχα και οι χρόνοι ablation διαφέρουν (760 ± 540 έναντι 1347 ± 962 δευτερόλεπτα). Η υποτροπή μέσα σε έναν χρόνο από την ημερομηνία του περιστατικού ήταν 0% για την ομάδα Α έναντι 23% για την ομάδα Β. [9]

Για την θεραπεία της κολποκοιλιακής κομβικής ταχυκαρδίας επανεισόδου παρατηρήθηκε σημαντικά μειωμένος χρόνος ακτινοσκόπησης στα περιστατικά που χρησιμοποιείται χαρτογράφηση (όπως στην εργασία) σε σχέση με την συμβατική μέθοδο και κατ' επέκταση της ακτινοβολίας που δέχονται οι γιατροί και το προσωπικό. Σε 152 ασθενείς (102 συμβατικά – ομάδα 1 – 50 χαρτογράφηση – ομάδα 2) αποδείχθηκε πως αν και ο χρόνος κάθε περιστατικού ήταν αυξημένος (10 λεπτά περίπου) η ακτινοσκόπηση μειώθηκε από 4.2 (2.4-7.9) λεπτά σε 0. Ο αριθμός βλαβών και ο χρόνος χορήγησης υψίσυχνου ρεύματος ήταν ίδιος και στις δύο ομάδες. [10]

Στην κολπική μαρμαρυγή η απομόνωση των φλεβών γίνεται συνήθως με την χρήση συστήματος τρισδιάστατης απεικόνισης, όπως και στο παράδειγμά μας. Με τον συμβατικό τρόπο, χωρίς χαρτογράφηση δηλαδή, ο χρόνος ακτινοσκόπησης ήταν αρκετά αυξημένος, πράγμα που επιβαρύνει και τον ασθενή και το προσωπικό του νοσοκομείου που βρίσκεται στην αίθουσα κατά την διάρκεια της επέμβασης. Η χαρτογράφηση και ο χειρισμός του καθετήρα μόνο από το σύστημα χαρτογράφησης μειώνει σημαντικά την ακτινοσκόπηση και την ακτινοβολία. Συγκρίνοντας δύο

ομάδες ασθενών, χωρίς διαφορές σε κλινικά χαρακτηριστικά (ηλικία, φύλο, τύπος κολπικής μαρμαρυγής, διάμετρος και όγκος αριστερού κόλπου), όπου στην πρώτη ομάδα (117 ασθενείς) έγινε απομόνωση των φλεβών με την νέα τεχνολογία χειρισμού καθετήρα μέσω του τρισδιάστατου συστήματος χαρτογράφησης με δεύτερη ομάδα (123 ασθενείς) όπου η απομόνωση έγινε με συμβατικό τρόπο προέκυψε πως η χρόνος ακτινοσκόπησης μειώθηκε σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη ομάδα ο χρόνος ήταν 15.9 ± 12.3 λεπτά ενώ στην δεύτερη 26 ± 15.1 λεπτά. [11]

Το κόστος για την χαρτογράφηση είναι ανεβασμένο σε σχέση με την συμβατική μέθοδο. [12]

Οι δυσκολίες που ενδέχεται να προκύψουν κατά την διάρκεια του περιστατικού έχουν να κάνουν κυρίως με την πρόσβαση των καθετήρων από τις φλέβες ή τις αρτηρίες και είναι κοινό πρόβλημα της συμβατικής μεθόδου και αυτής με την χαρτογράφηση.

5.2 Σύγκριση με άλλες τεχνολογίες

Αξίζει να αναφερθεί και μια ακόμα τεχνολογία που χρησιμοποιείται συγκεκριμένα για την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών σε περιστατικά κολπικής μαρμαρυγής και έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για την κατάλυση με μπαλόνι κρυο-ενέργειας (Cryo-balloon ablation). Το σύστημα με το μπαλόνι προωθείται στον αριστερό κόλπο, τοποθετείται στο στόμιο της πνευμονικής φλέβας που πρόκειται να απομονωθεί και ψύχεται σε θερμοκρασίες των -50°C . Σε αυτήν την θερμοκρασία ο ιστός καταστρέφεται στα σημεία που υπάρχει επαφή με το μπαλόνι και έτσι επιτυγχάνεται ηλεκτρική απομόνωση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τις τέσσερις πνευμονικές φλέβες και πάνω από μία φορά στην κάθε μια αν χρειαστεί, μέχρι να μην υπάρχουν σήματα στο εσωτερικό της φλέβας. [13]

Η μέθοδος αυτή μειώνει σημαντικά τον χρόνο του περιστατικού. Κάθε βλάβη διαρκεί περίπου 3-4 λεπτά άρα ο συνολικός χρόνος του κάθε περιστατικού είναι συντομότερος σε σχέση με αυτόν της μεθόδου της χαρτογράφησης και του καυτηριασμού με RF. [14]

Από άποψη αποτελεσματικότητας, τα ποσοστά των ασθενών που δεν παρουσίασαν ξανά αρρυθμία σε έναν χρόνο μετά την επέμβαση είναι στα ίδια επίπεδα. Παράλληλα, ο χρόνος ακτινοσκόπησης είναι αυξημένος στα περιστατικά με το μπαλόνι κρυο-ενέργειας, καθώς ο μόνος τρόπος χειρισμού του και καθοδήγησής του είναι η ακτινοσκόπηση. [15]

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει μόνο την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών. Σε περίπτωση που ο ασθενής παρουσιάσει κατά την διάρκεια του περιστατικού κάποια διαφορετική αρρυθμία, τότε το μπαλόνι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάλυσή της.

Αρκετές φορές, οι γιατροί επιλέγουν να συνδυάσουν τις δύο τεχνολογίες. Με το σύστημα τρισδιάστατης ηλεκτροανατομικής χαρτογράφησης δημιουργούν ένα ακριβές μοντέλο του αριστερού κόλπου και του υποστρώματος του. Στην συνέχεια

προωθείται το σύστημα του μπαλονιού για την απομόνωση των φλεβών. Το μπαλόνι μπορεί να φανεί στο σύστημα της τρισδιάστατης χαρτογράφησης, το οποίο περιορίζει την χρήση της ακτινοβολίας. Μετά την απομόνωση των πνευμονικών φλεβών, αφαιρείται το μπαλόνι και προωθείται ξανά ο καθετήρας της χαρτογράφησης ώστε να χαρτογραφηθεί ξανά το υπόστρωμα του αριστερού κόλπου μετά την απομόνωση. Έτσι επιβεβαιώνεται η επιτυχία μέσω των ηλεκτροανατομικών χαρτών. Η διαδικασία της χαρτογράφησης προσθέτει περίπου 5-7 λεπτά για τον κάθε χάρτη. [16]

5.3 Νέες τεχνολογίες

Η μείωση του χρόνου της διαδικασίας του περιστατικού καθώς και η περαιτέρω μείωση της ακτινοσκόπησης είναι θέματα τα οποία βελτιώνονται ακόμα περισσότερο με τις νέες τεχνολογίες.

Καθετήρες χαρτογράφησης με περισσότερους πόλους και καλύτερη επεξεργασία σήματος στοχεύουν στην μείωση του χρόνου χαρτογράφησης και παράλληλα στην αύξηση της ποιότητας του ηλεκτροανατομικού χάρτη. Ενδεικτικά από την συγκριτική μελέτη μεταξύ πολυπολικού καθετήρα Octaray (48 ηλεκτρόδια) και Pentaray (20 ηλεκτρόδια) στο Epub (2019 Feb 12) προκύπτει πως ο καθετήρας νέας γενιάς Octaray παίρνει τον ίδιο ανατομικό χάρτη περισσότερα σημεία (2178 ± 637 vs 1046 ± 238) και σε λιγότερο χρόνο (3.2 ± 0.79 vs 6.9 ± 2.67 λεπτά). [17]

Η ενσωμάτωση εικόνων ακτινοσκόπησης στο σύστημα χαρτογράφησης (δεν χρησιμοποιήθηκε στα περιστατικά της εργασίας) μειώνουν ακόμα περισσότερο την ακτινοσκόπηση κατά την διάρκεια του περιστατικού. Αποτελέσματα από 293 ασθενείς που έγινε κατάλυση της ταχυκαρδίας τους δείχνουν την μειωμένη χρήση ακτινοσκόπησης με την χρήση της τεχνολογίας Univu σε σχέση με την απλή χαρτογράφηση. Στους κολλικούς περυγισμούς έχουμε 2.9 ± 0.3 λεπτά ακτινοσκόπησης έναντι 8.6 ± 0.8 λεπτών, στις κολλικές μαρμαρυγές 6.4 ± 0.9 έναντι 16.0 ± 1.3 , στις κολλικές ταχυκαρδίες : 9.7 ± 1.7 έναντι 23.4 ± 3.1 , στα παραπληρωματικά δεμάτια 6.0 ± 1.5 έναντι 7.1 ± 1.2 , στις έκτακτες κοιλιακές συστολές 15.2 ± 2.8 έναντι 17.6 ± 2.3 και στις κοιλιακές ταχυκαρδίες 17.5 ± 2.4 έναντι 31.4 ± 3.4 . [18]

Τέλος στην αγορά βγαίνουν σύντομα καθετήρες που θα μπορούν να χορηγούν βλάβες με μεγαλύτερη δύναμη (90 watt αντί 40). Αυτό οδηγεί στην μείωση του χρόνου βλάβης άρα και στον συνολικό χρόνο στην διάρκεια του περιστατικού. [19]

Το σύστημα τρισδιάστατης ηλεκτροανατομικής χαρτογράφησης είναι ένα αποτέλεσμα της βιοϊατρικής τεχνολογίας που εξελίσσεται κάθε μέρα προσφέροντας νέες λύσεις, πιο γρήγορες και πιο ασφαλείς. Όλα τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να φτάσουμε στην θεραπεία έχουν προέλθει από μελέτες ετών, καινοτόμες ιδέες και προσπάθειες ανθρώπων από τον κλάδο των μηχανικών και της ιατρικής. Τα υλικά και τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται βελτιώνονται καθημερινά και το μέλλον είναι πολλά υποσχόμενο για την μείωση του χρόνου των περιστατικών, την αύξηση της επιτυχίας και της αποτελεσματικότητας και την ευκολία του ιατρικού προσωπικού.

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΠΗΓΕΣ

- [1] Ioannidis, P. 2022, Αρρυθμίες, <http://www.eponline.gr/arrhythmies/>
- [2] Asvestas, D. 2022, Καρδιακές αρρυθμίες, https://drasvestas.gr/kardiakes_arrhythmies/
- [3] Ioannidis, P. 2022, Κολπικές έκτακτες συστολές, <http://www.eponline.gr/kolpikes-ektaktes-sistoles/>
- [4] Ioannidis, P. 2022, Κολπικός πτερυγισμός, <http://www.eponline.gr/kolpikos-pterigismos/>
- [5] Ioannidis, P. 2022, Ταχυκαρδίες με συμμετοχή παραπληρωματικού δεματίου – Σύνδρομο WPW, <http://www.eponline.gr/sindromo-wpw-dematio-kardias/>
- [6] Ioannidis, P. 2022, Κομβική ταχυκαρδία επανεισόδου (AVNRT), <http://www.eponline.gr/avnrt/>
- [7] Ioannidis, P. 2022, Κοιλιακές έκτακτες συστολές, <http://www.eponline.gr/koiliakes-ektaktes-sistoles/>
- [8] Ioannidis, P. 2022, Κοιλιακή ταχυκαρδία, <http://www.eponline.gr/koiliaki-tahikardia/>
- [9] Bun SS, Delassi T, Latcu DG, El Jamili M, Ayari A, Errahmouni A, Berte B, Saoudi N. A comparison between multipolar mapping and conventional mapping of atrial tachycardias in the context of atrial fibrillation ablation. Arch Cardiovasc Dis. 2018 Jan;111(1):33-40. doi: 10.1016/j.acvd.2017.04.005. Epub 2017 Sep 18. PMID: 28927960.
- [10] D Dorotya, K Janosi, G Vilmanyi, T Simor, P Kupo, Comparison of conventionally performed and electroanatomic mapping system guided catheter ablation for AV nodal reentrant tachycardia - prospective single-centre study, *EP Europace*, Volume 23, Issue Supplement_3, May 2021, euab116.304, <https://doi.org/10.1093/europace/euab116.304>
- [11] Giuseppe Stabile, Marco Scaglione, Maurizio del Greco, Roberto De Ponti, Maria Grazia Bongiorno, Franco Zoppo, Ezio Soldati, Raffaella Marazzi, Massimiliano Marini, Fiorenzo Gaita, Assunta Iuliano, Emanuele Bertaglia, Reduced fluoroscopy exposure during ablation of atrial fibrillation using a novel electroanatomical navigation system: a multicentre experience, *EP Europace*, Volume 14, Issue 1, January 2012, Pages 60–65, <https://doi.org/10.1093/europace/eur271>
- [12] Hindricks G, Willems S, Kautzner J, De Chillou C, Wiedemann M, Schepel S, Piorkowski C, Risius T, Kottkamp H; EuroFlutter Investigators. Effect of electroanatomically guided versus conventional catheter ablation of typical atrial flutter on the fluoroscopy time and resource use: a prospective randomized multicenter study. J Cardiovasc Electrophysiol. 2009 Jul;20(7):734-40. doi: 10.1111/j.1540-8167.2009.01439.x. PMID: 19298568, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19298568/>
- [13] Ioannidis, P. 2022, Cryo-balloon ή RF ablation; Ποια είναι η καλύτερη τεχνική κατάλυσης κολπικής μαρμαρυγής;, <http://www.eponline.gr/cryo-or-rf/>
- [14] David Mörtzell, Elena Arbelo, Nikolaos Dargès, Josep Brugada, Cécile Laroche, Serge A Trines, Helena Malmberg, Niklas Höglund, Luigi Tavazzi, Evgeny Pokushalov, Giuseppe Stabile, Carina Blomström-Lundqvist, Cryoballoon vs. radiofrequency ablation for atrial fibrillation: a study of outcome and safety based on the ESC-EHRA atrial fibrillation ablation long-term registry and the Swedish catheter ablation registry, *EP Europace*, Volume 21, Issue 4, April 2019, Pages 581–589, <https://doi.org/10.1093/europace/euy239>
- [15] Jason G. Andrade, Jean Champagne, Marc Dubuc, Marc W. Deyell, Atul Verma, Laurent Macle, Peter Leong-Sit, Paul Novak, Mariano Badra-Verdu, John Sapp, Iqwal Mangat, Clarence Khoo, Christian Steinberg, Matthew T. Bennett, Anthony S.L. Tang, Paul Khairy, 21 Oct 2019, “Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation Assessed by Continuous Monitoring”, *Circulation*. 2019;140:1779–1788, <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042622>
- [16] Huang HD, Patel VM, Sharma PS, Jameria Z, Lazar S, Trohman R, Wissner E. Cryoballoon pulmonary vein isolation and voltage mapping for symptomatic atrial fibrillation 9

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΑΡΡΥΘΜΙΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ CARTO® 3

- months after Watchman device implantation. *HeartRhythm Case Rep.* 2017 Oct 25;4(1):6-9. doi: 10.1016/j.hrcr.2017.10.004. PMID: 29379717; PMCID: PMC5775442.
- [17] Sroubek J, Rottmann M, Barkagan M, Leshem E, Shapira-Daniels A, Brem E, Fuentes-Ortega C, Malinaric J, Basu S, Bar-Tal M, Anter E. A novel octaray multielectrode catheter for high-resolution atrial mapping: Electrogram characterization and utility for mapping ablation gaps. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2019 May;30(5):749-757. doi: 10.1111/jce.13867. Epub 2019 Feb 12. PMID: 30723994.
- [18] Christoph M, Wunderlich C, Moebius S, Forkmann M, Sitzy J, Salmas J, Mayer J, Huo Y, Piorkowski C, Gaspar T. Fluoroscopy integrated 3D mapping significantly reduces radiation exposure during ablation for a wide spectrum of cardiac arrhythmias. *Europace.* 2015 Jun;17(6):928-37. doi: 10.1093/europace/euu334. Epub 2015 Jan 21. PMID: 25609207.
- [19] Wielandts JY, Almorad A, Hilfiker G, Gillis K, Haddad ME, Vijgen J, Berte B, Le Polain de Waroux JB, Tavernier R, Duytschaever M, Knecht S. Biosense Webster's QDOT Micro™ radiofrequency ablation catheter. *Future Cardiol.* 2021 Aug;17(5):817-825. doi: 10.2217/fca-2021-0002. Epub 2021 May 12. PMID: 33977776.