



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

# 4D ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ

**ΣΚΡΑΠΑΡΗ ΜΑΡΙΑ**  
Αριθμός Μητρώου: 48016105

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Νεκτάριος Καλόβας**  
Αναπληρωτής Καθηγητής

**Αθήνα, 2022**

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Νεκτάριος Καλύβας

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Γεώργιος Φούντος

Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Αικατερίνη Σκουρολιάκου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η υπογράφουσα Σκράπαρη Μαρία του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 48016105 φοιτήτρια του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/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 εμένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

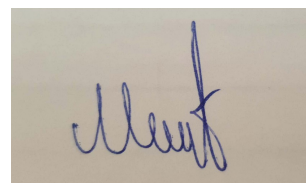
Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου/διπλώματός μου».

Ημερομηνία

01/08/2022

Η Δηλούσα

Σκράπαρη Μαρία



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία σκοπός είναι η παρουσίαση του τετραδιάστατου (4D) γυναικολογικού υπέρηχου, κατά τον οποίο οι εξετάσεις γίνονται σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία 4D υπερήχων έχει φτάσει σε ένα στάδιο, που μπορεί με ευκολία να χρησιμοποιηθεί σε καθημερινές εξετάσεις.

Ο 4D γυναικολογικός υπέρηχος αποτελεί την εξέλιξη της τρισδιάστατης υπερηχογραφίας που στα τρία επίπεδα που διαθέτει (μετωπιαίο, εγκάρσιο, οβελιαίο) έχει προστεθεί η παράμετρος του χρόνου και επιτρέπει την απεικόνιση της κίνησης του εμβρύου. Επίσης δίνει την δυνατότητα για την παρατήρηση των χαρακτηριστικών του προσώπου του, με μεγάλη ακρίβεια και προσφέρει πολλά οφέλη για την εκτίμηση της κατάστασης του εμβρύου.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή του θέματος για την εξοικείωση του αναγνώστη με το θέμα της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται πληροφορίες για τον υπέρηχο, για τους ηχοβολείς και η βασική αρχή λειτουργίας του. Στη συνέχεια στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές της υπερηχογραφίας, στην οργανολογία του συστήματος καθώς και στις μεθόδους απεικόνισης που διαθέτει. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το βασικό θέμα αυτής της εργασίας με έμφαση στην οργανολογία του 4D υπερηχογράφου, στην διαδικασία που ακολουθείται για την λήψη μιας τετραδιάστατης εικόνας, στο λογισμικό και στην ποιότητα της εικόνας. Στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται μια έρευνα αγοράς κάποιων υπερηχογραφικών συστημάτων, αναλύοντας τις δυνατότητες λειτουργίας που προσφέρουν και το τέταρτο κεφάλαιο αποτελείται από συγκριτική μελέτη των συστημάτων που έχουν αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στο πέμπτο κεφάλαιο, το οποίο είναι το τελευταίο πραγματοποιείται μια μελέτη βιβλιογραφίας ως προς την τετραδιάστατη υπερηχογραφία σε σχέση με την χρήση και τον ρόλο της.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** 4D υπέρηχος, οργανολογία, λήψη 4D εικόνας, λογισμικό, ποιότητα εικόνας, έρευνα αγοράς, μελέτη βιβλιογραφίας

## SUMMARY

In the present dissertation we aim to present the four-dimensional (4D) gynecological ultrasound, in which the examinations are performed in real time. The 4D ultrasound technology has reached a stage where it can be easily used in daily examinations. The 4D gynecological ultrasound is the evolution of the three-dimensional ultrasound in which the time parameter has been added to the three levels (frontal, transverse, coronary) and allows the imaging of the fetal movement. It also gives the opportunity to observe the features of his face, with great accuracy and generally offers many benefits for assessing the condition of the fetus.

Initially an introduction is made to familiarize the reader with the subject of the work. Specifically, information is presented about the ultrasound, the probes and basic principle of operation. The first chapter refers to the basic principles of ultrasound, to the organology of the system and the imaging methods that the system has available. The second chapter presents the main theme of this work with emphasis on organology of the 4D ultrasound, the process followed to obtain a four-dimensional image, the software and the image quality. The next chapter is a market research of some ultrasound systems, analyzing their operation possibilities and the fourth chapter consists of a comparative study of the systems from the previous chapter. In the fifth chapter, which is the last one, a literature study is carried out regarding the four-dimensional ultrasound in relation to its use and role.

**KEY WORDS:** 4D ultrasound, organology, 4D image capture, software, image quality, market research, literature study

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κύριο Νεκτάριο Καλύβα, ο οποίος μου έδωσε το συγκεκριμένο θέμα για την διπλωματική εργασία καθώς και για την βοήθεια και την συνεχή καθοδήγηση που μου έδειξε σε όλο αυτό το διάστημα εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Κατάλογος περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
SUMMARY .....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	6
ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΟΝΥΜΩΝ.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	15
1.1. Αρχές Λειτουργίας Υπερήχων .....	15
1.1.1. Βασικές αρχές υπερήχων.....	15
1.1.2. Ανάκλαση.....	16
1.1.3. Ακουστική εμπέδηση.....	16
1.1.4. Διάθλαση.....	16
1.2. Οργανολογία ενός υπερηχογραφικού συστήματος.....	16
1.2.1. Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.....	16
1.2.2. Οργανολογία ενός συστήματος υπερηχογραφίας.....	17
1.3. Μέθοδοι Απεικόνισης.....	18
1.3.1. Απεικόνιση Α-Τρόπου .....	18
1.3.2. Απεικόνιση Β-Τρόπου .....	18
1.3.3. Απεικόνιση Μ-Τρόπου .....	18
1.3.4. Απεικόνιση Doppler Mode.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	19
2.1. 4D Γυναικολογικός Υπέρηχος.....	19
2.1.1. Εισαγωγή.....	19
2.2. Οργανολογία του 4D υπερηχογραφικού συστήματος.....	19
2.2.1. Ηχοβολείς.....	19
2.2.2. Διαδικασία λήψης 4D εικόνας .....	20
2.3. Λογισμικό.....	21
2.3.1. Εισαγωγή.....	21
2.3.2. Real Time 4D (RT-4D).....	22
2.3.3. STIC.....	22
2.3.4. HDLive Silhouette / HDLive Flow.....	22
2.3.5. VOCAL - Imaging .....	23
2.3.6. MagiCut 4D .....	24
2.4. Ποιότητα της εικόνας .....	24
2.4.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας .....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	25
3.1. Έρευνα Αγοράς.....	25
3.1.1. Εισαγωγή .....	25
3.2. Υπερηχογραφικά συστήματα της GE .....	25
3.2.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730 Pro.....	25
3.2.2. Υπερηχογραφικά συστήματα Voluson S6 / Voluson S8 / Voluson S8 Pro .....	28
3.3. Υπερηχογραφικά συστήματα της Samsung .....	31
3.3.1. Υπερηχογραφικό σύστημα SonoAce R7.....	31
3.3.2. Υπερηχογραφικό σύστημα WS80A .....	37
3.4. Υπερηχογραφικά συστήματα της Hitachi.....	39
3.4.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Arietta V60 / V70.....	39
3.5. Υπερηχογραφικά συστήματα της Siemens .....	40
3.5.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Acuson X700.....	40
3.5.2. Υπερηχογραφικό σύστημα Acuson S1000.....	40

3.6. Υπερηχογραφικά συστήματα της Philips.....	41
3.6.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Epiq 7 .....	41
3.6.2. Υπερηχογραφικό σύστημα Affiniti 70.....	42
3.7. Υπερηχογραφικά συστήματα της Mindray.....	43
3.7.1. Υπερηχογραφικό σύστημα DC-40 .....	43
3.7.2. Υπερηχογραφικό σύστημα DC-70.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	46
4.1. Συγκριτική μελέτη.....	46
4.1.1. Υπερηχογραφικά συστήματα Voluson 730 Pro / Voluson S6.....	46
4.1.2. Υπερηχογραφικά συστήματα SonoAce R7 / WS80A.....	47
4.1.3. Υπερηχογραφικά συστήματα Acuson X700 / Acuson S1000.....	49
4.1.4. Υπερηχογραφικά συστήματα Epiq 7 / Affiniti 70.....	50
4.1.5. Υπερηχογραφικά συστήματα DC-40 / DC-70.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	53
5.1. Μελέτη βιβλιογραφίας.....	53
5.1.1. Εισαγωγή .....	53
5.2. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία .....	53
5.3. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία στην εμβρυϊκή καρδιά.....	57
5.4. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία στον εγκέφαλο του εμβρύου .....	62
5.5. Υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730.....	66
5.6. Διάγνωση εμβρυϊκών ανωμαλιών και συνδρόμων με 4D υπερηχογράφημα.....	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	77



## ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΟΝΥΜΩΝ

2D: Two-Dimensional

2D/C/CW Mode: Color Doppler and Continuous Wave Doppler Mode

2D/C/M Mode: Color Doppler and M Mode

2D/C Live Mode: 2D Mode and Color Doppler Mode

2D/C/PW Mode: Color Doppler and Pulsed Wave Spectral Mode

2D/PD/CW Mode: Color Doppler and Continuous Wave Doppler Mode

2D/PD/PW Mode: Color Doppler and Pulsed Wave Spectral Mode

2D-Mode: Two-Dimensional Mode

3D: Three-Dimensional Mode

3D XI: 3D eXtended Imaging

4D: Four-Dimensional Mode

AFI: Amnionic Fluid Index

A-Mode: Amplitude Mode

β-View: Beta View

B-Flow: Blood Flow

B-Mode: Brightness Mode

BPD: Biparietal Diameter

BW: Black/White

CAVSD: Complete Atrioventricular Septal Defect

CRL: Crown-rump length

CTAR: Cardio-Thorax Area Ratio

CPU: Central Processing Unit

CW-Mode: Continuous Wave Doppler Mode

dB: Decibel

DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine

DVD: Digital Video Disc

DVR: Digital Video Recorder

ECG: Electrocardiography

EDV: End Diastolic Velocity

EMI: Electromagnetic Interference

E-Mode: ElastoScan Mode

GE: General Electric  
GPU: Graphics Processing Unit  
HD-Flow: High Definition Flow  
IMT: Intima Media Thickness  
LCD: Liquid Crystal Display  
LAN: Local Area Network  
MCF-Mode: M Color Flow Mode  
M-Mode: Motion Mode  
MOD: Method Of Disk  
MO Drive: Magneto-optical Drive  
OB/GYN: Obstetrics/Gynecology  
PACS: Picture Archiving and Communication System  
PAVSD: Partial Atrioventricular Septal Defect  
PD-Mode: Power Doppler Mode  
PI: Pulsatility Index  
PSV: Peak Systolic Velocity  
PW-Mode: Pulsed Wave Mode  
RI: Resistivity Index  
ROI: Region of Interest  
RT-4D: Real Time 4D  
SCSI: Small Computer System Interface  
S/D: Ratio of PSV to EDV  
SRI: Speckle Reduction Imaging  
STIC: Spatio-Temporal Image Correlation  
StA: Stenosis Area  
StD: Stenosis Distance  
TDI: Tissue Doppler Imaging  
THI: Tissue Harmonic Imaging  
TD-Mode: Tissue Doppler Mode  
TDW: Tissue Doppler Wave  
TGC: Time Gain Compensation  
TM-Mode: Time Motion Mode

TUI: Tomographic Ultrasound Imaging

USB: Universal Serial Bus

VCAD: Volume Computer Aided Display

VCI: Volume Contrast Imaging

VCR: Videocassette Recorder

Vmean: Mean Velocity

VOCAL: Virtual Organ Computer – aided Analysis

VolCine: Volume Cine

VTI: Velocity Time Integral

WMF: Wall Motion Filter

XTD-View: Extended View

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας η απεικόνιση με υπερήχους θα μπορούσε να θεωρηθεί μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους εξέτασης στο τομέα της ιατρικής απεικόνισης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η υπερηχογραφία είναι μια μη επεμβατική εξεταστική μέθοδος, κατά την οποία η υπερηχογραφική εικόνα λαμβάνεται σε πραγματικό χρόνο, δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία με αποτέλεσμα ο ασθενής / εξεταζόμενος να μην εκτίθεται σε ακτινοβολία. Ακόμα, σημαντικό γεγονός αποτελεί το κόστος που είναι πιο χαμηλό από άλλες ιατρικές μεθόδους. Με τις διαφορετικές μορφές των τεχνικών που χρησιμοποιεί όπως η δισδιάστατη, τρισδιάστατη και τετραδιάστατη υπερηχογραφία, δίνει πληροφορίες για την μορφή των παθολογικών ή φυσιολογικών δομών των οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Σε αντίθεση με το συμβατικό δισδιάστατο (2D) υπέρηχο που επιτρέπει την απεικόνιση μόνο μεμονωμένων επιπέδων, ο τρισδιάστατος (3D) και ο τετραδιάστατος (4D) υπέρηχος προσφέρει πολλές οθόνες εικόνες που δεν υπάρχουν στη δισδιάστατη απεικόνιση.

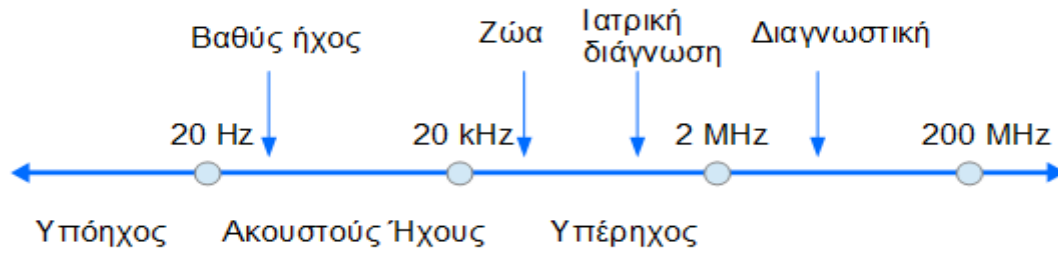
Το 4D υπερηχογράφημα με την εισαγωγή του στην ιατρική πράξη συμπληρώνει την εξέταση των 2D και 3D με την δυνατότητα λήψης εικόνων σε πραγματικό χρόνο και προσφέρει σημαντικά αποτελέσματα για την παρατήρηση της κατάστασης του εμβρύου πριν από την γέννηση του. Κάποια από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι η εκτίμηση του προσώπου σε πραγματικό χρόνο, μορφασμούς, το ανοιγοκλείσιμο των ματιών, κινήσεις της αναπνοής και αποκαλύπτει την κατεύθυνση των άκρων του εμβρύου.

Οι τρόποι χρήσης του 4D υπερηχογραφήματος είναι δύο. Ο πρώτος τρόπος είναι η πραγματοποίηση της εξέτασης να γίνει είτε αρχικά από τον ιατρό σαν επιπρόσθετες εξετάσεις και έρευνα, είτε σαν μια εξέταση μετά από την τρισδιάστατη που αποτελεί τον δεύτερο τρόπο. Ιδανικά η εξέταση μπορεί να γίνει την χρονική περίοδο που η ανάπτυξη του εμβρύου θα είναι τέτοια που θα είναι δυνατή η παρατήρηση των χαρακτηριστικών του προσώπου του. Οι κυριότερες εφαρμογές των υπέρηχων εμφανίζονται σε τμήματα της μαιευτικής για γυναικολογικές εξετάσεις και για την απεικόνιση του εμβρύου, της καρδιολογίας και της αγγειολογίας για το καρδιαγγειακό σύστημα, της παιδιατρικής, της ουρολογίας, της ακτινολογίας αλλά και σε τμήματα επειγόντων περιστατικών.

Ο σκοπός της διεξαγωγής ενός υπερηχογραφικού ελέγχου είναι:

- Έλεγχος της μήτρας, των παρακείμενων οργάνων και του εμβρύου για την λήψη προγεννητικών δεδομένων με σκοπό την καλή εξέλιξη της κύησης για το έμβρυο αλλά και για την μητέρα.
- Ποσότητα του αμνιακού υγρού.
- Τα χαρακτηριστικά του πλακούντα και η θέση του.
- Η βιομετρία του εμβρύου, δηλαδή η μέτρηση των βιολογικών παραμέτρων και χαρακτηριστικών του.
- Η λειτουργία της καρδιάς του εμβρύου.
- Ο αριθμός των εμβρύων και το φύλο του (το φύλο αποκαλύπτεται μόνο αν είναι επιθυμητό από τους γονείς).

Το υπερηχογράφημα χρησιμοποιεί ηχητικά κύματα με συχνότητες μεγαλύτερες από το ανώτερο ακουστικό όριο της ανθρώπινης ακοής, που αυτό το όριο κυμαίνεται σε συχνότητες άνω των 20kHz, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1. Τυπικοί διαγνωστικοί υπερηχογράφοι λειτουργούν στην περιοχή συχνοτήτων 2 έως 12 MHz, που είναι εκατοντάδες φορές μεγαλύτερο από το όριο της ανθρώπινης ακοής. Μπορεί επίσης να γίνει και εφαρμογή συχνοτήτων εκτός του συγκεκριμένου εύρους 30MHz, αλλά για συστήματα με εξειδίκευση.



Εικόνα 1: Ηχητικό φάσμα [1]

Η αρχή λειτουργίας των υπερήχων στηρίζεται στην μεταφορά παλμού υπερήχων μέσα σε ένα υλικό και την καταγραφή των ανακλάσεων που γυρνάνε πίσω. Δημιουργία του παλμού έχουμε όταν εφαρμόζεται σε ένα πιεζοηλεκτρικό δίσκο παλμός με υψηλή τάση. Στη συνέχεια αυτές οι ανακλάσεις κραδάζουν αυτόν τον πιεζοηλεκτρικό δίσκο ή άλλον και αυτός με την σειρά του τις μετατρέπει πάλι σε τάσεις. Ανάμεσα σε δύο ανακλάσεις υπάρχει η ηχώ. Τα κύματα υψηλότερης συχνότητας διαπερνούν λιγότερο ιστό αλλά επιτρέπουν καλύτερη ανάλυση, ενώ τα κύματα χαμηλότερης συχνότητας διαπερνούν περισσότερους ιστούς με κόστος την ανάλυση.

Η απεικόνιση πραγματοποιείται μέσω των ηχοβολέων κεφαλών, οι οποίοι είναι επίσης γνωστοί και ως μετατροπείς υπερήχων και τοποθετούνται απευθείας στην περιοχή του σώματος που πρόκειται να γίνει η εξέταση, δηλαδή αποτελεί το σημείο επαφής με τον εξεταζόμενο επομένως αποτελεί σημαντικό τμήμα ενός συστήματος υπερηχογράφου. Ο ηχοβολέας είναι υπεύθυνος για την δημιουργία και την εκπομπή του υπερηχητικού σήματος, για την λήψη και μετατροπή της πληροφορίας σε ηλεκτρικό παλμό καθώς και για την μετατροπή της ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική και το αντίθετο.

Η σωστή χρήση του είναι σημαντική καθώς υπάρχει εξάρτηση από αυτήν με την ποιότητα της τελικής εικόνας. Επίσης για την διασφάλιση της βέλτιστης μετάδοσης της ενέργειας μεταξύ του ασθενή και του μετατροπέα γίνεται χρήση ενός ζελέ ζεύξης που εφαρμόζεται στην εξεταζόμενη περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η σάρωση. Οι ηχοβολείς προορίζονται για διαδερμική, ενδο-κολπική, ενδο-οισοφαγική, διαθωρακική και ενδοσκοπική χρήση. Επιπλέον υπάρχουν ηχοβολείς για την διερεύνηση της ροής του αίματος και για την μορφή των αγγείων.

Οι κατηγορίες που κατατάσσονται οι ηχοβολείς είναι η εξής:

1. Ηχοβολείς γραμμικής διάταξης (Linear), όπου τα στοιχεία στην διάταξη είναι σε σειρά και διεγείρονται διαδοχικά.
2. Ηχοβολείς κυρτής διάταξης (Convex), κατά την οποία τα στοιχεία είναι υπό γωνία σε μια επιφάνεια που είναι κυρτή με αποτέλεσμα να κατορθώνεται απεικόνιση με μεγάλο εύρος πεδίου.
3. Ηχοβολείς φασικής διάταξης (Phased), αποτελούν ηχοβολείς με πολλαπλά στοιχεία διάταξης κρυστάλλων σε μικρή επιφάνεια, τα οποία όταν λειτουργούν παρουσιάζουν στην φάση τους μια καθυστέρηση. Σε αυτή την κατηγορία η χρήση των στοιχείων όταν εκπέμπονται και λαμβάνονται γίνεται ταυτόχρονα, ενώ στις δύο προηγούμενες γίνεται ανά ομάδες. Τόσο ο τρόπος που είναι σχεδιασμένοι όσο και ο τρόπος λειτουργίας τους, επιτρέπουν να απεικονιστούν κινούμενες

ανατομικές δομές και ροή του αίματος με υψηλή ταχύτητα.

4. Ηχοβολείς Μήτρας (Matrix), αυτοί οι ηχοβολείς είναι από τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας και αποτελούνται από 2500-9000 στοιχεία.
5. Διοισοφάγειοι ηχοβολείς, που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της καρδιάς.
6. Ηχοβολείς τετραδιάστατης απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο (4D), απαρτίζεται από μία δισδιάστατη κεφαλή και η κίνηση της γίνεται υπό γωνία με μηχανική υποβοήθεια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1. Αρχές Λειτουργίας Υπερήχων

#### 1.1.1. Βασικές αρχές υπερήχων

Τα κύματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες στα μηχανικά που είναι η πρώτη κατηγορία, τα οποία για να διαδοθούν χρειάζονται ένα μέσο διάδοσης και διακρίνονται σε διαμήκη και εγκάρσια κύματα και η δεύτερη κατηγορία είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που η διάδοσή τους μπορεί να γίνει και στο κενό. Ο ήχος είναι μηχανικό κύμα που μεταφέρει ενέργεια στο χώρο. Για την μεταφορά της ενέργειας στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή για την διάδοση του κύματος στο χώρο απαιτείται μία αλληλεπίδραση με ένα μέσο διάδοσης. Οι μηχανισμοί για να διαδοθεί το μηχανικό κύμα είναι δύο, ο διαμήκης και ο εγκάρσιος μηχανισμός. Η κατεύθυνση παραγωγής της ενέργειας στα διαμήκη κύματα είναι ίδια με την κατεύθυνση της διάδοσης, όπου εδώ παράδειγμα αποτελεί το κύμα στην επιφάνεια του νερού. Αντίθετα στα εγκάρσια κύματα κατεύθυνση παραγωγής της ενέργειας είναι κάθετη στη κατεύθυνση της διάδοσης.

Οι υπέρηχοι χαρακτηρίζονται από κάποιες παραμέτρους. Αυτές οι παράμετροι είναι η περίοδος, η συχνότητα, η ταχύτητα διάδοσης, το μήκος κύματος και η ένταση. Από την πηγή των υπερήχων εξαρτώνται η συχνότητα, η περίοδος και η ένταση ενώ η ταχύτητα εξαρτάται από το μέσο διάδοσης και το μήκος κύματος και από τα δύο.

Συχνότητα ( $f$ ), ονομάζεται ο αριθμός των επαναλήψεων μιας κυματικής μεταβλητής στη μονάδα του χρόνου και η μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hertz (Hz).

Περίοδος ( $T$ ), χαρακτηρίζεται ως η διάρκεια ενός κύκλου και η σχέση του με την συχνότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη. Η μονάδα μέτρησης της είναι το δευτερόλεπτο (s) και δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.1)$$

Μήκος κύματος ( $\lambda$ ), χαρακτηρίζεται από την απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.2)$$

όπου,  $\lambda$  το μήκος κύματος (m),  $c$  η ταχύτητα διάδοσης κύματος (m/s) και  $f$  η συχνότητα (Hz).

Ταχύτητα διάδοσης ( $c$ ), καλείται η διάδοση ρυθμού της ενέργειας σε ένα μέσο. Η ταχύτητα του κύματος των υπερήχων στους μαλακούς ιστούς είναι 1540 m/s, στον αέρα 330 m/s και στα οστά 3500 m/s.

Η ένταση υπερήχων αποτελεί την ισχύ, η οποία περνά από μια μονάδα κάθετα στη κατεύθυνση της διάδοσης. Εκφράζεται σε Watts/cm<sup>2</sup> και η διακύμανσή της κατά μήκος της δέσμης συνεχούς κύματος συνήθως μεγιστοποιείται στο κέντρο και ελαττώνεται στα άκρα. Πέρα από την μονάδα W/cm<sup>2</sup> χρησιμοποιείται και άλλη μια μονάδα μέτρησης, το decibel (dB), όπου περιγράφεται το επίπεδο της έντασης αλλά σε λογαριθμική κλίμακα. Για τον υπολογισμό της έντασης του ήχου σε dB χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$dB = 10 \log\left(\frac{I_f}{I_0}\right) \quad (1.3)$$

όπου,  $I_f$  η τιμή της έντασης μετά την μεταβολή που υπέστη το κύμα υπερήχων και  $I_0$  η τιμή της έντασης πριν από οποιαδήποτε μεταβολή.

### 1.1.2. Ανάκλαση

Η παραγωγή της εικόνας με τη χρήση των υπερήχων είναι από το ανακλώμενο τμήμα της δέσμης. Το φαινόμενο της ανάκλασης γίνεται κατά την πρόπτωση ηχητικών κυμάτων σε ομαλές επιφάνειες με μεγάλες διαστάσεις και είναι βασική αρχή λειτουργίας των υπερηχογραφικών συστημάτων. Το ποσοστό της δέσμης που ανακλάται στις επιφάνειες του ιστού εξαρτάται από την ακουστική εμπέδηση και από την γωνία πρόσπτωσης της.

### 1.1.3. Ακουστική εμπέδηση

Όταν το κύμα διαδίδεται σε κάποιο μέσο και πέφτει σε ένα άλλο κύμα που διαθέτει άλλες ακουστικές ιδιότητες, τότε κάποιο μέρος της ηχητικής δέσμης περνά το δεύτερο υλικό και το υπόλοιπο ανακλάται πίσω στο πρώτο υλικό. Η αντίσταση ενός υλικού μέσου στη διάδοση ηχητικού κύματος που πέφτει στην επιφάνεια του περιγράφεται από την ακουστική εμπέδηση. Ως ακουστική εμπέδηση ( $Z$ ), ορίζεται το γινόμενο της πυκνότητας του υλικού επί την ταχύτητα του ήχου κατά την διέλευσή του, μετριέται σε  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  ή Rayls και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Z = \rho c \quad (1.4)$$

Το ποσοστό που ανακλάται καθορίζεται από την γωνία πρόσπτωσης της δέσμης και δίνεται από τον συντελεστή ανάκλασης από την σχέση 1.5 και το ποσοστό που περνά το δεύτερο μέσο δίνεται από τον συντελεστή διάδοσης σύμφωνα με την σχέση 1.6.

$$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \times 100 \quad (1.5) \quad T = 1 - R \quad (1.6)$$

Από τις παραπάνω σχέσεις παρατηρούμε πως εάν οι ακουστικές εμπεδήσεις των ιστών είναι ίδιες, τότε η μεταφορά της ενέργειας περνάει από το ένα υλικό στο άλλο. Σε αντίθεση αν η ακουστική εμπέδηση του δεύτερου υλικού είναι πιο μεγάλη από την εμπέδηση του πρώτου υλικού τότε ο συντελεστής ανάκλασης είναι μεγαλύτερος και το μεγαλύτερο ποσοστό ανακλάται.

### 1.1.4. Διάθλαση

Στην διάθλαση όταν ο ήχος περνά από το ένα μέσο σε ένα άλλο, παρατηρείται αλλαγή στο μήκος κύματος, όπου αποκτά καινούργια ταχύτητα, δηλαδή υπάρχει αλλαγή κατεύθυνσης ως προς την αρχική δέσμη. Η γωνία της διαθλώμενης δέσμης δίνεται από τον νόμο του Snell:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad (1.7)$$

όπου,  $\theta_1$  είναι η γωνία της πρόσπτωσης,  $\theta_2$  η γωνία της διάθλασης και  $c_1, c_2$  είναι η ταχύτητα του ήχου στο μέσο διάδοσης. Η διάθλαση αποτελεί σημαντική παράμετρο καθώς είναι κύρια πηγή τεχνικών σφαλμάτων που έχουν σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση στο σχήμα των οργάνων ή μπορεί ακόμα να τα εμφανίζει σε άλλη θέση.

## 1.2. Οργανολογία ενός υπερηχογραφικού συστήματος

### 1.2.1. Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

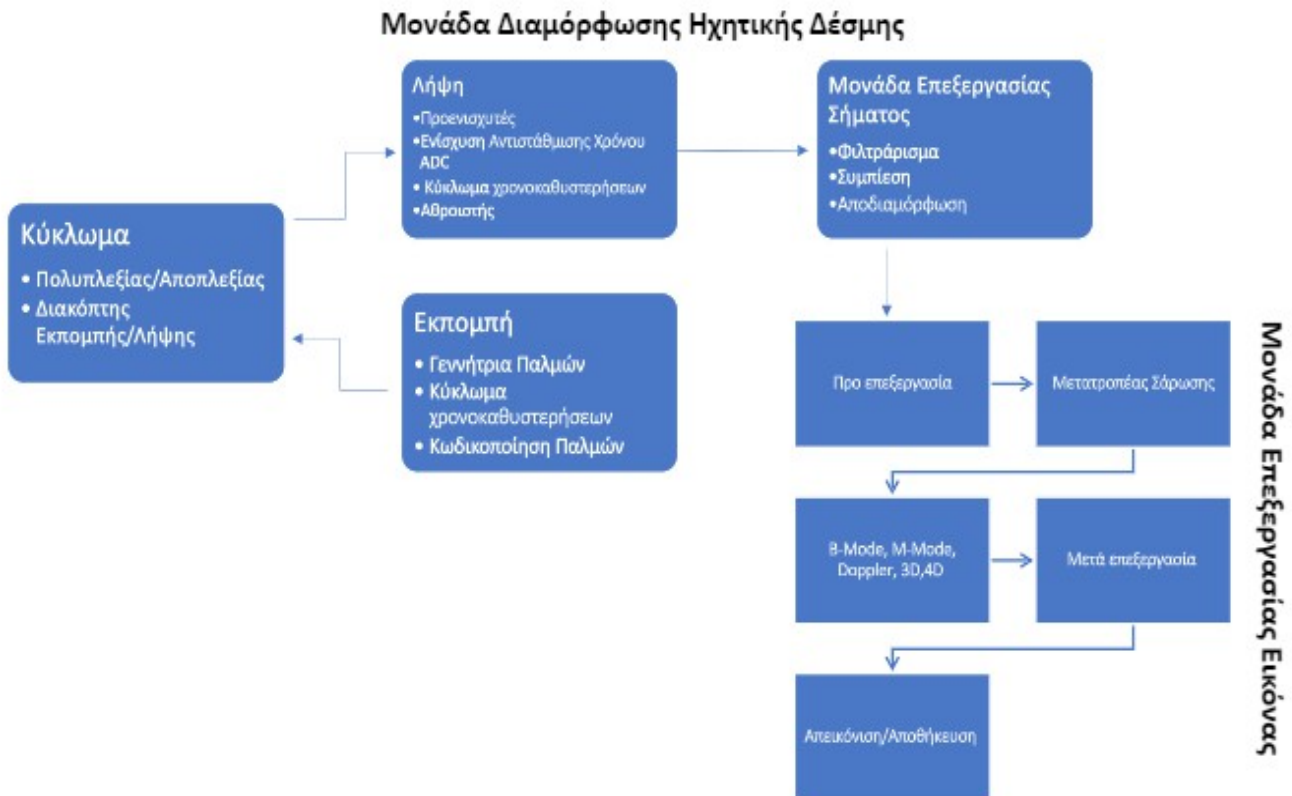
Η παραγωγή και ανίχνευση των υπερήχων στηρίζεται στους πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους, δηλαδή στο



πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν το πάχος αυτών των κρυστάλλων υποστεί μεταβολή εξαιτίας κάποιας πίεσης, έχει σαν αποτέλεσμα το υλικό να πολωθεί ηλεκτρικά και έτσι στην επιφάνεια που έχει υποστεί η πίεση συσσωρεύονται ηλεκτρόνια αντίθετων φορτίων. Αυτή η συσσώρευση δημιουργεί διαφορά δυναμικού μεταξύ των επιφανειών (πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο), όπου αυτή η διαφορά είναι ανάλογη της πίεσης.

### 1.2.2. Οργανολογία ενός συστήματος υπερηχογραφίας

Ένα σύστημα υπερηχογραφίας αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2:



Εικόνα 2: Διάγραμμα ενός συστήματος υπερηχογραφίας. [2]

- Μονάδα διαμόρφωσης ηχητικής δέσμης (BeamFormer Unit), η οποία μέσω ενός καλωδίου επικοινωνεί με τον ηχοβολέα και η λειτουργία της χωρίζεται στην εκπομπή και λήψη ηχητικής δέσμης.
- Μονάδα επεξεργασίας σήματος (Signal Processor Unit), της οποίας οι λειτουργίες είναι το φιλτράρισμα, η συμπίεση και η αποδιαμόρφωση.
- Μονάδα επεξεργασίας εικόνας (Image Processor Unit), που περιλαμβάνει την προ επεξεργασία που γίνεται εφαρμογή μεθόδων επεξεργασίας. Επίσης μέσω μετατροπείας σάρωσης γίνεται μετατροπή μιας σειράς γραμμών σάρωσης σε κλασική υπερηχογραφική εικόνα με κύριο σκοπό την επεξεργασία, απεικόνιση και αποθήκευση των εικόνων και τέλος την μετά επεξεργασία που έχει σχέση με μεθόδους
- επεξεργασίας εικόνας μετά την αποθήκευση δεδομένων στην μνήμη.
- Μονάδα απεικόνισης (Display Unit), που γίνεται αποστολή των δεδομένων στην οθόνη για την απεικόνιση.
- Μονάδα αποθήκευσης (Storage Unit), που διαιρείται σε δύο μονάδες την εσωτερική και την εξωτερική. Στην εσωτερική μονάδα γίνεται προσωρινή αποθήκευση σε ένα μεγάλο κομμάτι μνήμης

μέχρι αυτή να γεμίσει. Η αποθήκευση σε αυτό το κομμάτι μνήμης αναφέρεται σαν cine-loop (μια σειρά από ψηφιακές εικόνες), όπου αυτό δίνει την δυνατότητα την παρατήρηση πολύπλοκων ανατομικών δομών. Η εξωτερική μονάδα αποθηκεύει τα δεδομένα σε αναλογική αλλά και ψηφιακή αποθήκευση.

Οι πρώτες δύο μονάδες αποτελούν το Front End του συστήματος και οι επόμενες τρεις μονάδες το Back End. Το μέγεθος ενός υπερηχογραφικού συστήματος ξεκινάει από ένα κινητό σύστημα, που η μεταφορά του μπορεί να γίνει εύκολα και φτάνει στα σύγχρονα συστήματα μεγάλου όγκου, που οι δυνατότητες τους είναι άπειρες.

### **1.3. Μέθοδοι Απεικόνισης**

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι απεικόνισης που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η απεικόνιση Α-Τρόπου (A - Mode), που αποτελεί την αφετηρία των επόμενων, Β-Τρόπου (B - Mode) και Μ-Τρόπου (M - Mode). Εκτός από αυτούς υπάρχουν και άλλοι τρόποι απεικόνισης όπως η έγχρωμη και φασματική απεικόνιση (Doppler Mode), η αρμονική, η σύνθετη, η απεικόνιση ελαστογραφίας, η τρισδιάστατη (3D) και τετραδιάστατη απεικόνιση (4D), στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω στην εργασία.

#### **1.3.1. Απεικόνιση Α-Τρόπου**

Η ονομασία Α-Mode είναι η συντόμευση των όρων Amplitude Mode, δηλαδή διαμόρφωση πλάτους. Σε αυτόν τον τρόπο απεικόνισης, η παρουσία των ηχητικών κυμάτων στην οθόνη είναι υπό την μορφή επαρμάτων, όπου το ύψος της κάθε κορυφής είναι ανάλογο της έντασης του αντίστοιχου σήματος. Αν μελετηθεί η θέση και το ύψος αυτών των κορυφών έχουμε την εξαγωγή χρήσιμων διαγνωστικών πληροφοριών όσο αφορά τις ανατομικές δομές που πέρασε η ηχητική δέσμη. Το Α-Mode έχει δύο άξονες τον x και τον y, όπου ο x είναι το βάθος και ο y το πλάτος. Συνήθως η χρήση του γίνεται για οφθαλμολογική μελέτη.

#### **1.3.2. Απεικόνιση Β-Τρόπου**

Σε αντίθεση με την απεικόνιση Α-Τρόπου, η απεικόνιση Β-Τρόπου αποτελεί μια δισδιάστατη απεικόνιση, όπου η παρουσία των ηχητικών κυμάτων στην οθόνη είναι σε μορφή φωτεινών κηλίδων μεγάλων ή μικρών που εκπροσωπούν ισχυρές ή αδύναμες ηχώ, αντίστοιχα και η φωτεινότητα των κηλίδων αυτών εξαρτάται από την ένταση της ηχούς. Η μελέτη της θέσης της κηλίδας επιτρέπει την μελέτη διαγνωστικών και θεραπευτικών διαδικασιών.

#### **1.3.3. Απεικόνιση Μ-Τρόπου**

Η απεικόνιση Μ-Τρόπου που επίσης ονομάζεται Μ-Mode, αφορά στην εμφάνιση μιας μονοδιάστατης εικόνας για χρήση ανάλυσης κινούμενων δομών του σώματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την καταγραφή του πλάτους και του ρυθμού της κίνησης σε πραγματικό χρόνο. Στην ουσία είναι μια ακολουθία από σαρώσεις Β-Τρόπου και έχουμε διαδοχή των εικόνων τη μια μετά την άλλη στη οθόνη, έτσι γίνεται η μέτρηση του εύρους της κίνησης.

#### **1.3.4. Απεικόνιση Doppler Mode**

Σε αυτήν την λειτουργία χρησιμοποιείται το φαινόμενο του Doppler (η αλλαγή του κύματος της συχνότητας

που παρατηρείται εξαιτίας της κίνησης της πηγής), κατά το οποίο μετριέται και απεικονίζεται η ροή του αίματος. Η εμφάνιση των πληροφοριών σε αυτήν την λειτουργία γίνονται γραφικά με την χρήση του φασματικού Doppler ή σαν εικόνα με την χρήση του έγχρωμου Doppler. [2-10]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. 4D Γυναικολογικός Υπέρηχος

#### 2.1.1. Εισαγωγή

Ο τετραδιάστατος γυναικολογικός υπέρηχος αποτελεί την εξέλιξη της τρισδιάστατης υπερηχογραφίας που στα τρία επίπεδα που ήδη διαθέτει που αυτά είναι το μετωπιαίο, το εγκάρσιο και το οβελιαίο έχει προστεθεί η παράμετρος του χρόνου και αυτό δίνει την δυνατότητα της απεικόνισης της κίνησης του εμβρύου σε πραγματικό χρόνο. Με λίγα λόγια ο τετραδιάστατος υπέρηχος αποτελεί έναν τρισδιάστατο υπέρηχο με απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο.

Η τεχνολογία του 4D υπέρηχου έχει φτάσει πλέον σε ένα επίπεδο που με ευκολία μπορεί να αξιοποιηθεί για τις καθημερινές εξετάσεις και προσφέρει οφέλη ως προς την εκτίμηση της κατάστασης του εμβρύου πριν από την γέννηση του. Αυτή η εκτίμηση έχει σχέση με οπτικές πληροφορίες αλλά και σημαντικά δεδομένα, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν σε περίπτωση που το έμβρυο εμφανίσει κάποιο πρόβλημα για την διάγνωση και τον σχεδιασμό της θεραπείας μετά την γέννηση του.

Το τετραδιάστατο υπερηχογράφημα προσφέρει με την γρήγορη λήψη του όγκου την ανίχνευση φυσιολογικών και μη φυσιολογικών κινήσεων του εμβρύου, την ύπαρξη ανωμαλιών στο πρόσωπο του ή στον εγκέφαλο, προβλήματα στην σπονδυλική στήλη αλλά και την ανίχνευση της σωστής ανάπτυξης των κάτω και άνω άκρων του.

Τα βήματα της διαδικασίας του τετραδιάστατου υπέρηχου είναι η απόκτηση και εμφάνιση του όγκου, έπειτα ο χειρισμός του όγκου, δηλαδή η επεξεργασία της εικόνας και η αποθήκευση τομών και περιλαμβάνεται και ο χρόνος για την προβολή των κινούμενων τρισδιάστατων εικόνων.

Για την απόκτηση εικόνων υψηλής ποιότητας απαιτείται οι δισδιάστατες εικόνες να είναι και αυτές καλής ποιότητας, καθώς η τεχνολογία των τρισδιάστατων και των τετραδιάστατων υπέρηχων κατά κύρια βάση στηρίζεται στους δισδιάστατους υπέρηχους. [11]

### 2.2. Οργανολογία του 4D υπερηχογραφικού συστήματος

#### 2.2.1. Ηχοβολείς

Οι τετραδιάστατοι ηχοβολείς σε σχέση με τους συμβατικούς ηχοβολείς υπέρηχων είναι πιο μεγάλοι σε όγκο και παρέχεται έτσι αρκετός χώρος στους κρυστάλλους του ηχοβολέα να ταλαντεύονται μέσα σε αυτόν. Κατά τη σάρωση, οι κρύσταλλοι στον 4D ηχοβολέα ταλαντεύονται συνέχεια, με αποτέλεσμα να στέλνεται και να λαμβάνεται η ηχώ.

Οι βασικοί τύποι 4D ηχοβολέων είναι οι παρακάτω:

1. Τετραδιάστατος κυρτός ηχοβολέας, εφαρμόζεται κυρίως για την απεικόνιση της κοιλιάς.
2. Τετραδιάστατος γραμμικός ηχοβολέας, εφαρμόζεται για την απεικόνιση των μικρών τμημάτων του σώματος, όπως ο θυρεοειδής ή οι μαστοί.
3. Τετραδιάστατος ηχοβολέας ενδοκοιλότητας, προσφέρει δεδομένα όγκου διακολπικών σαρώσεων.

Αυτοί οι τετραδιάστατοι ηχοβολείς έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για την καθοδήγηση σε βιοψία ανάλογα με την διαθεσιμότητα τους. Επίσης κατά την λήψη της εικόνας, ο ηχοβολέας συνήθως πρέπει να διατηρείται σταθερός στην θέση του παρατηρώντας την περιοχή ενδιαφέροντος. [12]

### 2.2.2. Διαδικασία λήψης 4D εικόνας

Για την απόκτηση μιας ικανοποιητικής τρισδιάστατης και τετραδιάστατης εικόνας πρέπει πρώτα να υπάρχει μια καλή δισδιάστατη εικόνα. Η διαδικασία αυτή χωρίζεται σε τέσσερα βήματα. Το πρώτο βήμα είναι η απόκτηση μίας δισδιάστατης εικόνας, της οποίας η ποιότητα πρέπει να είναι ικανοποιητική. Για αρχή πρέπει να ενεργοποιηθεί το σύστημα. Έπειτα γίνεται η επιλογή του ηχοβολέα και είναι σημαντικό πριν από την σάρωση ο χειριστής να είναι σίγουρος πως τον χειρίζεται σωστά. Στην 3D/4D σάρωση η στατική τρισδιάστατη λειτουργία δηλώνει μια τρισδιάστατη εικόνα ενός όγκου και το 4D δηλώνει την λήψη τρισδιάστατων εικόνων σε πραγματικό χρόνο. Η διαφορά αυτών των δύο είναι ότι στη τρισδιάστατη στατική λειτουργία λαμβάνεται μόνο ένα σύνολο τρισδιάστατων ογκομετρικών δεδομένων, ενώ στη λειτουργία 4D, λαμβάνονται αρκετά σετ τρισδιάστατων ογκομετρικών δεδομένων μέσα σε ένα συνεχές χρονικό πλαίσιο και αυτά ευθυγραμμίζονται χρονολογικά. Το καλύτερο επίπεδο για μια καλή εικόνα 3D/4D είναι το μεσαίο οβελιαίο επίπεδο. Επομένως πρέπει να βρεθεί αυτό το επίπεδο και στη συνέχεια πρέπει να γίνει λήψη απεικόνισης αμφιβρεγματικής διαμέτρου (BPD), η οποία αποτελεί πρωταρχική βιομετρική παράμετρο για να εκτιμηθεί το μέγεθος του εμβρύου. Αφού γίνει η λήψη του επιπέδου απεικόνισης BPD, πρέπει να γυρίσει ο μορφοτροπέας από την οριζόντια θέση στην κάθετη για την λήψη του οβελιαίου επιπέδου. Εάν δεν βρεθεί το τυπικό μεσαίο οβελιαίο επίπεδο, απλώς γίνεται ρύθμιση της θέσης του ηχοβολέα αργά για την απόκτηση του μεσαίου οβελιαίου επιπέδου. Έπειτα από την απόκτηση αυτού του επιπέδου, η εργασία προετοιμασίας της δισδιάστατης εικόνας είναι έτοιμη. Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή του πλήκτρου 3D από τον πίνακα ελέγχου, όπου μετά από αυτή την επιλογή θα εμφανιστεί στην οθόνη το πλαίσιο της περιοχής ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν οι κατάλληλες ρυθμίσεις, έτσι ώστε να προσαρμοστεί το μέγεθος της περιοχής ενδιαφέροντος στην κατάλληλη θέση. Το μέγεθος της περιοχής ενδιαφέροντος πρέπει να είναι κατάλληλο, ούτε πολύ μικρό, ούτε πολύ μεγάλο, έτσι η περιοχή ενδιαφέροντος πρέπει να μετακινηθεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει ολόκληρο το κεφάλι του εμβρύου, χωρίς κανένα εμπόδιο.

Ο όγκος ενδιαφέροντος που δεν είναι κατάλληλος δεν συνεισφέρει στην απόκτηση μιας καλής και ολοκληρωμένης τρισδιάστατης εικόνας. Για την αποφυγή αυτού πρέπει να γίνει ρύθμιση και ενεργοποίηση της καμπύλης του ενδιαφερόμενου όγκου, ώστε να προσαρμοστεί όσο δυνατόν πιο κοντά στην επιφάνεια του προσώπου του εμβρύου. Η λήψη της τρισδιάστατης εικόνας ξεκινά με το πάτημα του πλήκτρου ενημέρωσης και είναι σημαντικό κατά την διάρκεια αυτή ο ηχοβολέας να παραμείνει ακίνητος. Το τρίτο βήμα είναι η τετραδιάστατη σάρωση που επιτυγχάνεται με την επιλογή του πλήκτρου 4D από τον πίνακα ελέγχου και μετά από την επιλογή αυτή το πλαίσιο της περιοχής ενδιαφέροντος θα εμφανιστεί. Στη συνέχεια γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις για την προσαρμογή του μεγέθους της περιοχής ενδιαφέροντος στην κατάλληλη θέση, όπως και στην τρισδιάστατη σάρωση. Κατόπιν με την επιλογή του πλήκτρου ενημέρωσης γίνεται εισαγωγή της κατάστασης της τετραδιάστατης εικόνας σε πραγματικό χρόνο και με το πλήκτρο παγώματος μπορεί να παγώσει η εικόνα και στη συνέχεια η λήψη της τετραδιάστατης εικόνας θα γίνει αυτόματα. Το τέταρτο και τελευταίο βήμα αποτελεί την επεξεργασία της τρισδιάστατης ή τετραδιάστατης εικόνας. Αφού ο χειριστής αποκτήσει την εικόνα μπορεί να εκτελέσει μια μεταγενέστερη επεξεργασία στην εικόνα για την βελτίωση της. Ανάλογα με την απόδοση της εικόνας 3D/4D πρέπει να γίνει σωστή επιλογή στη ρύθμιση του κατωφλιού. Η ρύθμιση του κατωφλιού είναι σημαντική καθώς μια πολύ υψηλή ρύθμιση κατωφλιού προκαλεί απώλεια των λεπτομερειών ενώ μια πολύ χαμηλή ρύθμιση κατωφλιού παράγει πολύ θόρυβο. [13-15]



Εικόνα 3: Υπερηχογραφική εικόνα εμβρύου [16]

Μια επιτυχημένη σάρωση μπορεί επίσης να βασιστεί στα επόμενα 3 βασικά σημεία:

1. Η ηλικία κύησης του εμβρύου να είναι περίπου στις 24-28 εβδομάδες.
2. Η θέση του εμβρύου πρέπει να είναι προς τα έξω, δηλαδή πρέπει να φαίνεται το πρόσωπο του.
3. Να υπάρχει αρκετό αμνιακό υγρό.

## 2.3. Λογισμικό

### 2.3.1. Εισαγωγή

Μετά από την έλευση του σημερινού σύγχρονου πολυπύρηνου GPU (Μονάδα Επεξεργασίας Γραφικών), η δυνατότητα τους για την χρήση στην διαδραστική απεικόνιση έγινε πιο ελαστική και χρησιμοποιείται σε ιδιαίτερα περίπλοκους αλγορίθμους απόδοσης για την οπτικοποίηση πραγματικού χρόνου, κάτι που πριν την έλευση αυτή δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Αυτή η μονάδα έχει πολύ καλά αποτελέσματα στην χρήση και στην εμφάνιση για σύνολα δεδομένων γραφικών υπολογιστών μεγάλου όγκου και η δομή της την ορίζει πιο ικανή από την CPU (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας) για γενική χρησιμοποίηση σε μια διαδοχή περίπλοκων αλγορίθμων. Η ικανότητα του προγραμματισμού που κατέχει αποτελεί την αιτία των βελτιώσεων στον τομέα της απεικόνισης στην ιατρική. Πρόκειται για μια απεικόνιση που χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα που είναι σε συνδυασμό απόδοσης πραγματικού χρόνου με απεικόνιση υψηλής ανάλυσης.

Στους 4D υπερηχογράφους για να μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτή η απεικόνιση κίνησης σε πραγματικό χρόνο έχουν δημιουργηθεί διάφοροι τρόποι απόδοσης και τύποι λογισμικού που καθήκον τους είναι η συνδρομή τους στην προγεννητική διερεύνηση ανωμαλιών στο έμβρυο. Επομένως στο σύστημα του υπερηχογράφου προσφέρονται κάποια συγκεκριμένα λογισμικά, τα οποία υπάρχουν είτε εξ αρχής στο σύστημα, είτε μπορούν να εγκατασταθούν αργότερα από τον χειριστή.

Κάποια από αυτά τα λογισμικά είναι τα εξής:

1. Real Time 4D (RT-4D)
2. STIC
3. HDLive Silhouette / HDLive Flow
4. Vocal – Imaging
5. MagiCut 4D

### 2.3.2. Real Time 4D (RT-4D)

Το λογισμικό 4D σε πραγματικό χρόνο (Real Time 4D) επιτυγχάνεται μέσω συνεχόμενων λήψεων του όγκου παράλληλα με τον υπολογισμό τρισδιάστατων εικόνων που έχουν αποδοθεί. Σε αυτή την περίπτωση το πλαίσιο λήψης όγκου (acquisition box) αποτελεί ταυτόχρονα και το πλαίσιο απόδοσης (render box). Το πλαίσιο απόδοσης καθορίζει το μέγεθος του όγκου που θα αποδοθεί. Ως εκ τούτου, για ένα καλό τελικό αποτέλεσμα αυτά που είναι σημαντικά είναι το μέγεθος και η θέση του πλαισίου όγκου. Η ρύθμιση του μεγέθους μιας υπολογισμένης τρισδιάστατης εικόνας γίνεται αυτόματα έτσι ώστε να είναι ταιριαστή με την περιοχή λειτουργίας προβολής που έχει επιλεγεί. Για την αναπαραγωγή του τετραδιάστατου βίντεο μπορεί να γίνει αυτόματη ρύθμιση μετά το πάγωμα του μεγέθους της τρισδιάστατης εικόνας. Με αυτόν τον αλγόριθμο διασφαλίζεται πως ανεξαρτήτως τι μέγεθος θα έχει το πλαίσιο του όγκου, η εμφάνιση της τρισδιάστατης εικόνας θα πραγματοποιείται πάντοτε με τον ορθό τρόπο. Βασική συνθήκη για την χρήση αυτού του λογισμικού είναι πως πρέπει να γίνει η εγκατάσταση του και να επιλεγεί και συνδεθεί στο σύστημα κατάλληλος ηχοβολέας που αντιστοιχεί στην Real Time 4D. [17]

### 2.3.3. STIC

Με τη χρήση του λογισμικού STIC, δηλαδή του χωροχρονικού συσχετισμού εικόνας δίνεται η δυνατότητα για την απόκτηση πληροφοριών για την καρδιά του εμβρύου ή μια αρτηρία μπορεί να απεικονιστεί τετραδιάστατα. Δεν αποτελεί μια τεχνική πραγματικού τετραδιάστατου χρόνου, αλλά μία τρισδιάστατη απόκτηση μετά από επεξεργασία. Η λήψη των δεδομένων έχουν προκαθορισμένη χρονική περίοδο στα 7,5 - 15 δευτερόλεπτα και στην συνέχεια οι εικόνες υποβάλλονται σε επεξεργασία με σκοπό τον υπολογισμό μιας ακολουθίας 4D Volume Cine. Η λειτουργία 4D Volume Cine βοηθάει τον χειριστή στην αποθήκευση και στην εργασία με τους όγκους που έχει αποκτήσει. Μια ικανοποιητική συλλογή δεδομένων STIC προβάλλει μια κανονική άντληση της καρδιάς του εμβρύου ή μιας αρτηρίας. Η χρήση του λογισμικού αυτού δίνει αρκετά πλεονεκτήματα όπως τον απεριόριστο αριθμό εικόνων που παρέχει για έλεγχο και την συντόμευση του χρόνου για αξιολόγηση όταν υπάρχει υποψία για κάποια ανωμαλία. [18]

### 2.3.4. HDLive Silhouette / HDLive Flow

Στο λογισμικό HDlive Silhouette / HDlive Flow στόχος αποτελεί ο έγκαιρος εντοπισμός των ανωμαλιών και ο προγραμματισμός της θεραπείας που θα ακολουθήσουν πριν από την γέννηση του εμβρύου. Αυτές οι ανωμαλίες θα μπορούσαν να εντοπιστούν ακόμα και κατά τους πρώτους τρεις μήνες της κύησης. Το HDLive Silhouette, ουσιαστικά επιτρέπει την παρατήρηση του εμπρόσθιου μέρους του εμβρύου καθώς και του πίσω μέρους με την ανάλυση των σκιών ή της σιλουέτας που δημιουργείται από το HDLive. Τα δεδομένα αυτού του λογισμικού χρησιμοποιούνται για το βάθος, τη λεπτομέρεια και το σχήμα με αφαίρεση του θορύβου και

βελτίωση της εικόνας καθώς και με την πρόσθεση χρώματος και φωτός στην τελική τρισδιάστατη εικόνα. Το HDLive αξιοποιεί μια πηγή φωτός που ρυθμίζεται και ένα λογισμικό για τον υπολογισμό της διάδοσης του φωτός μέσω επιφανειακών δομών σε σχέση με την κατεύθυνση του φωτός. Από την εικονική πηγή φωτός παράγεται συγκεκριμένος φωτισμός και υπάρχει δημιουργία αντίστοιχων σκιών από τις δομές που το φως ανακλάται, δηλαδή εκεί που το φως έχει περάσει μέσα από τους ιστούς. Αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού του φωτός και της σκιάς είναι η αύξηση του βάθους ως προς την αντίληψη και η παραγωγή εικόνων που είναι πιο αξιολογές και πιο φυσικές από εκείνες που θα αποκτηθούν με τον κλασικό τρισδιάστατο υπέρηχο. Αυτή η εικονική πηγή έχει την δυνατότητα να αλλάζει αλλά και να κατευθυνθεί με ευκολία από οποιαδήποτε γωνία και με τον χειρισμό της υπάρχει ενίσχυση της τμηματοποίησης των δομών των ιστών, καθορισμός των περιγραμμάτων με ακρίβεια και τονισμός σημαντικών κλινικών λεπτομερειών. Με το HDLive Silhouette δημιουργείται μια κλίση στα όρια των οργάνων, σε κοιλότητες γεμάτες με υγρά και στα τοιχώματα των αγγείων. [19]

### 2.3.5. VOCAL - Imaging

Ένα ακόμα από τα λογισμικά που διαθέτει ο 4D υπέρηχος είναι το VOCAL – Imaging (Virtual Organ Computer – aided Analysis). Με το λογισμικό αυτό είναι δυνατός ο υπολογισμός ενός όγκου με την περιστροφή του ενδιαφερόμενου οργάνου ή την δομή ενδιαφέροντος γύρω από έναν άξονα μέσα από μια σειρά διαδοχικών βημάτων. Οι γωνίες που είναι διαθέσιμες για επιλογή είναι σε 6°, 9°, 15°, 30° σε ένα δεδομένο ορθογώνιο επίπεδο (A, B, C). Ουσιαστικά με το VOCAL επιτρέπεται η ανάλυση ενός όγκου σε σχήμα σφαίρας της τρισδιάστατης εικόνας που έχει συλλεχθεί γύρω από ένα σημείο αναφοράς που αυτό ορίζεται από το χρήστη. Η βασική ιδέα στο VOCAL είναι πως συνδυάζεται ιστός τρισδιάστατου υπέρηχου με τις γεωμετρικές πληροφορίες των επιφανειών σε ένα τρισδιάστατο σύνολο δεδομένων.

Τα βασικά βήματα της λειτουργίας του λογισμικού φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα:



Εικόνα 4: Λειτουργία προγράμματος VOCAL – Imaging [20]

Οι λειτουργίες που προσφέρει το VOCAL είναι οι παρακάτω:

1. Ανίχνευση του περιγράμματος της δομής (κύστη, βλάβη όγκου) χειροκίνητα και μετά ο υπολογισμός του όγκου. Για να ελεγχθεί η ακρίβεια της διαδικασίας γίνεται οπτικά από τον χειριστή σε μια πολυεπίπεδη οθόνη.
2. Δημιουργία ενός κελύφους που είναι εικονικό γύρω του περιγράμματος της βλάβης. Το κέλυφος μπορεί να προσδιοριστεί σαν ένα στρώμα ιστού γύρω από την βλάβη, όπου πραγματοποιείται η αγγείωση του όγκου.
3. Υπολογισμός της αγγείωσης μέσα στο κέλυφος αυτόματα με τρισδιάστατο έγχρωμο ιστόγραμμα με σύγκριση του αριθμού των έγχρωμων voxel με τον αριθμό των voxels στην κλίμακα του γκρι.

Με την χρήση αυτού του λογισμικού τα δισδιάστατα περιγράμματα ορίζονται σε πολυεπίπεδες εικόνες και αυτό επιτυγχάνεται αυτόματα ή χειροκίνητα. Με το που γίνει η επιλογή του πλάτους βήματος για την περιστροφή που είναι μεταξύ 6 έως 30 μοιρών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο υπολογισμός του όγκου γίνεται με ευκολία. Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 4, η κύρια ιδέα του περιγράμματος είναι να γίνει ο ορισμός ενός "πάχους" της γεωμετρίας της επιφάνειας αναφοράς. Η γεωμετρία του κελύφους μπορεί να απεικονιστεί ως δέρμα ή "καλώδιο" και αποτελεί μια γεωμετρία εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας που είναι καθορισμένη. Το περίγραμμα του κελύφους ορίζει ποια voxel των συνολικών δεδομένων υπερήχων 3D είναι μέρος της γεωμετρίας του και ποια ανήκουν στο εξωτερικό.

Ο όγκος του κελύφους ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του όγκου από την εξωτερική επιφάνεια της γεωμετρίας του κελύφους και του όγκου από την εσωτερική επιφάνεια.

Για τον εσωτερικό ορισμό του κελύφους, η εξωτερική επιφάνεια είναι ίση με την γεωμετρική επιφάνεια αναφοράς και η εσωτερική αποτελεί την επιφανειακή γεωμετρία των εσωτερικών παράλληλων περιγραμμάτων με απόσταση κελύφους. Για τον εξωτερικό ορισμό κελύφους ισχύουν τα αντίθετα, δηλαδή η εσωτερική επιφάνεια είναι ίση με την γεωμετρική επιφάνεια αναφοράς και η εξωτερική αποτελεί την επιφανειακή γεωμετρία των εξωτερικών παράλληλων περιγραμμάτων με απόσταση κελύφους. Για τον συμμετρικό ορισμό του κελύφους η εξωτερική επιφάνεια αποτελεί την επιφανειακή γεωμετρία των εξωτερικών παράλληλων περιγραμμάτων με μισή απόσταση κελύφους και η εσωτερική αποτελεί την επιφανειακή γεωμετρία των εσωτερικών παράλληλων περιγραμμάτων με μισή απόσταση κελύφους. Το πάχος μετρείται σε χιλιοστά (mm).

### 2.3.6. MagiCut 4D

Το λογισμικό MagiCut 4D έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται ηλεκτρονικά τις εικόνες και επιτρέπει την αποκοπή των δομών που εμποδίζουν την προβολή στη περιοχή ενδιαφέροντος. Στην οθόνη σαν εικόνα θα εμφανιζόταν στο αριστερό μέρος χωρίς την κοπή των δομών με κύριο αποτέλεσμα να εμποδίζουν την προβολή στη περιοχή ενδιαφέροντος σε αντίθεση με το δεξιό μέρος της εικόνας που εφαρμόζονται οι τεχνικές κοπής με αποτέλεσμα να έχει δοθεί μια εικόνα, η οποία είναι πολύ πιο καθαρή ως προς την περιοχή ενδιαφέροντος. Η διαθεσιμότητα αυτής της λειτουργίας κοπής είναι μόνο σε τρισδιάστατη εικόνα και υπάρχουν διαθέσιμες έξι μέθοδοι κοπής.

## 2.4. Ποιότητα της εικόνας

### 2.4.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας

Η ποιότητα της εικόνας μπορεί να επηρεαστεί από τους επόμενους παράγοντες:

1. Η στάση στην οποία βρίσκεται το έμβρυο, συχνά το κεφάλι του εμβρύου βρίσκεται στην κοιλία με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ορατότητα του προσώπου του.
2. Η εκτίμηση της ποσότητας του αμνιακού υγρού, όπου δυσκολία με την ποσότητα του αμνιακού υγρού υπάρχει αν η ποσότητα αυτή είναι μειωμένη με αποτέλεσμα η απεικόνιση του να μην είναι τόσο εύκολη.



3. Το σωματικό βάρος της γυναίκας, εάν η γυναίκα έχει κάποια παραπάνω κιλά είναι πιθανό να υπάρχει πάχος στην κοιλιακή χώρα της που είναι ένας παράγοντας που το καθιστά δύσκολο να γίνουν καλές οι λήψεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. Έρευνα Αγοράς

#### 3.1.1. Εισαγωγή

Με την εξέλιξη της τετραδιάστατης απεικόνισης πολλές εταιρείες πλέον έχουν κυκλοφορήσει υπερηχογραφικά συστήματα με την λειτουργία της 4D απεικόνισης. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν διάφορα υπερηχογραφικά συστήματα από διαφορετικές εταιρείες της αγοράς με τις προδιαγραφές και τις δυνατότητες τους.

### 3.2. Υπερηχογραφικά συστήματα της GE

#### 3.2.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730 Pro

Το Voluson 730 Pro είναι μια έκδοση του Voluson 730 της GE, το οποίο είναι ένα πρωτοποριακό σύστημα σάρωσης σε πραγματικό χρόνο και η μεγάλη του ποικιλία που διαθέτει σε ανιχνευτές το ορίζει κατάλληλο για πολλές εφαρμογές. Το σύστημα κατασκευαζόταν ως το έτος του 2014, όταν τελικά αντικαταστάθηκε από την σειρά Voluson και συγκεκριμένα από τα συστήματα S8, S6 και E8.

Το σύστημα αποτελείται από την οθόνη και την κονσόλα ελέγχου. Η οθόνη έχει δυνατότητα περιστροφής και κλίσης. Η κονσόλα ελέγχου είναι και αυτή περιστρεφόμενη και μπορεί να περιστραφεί 30 μοίρες προς τα δεξιά και διαθέτει ηχοβολέα, ηχείο, θέση για εκτυπωτή και για εγγραφή βίντεο (VCR), θέση για μονάδες δίσκου, διακόπτη αναμονής, μονάδα σύνδεσης του ηχοβολέα και στήριγμα ποδιών. Επίσης υπάρχουν και οι προαιρετικές περιφερειακές συσκευές που είναι εκτυπωτής βίντεο (ασπρόμαυρο), εκτυπωτής SCSI (έγχρωμο), εκτυπωτής γραμμής, μαγνητόφωνο, ποδοδιακόπτη, MO Drive (μονάδα οπτικού δίσκου για την εγγραφή δεδομένων σε έναν μαγνητοοπτικό δίσκο) και προενισχυτή ECG (ηλεκτροκαρδιογραφήματος).

Η εφαρμογή του προορίζεται για διάφορα πεδία της ιατρικής όπως η μαιευτική και γυναικολογία, ακτινολογία, καρδιολογία, ογκολογία, παιδιατρική, ουρολογία, ορθοπεδική αλλά και για χειρουργικές επεμβάσεις. Επιπλέον κάθε υπερηχογραφικό σύστημα ελέγχεται και διαμορφώνονται με τα όρια που έχουν οριστεί για τα ιατρικά τεχνολογικά προϊόντα στο IEC 60601-1-2:1994. Ο σχεδιασμός αυτών των ορίων παρέχεται για την προστασία έναντι παρεμβολών που ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβες σε κάποια ιατρική εγκατάσταση.

Οι τύποι ηχοβολέων που διαθέτει το Voluson 730Pro είναι πέντε:

1. Ηχοβολέας γραμμικής διάταξης (Linear Array)
2. Ηχοβολέας κοίλης διάταξης (Curved Array)
3. Ηχοβολέας Φασικής διάταξης (Phased Array)
4. Doppler συνεχούς κύματος (Continuous Wave Doppler)
5. Ηχοβολέας 4D (Real Time 4D)

Σε σύνολο οι ηχοβολείς που διαθέτει είναι δεκαπέντε εκ των οποίων οι πέντε είναι ιδανικοί για την χρήση στην τετραδιάστατη απεικόνιση και οι τρεις από αυτούς χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα στο τομέα της γυναικολογίας. Στον κάθε ηχοβολέα επισημαίνονται πάνω του κάποιες πληροφορίες, οι οποίες είναι ο κατασκευαστής, ο αριθμός ανταλλακτικού GE και ο αριθμός σειράς του. Η ονομασία του ηχοβολέα

εντοπίζεται στο πάνω μέρος της λαβής του, ώστε να υπάρχει ευκολία για να διαβαστεί όταν αυτό είναι τοποθετημένο στο σύστημα και όταν ο ηχοβολέας επιλεχθεί εμφανίζεται το όνομα αυτόματα στην οθόνη.

Το σύστημα διαθέτει τις επόμενες δυνατότητες για διάγνωση:

➤ 2D-Τρόπος:

Η δισδιάστατη οθόνη αποτελείται από την εικόνα υπερήχων, τον δείκτη προσανατολισμού, τα δεδομένα των ασθενών, δεδομένα για την εικόνα, ένα μοτίβο κλίμακας του γκρι, μια κλίμακα βάθους με δείκτες εστιακής ζώνης και μια πραγματική καμπύλη TGC (Ενισχυτή Αντιστάθμισης Χρόνου).

Η λειτουργία 2D-Mode διαθέτει τις επόμενες λειτουργίες. Για την ρύθμιση του βάθους της εικόνας στην περιοχή ενδιαφέροντος επιλέγεται η λειτουργία 2D βάθους (2D Mode Depth) και για την ρύθμιση της φωτεινότητας της εικόνας επιτυγχάνεται με την επιλογή της λειτουργίας 2D κέρδους (2D Gain). Με την λειτουργία της δισδιάστατης αυτόματης βελτιστοποίησης επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση ανάλυσης της αντίθεσης με βάση το ιστόγραμμα της περιοχής που σαρώνεται. Με την λειτουργία εύρος συχνότητας είναι εφικτή η ρύθμιση γρήγορης υψηλής ανάλυσης και χαμηλότερης διεύθυνσης, μέσης ανάλυσης και μέσης διεύθυνσης ή χαμηλότερης ανάλυσης και υψηλής διεύθυνσης για μια δισδιάστατη εικόνα. Η τεχνική που δίνει πιο καλή αντίθεση στην κλίμακα του γκρι είναι η αρμονική απεικόνιση.

Η λειτουργία β-View ρυθμίζει την θέση έντασης του άξονα των τρισδιάστατων ανιχνευτών σε δισδιάστατη λειτουργία. Η λειτουργία αυτή είναι διαθέσιμη μονό με συγκεκριμένους τρισδιάστατους ηχοβολείς. Με την λειτουργία Multi Format είναι δυνατή η ταυτόχρονη εμφάνιση πολλών εικόνων σε δισδιάστατη λειτουργία στην οθόνη.

➤ M-Τρόπος:

Παρέχει πληροφορίες για την ηχώ χρόνου και για την κίνηση που είναι προερχόμενη από μία ακίνητη δέσμη υπερήχων. Η χρήση της απεικόνισης πραγματοποιείται μαζί με μια δισδιάστατη εικόνα. Μια ευθεία γραμμή που τρέχει μέσα από τη δισδιάστατη εικόνα, με ονομασία M - Δρομέας, προσδιορίζει τη θέση της ακίνητης δέσμης υπερήχων από την οποία συλλέγονται οι πληροφορίες για την ηχώ. Η κίνηση ή η αλλαγή που συμβαίνει σε αυτή τη θέση με την πάροδο του χρόνου χρησιμοποιείται από το σύστημα για την δημιουργία της κυλιόμενης οθόνης λειτουργίας M.

➤ Φασματικό Doppler (σε παλμικό PW-Mode και συνεχές κύμα CW-Mode):

Η απεικόνιση Doppler περιέχει μια φασματική ανάλυση για το σήμα μετατόπισης από τους κινούμενους ανακλαστήρες μέσα σε ένα δείγμα όγκου. Η χρήση της οθόνης Doppler μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνη της, αλλά συνήθως γίνεται με δισδιάστατη εικόνα. Στο PW-Mode ένας δρομέας δείγματος όγκου βρίσκεται στον δρομέα PW και υποδηλώνει που κατά μήκος της δέσμης εκτελείται η φασματική ανάλυση. Στο Doppler παλμικού κύματος για μικρά χρονικά διαστήματα εκπέμπονται υπερηχητικά κύματα, τα οποία είναι ακολουθούμενα από διαστήματα που δέχονται τα επιστρεφόμενα ανακλώμενα κύματα. Στο Doppler συνεχούς κύματος εκπέμπονται διαρκώς υπερηχητικά κύματα και ταυτόχρονα δέχονται διαρκώς τα επιστρεφόμενα κύματα.

➤ Έγχρωμο Doppler για απεικόνιση του ιστού (TD-Mode), της ισχύος (PD-Mode) και της ταχύτητας:

Η έγχρωμη απεικόνιση γίνεται χρήση της αρχής του Doppler για να επιτευχθεί η δημιουργία έγχρωμης εικόνας. Η χρωματική κωδικοποίηση παρέχει δεδομένα για την ταχύτητα ροής του αίματος, την κατεύθυνση, την ποιότητα και τον συγχρονισμό. Στη συνέχεια η χρήση των δεδομένων αυτών γίνεται για να επικαλυφθεί μια έγχρωμη εικόνα στην εικόνα σάρωσης σε δισδιάστατη κλίμακα του γκρι. Ο συνδυασμός του έγχρωμου Doppler, του φασματικού και δισδιάστατου αποτελεί το λεγόμενο Triplex Mode.

Η έγχρωμη υπερηχογραφική εμφανίζει ελλείματα, ειδικά στην εμφάνιση πολύ αργών ταχυτήτων ροής για παράδειγμα στη νεοαγγείωση που εντοπίζεται σε κακοήθεις όγκους. Ο σκοπός του PD-Mode είναι να εξαλείψει αυτό το έλλειμα. Στην εφαρμογή της γυναικολογίας και της μαιευτικής τα πλεονεκτήματα φαίνονται ξεκάθαρα στην εμφάνιση της κυκλοφορίας του αίματος του πλακούντα. Επίσης μπορούν να φανούν πλεονεκτήματα και στον τομέα ακτινολογίας για παράδειγμα στον νεφρό, ήπαρ, προστάτη κλπ. Αυτή η τεχνική δεν αντικαθιστά τις μέχρι τώρα υπερηχογραφικές τεχνικές, αλλά

τις ενισχύει. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής σε σχέση με το Color Doppler είναι η λιγότερη εξάρτηση από την γωνία πρόσπτωσης και από την κατεύθυνση και πως δεν υπάρχει αλλοίωση. Ακόμα το Power Doppler μπορεί να συνδυαστεί με το φασματικό και είναι εφικτό μόνο με ηλεκτρονικούς μετατροπείς. Επιπλέον με την χρήση των φίλτρων κίνησης τοίχου (WMF) δίνεται η δυνατότητα για την εξάλειψη του θορύβου Doppler που προκαλείται από το τοίχωμα του αγγείου ή την καρδιακή κίνηση των τοιχωμάτων που είναι χαμηλή σε συχνότητα αλλά υψηλή σε ένταση.

Στην απεικόνιση Tissue Doppler παράγεται μια έγχρωμη εικόνα με την χρήση της αρχής του Doppler και οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν την κατεύθυνση και την ταχύτητα της κίνησης των ιστών. Τα σήματα που λαμβάνει είναι χαμηλής ροής αλλά υψηλού πλάτους που έχουν σχέση με την κίνηση του τοιχώματος και δημιουργεί μια χρωματικά κωδικοποιημένη εικόνα ιστού.

➤ **Volume Mode:**

Επιτρέπει την σάρωση ενός όγκου ιστού και την ανάλυση των τομών του όγκου σε τρεις διαστάσεις. Επίσης επιτρέπει την επιλογή για τετραδιάστατη απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η λειτουργία έχει πρόσβαση σε τμήματα που δεν μπορούν να επιτευχθούν με την τεχνική σάρωσης δύο διαστάσεων. Η έγχρωμη απεικόνιση βοηθά στον εντοπισμό διαταραχών ροής του αίματος και του όγκου δείγματος για την φασματική ανάλυση Doppler παλμικών κυμάτων. Το Doppler παλμικού κύματος παρέχει τις πιο ακριβείς πληροφορίες για την ταχύτητα αιχμής κατά τον άξονα της ηχητικής δέσμης και ο άξονας ροής είναι σχεδόν παράλληλοι.

Η λειτουργία 4D σε πραγματικό χρόνο επιτυγχάνεται μέσω συνεχών λήψεων του όγκου παράλληλα με τον υπολογισμό τρισδιάστατων εικόνων που έχουν αποδοθεί. Σε αυτή την λειτουργία το πλαίσιο λήψης όγκου αποτελεί ταυτόχρονα και το πλαίσιο απόδοσης. Με το πλαίσιο απόδοσης καθορίζεται το μέγεθος του τόμου που θα αποδοθεί. Η ρύθμιση του μεγέθους μιας υπολογισμένης τρισδιάστατης εικόνας γίνεται αυτόματα, έτσι ώστε να ταιριάζει με την περιοχή λειτουργίας προβολής που έχει επιλεγεί. Για την αναπαραγωγή του βίντεο 4D μπορεί να γίνει αυτόματη ρύθμιση μετά το πάγωμα του μεγέθους της τρισδιάστατης εικόνας.

Το Volume Mode διαθέτει το λογισμικό MagiCut, που έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται ηλεκτρονικά τις εικόνες και επιτρέπει την αποκοπή των δομών που εμποδίζουν την προβολή στη περιοχή ενδιαφέροντος, όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Το Volume Mode περιέχει ακόμα ένα λογισμικό το VOCAL - Imaging που είναι ενσωματωμένο στο GE ιατρικό σύστημα, το οποίο ανοίγει καινούργιες δυνατότητες διάγνωσης του καρκίνου, του σχεδιασμού και παρακολούθησης της θεραπείας.

Το σύστημα διαθέτει ακόμα βοηθητικά προγράμματα που είναι τα εξής:

1. **Gray Chroma Map:**

Ο ρόλος ενός Gray Chroma Map (γκρίζος χάρτης) είναι ο καθορισμός της εμφανιζόμενης φωτεινότητας μιας ηχούς σε σχέση με το πλάτος της. Σύμφωνα με το τι απαιτείται είναι δυνατόν να ληφθεί μια εικόνα "πιο σκληρή" ή "απαλή" με την συγκεκριμένη λειτουργία και προσαρμογή ανάγνωσης και εγγραφής. Σε μια δισδιάστατη εικόνα, μια εικόνα M και μια 3D Volume μπορούν να συσχετίζονται διαφορετικές καμπύλες γκριζου χάρτη.

2. **Histogram:**

Με αυτήν την λειτουργία του ιστογράμματος η εμφάνιση της κλίμακας του γκρι ή η κατανομή χρώματος μιας συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος (ROI) γίνεται γραφικά. Η εμφάνιση στην οθόνη μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με τρία ιστογράμματα. Η δυνατότητα για τον υπολογισμό της κλίμακας του γκρι ή της κατανομής χρώματος είναι τρεις, 2D ιστόγραμμα, 3D ιστόγραμμα και ιστόγραμμα όγκου.

3. **Extern Video:**

Ένα εξωτερικό συνδεδεμένο βίντεο εμφανίζεται στην οθόνη.

4. **Internet:**

Με αυτή τη λειτουργία γίνεται αυτόματη σύνδεση του χρήστη με τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide

Web).

Για την διαχείριση των εικόνων είναι διαθέσιμο το σύστημα Sonoview. Το Sonoview προσφέρει στον χειριστή την δυνατότητα της αποθήκευσης, της προβολής, της αναφοράς και τέλος της μεταφοράς των εικόνων που είναι αποθηκευμένες στον υπερηχογράφο. Επίσης το σύστημα αυτό επιτρέπει στον χειριστή να στείλει αλλά και να λάβει εικόνες DICOM μέσω του δικτύου DICOM (πρότυπο της βιομηχανίας για την επικοινωνία και διαχείριση των εικόνων και άλλων δεδομένων μεταξύ ιατρικών συσκευών στο δίκτυο). Με την χρήση του DICOM είναι δυνατή η αποστολή ή η εκτύπωση εικόνων, αφού όμως είναι συνδεδεμένος ο εξοπλισμός υπερήχων και το PACS (σύστημα που επιτρέπει την αρχειοθέτηση και επικοινωνία εικόνων). [20]

### 3.2.2. Υπερηχογραφικά συστήματα Voluson S6 / Voluson S8 / Voluson S8 Pro

Τα τρία συστήματα Voluson S6 / Voluson S8 / Voluson S8 Pro της GE είναι επαγγελματικά και καινοτόμα συστήματα σάρωσης σε πραγματικό χρόνο, τα οποία με την τεχνική 3D/4D απεικόνισης όγκου προσφέρουν καινούργιες υπερηχογραφικές δυνατότητες. Το Voluson S6 αποτελεί την αντικατάσταση του συστήματος Voluson 730 Pro και αποτελεί το πιο μικρό και το πιο ελαφρύ σύστημα από τα άλλα συστήματα της συγκεκριμένης σειράς. Επίσης το Voluson S6 είναι μια νέα έκδοση του Voluson S8 με διαφορά στην τιμή αγοράς τους, στα χαρακτηριστικά και τους αισθητήρες.

Το κάθε σύστημα αποτελείται από μία περιστρεφόμενη οθόνη με την δυνατότητα ρύθμισης του ύψους και της κλίσης της, ηχείο, περιστρεφόμενη κονσόλα ελέγχου με δυνατότητα ρύθμισης του ύψους, μονάδα DVD, θέση για BW (ασπρόμαυρο) εκτυπωτή αλλά και για έγχρωμο εκτυπωτή, τροχοί με δυνατότητα κλειδώματος και μονάδα σύνδεσης του ηχοβολέα. Οι περιφερειακές προαιρετικές συσκευές που είναι διαθέσιμες είναι ένας εκτυπωτής BW (USB), ένας ψηφιακός έγχρωμος εκτυπωτής (USB) και Bluetooth dongle για εκτύπωση (μικρή συσκευή που συνδέεται και χρησιμοποιείται σε υπολογιστή με ασύρματη σύνδεση).

Επιπλέον κάθε σύστημα υπερηχογραφίας ελέγχεται και διαμορφώνεται με τα όρια που ορίζονται για ιατρικά τεχνολογικά προϊόντα στο IEC 60601-1-2. Ο σχεδιασμός αυτών των ορίων παρέχεται για την προστασία έναντι παρεμβολών που ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβες σε κάποια ιατρική εγκατάσταση.

Το σύστημα προσφέρει τις ακόλουθες διαγνωστικές δυνατότητες:

➤ 2D-Τρόπος:

Με εφαρμογή στον κοιλιακό χώρο και ισχύει ότι αναφέρθηκε στο προηγούμενο σύστημα για αυτήν την λειτουργία. Στις μετρήσεις αυτής της λειτουργίας υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του SonoL&D κατά το οποίο γίνεται αυτόματη ή μη αυτόματη ανίχνευση της γωνίας όταν εφαρμόζεται για μαιευτική και παρέχει σε δεύτερο στάδιο αξιολόγηση της εξέλιξης του τοκετού και γίνεται ημιαυτόματα καταγραφή της διαδικασίας με αντικειμενικές πληροφορίες υπερήχων.

➤ Πρόσθετοι τρόποι λειτουργίας (B-Flow, XTDView):

Με εφαρμογή στην μαιευτική και σε μικρά σημεία του σώματος. Το B-Flow βοηθάει στην οπτικοποίηση πολύπλοκων αιμοδυναμικών και στον τονισμό των κινούμενων δομών ή του αίματος. Το B-Flow πλεονεκτεί σημαντικά σε σχέση με τη λειτουργία έγχρωμου Doppler ως προς την εξάρτηση από την γωνία, το πεδίο του είναι πλήρες, και έχει καλύτερη ανάλυση. Το XTD-View παρέχει τη δυνατότητα κατασκευής και προβολής μιας στατικής διαστάτης εικόνας που είναι ευρύτερο από το οπτικό πεδίο ενός δεδομένου μετατροπέα. Με αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπεται η προβολή και η μέτρηση της ανατομίας που είναι μεγαλύτερη από μια κανονική οθόνη. Καθώς ο χειριστής ολισθαίνει τον μετατροπέα στον ασθενή κατά μήκος της επιφάνειας του δέρματος του γίνεται η κατασκευή μιας εκτεταμένης εικόνας από μεμονωμένα πλαίσια εικόνας.

➤ M-Τρόπος (MCF-Mode):

Με εφαρμογή στη γυναικολογία και ισχύει ότι αναφέρθηκε παραπάνω για την λειτουργία M-Mode. Η λειτουργία ροής χρώματος και λειτουργία χρώματος M - Τρόπου είναι λειτουργίες Doppler που

προορίζονται για την προσθήκη έγχρωμων ποιοτικών δεδομένων σχετικά με τη σχετική ταχύτητα και την κατεύθυνση της ροής του αίματος στη δισδιάστατη λειτουργία ή στην εικόνα της λειτουργίας M. Το Color Flow επικαλύπτει το χρώμα στο ίχνος της M λειτουργίας χρησιμοποιώντας την ταχύτητα και χρωματικούς χάρτες διακύμανσης. Στην λειτουργία M διατίθεται ακόμα η ανατομική M λειτουργία και η STIC λειτουργία.

- Φασματικό Doppler (σε παλμικό κύμα (PW-Mode) και συνεχές κύμα (CW-Mode)): Εφαρμόζεται στην καρδιολογία και στην ουρολογία και ισχύει ότι ειπώθηκε στο σύστημα του κεφαλαίου 3.2.1.
- Έγχρωμο Doppler για απεικόνιση του ιστού (TD-Mode), της ισχύος (PD-Mode) της ταχύτητας και HD-Flow: Με εφαρμογή στο τομέα της παιδιατρικής. Το HD-Flow είναι μια λειτουργία που ενσωματώνει την κατεύθυνση ροής στην εικόνα που θα εμφανιστεί. Το επίκεντρο των ρυθμίσεων για το HD-Flow είναι η υψηλή χωρική ανάλυση και η χαμηλή ορατότητα αλλοιώσεων, επιτρέποντας έτσι το αίμα των αγγείων να φαίνονται με λιγότερη ακμή και πιο λεπτή λεπτομέρεια. Η λειτουργία HD-Flow είναι διαθέσιμη σε δισδιάστατη λειτουργία, τρισδιάστατη λειτουργία, M-Τρόπου και εμβρυϊκή καρδιολογία. Διαθέτει επίσης την λειτουργία «2D+2D/HDF» που αλλάζει το τρόπο που προβάλλεται μια εικόνα σε δύο ταυτόχρονα μισά πλαίσια. Σε αυτά τα πλαίσια το αριστερό μέρος δείχνει μόνο την εικόνα της δισδιάστατης λειτουργίας και το δεξί μέρος δείχνει την εικόνα δισδιάστατη λειτουργίας με συμπληρωματικές πληροφορίες για το χρώμα.
- Λειτουργία ελαστογραφίας: Η ελαστογραφία δείχνει τη χωρική κατανομή των ιδιοτήτων ελαστικότητας των ιστών σε μια περιοχή ενδιαφέροντος και έχει την δυνατότητα εκτίμησης της καταπόνησης πριν και μετά παραμορφωθεί ο ιστός που προκαλείται από εξωτερικές ή εσωτερικές δυνάμεις. Για την εκτίμηση της καταπόνησης πραγματοποιείται φιλτράρισμα και κλιμάκωση για να παραχθεί μια ομαλή παρουσίαση όταν εμφανιστεί. Οι πληροφορίες που δίνει η εικόνα μιας ελαστογραφίας είναι η Απεικόνιση ελαστογραφίας, Πλαίσιο κουτιού, Γραμμή ποιότητας, Γραμμή χρώματος, Πληροφορίες της εικόνας, Ποιότητα γραμμής μετάδοσης.
- Volume Mode (Τρισδιάστατη ανάλυση τομής εικόνας, διαδραστική τρισδιάστατη απόδοση και 4D σε πραγματικό χρόνο): Με εφαρμογή στην νευρολογία και ισχύει ότι αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και κάποιες άλλες πρόσθετες πληροφορίες που θα αναφερθούν παρακάτω. Σε αυτό το υπερηχογραφικό σύστημα παρέχεται μια λειτουργία οπτικοποίησης για τρισδιάστατα και τετραδιάστατα σύνολα δεδομένων που ονομάζεται τομογραφικό υπερηχογράφημα (TUI). Τα δεδομένα αυτά είναι παράλληλα μεταξύ τους και παρουσιάζονται σαν φέτες του συνόλου δεδομένων. Επιπλέον διαθέτει την λειτουργία απεικόνισης μείωσης κηλίδων (SRI), που μπορεί να γίνει η ενεργοποίηση του για να μειωθούν οι κηλίδες. Ακόμα, στην περίπτωση που η λειτουργία αυτή ενεργοποιηθεί κατά την δισδιάστατη λειτουργία, τότε γίνεται αυτόματα ενεργοποίηση σε προ λειτουργία 3D/4D και η εικόνα επηρεάζεται αυτόματα μετά και κατά την λήψη. Με την λειτουργία Glass Body Render, γίνεται η επεξεργασία σε έναν τόμο 3D/PD, 3D/HD ή 3D/CFM των χρωμάτων και των πληροφοριών του γκρι. Διαθέτει επίσης το Sono Render Start, το οποίο είναι ένας αλγόριθμος με σκοπό την εύρεση της θέσης έναρξης της απόδοσης για τον εύκολο διαχωρισμό ενός συμπαγούς ιστού μπροστά από το αντικείμενο απόδοσης. Επίσης διαθέτει την λειτουργία 4D VolCine που επιτρέπει την αποθήκευση, έτσι ώστε ο χειριστής να μπορεί να εργαστεί με τους όγκους που έχει αποκτήσει και αυτό αποτελεί και το βασικό του πλεονέκτημα, δηλαδή πως κατά την διάρκεια της απόκτησης αυτού του όγκου ο χειριστής μπορεί να συγκεντρωθεί σε αυτήν την διαδικασία και έπειτα μπορεί να εργαστεί πάνω σε αυτούς. Μια ακόμα λειτουργία που έχει είναι η VCI, με την οποία είναι δυνατή η βελτίωση της ανάλυσης της αντίθεσης και της αναλογίας του σήματος και του θορύβου. Το αποτέλεσμα της χρήσης αυτής της λειτουργίας είναι η απόκτηση μιας εικόνας χωρίς κηλίδες και βελτιωμένη αντίθεση ιστού.

Την ίδια δυνατότητα έχει και το SingleView που είναι μια επιλογή μόνο για το ένα σύστημα, το Voluson S6.

Στο Volume Mode υπάρχει επίσης η STIC κατά την οποία είναι δυνατή η απεικόνιση μιας εμβρυϊκής καρδιάς ή μιας αρτηρίας σε 4D. Με την λειτουργία SonoAVC Follicle γίνεται αυτόματος εντοπισμός αντικειμένων με χαμηλή ηχογένεια σε ένα όργανο όπως για παράδειγμα η ωοθήκη και αναλύεται ο όγκος αλλά και το σχήμα τους.

Η διαδικασία για αυτήν την λειτουργία είναι αρχικά να δημιουργηθεί ένας τρισδιάστατος στατικός όγκος του οργάνου έπειτα η επιλογή μιας περιοχής ενδιαφέροντος ή η δημιουργία ενός VOCAL και τέλος να επιλεγεί στην περιοχή του μενού το Volume Analysis και το SonoAVC Follicle. Επιπλέον παρέχει μια τεχνολογία τη VCAD που είναι υπεύθυνη για την αυτόματη δημιουργία μιας σειράς προβολών της καρδιάς ή της κεφαλής του εμβρύου για την διευκόλυνση της διάγνωσης. Τέλος με την λειτουργία HDlive αναδεικνύονται δομές, βελτιώνεται η τρισδιάστατη εντύπωση και η επιφάνεια δεν φαίνεται πια επίπεδη και αυτό γίνεται με την χρήση μιας εικονικής πηγής φωτός που τοποθετείται γύρω από τρισδιάστατο αντικείμενο που αποδίδεται από τον χειριστή.

Το σύστημα παρέχει ακόμα τα παρακάτω βοηθητικά προγράμματα:

1. Αλλαγή της φωτεινότητας διεπαφή χρήστη και του κύριου όγκου.
2. Οθόνη
3. Ιστογράμματα, εμφανίζεται γραφικά η κλίμακα του γκρι ή η κατανομή χρώματος σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Στην οθόνη μπορούν να εμφανίζονται τρία ιστογράμματα συγχρώνας.
4. 2D Ιστογράμματα
5. 3D Ιστογράμματα

Λειτουργικοί ηχοβολείς:

1. Ηχοβολέας πολλαπλών στοιχείων γραμμικής διάταξης.
2. Ηχοβολέας 4D όγκου σε πραγματικό χρόνο.
3. Ηχοβολέας φασικής διάταξης.
4. Ηχοβολέας κοίλης διάταξης.
5. Ηχοβολέας μολυβιού.

Ο κάθε ηχοβολέας φέρει πάνω του κάποιες πληροφορίες οι οποίες είναι ο κατασκευαστής, ο αριθμός ανταλλακτικού GE και ο αριθμός σειράς. Η ονομασία του ηχοβολέα εντοπίζεται στο πάνω μέρος της λαβής του, για να υπάρχει ευκολία να διαβαστεί όταν ο ηχοβολέας είναι τοποθετημένος στο σύστημα και όταν επιλεγεί εμφανίζεται το όνομα αυτόματα στην οθόνη.

Το σύστημα διαθέτει 16 ηχοβολείς εκ των οποίων οι τρεις είναι διαθέσιμοι μόνο για το Voluson S8 και ο ένας για το Voluson S6. [21]

Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται οι διαφορετικές επιλογές λειτουργίας που υπάρχουν στα τρία συστήματα ξεχωριστά:

Επιλογές	Voluson S6	Voluson S8	Voluson S8 Pro
Ανατομική M-Mode	✓	✓	✓
B-Flow	✓	✓	✓
STIC	✓	✓	✓
DICOM	✓	✓	✓
VCI	✓	✓	✓

3D/4D Advanced	✓	✗	✗
3D/4D Expert	✗	✓	✓
VOCAL	✓	✗	✗
HDLive	✗	✓	✓
SonoVCAD Καρδιάς	✗	✓	✓
SonoVCAD Τοκετού	✓	✓	✓
SonoAVC Follicle	✓	✓	✓
Ελαστογραφία	✓	✓	✓
XTD	✓	✓	✓
SonoL&D	✓	✓	✓
SingleView	✓	✗	✗
4D Biopsy	✓	✗	✗
TUI	✓	✗	✗

Πίνακας 1: Ο πίνακας περιέχει τις επιλογές λειτουργίας των τριών συστημάτων [21]

### 3.3. Υπερηχογραφικά συστήματα της Samsung

#### 3.3.1. Υπερηχογραφικό σύστημα SonoAce R7

Το σύστημα SonoAce R7 που κυκλοφόρησε από την εταιρία Samsung είναι ένα διαγνωστικό σύστημα υπερήχων και προορισμός των μετατροπέων αποτελεί η διαγνωστική υπερηχογραφική απεικόνιση και η ανάλυση των υγρών του ανθρώπινου σώματος. Η εφαρμογή του είναι δυνατή σε όλες τις ειδικότητες της ιατρικής όπως η γυναικολογία, μαιευτική, ακτινολογία, παθολογία, καρδιολογία, παιδιατρική και πολλές ακόμα. Σημαντικό αποτελεί πως η κατασκευή του συστήματος έχει γίνει σύμφωνα με τις απαιτήσεις EMI (Ηλεκτρομαγνητική Παρεμβολή), όταν χρησιμοποιείται το σύστημα και υπάρχει στο χώρο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο η παρουσία του προκαλεί σύντομη υποβάθμιση της εικόνας, για αυτό κιόλας προτείνεται μια εξέταση του χώρου που θα γίνει η χρήση του συστήματος για πιθανή εύρεση πηγών εκπομπών ακτινοβολίας.

Το σύστημα αποτελείται από την οθόνη, το πληκτρολόγιο και τον πίνακα ελέγχου, το ηχείο, στήριγμα και θήρα για τον ηχοβολέα, λαβή, μονάδα DVD, ρόδες, χώρο αποθήκευσης, εξαερισμό, άγκιστρο για τα καλώδια και εξάρτημα σύνδεσης με το ρεύμα, το οποίο βρίσκεται στο πίσω μέρος του συστήματος. Η οθόνη είναι έγχρωμη LCD και εμφανίζει τις εικόνες υπερήχων και άλλα δεδομένα.

Η οθόνη περιέχει τα παρακάτω:

1. Περιοχή τίτλου, που παρουσιάζεται στο πάνω μέρος της οθόνης και περιέχει το όνομα του ασθενούς και του νοσοκομείου, την εφαρμογή, τις πληροφορίες για τον ηχοβολέα και για την ακουστική έξοδο και τέλος την ημερομηνία και την ώρα.
2. Μενού, η θέση του είναι στο αριστερό μέρος και εμφανίζει το μενού για τα βοηθητικά προγράμματα ή το μενού για την μέτρηση.
3. Περιοχή εικόνας, βρίσκεται στο κέντρο της οθόνης και υπάρχει η εικόνα του υπέρηχου και πληροφορίες για αυτήν.
4. Περιοχή μικρογραφιών χρήστη, η οποία βρίσκεται στο δεξιό μέρος της οθόνης και σε αυτήν εμφανίζονται οι αποθηκευμένες εικόνες, οι οποίες έχουν και την δυνατότητα να μεγεθύνονται. Στην

περιοχή μικρογραφιών χρήστη εμφανίζονται ως και επτά εικόνες.

5. Περιοχή πληροφοριών, στο κάτω μέρος της οθόνης και περιέχει διάφορες απαραίτητες πληροφορίες για το χρήστη όπως πληροφορίες της εικόνας, τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, διαθέσιμα στοιχεία και άλλα.
6. Soft Menu, κάτω από την περιοχή πληροφοριών. Στο Soft Menu εμφανίζονται διαφορετικά στοιχεία ανάλογα με την κατάσταση του συστήματος.

Το σύστημα διαθέτει επίσης περιφερειακές συσκευές που διακρίνονται στις εσωτερικές και στις εξωτερικές συσκευές. Οι εσωτερικές είναι τοποθετημένες στο σύστημα, η μονάδα σκληρού δίσκου και το DVD-Multi. Οι εξωτερικές συσκευές είναι αυτές που η σύνδεση τους όταν χρειάζεται γίνεται μέσω υποδοχής USB στο πίσω μέρος του συστήματος. Οι συσκευές που προτείνονται είναι εγγραφέας βιντεοκασέτας (VCR), έγχρωμο και ασπρόμαυρο εκτυπωτή, USB Foot Switch που είναι υπεύθυνο για το πάγωμα της εικόνας, ενημέρωση, εκτύπωση αλλά και εγγραφή. Επίσης μαζί με το προϊόν παρέχεται ένα κουτί με αξεσουάρ, που περιέχει ζελ, καλώδιο γείωσης, εγχειρίδιο, ετικέτα των Windows XP, καλώδιο τροφοδοσίας και καλώδιο VTR και ηλεκτρική ασφάλεια.

Συνολικά το υπερηχογραφικό σύστημα προσφέρει 16 ηχοβολείς από τους οποίους οι τέσσερις χρησιμοποιούνται για την τετραδιάστατη απεικόνιση. Οι τρεις είναι κυρτού τύπου και ο ένας είναι ενδοκοιλιακός που χρησιμοποιείται για την στεφανιαία όψη της μήτρας.

Το σύστημα SonoAce R7 υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| ➤ 4D               | ➤ DICOM                 |
| ➤ 3D XI            | ➤ Auto IMT              |
| ➤ Καρδιακή μέτρηση | ➤ Auto IMT +            |
| ➤ ElastoScan       | ➤ Λειτουργία CW         |
| ➤ Stressecho       | ➤ Πανοραμική λειτουργία |
| ➤ Ένταση           | ➤ e-Motion Marker       |

Το e-Motion Marker είναι ένα χαρακτηριστικό σήμανσης του σώματος σε πραγματικό χρόνο, το οποίο παρέχει δεδομένα θέσης της ανατομίας του διακολπικού καθετήρα σε εικόνα B-Mode και οι γιατροί με το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό έχουν την δυνατότητα της ανάγνωσης και αποθήκευσης των δεδομένων κατεύθυνσης και θέσης του καθετήρα στην οθόνη κατά την διάρκεια της διακολπικής σάρωσης.

Με το Auto IMT γίνεται αυτόματος υπολογισμός του πάχους των αγγείων και με το Stressecho μπορεί να πραγματοποιηθεί λήψη μιας εικόνας, η ανασκόπηση της καθώς και η βελτιστοποίηση της και αναφορά για μια αποτελεσματική εξέταση ηχούς πίεσης. Η λειτουργία 3D XI έχει την δυνατότητα να χωρίζει το επίπεδο μιας εικόνας σε διάφορες ενότητες με αποτέλεσμα να βελτιώνει την διάγνωση.

Στην πανοραμική λειτουργία αποκτούνται εικόνες σε πιο μεγάλο εύρος με την χρήση συνεχών υπερηχογραφικών εικόνων, τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως και 500 πλαίσια.

Αυτό το υπερηχογραφικό σύστημα υποστηρίζει διάφορες λειτουργίες διάγνωσης, όπως η βασική λειτουργία (Basic Mode), η συνδυασμένη λειτουργία (Combined Mode), η λειτουργία πολλαπλής εικόνας (Multi-Image Mode) και τέλος η λειτουργία 3D/4D (3D/4D Mode).

Η βασική λειτουργία εφαρμόζεται με διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας, από τους οποίους ο κάθε ένας ξεχωριστά διαθέτει συγκεκριμένη χρήση αλλά και λειτουργία. Στην συνδυασμένη λειτουργία για μια εικόνα, δύο ή τρεις βασικές λειτουργίες η εφαρμογή γίνεται ταυτόχρονα και στην οθόνη υπάρχει προβολή μιας εικόνας. Κατά την πολλαπλή λειτουργία εικόνας υπάρχει χωρισμός της οθόνης σε δύο (διπλή) ή τέσσερις (τετραπλή) υποοθόνες που η καθεμία χρησιμοποιείται για να προβληθεί η εικόνα. Το πλεονέκτημα αυτής της λειτουργίας είναι πως έχει την δυνατότητα της πολυμερούς προβολής ενός οργάνου, καθώς κάθε δευτερεύουσα οθόνη έχει την δυνατότητα να εμφανίζει διαφορετική εικόνα. Στην τελευταία λειτουργία την 3D/4D είναι δυνατή η λήψη τρισδιάστατων εικόνων και αποτελείται από την Freehand 3D, την Static 3D Mode και την 4D Mode.



Η λειτουργία Freehand 3D (τρισδιάστατος ελεύθερου χεριού) αποτελεί μια τεχνική που αποκτούνται τρισδιάστατα δεδομένα μετρώντας την τροχιά ενός συμβατικού δισδιάστατου ανιχνευτή υπερήχων, καθώς ο ιατρός τον μετακινεί στο ενδιαφερόμενο αντικείμενο και η στατική τρισδιάστατη λειτουργία παρέχει την λήψη εικόνων 3D σε ένα πλαίσιο.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι τέσσερις τύποι λειτουργίας διάγνωσης του συστήματος:

Λειτουργία	Τύπος
<b>Λειτουργία Βασικού Τρόπου</b>	2D-Τρόπος Τρόπος Λειτουργίας Έγχρωμου Doppler Τρόπος Λειτουργίας Doppler Ισχύος M -Τρόπος Λειτουργία φάσματος παλμικού κύματος Συνεχής φασματική λειτουργία κύματος Τρόπος Λειτουργίας Doppler ιστού Τρόπος Λειτουργίας κυμάτων Doppler ιστού Τρόπος σάρωσης ελαστικότητας (E - Mode)
<b>Λειτουργία Συνδυασμένου Τρόπου</b>	2D/C/PW Τρόπος 2D/PD/PW Τρόπος 2D/C/CW Τρόπος 2D/PD/CW Τρόπος 2D/C/M Τρόπος 2D/C Live Τρόπος
<b>Λειτουργία πολλαπλής εικόνας</b>	Διπλός Τρόπος Τετραπλός Τρόπος
<b>Λειτουργία 3D/4D</b>	Freehand 3D Στατική τρισδιάστατη λειτουργία 4D Τρόπος

Πίνακας 2: Τύποι λειτουργίας του υπερηχογραφικού συστήματος

Στην δισδιάστατη λειτουργία υπάρχουν οι επιλογές Read Zoom και Write Zoom. Με την πρώτη επιλογή γίνεται μεγέθυνση αυτών των εικόνων που έχουν αποθηκευτεί στην μονάδα σκληρού δίσκου και με την δεύτερη επιλογή γίνεται σάρωση και μεγέθυνση μιας εικόνας σε πραγματικό χρόνο.

Στην λειτουργία έγχρωμου Doppler παρουσιάζεται το έγχρωμο σχέδιο από την ροή του αίματος από την περιοχή ενδιαφέροντος στην δισδιάστατη εικόνα. Αυτή η λειτουργία είναι ικανοποιητική για την παρατήρηση της κίνησης του αίματος, της μέσης ταχύτητας, αλλά και του προσανατολισμού της. Στην λειτουργία Doppler ισχύος υπάρχει εμφάνιση της έντασης χρώματος της ροής του αίματος από την περιοχή ενδιαφέροντος στην δισδιάστατη εικόνα. Αυτή η λειτουργία είναι ιδανική για την έρευνα της ποσότητας και της παρουσίας του αίματος που ρέει. Ως προς την λειτουργία Pulsed Wave Spectral παρέχονται πληροφορίες για την ταχύτητα του αίματος που ρέει, αλλά για μια συγκεκριμένη θέση υπό την μορφή φασματικού ίχνους και ηχητικού σήματος. Επίσης λαμβάνονται δεδομένα για την απόσταση (βάθος), με την βοήθεια της μετάδοσης παλμών σε χρονικά πλαίσια. Παρομοίως, η λειτουργία Continuous Wave Spectral όπως και η προηγούμενη λειτουργία παρέχει πληροφορίες για την ταχύτητα που ρέει το αίμα για μια συγκεκριμένη θέση υπό την μορφή φασματικού ίχνους και ηχητικού σήματος, αλλά με την κύρια διαφορά πως δίνει πληροφορίες και για την κατεύθυνση του.

Στις λειτουργίες TDI και TDW αντιπροσωπεύονται οι κινήσεις των ιστών, όπως για παράδειγμα οι κινήσεις της καρδιάς. Στην ElastoScan λειτουργία η ελαστικότητα της περιοχής ενδιαφέροντος σε μία δισδιάστατη

εικόνα εμφανίζεται με χρώμα. Ακόμα εμφανίζεται η δισδιάστατη εικόνα για την επισήμανση και προσαρμογή της θέσης της περιοχής ενδιαφέροντος μέσα στην σαρωμένη εικόνα. Ουσιαστικά αυτή η διαδικασία σχετίζεται με την μετατροπή του μέτρου της ελαστικότητας ενός αντικειμένου στόχου, που η λήψη του γίνεται με συνεχείς εικόνες υπερήχων, σε ελαστόγραμμα. Η λειτουργία της ελαστογραφίας είναι ο προσδιορισμός της διαφοράς της σκληρότητας ή της ακαμψίας ανάμεσα στα υγιείς όργανα και στις βλάβες.

Στην συνδυασμένη λειτουργία, γίνεται ταίριασμα τριών διαφορετικών λειτουργιών, που συμπεριλαμβάνεται η προεπιλεγμένη δισδιάστατη λειτουργία, εκτός από την 2D/C Live λειτουργία που συνδυάζει μόνο δύο λειτουργίες την δισδιάστατη και την έγχρωμη λειτουργία Doppler.

Η πολλαπλή λειτουργία εμφανίζεται ως διπλή λειτουργία και ως τετραπλή. Σε αυτή την λειτουργία οι εικόνες εμφανίζονται συνδυαστικά. Στον διπλό τρόπο λειτουργίας είναι δυνατόν να συγκριθούν δύο διαφορετικές εικόνες σε παράλληλο χρόνο. Στην οθόνη με την επιλογή αυτής της λειτουργίας εμφανίζεται πάνω από την εικόνα μια κίτρινη γραμμή στο πάνω μέρος της. Κατά παρόμοιο τρόπο στην τετραπλή λειτουργία συγκρίνονται τέσσερις διαφορετικές εικόνες συγχρόνως.

Βασικές μετρήσεις που πραγματοποιούνται είναι οι παρακάτω:

Μέτρηση	Λειτουργία Διάγνωσης	Μέθοδος Μέτρησης
<b>Μέτρηση απόστασης</b>	2D, M, D	Απόσταση Ίχνος Γραμμής Γωνία %StD
	M	M Απόσταση
<b>Μέτρηση Περιφέρειας και Επιφάνειας</b>	D	D Ταχύτητα D A/B D Ίχνος D Χρόνος
	2D, M, D	Έλλειψη Ίχνος %StA
<b>Μέτρηση Όγκου</b>	2D, M, D	3 Distance 1 Distance Απόσταση + Έλλειψη Έλλειψη MOD

Πίνακας 3: Βασικές μετρήσεις του συστήματος.

Μέτρηση απόστασης:

1. Απόσταση:

Η μέτρηση της απόστασης είναι βασική και είναι διαθέσιμη σε όλους τους τρόπους διάγνωσης. Σε αυτή την μέτρηση μπορεί να καθοριστούν δύο σημεία σε μία δισδιάστατη εικόνα και να γίνει μέτρηση της απόστασης μεταξύ τους.

2. Ίχνος γραμμής :

Η μέτρηση του ίχνους γραμμής αποτελεί και αυτή βασική μέτρηση και η διαθεσιμότητα του προορίζεται για όλους τους τρόπους διάγνωσης. Με αυτή την μέτρηση καθορίζεται ένα σημείο σε μια δισδιάστατη εικόνα και χαράζεται μια καμπύλη από το συγκεκριμένο σημείο για να πραγματοποιηθεί μέτρηση της απόστασης μεταξύ τους.

3. Γωνία:

Στην μέτρηση της γωνίας μετριέται η γωνία μιας δισδιάστατης εικόνας καθορίζοντας δύο ευθείες γραμμές σε αυτήν και όταν υπολογίζονται εμφανίζεται η πιο μικρή γωνία.

4. %StD:

Μετριέται σε μια δισδιάστατη εικόνα η διάμετρος ενός αγγείου και γίνεται ο υπολογισμός της αναλογίας της στένωσης και υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\%StD = \frac{Outer\ Distance - Inner\ Distance}{Outer\ Distance} \times 100 \quad (3.1)$$

5. M Απόσταση:

Είναι βασική μέτρηση και η χρήση της είναι προς διάθεση μόνο για την λειτουργία M-Τρόπου. Με αυτή την λειτουργία γίνεται καθορισμός δύο σημείων σε μια εικόνα M και πραγματοποιούνται οι μετρήσεις για την απόσταση, τον χρόνο που πέρασε και την ταχύτητα.

Μέτρηση Περιφέρειας και Επιφάνειας:

1. D Ταχύτητα:

Κατατάσσεται και αυτή στις βασικές μετρήσεις, όπου η χρήση της είναι εφικτή μόνο στην λειτουργία φασματικού Doppler. Σε αυτή την μέτρηση μπορούν να καθοριστούν δύο σημεία σε μια εικόνα φασματικού Doppler και να μετρηθεί η απόσταση μεταξύ τους και η ταχύτητα σε κάθε σημείο για να υπολογιστεί η αλλαγή ταχύτητας, η χρονική αλλαγή και η επιτάχυνση. Κατά την ολοκλήρωση της μέτρησης τα αποτελέσματα εμφανίζονται στην οθόνη.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

$$RI = \frac{V1 - V2}{V1} \quad (3.2)$$

$$dV = V2 - V1 \quad (3.3)$$

$$Acceleration = \frac{V2 - V1}{T2 - T1} = \frac{dV}{dT} \quad (3.4)$$

2. D A/B:

Σε αυτή την μέτρηση μετριέται η ταχύτητα σε κάθε σημείο, που καθορίζεται σε δύο σημεία μιας εικόνας και πραγματοποιείται ο υπολογισμός της αναλογίας της ταχύτητας μεταξύ τους.

3. D Ίχνος:

Γίνεται καθορισμός ενός σημείου στην εικόνα φασματικού Doppler και σχεδιάζεται μια καμπύλη από αυτό το σημείο για να υπολογιστεί η ταχύτητα, η ακέραια τιμή και η μέση ταχύτητα ροής του αίματος.

Για αυτούς τους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι παρακάτω εξισώσεις:

$$RI = \frac{PSV - EDV}{PSV} \quad (3.5)$$

$$PI = \frac{PSI - EDV}{V\ mean} \quad (3.7)$$

$$V\ mean = \frac{VTI}{Duration\ of\ flow} \quad (3.6)$$

$$S/D = \frac{PSV}{EDV} \quad (3.8)$$

4. Έλλειψη:

Αποτελεί μια από τις βασικές μετρήσεις και διατίθεται σε όλους τους τρόπους διάγνωσης. Σε αυτή την μέτρηση πραγματοποιούνται μετρήσεις για την περιφέρεια και το εμβαδόν ενός κυκλικού (ελλειπτικού) αντικειμένου σε μία δισδιάστατη εικόνα.

Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

$$\text{Circ} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{A}{2^2} + \frac{B}{2} \right)^2}, \text{ όπου } A: \text{μακρύς άξονας}, B: \text{μικρός άξονας} \quad (3.9)$$

$$\text{Area} = \pi \times a \times b \quad (3.10)$$

## 5. Ίχνος:

Στην μέτρηση του ίχνους μετριέται η περιφέρεια και το εμβαδόν ενός αντικειμένου, που η μορφή του είναι ακανόνιστη με την χρήση των επόμενων εξισώσεων:

$$\text{Circ} = \sqrt{[X(n) - X(n-1)]^2 + [Y(n) - Y(n-1)]^2} \quad (3.11)$$

$$\text{Area} = \sqrt{X(n-1) \times Y(n) - X(n) \times Y(n-1)} \quad (3.12)$$

## 6. Ποσοστό περιοχής στένωσης:

Με το ποσοστό περιοχής στένωσης υπολογίζεται η περιοχή ενός αγγείου και το ποσοστό της αναλογίας στένωσης. Το %StA υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$\%StA = \frac{\text{Outer Area} - \text{Inner Area}}{\text{Outer Area}} \times 100 \quad (3.13)$$

## Μέτρηση Όγκου:

## 1. 3 Distance:

Πραγματοποιείται μέτρηση του όγκου κάποιου αντικειμένου σε μια εικόνα δισδιάστατη με την χρήση τριών ευθείων γραμμών και πραγματοποιείται με την επόμενη εξίσωση:

$$\text{Vol} = \frac{4}{3} \pi \frac{D1}{2} \frac{D2}{2} \frac{D3}{2} \quad (3.14)$$

## 2. 1 Distance:

Πραγματοποιείται μέτρηση του όγκου κάποιου αντικειμένου σε μια εικόνα δισδιάστατη με την χρήση μιας μόνο ευθείας γραμμής και επιτυγχάνεται με την χρήση της παρακάτω εξίσωσης.

$$\text{Vol} = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \quad (3.15)$$

## 3. Απόσταση + Έλλειψη:

Σε αυτή την μέτρηση υπολογίζεται ο όγκος ενός αντικειμένου μιας δισδιάστατης εικόνας με την χρήση μιας ευθείας γραμμής και ενός κύκλου (έλλειψη) και για να μετρηθούν γίνεται με την χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$\text{Vol} = \frac{\pi}{6} abd, \text{ όπου } a: \text{μικρός άξονας } b: \text{μακρύς άξονας } d: \text{απόσταση} \quad (3.16)$$

## 4. Έλλειψη:

Με την χρήση μιας έλλειψης μετριέται ο όγκος ενός κωνικού αντικειμένου σε μια δισδιάστατη εικόνα. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται είναι η εξής:

$$\text{Vol} = \frac{4}{3} \pi \frac{\text{Long}}{2} \frac{\text{Short}}{2} \frac{\text{Short}}{2} \quad (3.17)$$

## 5. MOD:

Υπολογίζεται ο όγκος με την λήψη του εμβαδού ενός ακανόνιστου αντικειμένου και του μήκους του μακρού άξονα.

Μετρήσεις που περιέχει το σύστημα με πληροφορίες για την υγεία του εμβρύου:

- Βιομετρία εμβρύου
- Μακριά οστά εμβρύου
- Κρανίο εμβρύου
- Άλλες μετρήσεις για το έμβρυο (πόδια, αυτιά, λεκάνη)
- AFI (Αμνιακός δείκτης υγρών)
- Τράχηλος της μήτρας
- Ομφαλική αρτηρία
- CTAR (Αναλογία Περιοχής Καρδιο-Θώρακα)
- Ωοθήκη

- Μητριαία αρτηρία
- Καρωτίδα εμβρύου
- Αορτή εμβρύου
- Φλεβικός πόρος
- Νεφρική αρτηρία
- Ροή όγκου
- Εμβρυϊκός καρδιακός ρυθμός
- Μέση εγκεφαλική αρτηρία

Μετρήσεις για πληροφορίες ως προς την υγεία της γυναίκας:

- Κύστη
- Μήτρα
- Ωοθήκη
- Μάζα
- Ενδομήτριο
- Ενδοπολύποδα
- Όγκο της μήτρας
- Όγκος του τράχηλου της μήτρας
- Έκτοπη κύηση [22]

### 3.3.2 Υπερηχογραφικό σύστημα WS80A

Το σύστημα αποτελείται από την οθόνη, μονάδα DVD, ηχείο, πίνακα ελέγχου, πληκτρολόγιο, θύρα USB, θύρα ηχοβολέα, φίλτρο αέρα, τροχούς, φρένα, δυνατότητα ανύψωσης, οθόνη αφής και προαιρετικά θερμαντικό τζελ. Το πίσω μέρος του συστήματος αποτελείται από μια λαβή, αποθηκευτικό χώρο, εξαερισμό, υποδοχή καλωδίου, εξάρτημα σύνδεσης στο ρεύμα και ετικέτα ταυτότητας. Η οθόνη είναι έγχρωμη LCD και εμφανίζει τις εικόνες υπερήχων και άλλα δεδομένα.

Η οθόνη περιέχει τα παρακάτω:

1. Περιοχή τίτλου, που βρίσκεται στο επάνω μέρος της οθόνης και περιέχει το όνομα του ασθενούς και του νοσοκομείου, την εφαρμογή, τις πληροφορίες για τον ηχοβολέα και για την ακουστική έξοδο και τέλος την ημερομηνία και την ώρα.
2. Προεπιλεγμένη αλλαγή και περιοχή εξέτασης EZ, στο αριστερό μέρος της οθόνης και εμφανίζει την αλλαγή προκαθορισμένων ρυθμίσεων. Η εξέταση EZ επιτρέπει στον χειριστή να καθορίσει τα στοιχεία των εξετάσεων και την σειρά τους, όπου η χρήση της απλοποιεί την διαδικασία διάγνωσης.
3. Περιοχή εικόνας, στο κέντρο της οθόνης και εμφανίζει τις εικόνες υπερήχων. Εμφανίζονται επίσης πληροφορίες TGC, πληροφορίες για την εικόνα και πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις.
4. Περιοχή μικρογραφιών, στα δεξιά της οθόνης και στην περιοχή αυτή οι εικόνες που είναι αποθηκευμένες εμφανίζονται σαν μικρογραφίες
5. Περιοχή πληροφοριών χρήστη, στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης και περιέχει διάφορες απαραίτητες πληροφορίες για το χρήστη όπως πληροφορίες της εικόνας, τρέχουσα κατάσταση του συστήματος, διαθέσιμα στοιχεία και άλλα.
6. Περιοχή κλειδιού που είναι καθορισμένη από τον χρήστη, στο κάτω μέρος κεντρικά της οθόνης.

Το σύστημα διαθέτει επίσης περιφερειακές συσκευές που διακρίνονται στις εσωτερικές και στις εξωτερικές συσκευές. Οι εσωτερικές είναι τοποθετημένες στο σύστημα, η μονάδα σκληρού δίσκου και το DVD-Multi. Οι συσκευές που προτείνονται είναι έγχρωμο και ασπρόμαυρο εκτυπωτή, Foot Switch που είναι υπεύθυνο για το πάγωμα της εικόνας, ενημέρωση, εκτύπωση, την εξέταση EZ αλλά και εγγραφή. Επίσης μαζί με το προϊόν παρέχεται ένα κουτί με αξεσουάρ, που περιέχει τζελ, καλώδιο γείωσης και εγχειρίδιο.

Η οθόνη αφής περιέχει τα παρακάτω:

1. Περιοχή πληροφοριών, στο επάνω δεξιά περιοχή της οθόνης και εμφανίζεται ο τίτλος της οθόνης που της δεδομένης στιγμής.
2. Περιοχή καρτέλας, που βρίσκεται στην αριστερή επάνω περιοχή της οθόνης και εμφανίζει διαγνωστικές λειτουργίες και βοηθητικά προγράμματα.
3. Περιοχή μενού, στο κέντρο της οθόνης και τα στοιχεία του μενού τα οποία είναι διαθέσιμα εμφανίζονται σε μορφή κουμπιών. Όταν χρησιμοποιείται κάποια συγκεκριμένη λειτουργία

εμφανίζεται στην οθόνη με μπλε χρώμα.

4. Περιοχή Soft Menu, στο κάτω μέρος της οθόνης και εμφανίζει τα στοιχεία που είναι διαθέσιμα και όταν χρησιμοποιείται εμφανίζεται με μπλε περίγραμμα.

Οι ηχοβολείς που προσφέρει το σύστημα είναι 15 και οι δέκα από αυτούς χρησιμοποιούνται στην μαιευτική και την γυναικολογία.

Το σύστημα WS80A υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- 4D
- 3D XI
- ElastoScan
- XI STIC
- DICOM
- Πανοραμική
- Auto IMT+
- Realistic Vue
- HDVI

Η λειτουργία HDVI έχει την δυνατότητα του φιλτραρίσματος των τρισδιάστατων εικόνων, έτσι ώστε να εκφράζονται τα περιγράμματα πιο ζωντανά και να βελτιώνει τις εικόνες. Με την επιλογή της λειτουργίας XI STIC μπορούν να ληφθούν δεδομένα για τον καρδιακό κύκλο του εμβρύου και είναι διαθέσιμη μόνο με τρισδιάστατο ηχοβολέα και εμφανίζεται μόνο όταν έχει γίνει ορισμός εφαρμογής σε μαιευτική.

Η τεχνική Realistic Vue είναι χρήσιμη για την ανίχνευση μορφολογικών ανωμαλιών ή δυσμορφιών των εμβρύων.

Όπως και το προηγούμενο σύστημα και αυτό υποστηρίζει διάφορες λειτουργίες διάγνωσης, όπως η βασική λειτουργία, η συνδυασμένη λειτουργία, η λειτουργία πολλαπλής εικόνας και τέλος η λειτουργία 3D/4D. [23]

Οι τύποι προς διάγνωση που είναι διαθέσιμοι φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

Λειτουργία	Τύπος
<b>Λειτουργία Βασικού Τρόπου</b>	2D - Τρόπος Τρόπος Λειτουργίας Έγχρωμου Doppler Τρόπος Λειτουργίας Doppler Ισχύος M -Τρόπος Λειτουργία φάσματος παλμικού κύματος Συνεχής φασματική λειτουργία κύματος Τρόπος Λειτουργίας Doppler ιστού Τρόπος Λειτουργίας κυμάτων Doppler ιστού Τρόπος σάρωσης ελαστικότητας (E - Mode)
<b>Λειτουργία Συνδυασμένου Τρόπου</b>	2D/C/PW Τρόπος 2D/PD/PW Τρόπος 2D/C/M Τρόπος 2D/TDI/TDW Τρόπος Διπλός Live Τρόπος
<b>Λειτουργία πολλαπλής εικόνας</b>	Διπλός Τρόπος Τετραπλός Τρόπος
<b>Λειτουργία 3D/4D</b>	3D Τρόπος 4D Τρόπος

Πίνακας 4: Οι τύποι λειτουργίας του συστήματος WS80A

### 3.4. Υπερηχογραφικά συστήματα της Hitachi

#### 3.4.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Arietta V60 / V70

Οι λειτουργίες απεικόνισης που υποστηρίζουν είναι οι εξής:

- Β-Τρόπος
- Μ-Τρόπος
- 2D-Τρόπος
- Freehand 3D
- Ελαστογραφία
- 3D/4D-Τρόπος
- Έγχρωμο Doppler
- Αρμονική απεικόνιση ιστού
- Έγχρωμο Doppler συνεχούς κύματος
- Έγχρωμο Doppler παλμικού κύματος

Τα συστήματα διαθέτουν οθόνη LED και οθόνη αφής, έγχρωμο εκτυπωτή, έχουν την δυνατότητα κίνησης και εξωτερικό DVD.

Η εφαρμογή τους προορίζεται για χρήση σε ειδικότητα της γυναικολογία και μαιευτικής, ενδοκρινολογίας, ακτινολογίας, καρδιολογίας, ουρολογίας γαστρεντερολογίας, χειρουργικής και νευροχειρουργικής μόνο για το σύστημα V60. Οι ηχοβολείς που διαθέτουν για τετραδιάστατη απεικόνιση είναι και για τα δύο συστήματα τρεις. [24-25]

Στον επόμενο πίνακα αναφέρονται οι διαφορετικές επιλογές λειτουργίας και προδιαγραφές που υπάρχουν στα δυο συστήματα:

Υπερηχογραφικό σύστημα	Arietta V70	Arietta V60
Οθόνη	LED 21,3"	LED 17"
Οθόνη αφής	10,4"	10,4"
Βάρος	117 kg	90 kg
Θύρες ηχοβολέων	5 (4 ενεργές)	4 (3 ενεργές)
Ποιότητα εικόνας	1600 x 1200	1600 x 1200
3D/4D	✓	✓
Δυνατότητα κίνησης	✓	✓
2D Τρόπος	✓	✓
B - Τρόπος	✓	✓
M - Τρόπος	✓	✓
Ελαστογραφία	✓	✓
DICOM	✓	✓
STIC	✓	✓
Τροχί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος	✓	✓

Πίνακας 5: Βασικές προδιαγραφές και λειτουργίες των δυο συστημάτων

### 3.5. Υπερηχογραφικά συστήματα της Siemens

#### 3.5.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Acuson X700

Το σύστημα Acuson X700 αποτελείται από μια οθόνη η οποία είναι ρυθμιζόμενη LED/LCD 20 ιντσών, χώρο αποθήκευσης, μπαταρία, φίλτρο αέρα, B/W εκτυπωτή, μονάδα CD/DVD, διακόπτη λειτουργίας ενεργοποίησης/απενεργοποίησης. Επίσης διαθέτει στήριγμα για τον ηχοβολέα αλλά και για το καλώδιο του, περιστρεφόμενο τροχό με φρένο, έξι θύρες για τους ηχοβολείς, ενσωματωμένο θερμαντικό τζελ και πίνακα ελέγχου με φωτισμό.

Η μπαταρία βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του συστήματος και για την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της συνιστάται η διατήρηση σύνδεσης του συστήματος στη πρίζα, ο διακόπτης κυκλώματος του δικτύου να είναι ενεργοποιημένος και το σύστημα να βρίσκεται σε χώρο, όπου η υγρασία είναι χαμηλή και η θερμοκρασία να κυμαίνεται από τους 0°C - 21°C.

Οι τύποι ηχοβολέων που διαθέτει είναι έξι:

1. Ηχοβολέας γραμμικής διάταξης
2. Ηχοβολέας φασικής διάταξης
3. Ηχοβολέας κοίλης διάταξης
4. Doppler συνεχούς κύματος
5. Ηχοβολέα ενδοκοιλότητας
6. Ηχοβολέας 4D

Συνολικά έχει 18 ηχοβολείς, από τους οποίους οι τρεις χρησιμοποιούνται για την τετραδιάστατη απεικόνιση.

Οι τρόποι λειτουργίας που περιλαμβάνει το σύστημα είναι οι παρακάτω:

- 2D-Τρόπος
- M-Τρόπος
- 4D-Τρόπος
- Doppler Ισχύος
- Παλμικό Doppler
- Έγχρωμο Doppler [26]

#### 3.5.2. Υπερηχογραφικό σύστημα Acuson S1000

Το σύστημα αποτελείται από μια οθόνη υψηλής ανάλυσης 19 ιντσών, η οποία έχει την δυνατότητα ρύθμισης από τον χειριστή και έχει δυο ηχεία προς τα εμπρός, μια οθόνη αφής, πίνακα ελέγχου, μπροστινή λαβή, στήριγμα για τα καλώδια των ηχοβολέων, θύρες για τους ηχοβολείς, φρένα και τροχούς και διακόπτη λειτουργίας ενεργοποίησης/απενεργοποίησης.

Οι τύποι ηχοβολέων που διαθέτει είναι έξι:

1. Ηχοβολέας γραμμικής διάταξης
2. Ηχοβολέας φασικής διάταξης
3. Ηχοβολέας κοίλης διάταξης
4. Doppler συνεχούς κύματος
5. Ηχοβολέα ενδοκοιλότητας
6. Ηχοβολέας 4D

Διαθέτει στο σύνολο 24 ηχοβολείς και από αυτούς οι τρεις είναι για χρήση στην τετραδιάστατη απεικόνιση.



Οι τρόποι λειτουργίας που περιλαμβάνει το σύστημα είναι οι παρακάτω:

- 2D-Τρόπος
- M-Τρόπος
- 4D-Τρόπος
- Doppler Ισχύος
- Έγχρωμο Doppler
- M-Τρόπος με THI
- 2D-Τρόπος με THI
- Doppler παλμικού κύματος
- Doppler συνεχούς κύματος

Τα συστήματα υπερήχων S1000 προορίζονται για εφαρμογή στην γυναικολογία και μαιευτική, παιδιατρική, για υπέρηχο κοιλίας, διεγχειρητικό και για καρδιακή εφαρμογή. Επίσης προσφέρει την δυνατότητα μέτρησης ανατομικών δομών και πακέτα υπολογισμού για πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον ιατρό για κλινική διάγνωση.

Η οθόνη του συστήματος περιέχει τις παρακάτω περιοχές:

1. Κουμπιά γραμμής εργαλείων, που βρίσκεται στην αριστερή πάνω γωνία και στην περιοχή αυτή εμφανίζονται στοιχεία για τον έλεγχο των λειτουργιών του συστήματος, όπως να εμφανίζεται ή να αποκρύπτεται το μενού και πληροφορίες για τον ασθενή.
2. Αποτελέσματα, που βρίσκεται ενδιάμεσα στην περιοχή ένα και τρία και εμφανίζονται οι τιμές για μετρήσεις και υπολογισμού.
3. Γραμμή ασθενούς, στο πάνω κεντρικό μέρος της οθόνης και περιέχει πληροφορίες για τον ασθενή.
4. Παράμετροι απεικόνισης, στην δεξιά μεριά της οθόνης και σε αυτήν εμφανίζονται παράμετροι για τις ρυθμίσεις απεικόνισης.
5. Προβολή μικρογραφιών, βρίσκεται στην δεξιά γωνία της οθόνης όπου εμφανίζονται εικόνες αναφοράς από αποθηκευμένα βίντεο, εικόνες και τομές.
6. Πληροφορίες οθόνης, στο κάτω δεξί μέρος όπου αυτές οι πληροφορίες έχουν σχέση με την σύνδεση του δικτύου και την κατάσταση εργασίας του δικτύου.
7. Στοιχεία ελέγχου, τα οποία βρίσκονται δίπλα από την προηγούμενη περιοχή και τα στοιχεία αυτά αφορούν την εκτύπωση και την διαγραφή μικρογραφιών.
8. Κατάσταση ιχνόσφαιρας, που βρίσκεται στο κεντρικό κάτω μέρος της οθόνης και επισημαίνει την λειτουργία που έχει εκχωρηθεί προς το παρόν στην ιχνόσφαιρα αλλά και τα χειριστήρια που βρίσκονται δίπλα.
9. Μενού εικόνας, που βρίσκεται στην αριστερή μεριά της οθόνης και σε αυτήν την περιοχή εμφανίζονται στοιχεία ελέγχου και λειτουργίες των προγραμμάτων λογισμικού που είναι προαιρετικά προς επιλογή. [27]

### **3.6. Υπερηχογραφικά συστήματα της Philips**

#### **3.6.1. Υπερηχογραφικό σύστημα Epiq 7**

Το σύστημα αποτελείται από την οθόνη 21,5 ιντσών, τον διακόπτη ενεργοποίησης και απενεργοποίησης, μονάδα ελέγχου που περιλαμβάνει τον πίνακα ελέγχου, την οθόνη αφής και το πληκτρολόγιο, υποδοχές για τους ηχοβολείς, πετάλι φρένου και κλειδώματος, μια οθόνη αφής που βρίσκεται πάνω από τον πίνακα ελέγχου και στο πίσω μέρος του συστήματος παρέχεται χώρος για ως και δύο περιφερειακές συσκευές. οι περιφερειακές συσκευές που έχει είναι ασπρόμαυρος εκτυπωτής, ποδοδιακόπτη, έγχρωμο εκτυπωτή και εξωτερική οθόνη. Επίσης έχει μπαταρία και το επίπεδο της φόρτισης της φαίνεται στην οθόνη και διαρκεί για

45 λεπτά.

Η εφαρμογή του προορίζεται για γενική απεικόνιση, επεμβατική ακτινολογία, την καρδιολογία, σε αγγειακές εφαρμογές, την γυναικολογία και την μαιευτική.

Η οθόνη περιέχει τρεις περιοχές:

1. Γραμμή ασθενούς, που βρίσκεται στην πεάνω περιοχή της οθόνης και εμφανίζει τα δεδομένα για τον ασθενή
2. Περιοχή της εικόνας, που βρίσκεται στο κέντρο και περιλαμβάνει τις καρτέλες εικόνας και το αριστερό παράθυρο. Στην αριστερή καρτέλα εικόνας εμφανίζεται η ζωντανή εικόνα και στις πρόσθετες εικόνες παρέχεται η γρήγορη πρόσβαση σε εικόνες που έχουν ανακτηθεί από προηγούμενες εξετάσεις. Στο αριστερό παράθυρο εμφανίζονται οι διαθέσιμοι υπολογισμοί και τα πρωτόκολλα, αλλά και οι μετρήσεις που εκτελούνται.
3. Περιοχή εργαλείων και εικονιδίων, εμφανίζει εικονίδια κατάστασης, εικονίδια διαχείρισης συστήματος και εικονίδιο μεσολάβησης της ιχνόσφαιρας. Τα εικονίδια κατάστασης παρέχουν την κατάσταση των χαρακτηριστικών του συστήματος και δεν είναι δυνατή η επιλογή τους, τα εικονίδια διαχείρισης συστήματος παρέχουν την κατάσταση και μπορούν να επιλεγθούν και το εικονίδιο μεσολάβησης ιχνόσφαιρας εμφανίζει την τρέχουσα λειτουργία και τα κουμπιά της.

Στην οθόνη αφής εμφανίζονται τρεις υποκαρτέλες:

1. Physio: περιέχει τα στοιχεία ελέγχου για την συγκεκριμένη δυνατότητα
2. DVR: περιέχει τα χειριστήρια για την λειτουργία της συσκευής εγγραφής DVD.
3. System: περιέχει στοιχεία ελέγχου που επιτρέπει την προσωρινή προσαρμογή της διαμόρφωσης συστήματος για μια εξέταση.

Οι επιλογές απεικόνισης που διαθέτει είναι οι επόμενες:

- 2D-Τρόπος
- M-Τρόπος
- Τρόπος Triplex
- Τρόπος Duplex
- 3D/4D-Τρόπος
- Τρόπος Doppler
- Έγχρωμη απεικόνιση

Ο τρόπος Duplex αποτελεί την απεικόνιση του Β-Τρόπου με την έγχρωμη Doppler απεικόνιση ταυτοχρόνως. [28]

### 3.6.2. Υπερηχογραφικό σύστημα Affiniti 70

Το σύστημα Affiniti 70 έχει βασιστεί σαν σχεδιασμός στο υπερηχογραφικό σύστημα της σειράς Epiq. Διαθέτει τετραδιάστατη απεικόνιση και προσφέρει υπερηχοκαρδιογράφημα για ενήλικους και παιδιά. Το σύστημα αποτελείται από οθόνη 21 ιντσών με δυνατότητα κλίσης και περιστροφής και οθόνη αφής 12 ιντσών. Επίσης πίνακα ελέγχου, μονάδα DVD, μπαταρία που η διάρκεια της είναι 45 λεπτά μέχρι να φορτιστεί ξανά και τροχούς με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος.

Προορίζεται για χρήση στην γυναικολογία και μαιευτική, παιδιατρική γενικής απεικόνισης, καρδιολογία, ουρολογία και στους μαστούς.

Οι λειτουργίες απεικόνισης που υποστηρίζει είναι οι εξής:

- 2D-Τρόπος
- M- Τρόπος
- B-Τρόπος
- 3D/4D - Τρόπος
- Έγχρωμο Doppler
- Φασματικό Doppler
- Απεικόνιση Doppler ιστού
- Τρόπος Triplex
- Τρόπος Duplex
- Αρμονική απεικόνιση ιστού
- Freehand 3D
- Πανοραμική απεικόνιση
- Ελαστογραφία [29]

### 3.7. Υπερηχογραφικά συστήματα της Mindray

#### 3.7.1. Υπερηχογραφικό σύστημα DC-40

Το σύστημα αποτελείται από μια οθόνη 17 ιντσών, στην οποία κατά την σάρωση εμφανίζονται οι εικόνες και οι παράμετροι, ηχείο για την έξοδο του ήχου, οθόνη αφής 10,4 ιντσών, στήριγμα για το τζελ και τον ηχοβολέα, διαφορετικά στηρίγματα για τον ενδοκοιλιακό ηχοβολέα και τον ηχοβολέα μολυβιού, άγκιστρο για το καλώδιο του ηχοβολέα, πληκτρολόγιο, βασικό πίνακα ελέγχου, μοχλός για την ρύθμιση του πίνακα ελέγχου, που είναι χρήσιμος για την ανύψωση και την περιστροφή του πίνακα ελέγχου, USB, υποδοχές για την σύνδεση ηχοβολέων, θύρα εκτυπωτή, βραχίονα για την στήριξη της οθόνης και για τον πίνακα ελέγχου, πίνακα τροφοδοσίας και εξαερισμό ψύξης. Τα πρώτα 11 τμήματα βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του συστήματος και τα υπόλοιπα στο πίσω μέρος.

Η εφαρμογή του συστήματος DC-40 προορίζεται για την μαιευτική, την γυναικολογία, την καρδιολογία, στην ουρολογία, στην παιδιατρική, στην επείγουσα ιατρική αλλά και σε μικρά μέρη του σώματος.

Στην εικόνα 5 που ακολουθεί διακρίνονται οι περιοχές που περιλαμβάνει η οθόνη του συστήματος:

- Περιοχή πληροφοριών, που βρίσκεται στην πάνω περιοχή της οθόνης και περιλαμβάνει το λογότυπο, την ονομασία νοσοκομείου και του ασθενή καθώς και την ηλικία και το φύλο, τον χειριστή, την εξέταση και την ημερομηνία και ώρα που διεξάγεται και το εικονίδιο παγώματος.
- Περιοχή κατάστασης του συστήματος, στην οποία εμφανίζονται εικονίδια σχετικά με το σύστημα όπως ο εκτυπωτής, η σύνδεση δικτύου και το USB.
- Περιοχή Soft Menu, η οποία εμφανίζει τις πληροφορίες που εμφανίζει και η οθόνη αφής.
- Παράμετροι εικόνας και περιοχή μενού, στο αριστερό μέρος της οθόνης.
- Μικρογραφία εικόνας σε εικόνα, στο αριστερό μέρος της οθόνης.
- Περιοχή για πληροφορίες βοήθειας, στο κάτω μέρος της οθόνης.
- Περιοχή εικόνας, που βρίσκεται στο κέντρο της οθόνης.
- Περιοχή μικρογραφιών, στην δεξιά μεριά της οθόνης.

Οι λειτουργίες απεικόνισης που υποστηρίζει είναι οι εξής:

- B-Τρόπος
- M-Τρόπος
- 2D- Τρόπος
- Έγχρωμος M-Τρόπος
- 3D/4D
- Ελαστογραφία

- Doppler παλμικού κύματος
- Doppler συνεχούς κύματος
- Απεικόνιση Doppler ιστού
- Στατική 3D λειτουργία [30]

Μενού Λειτουργία εξέτασης Παράμετροι εικόνας	L o g o	Όνομασία Νοσοκομείου			Όνομα ασθενή	Πρόσβαση	Εικονίδιο Freeze
		Χειριστής	Ταυτότητα	Ηλικία	Φύλο	Εξέταση Ημερομηνία, Ώρα	Μικρογραφίες
	Ηχοβολέας & ακουστική ισχύς						
Περιοχή εικόνας							
Μικρογραφία εικόνας σε εικόνα	Ίχνη ΗΚΓ						Διαχείριση εικόνας
	Cine Review						
Soft menu			Συμβουλές		Soft menu		
Πληροφορίες βοήθειας					Εικονίδιο συστήματος		

Εικόνα 5: Περιχές της οθόνης που εμφανίζονται στο σύστημα. [30]

### 3.7.2. Υπερηχογραφικό σύστημα DC-70

Το σύστημα αποτελείται από μια οθόνη 19 ιντσών, στην οποία κατά την σάρωση εμφανίζονται οι εικόνες και οι παράμετροι, ηχείο, οθόνη αφής 10,4 ιντσών, στήριγμα για το τζελ και τον ηχοβολέα, διαφορετικά στηρίγματα για τον ενδοκοιλιακό ηχοβολέα και τον ηχοβολέα μολυβιού, άγκιστρο για το καλώδιο του ηχοβολέα, πληκτρολόγιο, θύρα USB, υποδοχή για θερμαντικό τζελ, πίνακα φυσικής κατάστασης για χρήση της σύνδεσης των απαγωγών ΗΚΓ και της εξωτερικής συσκευής. Επίσης βραχίονα για την στήριξη της οθόνης και για τον πίνακα ελέγχου, πίνακα τροφοδοσίας, τροχούς, φρένα και εξαερισμό ψύξης.

Η οθόνη του συστήματος περιέχει τις παρακάτω περιοχές που παρουσιάζονται στην εικόνα 6:

- Περιοχή πληροφοριών, που βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης και περιλαμβάνει το λογότυπο, την ονομασία νοσοκομείου και του ασθενή καθώς και την ηλικία και το φύλο, τον χειριστή, την εξέταση και την ημερομηνία και ώρα που διεξάγεται και τον ηχοβολέα που χρησιμοποιείται.

- Περιοχή του μενού.
- Περιοχή της εικόνας.
- Περιοχή για πληροφορίες βοήθειας, στο κάτω μέρος της οθόνης.
- Περιοχή μικρογραφιών, στην δεξιά μεριά της οθόνης.
- Περιοχή Soft Menu, η οποία εμφανίζει τις πληροφορίες που εμφανίζει και η οθόνη αφής.
- Περιοχή κλίμακας του γκρι και γραμμή χρώματος, στα δεξιά της περιοχής της εικόνας.
- Περιοχή Ηλεκτροκαρδιογραφήματος, κάτω από την περιοχή της εικόνας.

Λογότυπο	Όνομασία Νοσοκομείου			Όνομα ασθενούς	Ηλικία	Ηχοβολέας	Παράμετρος ηχοβολέα
	Ημερομηνία	Ώρα	Χειριστής	Ταυτότητα	Φύλο	Εξέταση	HR
Μενού	Περιοχή εικόνας					Κλίμακα του γκρι / Γραμμή χρώματος	Περιοχή παραμέτρων εικόνας
	ΗΚΓ						
	Cine Review						
Πληροφορίες βοήθειας							Περιοχή υποδείξεων κλειδιού
Περιοχή μικρογραφιών							
Περιοχή παραμέτρων Soft Menu					Κατάσταση συστήματος		

Εικόνα 6: Οι περιοχές της οθόνης του συστήματος.[31]

Οι λειτουργίες απεικόνισης που υποστηρίζει είναι οι εξής:

- Β-Τρόπος
- Μ-Τρόπος
- 2D-Τρόπος
- Έγχρωμος Μ-Τρόπος
- Ανατομικός Μ-Τρόπος
- 3D/4D
- Ελαστογραφία
- Doppler παλμικού κύματος
- Doppler συνεχούς κύματος
- Απεικόνιση Doppler ιστού [31]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1. Συγκριτική μελέτη

#### 4.1.1. Υπερηχογραφικά συστήματα Voluson 730 Pro / Voluson S6

	Voluson 730 Pro	Voluson S6
Προβλεπόμενη τιμή αγοράς	6.000 - 12.000 \$ 5.710 - 11.500 € [32]	15.000 - 40.000 \$ 14.300 - 38.100 € [33]
Εταιρία	General Electric	General Electric
Έτος έναρξης	2008	2011
Ιατρική ειδικότητα	Γυναικολογία και Μαιευτική	Γυναικολογία και Μαιευτική
Μαιευτικές λειτουργίες	Εμβρυϊκό 3D/4D, STIC	Εμβρυϊκό 3D/4D, HD live
Όρια θερμοκρασίας	10°C - 40°C	18°C - 30°C
Όρια υγρασίας	30% - 80% RH	30% - 80% RH
Όρια πίεσης	700hPa - 1060hPa	700hPa - 1060hPa
Οθόνη	15"	LCD 19"
Ανάλυση Οθόνης	1280 x 1024	1280 x 1024
Οθόνη με δυνατότητα περιστροφής και κλίσης	✓	✓
Οθόνη αφής	✓ (10,4")	✗
Επιφάνεια αφής ή Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα
Βάρος	136kg	90kg
Τροχοί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος	✗	✓
Μπαταρία	✗	✓
Μέγιστο βάθος πεδίου	30 cm	30 cm
Ελάχιστο βάθος πεδίου	0 - 1cm	0 - 2 cm
Θύρες ηχοβολέων	4	3 (με μια μη ενεργή)
Διαθέσιμοι 4D ηχοβολείς	5	5
2D, M-Τρόπος	✓	✓
M-Λειτουργία ροής χρώματος	✓	✓
Αματομικός M-Τρόπος	✓	✓
HD Live	✗	✓
Live 3D/4D OB/GYN	✓	✓
Elastography	✗	✓
Triplex Mode	✓	✓

STIC	✓	✓
DICOM	✓	✓
Write Zoom	✓	✓
Freehand 3D	✓	✓
USB	✓	✓
DVD / CD	✓	✓
Ασύρματο LAN	✗	✓

Πίνακας 6: Σύγκριση των προδιαγραφών μεταξύ των συστημάτων Voluson 730 Pro / Voluson S6

Στον παραπάνω πίνακα είναι συγκεντρωμένες κάποιες από τις προδιαγραφές των συστημάτων, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και συγκεκριμένα σε αυτή την ενότητα, αυτές οι προδιαγραφές είναι για το Voluson 730 Pro και το Voluson S6, τα οποία και τα δύο έχουν κυκλοφορήσει από την General Electric το 2008 και το 2011 αντίστοιχα. Το Voluson 730 είναι σύστημα για μαιευτική και γυναικολογία και αποτελεί ένα από τα δημοφιλή συστήματα της τετραδιάστατης απεικόνισης. Επίσης το σύστημα χωρίζεται σε δύο μοντέλα, το 730 Pro που την αναφέρουμε στην εργασία και στην ισχυρότερη έκδοση Voluson 730 Expert. Το σύστημα S6 αντικαθιστά το 730 Pro, το οποίο είναι σε μέγεθος πολύ πιο μικρό και σε βάρος πιο ελαφρύ. Όπως φαίνεται και στον πίνακα η διαφορά βάρους ανάμεσα στα συστήματα είναι στα 46 κιλά. Η μπαταρία που διαθέτει το υπερηχογραφικό σύστημα S6 σε σχέση με το 730 Pro, του επιτρέπει την μετακίνηση του από τον έναν χώρο σε έναν άλλο χωρίς να χρειάζεται να γίνει η επανεκκίνησή του. Το Voluson S6 αποτελεί μια έκδοση του S8 με διαφορά την μειωμένη τιμή αγοράς και ο αριθμός των χαρακτηριστικών και αισθητήρων είναι πιο λίγος, παρ' όλ' αυτά τα δύο συστήματα ως προς την εξωτερική τους εμφάνιση φαίνονται σχεδόν ίδια. Η τιμή αγοράς των συστημάτων προβλέπεται ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκονται, την προηγούμενη χρήση τους αν πρόκειται για μεταχειρισμένα συστήματα και τους μετατροπείς που διαθέτουν και όπως βλέπουμε στον πίνακα η τιμή αγοράς του S6 είναι πολλή πιο υψηλή από το άλλο σύστημα. Οι κύριες διαφορές τους πέρα από την τιμή αγοράς, την μπαταρία και το βάρος τους είναι στα όρια θερμοκρασίας, στην οθόνη, όπου το ένα σύστημα διαθέτει οθόνη αφής. Ακόμα στο ελάχιστο βάθος πεδίου που διαφέρουν κατά ένα εκατοστό και στις θύρες ηχοβολέων που και αυτές διαφέρουν κατά μία θύρα. Όσο αφορά τα όρια θερμοκρασίας, αν αυτή αυξηθεί πάνω από τους 41 °C για το 730 Pro, που το όριο του είναι στους 40°C, είναι επικίνδυνο για το έμβρυο και για αυτόν τον λόγο παρέχεται στο σύστημα προστασίας από τρεις ανεμιστήρες και με εμφάνιση ειδοποίησης στην οθόνη. Ως προς τις λειτουργίες διάγνωσης το σύστημα 730 Pro δεν έχει την HD Live και την λειτουργία ελαστογραφίας. Ακόμα το S6 έχει τροχούς που του δίνει την δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος. Η λειτουργία Write Zoom που διαθέτουν και τα δύο συστήματα σχετίζεται με την ικανότητα του συστήματος ως προς την μεγέθυνση και σάρωση μιας εικόνας σε πραγματικό χρόνο. [32-33]

#### 4.1.2. Υπερηχογραφικά συστήματα SonoAce R7 / WS80A

	SonoAce R7	WS80A
Προβλεπόμενη τιμή αγοράς	5.600 - 30.000 \$ 5.400 - 25.550 € [34]	33.500 - 43.500 \$ 32167 - 41768 € [35]
Εταιρία	Samsung	Samsung
Έτος έναρξης	2010	2013
Ιατρική ειδικότητα	Γυναικολογία και Μαιευτική	Γυναικολογία και Μαιευτική

Μαιευτικές λειτουργίες	Εμβρυϊκό 3D/4D	Εμβρυϊκό 3D/4D, HD live
Όρια θερμοκρασίας	10°C - 35°C	10°C - 35°C
Όρια υγρασίας	30% - 75%	30% - 75% RH
Όρια πίεσης	700hPa - 1030hPa	700hPa - 1060hPa
Οθόνη	LCD 17"	LCD 23"
Ανάλυση Οθόνης	1280 x 1024	1920 x 1080
Οθόνη με δυνατότητα περιστροφής και κλίσης	✓	✓
Οθόνη αφής	✗	✓ (10,1")
Επιφάνεια αφής ή Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα
Βάρος	61kg	105,4kg
Τροχοί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος	✓	✓
Μπαταρία	✗	✗
Μέγιστο βάθος πεδίου	30 cm	30 cm
Ελάχιστο βάθος πεδίου	2 cm	2 cm
Θύρες ηχοβολέων	3	4
2D, M-Τρόπος	✓	✓
M-Λειτουργία ροής χρώματος	✓	✓
Αματομικός M-Τρόπος	✓	✓
HD Live	✗	✓
Live 3D/4D OB/GYN	✓	✓
Elastography	✓	✓
Triplex Mode	✓	✓
STIC	✗	✓
DICOM	✓	✓
Write Zoom	✓	✓
Freehand 3D	✓	✓
USB	✓	✓
DVD / CD	✓ (Εξωτερικό)	✓
Ασύρματο LAN	✗	✗

Πίνακας 7: Σύγκριση των προδιαγραφών μεταξύ των συστημάτων SonoAce R7 / WS80A

Στον πίνακα 7 φαίνονται οι προδιαγραφές των υπερηχογραφικών συστημάτων WS80A και SonoAce R7. Το υπερηχογραφικό σύστημα SonoAce R7 έχει κυκλοφορήσει από την Samsung το 2010 ένα χρόνο πριν από το άλλο σύστημα και διαθέτει καλή απόδοση τετραδιάστατης απεικόνισης και η εφαρμογή του εστιάζει στην υγεία της γυναίκας. Ακόμα αποτελείται από χαρακτηριστικά, που δεν είναι ούτε της ανώτερης τάξης αλλά



ούτε και της κατώτερης, παραδείγματος χάρι η οθόνη των 17 ίντσών που διαθέτει το σύστημα και η λειτουργία της ελαστογραφίας που κατά κύριο λόγο δεν υπάρχει σε συστήματα που διαθέτουν μια οικονομική τιμή πώλησης όπως αυτό που η ελάχιστη τιμή αγοράς είναι τα 5.000 ευρώ. Τρία χρόνια αργότερα κυκλοφόρησε στην αγορά η δεύτερη έκδοση του με διάφορες αναβαθμίσεις και νέες υποδοχές μετατροπών. Αργότερα κυκλοφόρησε μια τρίτη έκδοση με αλλαγή της οθόνης από τις 17 ίντσες σε 19 ίντσες, που με αυτή την αλλαγή υπάρχει βελτίωση στην ποιότητα της εικόνας. Στα μοντέλα που βγήκαν στην συνέχεια προστέθηκε η πανοραμική απεικόνιση, η προαιρετική ελαστογραφία και άλλες ακόμα λειτουργίες. Σε αυτά τα δύο υπερηχογραφικά συστήματα πιο ελαφρύ με διαφορά περίπου 45 κιλών και πιο οικονομική τιμή έχει το σύστημα R7. Οι διαφορές που έχουν αυτά τα συστήματα είναι στην οθόνη ως προς τις ίντσες, την ανάλυση της αλλά και στην οθόνη αφής που διαθέτει το σύστημα WS80A. Ως προς τις λειτουργίες διάγνωσης το σύστημα R7 δεν έχει διαθέσιμες τις λειτουργίες HD Live και την STIC. [34-35]

#### 4.1.3. Υπερηχογραφικά συστήματα Acuson X700 / Acuson S1000

Οι προδιαγραφές που αναφέρονται στον επόμενο πίνακα είναι υπερηχογραφικά συστήματα της εταιρίας Siemens το Acuson X700 και S1000. Τα συστήματα είναι της ίδιας σειράς Acuson και κυκλοφόρησαν με διαφορά δύο χρόνων. Οι διαφορές που έχουν αυτά τα συστήματα είναι στο βάρος που πιο ελαφρύ είναι το X700, στην οθόνη ως προς τις ίντσες, την ανάλυση της αλλά και στην οθόνη αφής που διαθέτει το σύστημα S1000 σε αντίθεση με το άλλο. Επίσης στην μπαταρία που διαθέτει το σύστημα X700, στην ώρα εκκίνησης που το X700 χρειάζεται 12 δευτερόλεπτα για την εκκίνηση του και ως προς τις λειτουργίες διάγνωσης η μόνη τους διαφορά είναι πως το σύστημα X700 δεν διαθέτει την λειτουργία STIC. [36-37]

	Acuson X700	Acuson S1000
<b>Εταιρία</b>	Siemens	Siemens
<b>Έτος έναρξης</b>	2012	2014
<b>Όρια θερμοκρασίας</b>	10°C - 40°C	10°C - 40°C
<b>Όρια υγρασίας</b>	10% - 80%	10% - 80%
<b>Όρια πίεσης</b>	700hPa - 1060hPa	700hPa - 1060hPa
<b>Οθόνη</b>	20" LED/LCD	19"
<b>Ανάλυση Οθόνης</b>	1600 x 900	1280 x 1024
<b>Ωρα εκκίνησης</b>	< 12 sec	30 sec
<b>Οθόνη με δυνατότητα περιστροφής και κλίσης</b>	✓	✓
<b>Οθόνη αφής</b>	✗	✓
<b>Επιφάνεια αφής ή Ιχνόσφαιρα</b>	Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα
<b>Βάρος</b>	98 kg	165 kg
<b>Τροχοί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος</b>	✓	✓
<b>Μπαταρία</b>	✓	✗
<b>Μέγιστο βάθος πεδίου</b>	30 cm	30 cm
<b>Ελάχιστο βάθος πεδίου</b>	1 cm	0,5 cm
<b>Θύρες ηχοβολέων</b>	3	3

Διαθέσιμοι 4D ηχοβολείς	3	3
2D, M-Τρόπος	✓	✓
M-Λειτουργία ροής χρώματος	✓	✓
Αματομικός M-Τρόπος	✓	✓
HD Live	✗	✗
Live 3D/4D OB/GYN	✓	✓
Elastography	✓	✓
Triplex Mode	✓	✓
STIC	✗	✓
DICOM	✓	✓
Write Zoom	✓	✓
Freehand 3D	✓	✓
USB	✓	✓
DVD / CD	✓	✓
Ασύρματο LAN	✓	✓
Θερμαντικό τζελ	✓	✓

Πίνακας 8: Σύγκριση των προδιαγραφών μεταξύ των συστημάτων Acuson X700 / Acuson S1000

#### 4.1.4. Υπερηχογραφικά συστήματα Epiq 7 / Affiniti 70

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται οι προδιαγραφές των συστημάτων Epiq 7 και Affiniti 70 που έχουν κυκλοφορήσει από την εταιρία Philips. Αυτά τα συστήματα έχουν διαφορά ενός έτους στην κυκλοφορία τους και οι κύριες διαφορές τους εμφανίζονται στην οθόνη που έχουν τις ίδιες ίντσες, αλλά η οθόνη του συστήματος Epiq είναι LCD. Επίσης έχουν διαφορές στο βάρος τους, στην μπαταρία που έχουν πέντε λεπτά διαφορά στην διάρκεια της μέχρι την επαναφόρτιση της και στην λειτουργία STIC που δεν διαθέτει το σύστημα Epiq 7. [38]

	Epiq 7	Affiniti 70
Εταιρία	Philips	Philips
Έτος έναρξης	2013	2014
Όρια θερμοκρασίας	10°C - 40°C	10°C - 40°C
Όρια υγρασίας	15% - 80%	15% - 80%
Όρια πίεσης	700hPa - 1060hPa	700hPa - 1060hPa
Οθόνη	21,5" LCD	21,5"
Ανάλυση Οθόνης	1920 x 1080	1920 x 1080
Ωρα εκκίνησης	110 sec	110 sec
Οθόνη με δυνατότητα περιστροφής και κλίσης	✓	✓

Οθόνη αφής	✓ 12"	✓ 12"
Επιφάνεια αφής ή Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα
Βάρος	104,3 kg	83,5 kg
Τροχοί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος	✓	✓
Μπαταρία	✓ 45 min	✓ 40 min
Μέγιστο βάθος πεδίου	30 cm	30 cm
Ελάχιστο βάθος πεδίου	2 cm	2 cm
Θύρες ηχοβολέων	4	4
2D, M-Τρόπος	✓	✓
M-Λειτουργία ροής χρώματος	✓	✓
Αματομικός M-Τρόπος	✓	✓
HD Live	✗	✗
Live 3D/4D OB/GYN	✓	✓
Elastography	✓	✓
Triplex Mode	✓	✓
STIC	✗	✓
DICOM	✓	✓
Write Zoom	✓	✓
Freehand 3D	✓	✓
USB	✓	✓
DVD / CD	✓	✓
Ασύρματο LAN	✓	✓
Θερμαντικό τζελ	✗	✗

Πίνακας 9: Σύγκριση των προδιαγραφών μεταξύ των συστημάτων Epiq 7 και Affiniti 70

#### 4.1.5. Υπερηχογραφικά συστήματα DC-40 / DC-70

Στον ακόλουθο πίνακα εμφανίζονται οι προδιαγραφές των συστημάτων DC-40 και DC-70 της εταιρίας Mindray. Το έτος έναρξης των συστημάτων έχουν διαφορά ενός έτους, όπου πρώτο κυκλοφόρησε το DC-70. Οι διαφορές τους βρίσκονται στο βάρος, στην ώρα εκκίνησης με πιο χαμηλή αυτή του DC-40 στα 36 δευτερόλεπτα και ως προς τις λειτουργίες διάγνωσης τον DC-40 δεν διαθέτει την λειτουργία STIC και την HD Live. Επίσης τα συστήματα πέρα από τις προδιαγραφές που αναφέρονται στον πίνακα 10, έχουν διαφορά στην οθόνη στις ίντσες αλλά και ως προς τις διαφορετικές περιοχές που διαθέτει η οθόνη όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω στις εικόνες 5 και 6 του κεφαλαίου 3.7. [39-40]

	DC-40	DC-70
Εταιρία	Mindray	Mindray
Έτος έναρξης	2016	2015
Όρια θερμοκρασίας	0°C - 40°C	0°C - 40°C

4D ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ

Όρια υγρασίας	30% - 85%	30% - 85%
Όρια πίεσης	700hPa - 1060hPa	700hPa - 1060hPa
Οθόνη	17"	19"
Ανάλυση Οθόνης	1280 x 1024	1280 x 1024
Ωρα εκκίνησης	36 sec	59 sec
Κατάσταση ύπνου	✓	✓
Οθόνη με δυνατότητα περιστροφής και κλίσης	✓	✓
Οθόνη αφής	✓ 10,4"	✓ 10,4"
Επιφάνεια αφής ή Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα	Ιχνόσφαιρα
Βάρος	69 kg	85 kg
Τροχοί με δυνατότητα διεύθυνσης και κλειδώματος	✓	✓
Μπαταρία	✓	✓
Μέγιστο βάθος πεδίου	40 cm	40 cm
Ελάχιστο βάθος πεδίου	1,5 cm	1,5 cm
Θύρες ηχοβολέων	4	4
2D, M-Τρόπος	✓	✓
M-Λειτουργία ροής χρώματος	✓	✓
Αματομικός M-Τρόπος	✓	✓
HD Live	✗	✓
Live 3D/4D OB/GYN	✓	✓
Elastography	✓	✓
Triplex Mode	✓	✓
STIC	✗	✓
DICOM	✓	✓
Write Zoom	✓	✓
Freehand 3D	✓	✓
USB	✓	✓
DVD / CD	✓	✓
Ασύρματο LAN	✓	✓
Θερμαντικό τζελ	✓	✓

Πίνακας 10: Σύγκριση των προδιαγραφών μεταξύ των συστημάτων DC-40 και DC-70

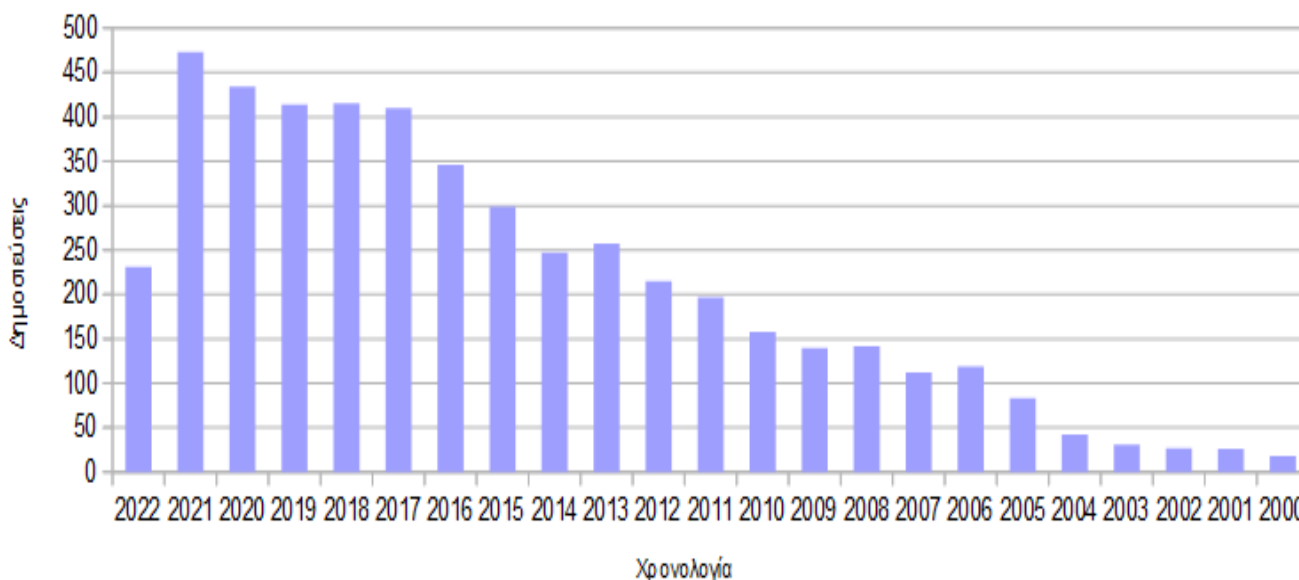
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1. Μελέτη βιβλιογραφίας

#### 5.1.1. Εισαγωγή

Για την κατανόηση της χρήσης, της εφαρμογής και της εξέλιξης της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί μια μελέτη της βιβλιογραφίας με διάφορες λέξεις κλειδιά που επιλέχθηκαν και στη συνέχεια θα γίνει σχολιασμός των άρθρων. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν είναι η τετραδιάστατη υπερηχογραφία, η τετραδιάστατη υπερηχογραφία στην εμβρυϊκή καρδιά και στον εγκέφαλο του εμβρύου, το υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730 και η διάγνωση ανωμαλιών και συνδρόμων. Για την κάθε περίπτωση σχολιάζονται ενδεικτικά κάποιες από τις δημοσιεύσεις.

### 5.2. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία



Εικόνα 7: Διάγραμμα των αποτελεσμάτων του όρου τετραδιάστατης υπερηχογραφίας

Σύμφωνα με τον όρο της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας εμφανίζονται αρκετά αποτελέσματα όπως παρουσιάζεται στο χρονοδιάγραμμα της εικόνας 7. Αρκετά από τα πρώτα αποτελέσματα ακόμα και πριν από έτος του 2000, που είναι το έτος που ξεκινά αυτό το διάγραμμα, αφορούν σε άρθρα που σχολιάζουν τον ρόλο, τις εξελίξεις, την χρησιμότητα και την αξιοπιστία της τετραδιάστατης απεικόνισης γενικά σε όλες τις ειδικότητες της ιατρικής. Άλλες από τις δημοσιεύσεις αφορούν σε άρθρα σχετικά με την βελτίωση της τρισδιάστατης και τετραδιάστατης απεικόνισης, για την προγεννητική διάγνωση εμβρυϊκών ανωμαλιών και συνδρόμων αλλά και με την σύγκριση της δισδιάστατης, τρισδιάστατης και της τετραδιάστατης απεικόνισης. Επίσης πολλά άρθρα αναπτύσσουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας αλλά και λόγους για την διεξαγωγή της, αν δηλαδή είναι απαραίτητο μια γυναίκα να πραγματοποιήσει αυτή την εξέταση. Υπάρχουν και μελέτες για την συμπεριφορά και την ανάπτυξη των νεύρων των εμβρύων, για την εμβρυϊκή καρδιακή απεικόνιση, για τις κινήσεις και εκφράσεις προσώπου των εμβρύων, για την εγκεφαλική λειτουργία και για την φυσιολογική ανάπτυξη του. Ακόμα πολλά άρθρα αναφέρουν την συσχέτιση χωροχρονικής απεικόνισης που εφαρμόζεται στην ηχοκαρδιογραφία εμβρύων, που

σύμφωνα με το συγκεκριμένο άρθρο αυτή η λειτουργία έχει βοηθήσει αρκετά στην προγεννητική ανίχνευση καρδιακών προβλημάτων. [41-42]

[Ο Kwok-Yin Leung 2021 στην εργασία του (43)] αξιολόγησε την εφαρμογή της ανεπτυγμένης τεχνολογίας, όπως το υπερηχογράφημα των τριών ή τεσσάρων διαστάσεων, το υπερηχογράφημα με υψηλή ανάλυση την τεχνητή νοημοσύνη και άλλα. Επίσης για το αν με αυτή την τεχνολογία μπορεί να υπάρξει βελτίωση στην ικανότητα της διάγνωσης, στην λειτουργική ανάλυση και στην εργονομία για τις εξετάσεις της υπερηχογραφίας.

Τα θέματα που αναλύονται στο άρθρο είναι τα παρακάτω:

- Υπερηχογράφημα υψηλής ανάλυσης, με τον οποίο χρησιμοποιείται μορφοτροπέας υψηλής συχνότητας με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η βελτίωση της ανάλυσης.
- Ηχοκαρδιογραφία εμβρύου και στοχευμένη νευροηχοτομογραφία, στο οποίο συνιστάται να χρησιμοποιείται μορφοτροπέας με υψηλή συχνότητα κατά την εξέταση μιας ηχοκαρδιογραφία εμβρύου για την βέλτιστη ανίχνευση προβλημάτων στην καρδιά.
- Το πρόσωπο και ο λαιμός των εμβρύων, που αναφέρει πως είναι σημαντικό να εξετάζεται με προσοχή το πρόσωπο του εμβρύου για την ανίχνευση τυχόν ανωμαλιών που μπορεί να εμφανίζονται.
- Σάρωση πρώιμης εγκυμοσύνης, είναι σημαντικό να γίνει υπερηχογράφημα, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η εγκυμοσύνη και να βεβαιωθεί πως δεν πρόκειται για διάγνωση που είναι ψευδώς θετική, έκτοπη κύηση ή αποβολή.
- Σάρωση πρώτου τριμήνου, με την οποία εκτιμάται η ανατομία του εμβρύου και αν υπάρχουν ανωμαλίες. Επίσης χρησιμοποιώντας το έγχρωμο Doppler είναι εφικτή η εξέταση της καρδιάς στο τέλος των πρώτων τριών μηνών.
- Υπερηχογράφημα Doppler, του οποίου η χρήση πραγματοποιείται ευρύτερα στον τομέα της μαιευτικής.
- Υπερηχογράφημα τοκετού, η χρήση του οποίου όλο ένα και περισσότερο κατά την διάρκεια του τοκετού έχει αυξηθεί. Ο λόγος της χρήσης του συνήθως είναι για να παρουσιάσει την κατάσταση του εμβρύου, τα ζωτικά σημεία του και την θέση του πλακούντα.
- Γραμμικός μετατροπέας, όπου η χρήση του παρέχει εικόνες με υψηλή ανάλυση και μπορεί να ανιχνεύσει ανωμαλίες όπως καταρράκτη και ατρησία του λάρυγγα.
- Ροή της ακτινοβολίας, που με την χρήση συγκεκριμένου αλγορίθμου φαίνεται η ροή του αίματος σε βάθος.
- Υπέρηχος 3D/4D, με τον οποίο μπορούν να αξιολογηθούν ο εγκέφαλος, η σπονδυλική στήλη, το πρόσωπο, η καρδιά και άλλες δομές ενός εμβρύου.
- 3D Νευροηχογράφημα, με την χρήση του παρέχονται βελτιωμένες εικόνες ανάλυσης καθώς εμφανίζονται πιο παχές τομές του εγκεφάλου.
- Χωροχρονική συσχέτιση εικόνας, με την χρήση του λαμβάνεται ένας τρισδιάστατος όγκος με αργή κίνηση και αναλύεται σε κινηματογραφική ακολουθία εικόνων υπό την μορφή πολλών τομών.
- Τρισδιάστατη εξέταση υπερήχου του προσώπου, των άκρων και άλλων δομών, της οποίας η χρήση βοηθάει στην διευκόλυνση του προσώπου και στην βελτίωση της ακρίβειας για μετρήσεις της κάτω γνάθου.
- 3D εκτύπωση, όπου εκτυπώνονται μοντέλα ολόκληρων εμβρύων και του προσώπου.

- FetalHQ, το οποίο αποτελεί ένα καινούριο λογισμικό για την ανάλυση της καρδιάς και των αγγείων.
- Τεχνητή νοημοσύνη, με την οποία υπάρχει διευκόλυνση της αυτόματης αναγνώρισης και της μέτρησης της βιομετρίας του εμβρύου με την βοήθεια της μηχανικής και της βαθιάς μάθησης.

Συμπερασματικά το άρθρο καταλήγει στο γεγονός πως χρησιμοποιώντας υπερηχογράφημα με μεγάλη ανάλυση εμφανίζεται διευκόλυνση στην διάγνωση, ιδιαίτερα στην ηχοκαρδιογραφία των εμβρύων και στην νευροηχογραφία. Επιπλέον πως με την ροή ακτινοβολίας βελτιώνεται η εμφάνιση, ειδικότερα σε δύσκολες δομές και με την χρήση ενός γραμμικού μορφοτροπέα ενισχύονται οι δυνατότητες για την διάγνωση ανωμαλιών.

[Οι Luis F. Goncalves et al 2020 στην εργασία τους (44)] επανεξέτασαν τη βιβλιογραφία που υπάρχει ήδη σχετικά με το τρισδιάστατο και τετραδιάστατο υπερηχογράφημα και για το αν με αυτή την εξέταση παρέχονται επιπλέον διαγνωστικά δεδομένα για την υγεία του εμβρύου.

Η μελέτη διεξάχθηκε το 2005 αναζητώντας σε μηχανή αναζήτησης βάσης δεδομένων, άρθρα τα οποία ήταν σχετικά με την χρήση της τρισδιάστατης και τετραδιάστατης υπερηχογραφίας στην μαιευτική. Στην αναζήτηση αυτή έγινε χρήση από συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά όπως οι λέξεις 3D, 4D, τρισδιάστατο και τετραδιάστατο, έμβρυο, μαιευτική και άλλα.

Τα αποτελέσματα που εμφανίστηκαν ύστερα από την αναζήτηση αυτών των λέξεων ήταν 706 άρθρα, τα οποία στην συνέχεια τα μείωσαν σε 525 άρθρα, που ήταν αυτά που είχαν κυρίως αναφορές στην τρισδιάστατη και τετραδιάστατη υπερηχογραφία και τα χώρισαν σε οχτώ κατηγορίες που παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

Οι κατηγορίες είναι οι παρακάτω:

Κατηγορία άρθρου	Αριθμός των άρθρων
Εξελίζεις ως προς την τεχνική	78
Κλινικές μελέτες	131
Αναφορές περιπτώσεων	161
Μελέτες για την βιομετρία και την ογκομετρία	72
Κριτικές	59
Απόψεις και επιστολές στον εκδότη	15
Μελέτες ως προς την συμπεριφορά του εμβρύου	5
Μελέτες δεσμού μητέρας και εμβρύου	4
Σύνολο	525

Πίνακας 11: Οι κατηγορίες που χωρίστηκαν τα άρθρα [44]

Στο συμπέρασμα που κατέληξαν οι συγγραφείς του άρθρου είναι ότι το τρισδιάστατο και τετραδιάστατο υπερηχογράφημα σαφώς και προσφέρει επιπρόσθετες πληροφορίες ως προς την διάγνωση των ανωμαλιών που μπορεί να παρουσιάζει κάποιο έμβρυο και ιδιαίτερα για σημάδια που μπορεί να έχει στο πρόσωπο. Ακόμα υπάρχουν οφέλη για την διάγνωση των ελαττωμάτων του νευρικού σωλήνα, τα οποία εμφανίζονται από τον πρώτο μήνα της εγκυμοσύνης και έχουν σχέση με την σπονδυλική στήλη, τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό αλλά και για διάγνωση για σκελετικές δυσμορφίες. Παρόλα αυτά κάποιες μελέτες που έχουν σαν θέμα την σύγκριση διάγνωσης της δισδιάστατης υπερηχογραφίας με την τρισδιάστατη τα αποτελέσματα

είναι δύσπιστα και για αυτόν τον λόγο θεωρούν πως πρέπει να γίνει μια πρόσθετη έρευνα για το τρισδιάστατο και τετραδιάστατο υπερηχογράφημα ως προς την βελτίωση της διάγνωσης ανωμαλιών και συγκεκριμένα μελέτες που θα αφορούν το κεντρικό νευρικό σύστημα και μελέτες για την διάγνωση της καρδιοπάθειας.

[Οι Emiko Nitta et al 2019 στην εργασία τους (45)] αξιολόγησε τα χαρακτηριστικά των εκφράσεων δίδυμων εμβρύων κατά τον όγδοο μήνα της κύησης με την χρήση του τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος για να αποσαφηνιστεί η ανάπτυξη του εγκεφάλου των διδύμων.

Η μελέτη έγινε από το 2016 ως το 2018 στην Ιαπωνία και εξετάστηκαν επτά εκφράσεις προσώπου των εμβρύων με την χρήση τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος για την χρονική διάρκεια των δεκαπέντε λεπτών. Η έρευνα περιλάμβανε γυναίκες που δεν κάπνιζαν και η κύηση τους ήταν είτε διχοριακή διαμνιακή δίδυμη κύηση είτε μονοχοριακή διαμνιακή δίδυμη κύηση. Η διχοριακή κύηση είναι ο τύπος της κύησης που τα έμβρυα έχουν τον δικό τους χοριακό και αμνιακό σάκο και τον δικό τους πλακούντα και στην μονοχοριακή διαμνιακή κύηση τα έμβρυα μοιράζονται τον ίδιο πλακούντα και έχουν μόνο μια μεμβράνη χορίου ανάμεσα τους.

Εξετάστηκαν 48 εγκυμονούσες που βρισκόταν στον έβδομο ως τον όγδοο μήνα. Από το σύνολο των γυναικών οι 30 κυοφορούσαν ένα έμβρυο και οι υπόλοιπες 18 κυοφορούσαν δίδυμα. Οι γυναίκες που κυοφορούσαν δίδυμα οι 14 ήταν διχοριακές διαμνιακές κυήσεις και οι άλλες 4 μονοχοριακές διαμνιακές κυήσεις.

Οι εκφράσεις που μελετήθηκαν είναι οι εξής:

- Το χασμουρητό.
- Το χαμόγελο.
- Η εκμύζηση του δαχτύλου (πιπίλισμα).
- Το ανοιγοκλείσιμο των ματιών.
- Η κίνηση της γλώσσας (αν την αποβάλλει έξω).
- Οι κινήσεις του στόματος.
- Μορφασμούς.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως οι εκφράσεις του προσώπου ενός εμβρύου φανερώνουν την ανάπτυξη και την λειτουργία του εγκεφάλου του. Σε παλαιότερες μελέτες που είχαν γίνει σε δίδυμα έμβρυα τα αποτελέσματα είχαν δείξει πως οι κινήσεις των χεριών τους δεν ήταν συχνές συγκριτικά με κύηση ενός εμβρύου και ο λόγος είναι ακόμα άγνωστος, αλλά η αιτιολόγηση που θα ήταν πιθανή είναι ο χώρος που είναι πιο περιορισμένος για τα δίδυμα έμβρυα. Η εξέταση έγινε για όλες τις εγκυμονούσες μία φορά, με εξαίρεση αν το έμβρυο δεν είχε κατάλληλη θέση και δεν ήταν δυνατή η απεικόνιση, οπότε ξανά έγινε την επόμενη μέρα. Όλα τα έμβρυα ήταν υγιείς και δεν εμφανίστηκε κανένα είδος ανωμαλίας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι κινήσεις στο στόμα και στα μάτια ήταν οι συχνότερες εκφράσεις και στα δίδυμα και στα μονόγονα έμβρυα και συγκριτικά μεταξύ των μονόγονων και διδύμων, στα μονόγονα έμβρυα και οι δύο κινήσεις ήταν συχνότερες σε σχέση με τα δίδυμα. Επίσης οι εκφράσεις αυτές των διδύμων όπως αναφέρεται στο άρθρο διαφέρουν αρκετά από αυτές των μονόγονων εμβρύων. Μια πιθανή εξήγηση για αυτό αποτελεί η πιο γρήγορη ωρίμανση του εγκεφάλου των διδύμων.

[Οι Henrika Pulliainen et al 2019 στην εργασία τους (46)] περιέγραψαν το βίωμα της τρισδιάστατης και τετραδιάστατης εξέτασης των γυναικών που κινδυνεύουν με πρόωρο τοκετό και την ανάγκη που έχουν για συναισθηματική υποστήριξη την περίοδο πριν από την γέννηση του μωρού τους. Οι γυναίκες για τις οποίες



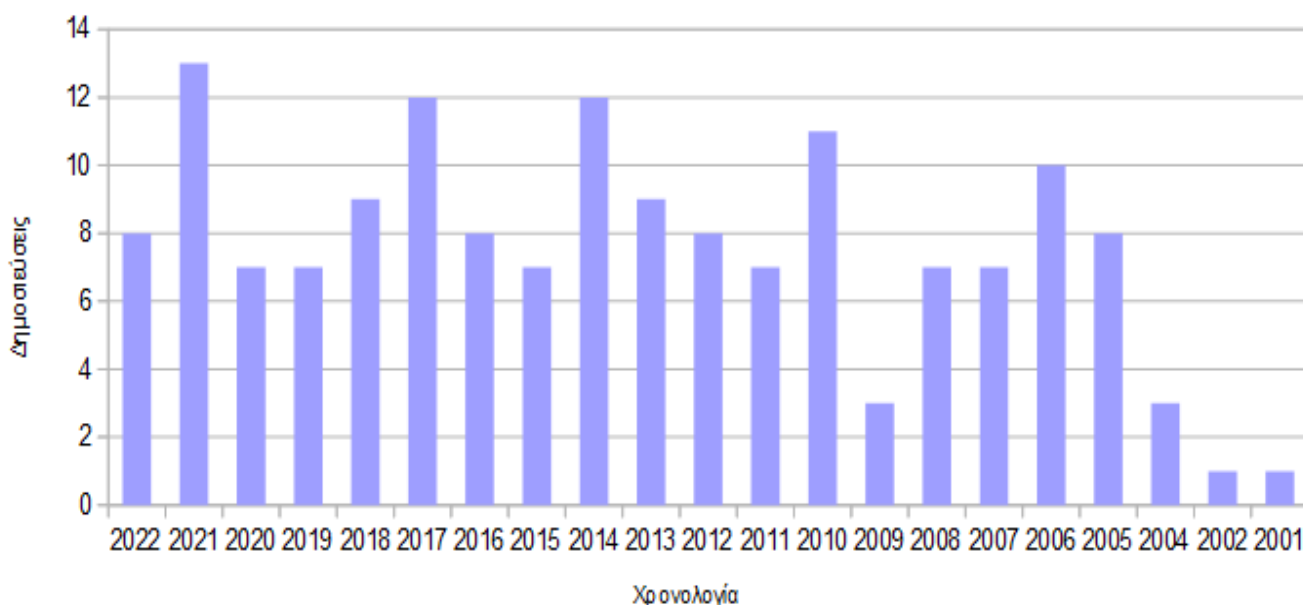
υπάρχει κίνδυνος για πρόωρο τοκετό κατά την περίοδο της εγκυμοσύνης συνήθως έχουν άγχος και κατάθλιψη σχετικά με φοβίες και ανησυχίες για την υγεία του μωρού τους αλλά και για την δική τους υγεία. τα ποσοστά του άγχους και της κατάθλιψης σύμφωνα με το άρθρο είναι 13% και 19-26% αντίστοιχα.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην Φιλανδία το έτος του 2017 και οι γυναίκες που εξετάστηκαν κυοφορούσαν ένα έμβρυο και βρισκόταν από τον έκτο ως έβδομο μήνα της εγκυμοσύνης τους. Η εξέταση είχε διάρκεια 40 λεπτά και εκεί παρευρισκόταν η μητέρα, ο γιατρός με ειδικότητα στην ιατρική για έμβρυα και ψυχολόγος με ειδικότητα στην ψυχική υγεία. Η συνεδρία είχε τρεις φάσεις την φάση έναρξης, την φάση κοινής παρατήρησης και την φάση κλεισίματος. Η πρώτη φάση είχε σχέση με ερωτήσεις για το πως ήταν η μέρα της μητέρας και του μωρού, πότε ήταν η τελευταία φορά που είχε δει το μωρό και αν η μητέρα επιθυμούσε κάτι. Στη δεύτερη φάση ο γιατρός εξηγούσε τι παρουσιαζόταν στην οθόνη με τέτοιο τρόπο ώστε η μητέρα να μπορεί να καταλάβει και παρατηρούσαν μαζί τις κινήσεις του εμβρύου. Στην τελευταία φάση ρωτούν την μητέρα αν υπάρχει κάτι ακόμα που θα ήθελε να δει και για το πως της φάνηκε η παρατήρηση του εμβρύου με την χρήση του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια συνέντευξη με τον ψυχολόγο, η οποία μαγνητοσκοπήθηκε.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στις γυναίκες άρεσε το γεγονός πως είχαν επικεντρωθεί στο μωρό της και πως στην διάρκεια της εξέτασης η συμμετοχή τους ήταν ενεργή και γενικά σαν εμπειρία τους είχε αφήσει θετικά συναισθήματα. Με την χρήση του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος έκανε την εικόνα για το μωρό τους πιο συγκεκριμένη και πιο πραγματική.

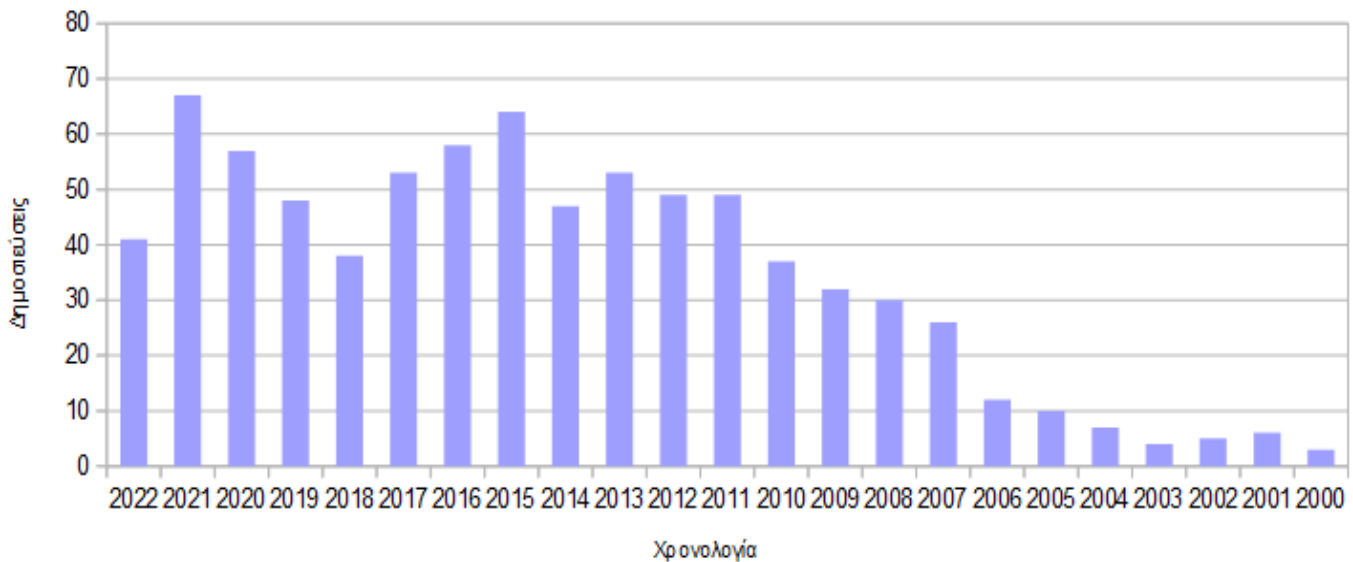
Συμπερασματικά με αυτή την εξέταση είναι δυνατόν να μειωθεί το άγχος, να αυξηθεί ο δεσμός μεταξύ της μητέρας και του εμβρύου και είναι ένας τρόπος να ενεργοποιηθούν οι νοητικές εικόνες τους, δηλαδή να ενεργοποιηθεί η αντίληψη. Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω αυτή την εξέταση βοηθάει τις γυναίκες που κινδυνεύουν με πρόωρο τοκετό.

### 5.3. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία στην εμβρυϊκή καρδιά



Εικόνα 8: Διάγραμμα των αποτελεσμάτων του όρου τετραδιάστατης υπερηχογραφίας στην εμβρυϊκή καρδιά

Την τελευταία δεκαετία και παραπάνω η βιβλιογραφία που έχει σχέση με την τετραδιάστατη υπερηχογραφική μελέτη έχει αυξηθεί αρκετά όπως είδαμε στο διάγραμμα της εικόνας 7 του προηγούμενου κεφαλαίου και πολλές από αυτές τις μελέτες αφορούν στο καρδιαγγειακό σύστημα ενός εμβρύου, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 8. Με την εξέλιξη της υπερηχογραφίας είναι δυνατή η σάρωση της καρδιάς του εμβρύου κάτι που συμβάλλει σημαντικά στην ανίχνευση και στην έγκαιρη διαχείριση καρδιακών προβλημάτων.



Εικόνα 9: Χρονοδιάγραμμα των αποτελεσμάτων για τον όρο STIC

Επίσης με την αναζήτηση του όρου STIC τα αποτελέσματα που εμφανίζονται παρουσιάζονται στην εικόνα 9 του παραπάνω διαγράμματος. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια κατά την λειτουργία της συσχέτισης χωροχρονικής απεικόνισης είναι δυνατή η απεικόνιση μιας εμβρυϊκής καρδιάς ή μιας αρτηρίας σε 4D με σκοπό την προγεννητική διάγνωση καρδιακών ανωμαλιών ή άλλων προβλημάτων. Κάποια από τα άρθρα αναπτύσσουν τις βασικές αρχές, τα οφέλη της χρήσης της, την ακρίβεια της για μια προγεννητική διάγνωση και την αξιολόγηση την καρδιακής λειτουργίας ενός εμβρύου. Επίσης υπάρχουν άρθρα για την διάγνωση ανωμαλιών όπως του αορτικού τόξου, το οποίο αποτελεί τμήμα της αορτής που παρέχει αίμα στα αγγεία στα άνω άκρα και στον εγκέφαλο. Επιπλέον με την χρήση της είναι δυνατή η παροχή δεδομένων για την διάμετρο της αορτής του εμβρύου, της πνευμονικής βαλβίδας και για την προγεννητική διάγνωση ενός ανευρύσματος στην κοιλία. Ακόμα, ορισμένα άρθρα αξιολογούν με την χρήση της συσχέτισης χωροχρονικής απεικόνισης αν είναι δυνατή η εκτίμηση νευροενδοκρινικών όγκων. [47-48]

[Οι Fatima Crispi et al 2013 στην εργασία τους (49)] περιέγραψαν τις τεχνικές που είναι σε διάθεση για να διεξαχθεί μια υπερηχοκαρδιογραφική εκτίμηση ενός εμβρύου. Με την εξέλιξη των υπερηχογραφικών συστημάτων υπάρχει μεγάλη ανάπτυξη στην καρδιολογία και ηχοκαρδιογραφία εμβρύων για να ανιχνευθούν ανωμαλίες αλλά και για να εξεταστεί η λειτουργία της καρδιάς.

Οι τεχνικές εκτίμησης της καρδιακής λειτουργίας που παρουσιάζονται στο άρθρο είναι οι επόμενες:

1. Δισδιάστατη απεικόνιση, με την οποία επιτυγχάνεται η ανατομική εκτίμηση και δομή της καρδιάς του εμβρύου και με τις δισδιάστατες εικόνες εκτελούνται μετρήσεις των διαστάσεων της καρδιάς όπως οι διαστάσεις της κοιλίας ή το μέγεθος του κόλπου.

2. Συμβατικό Doppler, που η εφαρμογή του βοηθάει στην λήψη για πληροφορίες σε σχέση με την ροή του αίματος.
3. M-Τρόπος, που η εφαρμογή της αξιολογεί τις κινήσεις των δομών της καρδιάς αλλά και για να αξιολογηθούν οι διαστάσεις της.
4. Απεικόνιση Doppler ιστού, η οποία αποτελεί μια τεχνική ηχοκαρδιογραφίας.
5. Τεχνική παρακολούθησης δισδιάστατων κηλίδων, που με την χρήση του είναι δυνατός ο προσδιορισμός της κίνησης και της παραμόρφωσης του μυοκαρδίου.
6. Τετραδιάστατο STIC, είναι μια τεχνική που σαρώνει την καρδιά του εμβρύου περιέχοντας έναν ολόκληρο καρδιακό κύκλο και επιτρέπει όσο περνάει ο χρόνος την ανακατασκευή της καρδιάς.

Επίσης στο άρθρο αναφέρονται κάποιοι παράμετροι που θα ήταν ικανοί στην επιρροή της αξιολόγησης της λειτουργίας της καρδιάς του εμβρύου. Αυτοί οι παράμετροι έχουν σχέση με χαρακτηριστικά της καρδιάς ενός εμβρύου και με τον εξοπλισμό του χρησιμοποιείται.

Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Το σωματικό βάρος της μητέρας, ο χαμηλός όγκος του αμνιακού υγρού και η μπροστινή θέση του πλακούντα έχουν μεγάλη επιρροή στην ποιότητα της εικόνας.
- Για την ηχοκαρδιογραφία εμβρύου είναι σημαντικό ο χειριστής να είναι εκπαιδευμένος και να είναι εξειδικευμένος με την λήψη των εικόνων αλλά και να μπορεί να εκτιμήσει τα αποτελέσματα.
- Η θέση του εμβρύου.
- Το μέγεθος της καρδιάς, αν είναι μικρή μειώνεται η ακρίβεια των εκτιμήσεων.
- Η γωνία που θα γίνει η λήψη είναι σημαντική και συνήθως πρέπει να είναι κοντά στις μηδέν μοίρες.
- Για την τεχνική τετραδιάστατου STIC, απεικόνιση έγχρωμου Doppler ιστού και την δισδιάστατη παρακολούθηση κηλίδων είναι απαραίτητη η σωστή λήψη για να μπορέσει να γίνει ανάλυση αυτών των τεχνικών.

Στο συμπέρασμα που καταλήγει το άρθρο είναι πως η αξιολόγηση της καρδιάς ενός εμβρύου ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στα πιο πολλά έμβρυα παρόλο που η καρδιά δέχεται επιρροές από άλλες ανωμαλίες και ίσως κάποιες φορές μπορεί να είναι πιο μικρή σε μέγεθος και να επηρεάζει την αξιολόγηση της. Αν υπάρχει η σωστή εμπειρία από αυτόν που κάνει την εξέταση, η κατάλληλη χρονική διάρκεια και ο κατάλληλος εξοπλισμός. Επίσης επισημαίνει πως χρειάζεται κι άλλη έρευνα για κάθε πάθηση των εμβρύων που μπορεί να έχει επιρροή στη λειτουργία της καρδιάς.

[Οι Huiyu Tang et al 2021 στην εργασία τους (50)] αξιολόγησαν τη χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης με ηλεκτρικό ανιχνευτή μήτρας ώστε να παρατηρηθεί η μορφολογία των κολποκοιλιακών βαλβίδων σε έμβρυα με φυσιολογική και με φυσιολογική ανάπτυξη, να μετρήσει την περιοχή και την περιφέρεια των βαλβίδων και να γίνει ανάλυση της συσχέτιση με την ηλικία της κύησης. Η ανωμαλία των κολποκοιλιακών βαλβίδων είναι ένας συνηθισμένος τύπος που εμφανίζει προβλήματα στην καρδιά. Με την χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο η ανάλυση της εικόνας είναι υψηλή και η λήψη των εικόνων πραγματοποιούνται πολύ γρήγορα. Επίσης με την τετραδιάστατη απεικόνιση αξιολογείται η κατάσταση της καρδιάς του εμβρύου σε πραγματικό χρόνο από διαφορετικές γωνίες και δίνει την δυνατότητα ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο.

Για την μελέτη εξετάστηκαν 162 μητέρες που βρισκόταν στον έκτο έως όγδοο μήνα της κύησης και τα έμβρυα δεν εμφάνιζαν κάποιο πρόβλημα και 19 έμβρυα που είχαν ανωμαλίες κολποκοιλιακών βαλβίδων και η μητέρα βρισκόταν στον έκτο ως τον έβδομο μήνα κύησης.

Από το σύνολο των 162 φυσιολογικών εμβρύων στις 148 περιπτώσεις η λήψη των δεδομένων είχε επιτυχία

και στα 14 έμβρυα υπήρξε αποτυχία στην συλλογή ικανοποιητικών δεδομένων επειδή υπήρχε επιρροή από διάφορους παράγοντες, όπως η θέση που βρισκόταν το έμβρυο και η ποσότητα του αμνιακού υγρού.

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται οι ανωμαλίες των 19 μη φυσιολογικών εμβρύων:

Τύπος ανωμαλίας	Πλήθος εμβρύων
Πλήρες κολποκοιλιακό έλλειμμα διαφράγματος (CAVSD)	11
Μερικό κολποκοιλιακό διάφραγμα (PAVSD)	1
Ανωμαλία Ebstein	2
Στένωση ή Ατρησία μιτροειδούς ή Τριγλώχινας βαλβίδας	5

Πίνακας 12: Τύποι των ανωμαλιών που εμφανίστηκαν [50]

Στο πλήρες κολποκοιλιακό έλλειμμα διαφράγματος τα έμβρυα εμφανίζουν μια μεγάλη τρύπα στο κεντρικό μέρος της καρδιάς και συνήθως εμφανίζεται σε έμβρυα με προβλήματα στα χρωμοσώματα. Στην περίπτωση του μερικού κολποκοιλιακού διαφράγματος εμφανίζονται μερικά από τα ελαττώματα ενός πλήρους κολποκοιλιακού διαφράγματος. Το ελάττωμα στην ανωμαλία Ebstein έχει να κάνει με τον σχηματισμό της τριγλώχινας βαλβίδας.

Σύμφωνα με την μελέτη κατέληξαν στο συμπέρασμα πως είναι εφικτός ο προσδιορισμός των κολποκοιλιακών βαλβίδων με την χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης με ηλεκτρονικό ανιχνευτή μήτρας. Οι λήψεις των τετραδιάστατων εικόνων εμφάνισαν τη μορφή των βαλβίδων ακόμα και εκείνων των ελαττωμάτων που δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί με την χρήση της δισδιάστατης απεικόνισης.

[Οι C Votino et al 2013 στην εργασία τους (51)] αξιολόγησαν την εφαρμογή της συσχέτισης χωροχρονικής εικόνας για να αξιολογηθεί η καρδιά ενός εμβρύου στην περίοδο της κύησης του τρίτου ως τον τέταρτο μήνα. Συγκεκριμένα, η μελέτη έγινε για την ανάλυση συγγενών καρδιακών νοσημάτων, που αποτελούν βασική αιτία θανάτου νεογνών και πραγματοποιήθηκε από το 2009 ως το 2012 και τα δεδομένα αποκτήθηκαν από χειριστές που ήταν εκπαιδευμένοι για την διεξαγωγή της συγκεκριμένης εξέτασης. Εξετάστηκαν 139 έμβρυα και έγινε λήψη 243 τομών STIC. Τα καρδιακά συγγενή νοσήματα που διαγνώστηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 13.

Καρδιακά συγγενή νοσήματα	Πλήθος εμβρύων
Εξωκαρδιακές ανωμαλίες	26
Αυξημένη αυχενική διαφάνεια	63
Αρνητικό κύμα Α φλεβικού πόρου	22
Ανεπαρκής ροή της τριγλώχινας	1
Άλλα (Διαβήτης μητέρας, λήψη κάποιων φαρμάκων της μητέρας)	27

Πίνακας 13: Τύποι των καρδιακών νοσημάτων [51]

Το πλήθος των εμβρύων για το οποίο έγινε τελική διάγνωση ήταν 121 από τα 139 και ο λόγος που 18 έμβρυα δεν είχαν διάγνωση οφείλεται στο γεγονός πως τερματίστηκε η εγκυμοσύνη εξαιτίας σοβαρών ανωμαλιών και οι γονείς δεν ήθελαν να συνεχίσουν σε αυτοψία. Επίσης η περίπτωση των 27 εμβρύων εμφάνισαν νόσημα και τα 94 είχαν φυσιολογική καρδιά.

Στον πίνακα 14 εμφανίζεται που ήταν βασισμένη η τελική διάγνωση:

Τελική διάγνωση	Πλήθος εμβρύων
Μεταγεννητική κλινική / Υπερηχογραφική εξέταση	84
Αυτοψία	24
Διεξαγωγή υπερηχογραφήματος δεύτερου τριμήνου	13

Πίνακας 14: Βάση της τελικής διάγνωσης [51]

Στο συμπέρασμα που καταλήγει τον άρθρο ήταν πως ακόμα και με την τεχνολογία που υπάρχει θεωρείται δύσκολο να αποκτηθούν τομές που η ποιότητα τους να είναι ικανοποιητικές σε υψηλό ποσοστό, καθώς η ποιότητα της εικόνας εξαρτάται πολύ από τις κινήσεις του εμβρύου.

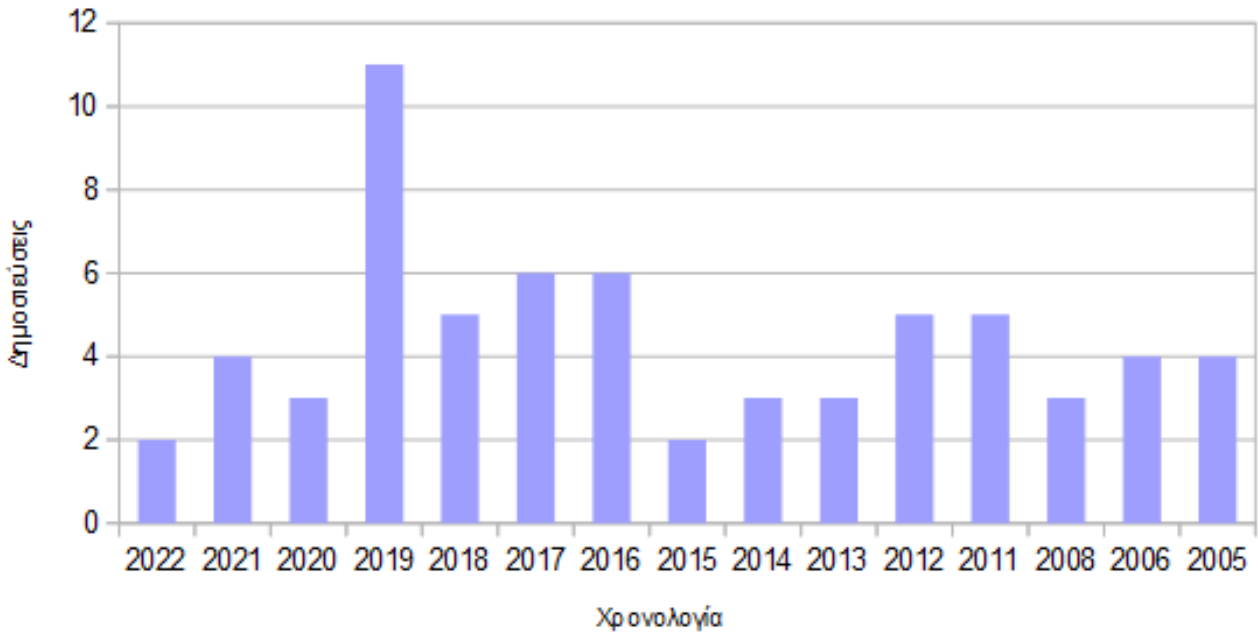
[Οι I. Tekesin et al 2017 στην εργασία τους (52)] περιγράφουν μια περίπτωση συριγγίου στεφανιαίας αρτηρίας που η ανίχνευση του έγινε με την χρήση δισδιάστατου υπερηχογραφήματος και στη συνέχεια με τρισδιάστατη απεικόνιση έγχρωμου Doppler και τετραδιάστατη απεικόνιση με την χρήση της χωροχρονικής συσχέτισης.

Το συρίγγιο στεφανιαίας αρτηρίας είναι ένα σπάνιο νόσημα στο οποίο η σύνδεση ανάμεσα μιας από τις στεφανιαίες αρτηρίες και ενός κάποιου άλλου αιμοφόρου αγγείου είναι ανώμαλη. Η παροχή αίματος στην καρδιά επιτυγχάνεται μέσω των στεφανιαίων αρτηριών, έτσι το συρίγγιο στεφανιαίας αρτηρίας έχει επιρροή στην ροή του αίματος στην καρδιά.

Η γυναίκα που εξετάστηκε ήταν 29 χρονών και βρισκόταν στον έκτο μήνα της εγκυμοσύνης της. Με την εξέταση της ηχοκαρδιογραφίας η ανατομία των τεσσάρων θαλάμων ήταν φυσιολογική και διεύρυνση της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας. Έπειτα με την χρήση της τρισδιάστατης και τετραδιάστατης απεικόνισης επιβεβαιώθηκε η διάγνωση του αριστερού συριγγίου στεφανιαίας αρτηρίας. Στον ένατο μήνα πραγματοποιήθηκε καισαρική, όπου γεννήθηκε το νεογνό βάρους τριών κιλών και με το υπερηχοκαρδιογράφημα μετά την γέννηση επιβεβαιώθηκε και πάλι η διάγνωση. Τρεις μέρες μετά τον τοκετό πραγματοποιήθηκε εγχείρηση στο νεογνό για το δέσιμο του συριγγίου και στην μετεγχειρητική ανάκαμψη δεν εμφανίστηκε κάποιο πρόβλημα.

Στο συμπέρασμα που καταλήγει το άρθρο ήταν πως με την χρήση των τεχνολογιών της υπερηχογραφίας υποστηρίζουν σημαντικά την διάγνωση πριν γεννηθεί το έμβρυο και την παροχή πρόσθετων δεδομένων για την αξιολόγηση του συριγγίου στεφανιαίας αρτηρίας. Επίσης σύμφωνα με τις αναφορές η εγχείρηση που πραγματοποιήθηκε σε μόλις τρεις μέρες μετά την γέννηση, ήταν μια από τις πιο πρώτες.

#### 5.4. Τετραδιάστατη υπερηχογραφία στον εγκέφαλο του εμβρύου



Εικόνα 10: Διάγραμμα των αποτελεσμάτων του όρου τετραδιάστατης υπερηχογραφίας στον εγκέφαλο του εμβρύου

Από την βιβλιογραφία της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας πολλές από τις μελέτες επίσης σχετίζονται στην μελέτη του εγκεφάλου του εμβρύου, όπως διακρίνεται στο χρονοδιάγραμμα της εικόνας 10. Αρκετές μελέτες έχουν σχέση με την αξιολόγηση των εκφράσεων του προσώπου του εμβρύου και σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι πιο συχνές εκφράσεις έχουν να κάνουν με μορφασμούς του στόματος και το ανοιγοκλείσιμο των ματιών. Ακόμα μια από τις μελέτες αφορά την αξιολόγηση της λειτουργίας του εγκεφάλου του εμβρύου σε μητέρες που έχουν διαβήτη, με σκοπό να αξιολογήσουν αν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στην συμπεριφορά τους από την ινσουλίνη.

[Οι Florentina-Daniela Lebit et al 2011 στην εργασία τους (53)] εκτίμησαν τις κινήσεις των εμβρύων στην διάρκεια της εγκυμοσύνης με τετραδιάστατο υπερηχογράφημα. Η μελέτη διεξάχθηκε από 144 υγιείς εγκυμονούσες, οι οποίες βρισκόταν από τον δεύτερο ως τον ένατο μήνα της κύησης. Για κάθε τρίμηνο πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των κινήσεων και εκφράσεων των εμβρύων. Συγκεκριμένα για το πρώτο τρίμηνο αξιολογήθηκαν οκτώ τύποι κινήσεων του εμβρύου και στα άλλα δύο τρίμηνα αξιολογήθηκαν δεκατέσσερις τύποι κινήσεων αλλά και εκφράσεων.

Οι τύποι των κινήσεων που μελετήθηκαν στο πρώτο τρίμηνο είναι οι εξής:

1. Γενικές κινήσεις, που περιέχουν την κάμψη και επέκταση του κορμού.
2. Ξαφνικές κινήσεις, οι οποίες αρχίζουν από τα άκρα του εμβρύου και φτάνουν ως τον λαιμό και τον κορμό του.
3. Διατασικές κινήσεις, που αφορούν σε κινήσεις προέκτασης της πλάτης, την κίνηση του κεφαλιού με κάμψη προς τα πίσω και κινήσεις των άκρων.

4. Κινήσεις των άνω άκρων που εμφανίζονται μόνο μία φορά και στις κινήσεις αυτές δεν υπάρχει εμπλοκή από άλλα μέλη του σώματος.
5. Κινήσεις των ποδιών που εμφανίζονται μόνο μία φορά.
6. Κινήσεις του κεφαλιού με κάμψη προς τα πίσω.
7. Κινήσεις του κεφαλιού με κάμψη προς τα εμπρός.
8. Κινήσεις περιστροφής του κεφαλιού.

Οι τύποι των κινήσεων και εκφράσεων που μελετήθηκαν στο δεύτερο και τρίτο τρίμηνο είναι οι εξής:

1. Κίνηση με ανοιγοκλείσιμο των ματιών που εμφανίζονται μόνο μία φορά.
2. Κινήσεις για το στόμα, αν είναι ανοιχτό ή κλειστό.
3. Χασμουρητό.
4. Κινήσεις της γλώσσας.
5. Εκφράσεις και μορφασμοί, για παράδειγμα αν χαμογελάει ή είναι συνοφρυωμένο. Οι εκφράσεις είναι σημαντικές για να διαγνωστεί αν υπάρχει κάποια παράλυση.
6. Κίνηση κατάποσης και εκμύζηση του δαχτύλου, η εκμύζηση του δαχτύλου φαίνεται κατά το δεύτερο μισό της εγκυμοσύνης και το έμβρυο εκτός από τον αντίχειρα του μπορεί να πιπιλάει και τον ομφάλιο λώρο.
7. Σύνθετες κινήσεις, όπως κινήσεις από το χέρι στο κεφάλι όπου τα δάχτυλα κάνουν κάμψη ή έκταση. Οι κινήσεις αυτές χωρίζονται και σε άλλες υποομάδες όπως το χέρι με το μάτι, με το αυτί, με περιστροφή του κεφαλιού.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως όσο μεγάλωνε η ηλικία της κύησης υπήρχε και μεγάλη συχνότητα των κινήσεων των εμβρύων με εξαίρεση στις ξαφνικές κινήσεις που ήταν σταθερές από τον δεύτερο ως τον τρίτο μήνα. Στην περίοδο του δεύτερου μισού της εγκυμοσύνης η συμπεριφορά των κινήσεων μεγάλωνε ακόμα περισσότερο και ως προς την δύναμη που έχουν οι κινήσεις με αποτέλεσμα να αλλάζει και η θέση του εμβρύου.

[Οι Alin Basgul Yigiter et al 2009 στην εργασία τους (54)] διερεύνησαν τη συμπεριφορά των εμβρύων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των κινήσεων και εκφράσεων του προσώπου τους σε ολόκληρη την διάρκεια μιας εγκυμοσύνης. Η αξιολόγηση της συμπεριφοράς ενός εμβρύου αποτελεί σημαντική παράμετρο για να εντοπιστεί η μη φυσιολογική συμπεριφορά πριν γεννηθεί το έμβρυο και με την χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης η παρατήρηση είναι πιο ξεκάθαρη και με πιο πολλές λεπτομέρειες.

Για την πραγματοποίηση της έρευνας εξετάστηκαν 63 μητέρες οι οποίες βρισκόταν μεταξύ του τρίτου και ένατου μήνα της εγκυμοσύνης τους. Η εξέταση έγινε με την χρήση υπερηχογραφήματος των τεσσάρων διαστάσεων και είχε διάρκεια μισή ώρα. Με την διεξαγωγή της εξέτασης έγινε καταγραφή των μεταβλητών για τα χαρακτηριστικά της μητέρας αλλά και του εμβρύου, των οκτώ τύπων κινήσεων των εμβρύων για τους πρώτους τρεις μήνες και των 16 τύπων των κινήσεων των εμβρύων και των εκφράσεων για το δεύτερο και τρίτο τρίμηνο της εγκυμοσύνης.

Τα αποτελέσματα παρουσίασαν πως στους πρώτους τρεις μήνες υπήρχε μεγάλη εμφάνιση κινήσεων όσο αυξανόταν η ηλικία τους. Από τους οκτώ τύπους κινήσεων μόνο ο τύπος της ξαφνικής κίνησης ήταν στάσιμη σε αυτή την χρονική περίοδο. Με την αύξηση της ηλικίας των εμβρύων στις αρχές του δεύτερου τριμήνου αυξανόταν και οι κινήσεις τους. Από τον έκτο ως τις αρχές του όγδοου μήνα οι εκφράσεις που εμφανιζόταν

με αυξημένη συχνότητα ήταν αυτές του στόματος, του χαμόγελου, το πιπίλισμα, η κατάποση και οι κινήσεις της γλώσσας. Από την μέση του όγδοου μήνα ως τις αρχές του ένατου, τα έμβρυα ανοιγόκλειναν τα μάτια και έκαναν μορφασμούς. Στο μέσο του τελευταίου τριμήνου οι εκφράσεις του προσώπου ήταν σταθερές ή ελαττωνόταν πέρα από τον ανοιγοκλείσιμο των ματιών τους που όσο μεγάλωναν τόσο αυξανόταν και η συχνότητα της κίνησης αυτής. Η εμφάνιση της κίνησης στα μάτια ξεκινάει από τον τέταρτο μήνα και με πιο μεγάλη συχνότητα στον έκτο μήνα.

Στο συμπέρασμα που καταλήγει η έρευνα ήταν πως με την χρήση του τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος η αξιολόγηση των εκφράσεων του προσώπου και των κινήσεων των εμβρύων μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικά.

[Οι Yingjin Wang et al 2019 στην εργασία τους (55)] μελέτησαν την αξία της δισδιάστατης και τετραδιάστατης υπερηχογραφίας για την διάγνωση σε κρανιοεγκεφαλικές ανωμαλίες των εμβρύων. Το ποσοστό εμφάνισης των κρανιοεγκεφαλικών ανωμαλιών είναι στο 5% και μεταξύ άλλων συνδρόμων αποτελεί μια από τις συχνότερες ανωμαλίες. Η αιτία αυτών των ανωμαλιών οφείλεται σε ανωμαλίες που μπορεί να εμφανιστούν στα χρωμοσώματα. Για να μειωθεί το ποσοστό αναπηρίας πρέπει να υπάρχει τακτικός έλεγχος πριν από την γέννηση των εμβρύων.

Η δισδιάστατη υπερηχογραφία είναι η βασική μέθοδος για την προγεννητική εξέταση εξαιτίας του κόστους του που κυμαίνεται χαμηλά, της μη επεμβατικής φύσης του και πως οι γυναίκες δεν εκτίθενται σε ακτίνες X. Παρόλα αυτά με την χρήση του υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί ως προς την διάγνωση. Σε σχέση με τη δισδιάστατη υπερηχογραφία, η τετραδιάστατη έχει κάποια παραπάνω οφέλη για την αξιολόγηση της υγείας του εμβρύου, λόγω των πιο καθαρών εικόνων που παρέχει.

Αυτή η μελέτη πραγματοποιήθηκε από τις αρχές του 2013 ως το τέλος του 2017 στην Κίνα και εξετάστηκαν 83 μητέρες, όπου υπήρχε διάγνωση για ενδεχόμενη ανωμαλία στον εγκέφαλο και το κρανίο με την χρήση δισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος. Οι εξετάσεις που έγιναν ήταν αρχικά μόνο με δισδιάστατο υπερηχογράφο μετά με τετραδιάστατο και τέλος ο συνδυασμός. Οι μεταβλητές που λήφθηκαν υπόψιν για την πραγματοποίηση της μελέτης ήταν η ηλικία, το κάπνισμα, η κατανάλωση αλκοόλ και φαρμάκων, μόλυνση, έκθεση σε ακτινοβολία, το σάκχαρο και ο τρόπος γέννησης αν δηλαδή το έμβρυο γεννήθηκε και φυσιολογικό τοκετό ή με καισαρική.

Οι τύποι των κρανιοεγκεφαλικών ανωμαλιών εμφανίζονται στον πίνακα 16 μαζί με τις κατηγορίες που ανήκουν και τα χαρακτηριστικά τους:

Κατηγορία ανωμαλίας	Τύπος ανωμαλίας	Χαρακτηριστικά
Κρανιοπροσωπική παραμόρφωση	Εγκεφαλοκήλη	Σάκος που αποτελείται από εγκεφαλικό ιστό και εγκεφαλονωτιαίο υγρό.
	Μηνιγγοκήλη	Σάκος που αποτελείται από εγκεφαλονωτιαίο υγρό.
	Ανεγκεφαλία	Απουσία τμήματος του εγκεφάλου ή και ολόκληρος ο εγκέφαλος.
Παραμόρφωση του κάλους του σωματίου	Λίπωμα του σκληρού σώματος	Βλάβη μάζας μέσης γραμμής.
	Αγένεση του σκληρού σώματος	Δέσμη νεύρων όπου συνδέεται το αριστερό και το δεξί μέρος του εγκεφάλου που λείπει μερικό μέρος ή ολόκληρο.
Παραμόρφωση στο μέγεθος του	Μικροκεφαλία	Η περιφέρεια του κεφαλιού είναι



κεφαλιού		τρεις φορές κάτω από τον μέσο όρο για την ηλικία της κύησης και του φύλου του.
	Μακροκεφαλία	Η περιφέρεια του κεφαλιού είναι τρεις φορές πάνω από τον μέσο όρο για την ηλικία της κύησης και του φύλου του.
	Συγγενής υδροκεφαλία	Η διαστολή των πλευρικών εγκεφαλικών κοιλιών με αναλογία κοιλίας / ημισφαιρίου είναι πάνω από 0,5.

Πίνακας 16: Τύποι των κρανιοεγκεφαλικών ανωμαλιών [55]

Τα αποτελέσματα της μελέτης που παρουσιάζονται στον πίνακα 17, έδειξαν πως οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές ανάμεσα στην δισδιάστατη και την τετραδιάστατη υπερηχογραφία και στο συμπέρασμα που κατέληξε το άρθρο ήταν πως με τον συνδυασμό των υπερηχογραφημάτων παρέχονται πιο ακριβή δεδομένα για τις ανωμαλίες που υπάρχουν.

Κατηγορία ανωμαλίας	Δισδιάστατο υπερηχογράφημα	Τετραδιάστατο υπερηχογράφημα	Δισδιάστατο και Τετραδιάστατο υπερηχογράφημα	Πραγματική κατάσταση
Εγκεφαλοκήλη	2	3	4	4
Μηνιγγοκήλη	4	6	7	7
Ανεγκεφαλία	3	3	3	3
Λίπωμα του σκληρού σώματος	2	3	4	4
Αγένεση του σκληρού σώματος	8	10	12	14
Μικροκεφαλία	6	7	8	8
Μακροκεφαλία	10	11	12	12
Συγγενής υδροκεφαλία	21	22	24	24
Σύνολο	56	65	74	76

Πίνακας 17: Αποτελέσματα της μελέτης [55]

[Οι Asim Kurjak et al 2005 στην εργασία τους (56)] παρατήρησαν τις εκφράσεις και τις κινήσεις του προσώπου των εμβρύων κατά την διάρκεια της διερεύνησης της συμπεριφοράς στα δύο τελευταία τρίμηνα μιας εγκυμοσύνης.

Η μελέτη είχε διάρκεια έξι μήνες και πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές πόλεις στο Ζάγκρεπ, στη Βαρκελώνη και στην Μάλαγα. Οι μητέρες που εξετάστηκαν κυοφορούσαν ένα έμβρυο και βρισκόταν από

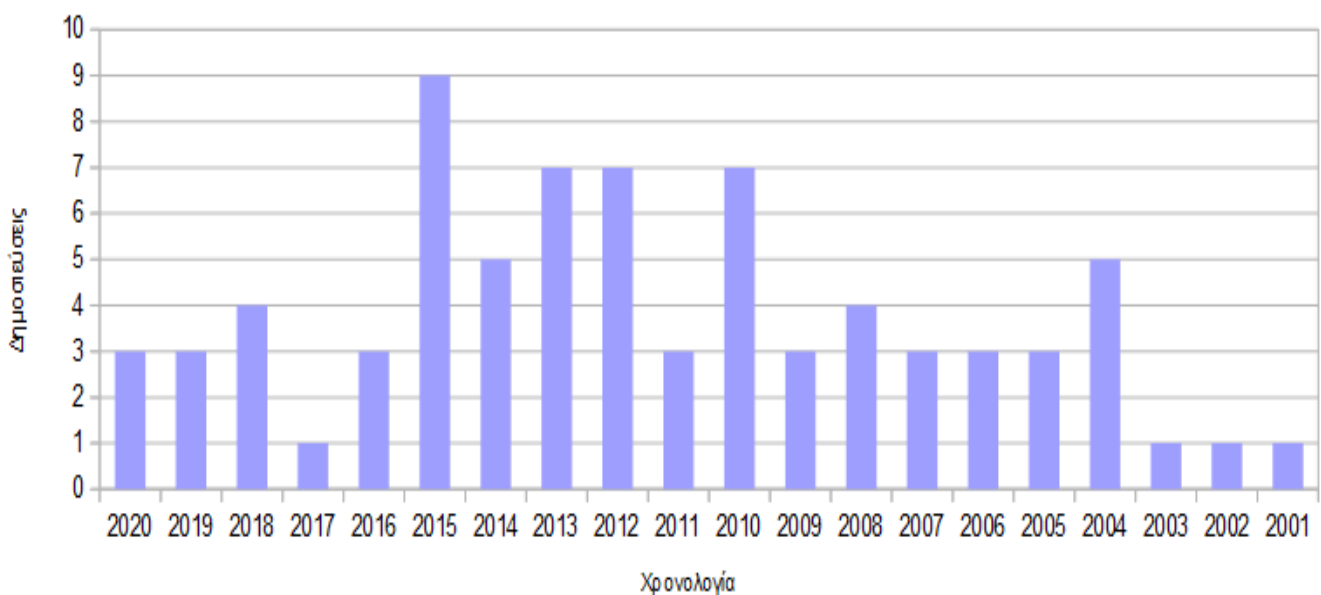
τον τέταρτο ως τον όβδοο μήνα της εγκυμοσύνης τους και η εξέταση έγινε με το σύστημα Voluson 730 Expert. Το σύνολο των γυναικών ήταν 119, από τις οποίες οι 99 πληρούσαν τα κριτήρια για την ένταξη τους στην μελέτη. Ο 40 βρισκόταν στον δεύτερο τρίμηνο και οι άλλες 59 στο τρίτο.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ένα δισδιάστατο υπερηχογράφημα και έπειτα ένα τετραδιάστατο. Η ανάλυση των κινήσεων που έγινε στα μέρη του προσώπου ήταν στα βλέφαρα και στα μάτια, στο στόμα, στα χείλη, στη μύτη και στη γλώσσα και οι εκφράσεις ήταν το χαμόγελο, το χασμουρητό και η κατάποση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι εκφράσεις του προσώπου αυξανόταν όσο μεγάλωνε και η ηλικία των εμβρύων και στο συμπέρασμα που κατέληξε το άρθρο ήταν πως με την τετραδιάστατη υπερηχογραφία απεικονίζονται οι εκφράσεις και οι κινήσεις του προσώπου που μπορούν να εκπροσωπούν την επίγνωση των εμβρύων, αλλά λόγω των εικόνων που ήταν σχεδόν σε πραγματικό χρόνο κατάφεραν να αξιολογήσουν αποκλειστικά την ποιότητα και όχι την ποσότητα των κινήσεων του προσώπου.

## 5.5. Υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία το υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730 χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια σε διάφορες μελέτες, όπως αναπαρίσταται και στο παρακάτω διάγραμμα της εικόνας 11. Συγκεκριμένα, κάποιες από τις μελέτες που έχει χρησιμοποιηθεί είναι για την εκτίμηση του αυχενικού λώρου, δηλαδή για την εκτίμηση αν ο ομφάλιος λώρος είναι τυλιγμένος γύρω από το λαιμό του εμβρύου. Επίσης για ανωμαλίες του εμβρύου, για την αξιολόγηση της ανάπτυξης του εγκεφάλου, την μέτρηση του όγκου του πνεύμονα ενός εμβρύου καθώς και για την μελέτη της εμβρυϊκής ανευπλοειδίας, όπου ανευπλοειδία ένα έμβρυο εμφανίζει όταν έχει ένα ή περισσότερα επιπλέον χρωμοσώματα ή όταν λείπει ένα ή περισσότερα χρωμοσώματα. Ακόμα έχει χρησιμοποιηθεί στον τομέα της παιδιατρικής ουρολογίας για την μελέτη των νεφρών σε σχέση με την ηλικία και το σωματικό βάρος με την χρήση του τρισδιάστατου υπερηχογραφήματος σε πραγματικό χρόνο που διαθέτει το σύστημα στις λειτουργικές του δυνατότητες. Επιπλέον το σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για συγκριτική αξιολόγηση της καρδιάς ενός εμβρύου με ένα δισδιάστατο και τρισδιάστατο υπερηχογράφημα. [57]



Εικόνα 11: Διάγραμμα των αποτελεσμάτων του όρου συστήματος Voluson 730 ανά έτος

[Οι Elie Nkwabong et al 2013 στην εργασία τους (58)] αξιολόγησαν την ακρίβεια ενός δισδιάστατου υπερηχογραφήματος για την διάγνωση του αυχενικού λώρου. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το 2012 με διάρκεια τέσσερις μήνες και έγινε εξέταση μια ημέρα πριν ξεκινήσει ο τοκετός σε 93 εγκυμονούσες με δισδιάστατο υπερηχογράφημα για την παρατήρηση της ύπαρξης ή μη ύπαρξης του αυχενικού λώρου. Η ηλικία των γυναικών που εξετάστηκαν ήταν από 15 ετών έως 40 και η ηλικία κύησης ήταν από τον όγδοο μήνα έως τον ένατο. Για την πραγματοποίηση αυτής της εξέτασης έγινε χρήση του υπερηχογραφικού συστήματος Voluson 730 Expert και ενός χειριστή, ο οποίος ήταν εκπαιδευμένος για την διάγνωση περιπτώσεων αυχενικού λώρου..

Τα ατυχήματα που εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα είναι αυτά με τον ομφάλιο λώρο, αλλά με τα σημερινά υπερηχογραφικά συστήματα είναι δυνατή η προγεννητική διάγνωση του αν υπάρχει παρακολούθηση της κύησης τις τελευταίες εβδομάδες αλλά και στην διάρκεια του τοκετού. Επίσης η σωστή διάγνωση του εξαρτάται από το σύστημα υπερηχογραφίας που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά εννοείται και από την ικανότητα του γιατρού που χειρίζεται το σύστημα. Το ποσοστό που κυμαίνεται η ευαισθησία σε ένα 2D υπερηχογράφημα είναι στα 69% και το ποσοστό της ευαισθησίας του έγχρωμου Doppler κυμαίνεται ανάμεσα στα 83 με 97%.

Από τον πίνακα 18 μπορούν να υπολογιστούν τα ποσοστά της ευαισθησίας και της ειδικότητας.

$$\text{Ευαισθησία } SS = \frac{a}{a+c} \quad (5.1)$$

$$\text{Ειδικότητα } SP = \frac{d}{b+d} \quad (5.2)$$

	Περίπτωση αυχενικού λώρου	
	Παρουσία	Απουσία
Παρουσία	32 (a)	8 (b)
Απουσία	6 (c)	47 (d)
Σύνολο	38	55

Πίνακας 18: Ύπαρξη ή μη της περίπτωσης του αυχενικού λώρου [58]

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από το σύνολο των 93 υπερηχογραφημάτων που διεξάχθηκαν, οι 38 ήταν περιπτώσεις αυχενικού μυελού και από αυτές διαγνώστηκαν σωστά οι 32 περιπτώσεις με την χρήση της δισδιάστατης υπερηχογραφίας. Επίσης στις άλλες 55 περιπτώσεις δεν υπήρξε εμφάνιση περιτύλιξης του ομφάλιου λώρου και από αυτές οι 47 διαγνώστηκαν σωστά. Σε αυτήν την μελέτη η ευαισθησία του δισδιάστατου υπερηχογραφήματος για αυτήν την διάγνωση ήταν 84,2% με την χρήση του τύπου της ευαισθησίας (5.1) που είναι πολύ πιο υψηλή από το ποσοστό του 69% που αναφέρθηκε παραπάνω και το ποσοστό της ειδικότητας ήταν στα 85,4%. Σύμφωνα με τους συγγραφείς του άρθρου αυτά τα υψηλά ποσοστά οφείλονται στο γεγονός πως για την μελέτη υπήρχε ένας χειριστής που εξέτασε ο ίδιος όλες τις γυναίκες, ο οποίος ήταν κατάλληλα εκπαιδευμένος και έτσι κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η δισδιάστατη υπερηχογραφία σε συνδυασμό με έναν σωστά εκπαιδευμένο χειριστή μπορεί να δώσει μια ικανοποιητική διάγνωση για τις περιπτώσεις του αυχενικού λώρου.

[Οι Ahmet Yalinkaya et al 2010 στην εργασία τους (59)] αξιολόγησαν τα υπερηχογραφικά ευρήματα σε περιπτώσεις που παρουσίασαν ανευλοειδία στην αμνιοπαρακέντηση. Η αμνιοπαρακέντηση είναι μια

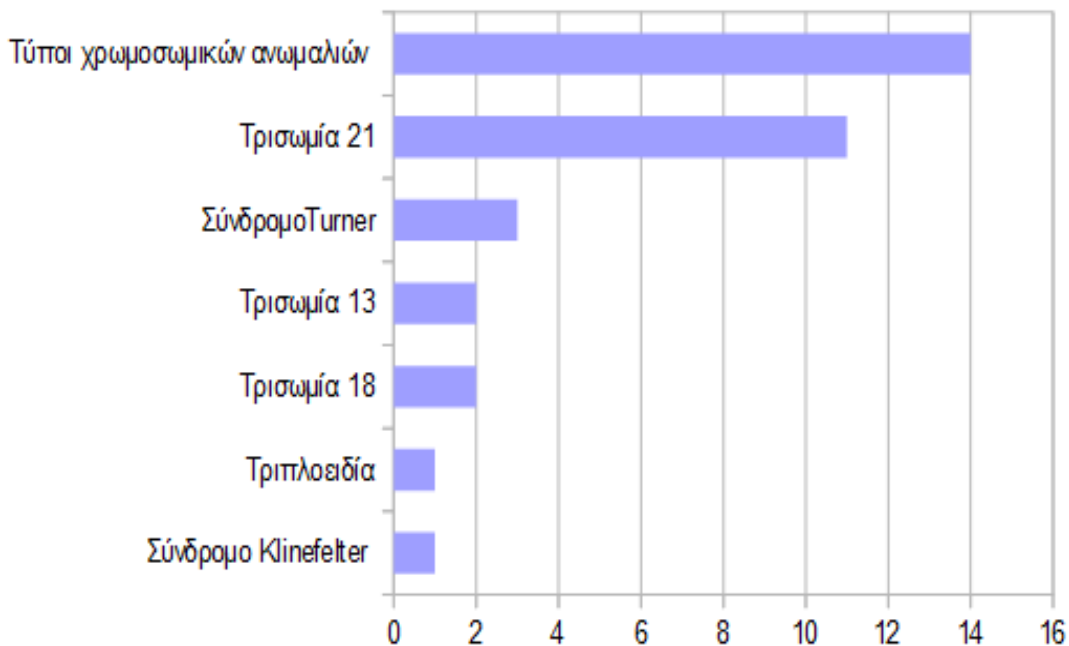
εξέταση στην οποία εξετάζονται τα κύτταρα του αμνιακού υγρού για την διαπίστωση ανωμαλιών στα χρωμοσώματα. Η ανευπλοειδία αποτελεί μία από τις πιο συνηθής χρωμοσωμικές ανωμαλίες κατά την οποία ένα έμβρυο την εμφανίζει όταν έχει ένα ή περισσότερα επιπλέον χρωμοσώματα ή όταν λείπει ένα ή περισσότερα χρωμοσώματα.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε το 2007 με διάρκεια δύο χρόνων και εξετάστηκαν 332 γυναίκες που βρισκόταν στον τέταρτο με πέμπτο μήνα της εγκυμοσύνης τους με την χρήση του υπερηχογραφικού συστήματος Voluson 730 Pro και του 140A της Toshiba.

Στην εικόνα 12 παρουσιάζονται οι περιπτώσεις που βρήκαν με χρωμοσωμικές ανωμαλίες. Στις δεκατέσσερις από αυτές βρέθηκαν διάφοροι τύποι χρωμοσωμικών ανωμαλιών και στις άλλες είκοσι υπήρξε ανίχνευση ανευπλοειδίας. Από τις είκοσι περιπτώσεις που το έμβρυο εμφάνισε ανευπλοειδία οι δεκαεπτά περιπτώσεις διέκοψαν την εγκυμοσύνη τους και οι υπόλοιπες τρεις πήραν την απόφαση να συνεχίσουν την κύηση. Από τα τρία αυτά έμβρυα, το ένα γεννήθηκε και έζησε, το ένα απεβίωσε και η τρίτη εγκυμοσύνη ήταν ακόμα σε εξέλιξη.

Η τρισωμία 21 αλλιώς ονομάζεται σύνδρομο Down, που αποτελεί μια από τις πιο συχνές ανωμαλίες στα χρωμοσώματα. Με την τρισωμία 13 προκαλείται το σύνδρομο Patau, κατά το οποίο το ποσοστό επιβίωσης των νεογνών είναι πολύ χαμηλό, καθώς το προσδόκιμο ζωής δεν περνάει τον ένα χρόνο και με την τρισωμία 18 προκαλείται το σύνδρομο Edwards, με μεγάλα ποσοστά για αποβολή.

Μετά από αυτή την μελέτη κατέληξαν στο συμπέρασμα πως ο υπέρηχος αποτελεί σημαντική παράμετρο για να ελεγχθούν ανωμαλίες στα έμβρυα και προτείνουν πριν την εξέταση της αμνιοπαρακέντησης να διεξάγεται ένας λεπτομερής έλεγχος από έναν καλά εκπαιδευμένο χειριστή.



Εικόνα 12: Η ανίχνευση των περιπτώσεων με χρωμοσωμικές ανωμαλίες [59]

[Οι Margarita Gallardo et al 2018 στην εργασία τους (60)] ανέλυσαν την διάγνωση πριν την γέννηση του εμβρύου της συγγενής κυστικής αδενωματοειδής δυσπλασίας του πνεύμονα για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την εξέλιξη των εμβρύων και τον νεογνών.

Η συγγενής κυστική αδενωματοειδής δυσπλασία είναι ένα σπάνιο νόσημα στο οποίο υπάρχει επιρροή στην ανάπτυξη των τελικών βρογχιολίων και εμφανίζεται περίπου στον δεύτερο μήνα.

Για την πραγματοποίηση της έρευνας, μελετήθηκαν περιπτώσεις που τους είχε γίνει διάγνωση για αυτό το νόσημα και η εξέτάσεις είχαν γίνει με το υπερηχογραφικό σύστημα Voluson 730 Expert. Στην διαδικασία της έρευνας έγινε συγκέντρωση των δεδομένων από τους ασθενείς και εξέταση των υπερηχογραφικών εικόνων.

Οι παράμετροι που έλαβαν προς ανάλυση ήταν οι εξής:

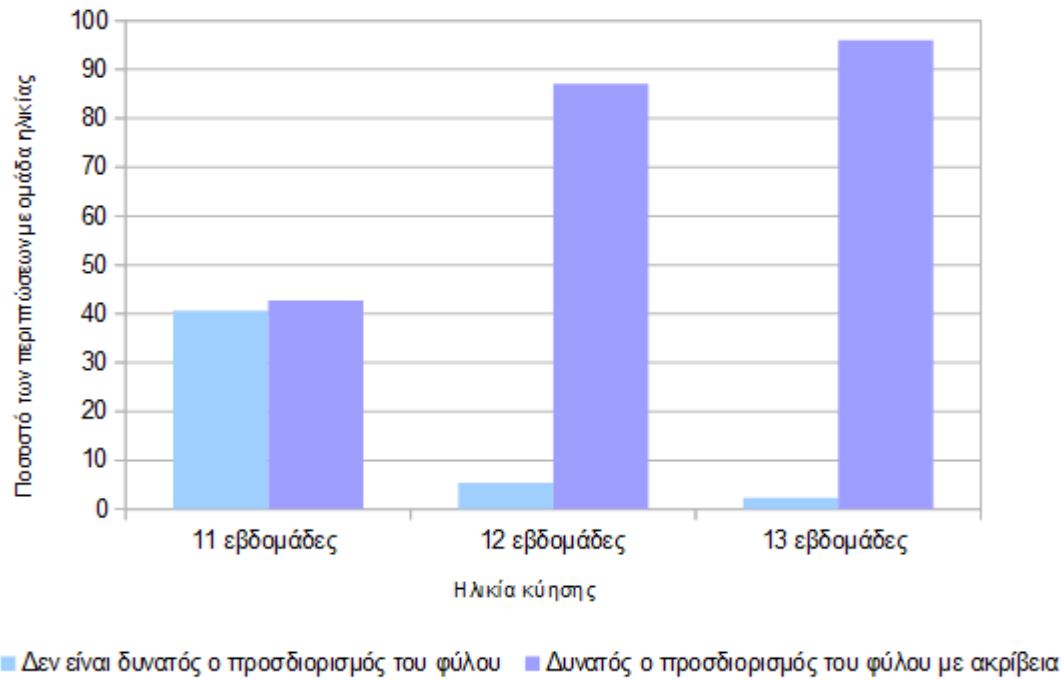
1. Η ηλικία της κύησης όταν έγινε η διάγνωση.
2. Τα χαρακτηριστικά της βλάβης στον πνεύμονα.
3. Οι ανωμαλίες.
4. Η πρόοδος της εγκυμοσύνης και ο τύπος του τοκετού.
5. Ύπαρξη αδυναμίας στην αναπνοή.
6. Οι συμπληρωματικές απεικονιστικές εξετάσεις.
7. Την παιδιατρική κλινική πρόοδο και τις θεραπείες μετά από την γέννηση.

Σύμφωνα τα αποτελέσματα βρέθηκαν 17 περιπτώσεις οι οποίες είχαν διαγνωστεί προγεννητικά και η ηλικία της κύησης ήταν στον έκτο μήνα. Οι βλάβες των πνευμόνων ήταν όλες μονόπλευρες με τις επτά περιπτώσεις να εμφανίζουν την βλάβη στον δεξιό πνεύμονα και οι δέκα στον αριστερό. Από αυτές τις δεκαεπτά περιπτώσεις, οι γονείς αποφάσισαν να συνεχίσουν στην άμβλωση και οι άλλες περιπτώσεις συνέχισαν κανονικά. Ο τοκετός των εννέα περιπτώσεων ήταν φυσιολογικός και ο τοκετός των υπολοίπων έγινε με καισαρική.

[Οι C.H. Hsiao et al 2010 στην εργασία τους (61)] ερεύνησαν την ακρίβεια για τον προσδιορισμό του φύλου του εμβρύου στην διάρκεια του πρώτου τριμήνου της κύησης και ο έλεγχος για ανωμαλίες. Πραγματοποιήθηκαν εξετάσεις σε 496 μητέρες με χρήση του υπερηχογραφικού συστήματος Voluson 730 Pro. Η εξέταση περιλάμβανε μέτρηση της αυχενικής διαφάνειας, παρουσία ή απουσία του ρινικού οστού και την αξιολόγηση κάποιων χαρακτηριστικών από την ανατομία του εμβρύου. Ο υπολογισμός της ηλικίας της κύησης έγινε με το μήκος του στέμματος (CRL) και με την προσαρμογή της χρονολόγησης της εμμήνου ρύσεως ή της ωορρηξίας. Με την εξέταση της αυχενικής διαφάνειας είναι δυνατός ο προσδιορισμός για τον κίνδυνο εμφάνισης ανωμαλιών στα χρωμοσώματα του εμβρύου. Στο υπερηχογράφημα τα αρσενικά γεννητικά όργανα στο μέσο οβελιαίο επίπεδο αποκαλύπτουν μια εμβρυϊκή προεξοχή και τα γυναικεία γεννητικά όργανα χαρακτηρίζονται από την απουσία οποιασδήποτε προεξοχής.

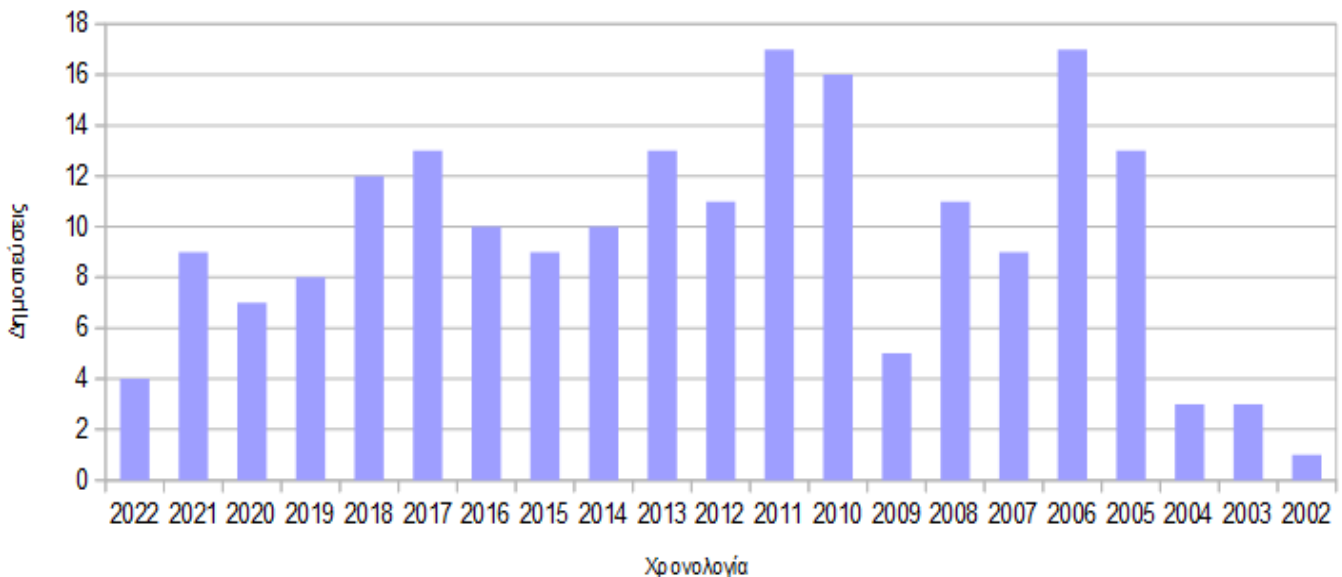
Τα αποτελέσματα έδειξαν πως από τις 496 μητέρες στις 441 προσδιορίστηκε το φύλο των εμβρύων με ποσοστό επιτυχίας του σωστού προσδιορισμού στο 91,8%. Βέβαια στην ενδέκατη εβδομάδα της εγκυμοσύνης το ποσοστό ήταν στο 71,9% και ύστερα βελτιώθηκε όπου στις δεκατρείς εβδομάδες το ποσοστό έφτασε στο 98,3%. Επίσης το ποσοστό για τις περιπτώσεις που δεν μπόρεσε να προσδιοριστεί το φύλο στις έντεκα εβδομάδες ήταν 40,6%, στην δωδέκατη εβδομάδα μειώθηκε στο 5,4% και στις δεκατρείς εβδομάδες στο 2,3%, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 13.

Στο συμπέρασμα που καταλήγει το άρθρο είναι πως υπάρχει δυσκολία στον προσδιορισμό του φύλου ενός εμβρύου στην ενδέκατη εβδομάδα της κύησης και αυτό παρέχει μεγάλα ποσοστά ανακρίβειας του προσδιορισμού του.



Εικόνα 13: Το ποσοστό των περιπτώσεων ανάλογα την ηλικία της κύησης [61]

### 5.6. Διάγνωση εμβρυϊκών ανωμαλιών και συνδρόμων με 4D υπερηχογράφημα



Εικόνα 14: Διάγραμμα αποτελεσμάτων για την διάγνωση εμβρυϊκών ανωμαλιών και συνδρόμων με χρήση του 4D υπερηχογραφήματος

Στο διάγραμμα της εικόνας 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των άρθρων για την διάγνωση ανωμαλιών που εμφανίζουν τα έμβρυα κατά την διάρκεια της κύησης. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως με το τετραδιάστατο υπερηχογράφημα η διάγνωση ανωμαλιών για τα έμβρυα από το δεύτερο τρίμηνο της εγκυμοσύνης έχει μεταφερθεί στο πρώτο τρίμηνο. Αυτές οι διαγνώσεις είναι σχετικές με ανωμαλίες στο πρόσωπο, στην καρδιά, στον θώρακα, στον εγκέφαλο αλλά και με διαγνώσεις συνδρόμων. Σύμφωνα με ένα άρθρο με την χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης είναι δυνατόν να διαγνωστεί το σύνδρομο της αμνιακής ζώνης ακόμα και στην αρχή της εγκυμοσύνης. Το σύνδρομο της αμνιακής ζώνης είναι μια σπάνια διαταραχή που εμφανίζεται κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης όταν το αμνιακό υγρό στη μήτρα είναι μικρό. Ακόμα ένα άλλο σύνδρομο που μπορεί να διαγνωστεί είναι αυτό της αλοβιακής ολοπροσεγκεφαλίας κατά το οποίο εμφανίζονται ανωμαλίες κατά την ανάπτυξη του εγκεφάλου του εμβρύου. Το υποπλαστικό σύνδρομο της αριστερής καρδιάς αποτελεί και αυτό ένα σύνδρομο, του οποίου η διάγνωση μπορεί να γίνει με την χρήση της τετραδιάστατης απεικόνισης. Είναι μια από τις πιο δύσκολες καρδιακές ανωμαλίες και σε αυτό το σύνδρομο το αριστερό μέρος της καρδιάς είναι υποανάπτυκτο. Επίσης πέρα από την διάγνωση συνδρόμων, μπορούν να διαγνωστούν ανωμαλίες στην γλώσσα και στην στοματική κοιλότητα με επίκεντρο την αναζήτηση της παρουσίας όγκων. Με την διάγνωση πριν την γέννηση του εμβρύου, αυτό επιτρέπει στον γιατρό να ξεκινήσει αμέσως την θεραπεία μετά την γέννηση του. [62]

[Οι D Paladini et al 2003 στη εργασία τους (63)] μελετούν την διάγνωση του συνδρόμου Nager σε ένα συγκεκριμένο περιστατικό μιας γυναίκας που βρισκόταν στον έκτο μήνα της εγκυμοσύνης της. Το σύνδρομο αυτό είναι ένα πολύ σπάνιο νόσημα με κύρια εμφάνιση της ανωμαλίας στο πρόσωπο και στα χέρια. Οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στο πρόσωπο είναι στην γνάθω και στα αυτιά. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία ο αριθμός των περιπτώσεων που έχουν αναφερθεί με αυτό τον σύνδρομο είναι μικρότερος από 100.

Η εξέταση έγινε σε μια μητέρα που βρισκόταν στον έκτο μήνα της εγκυμοσύνης τη και υπήρχαν υποψίες για πιθανές ανωμαλίες. Τα δεδομένα των εξετάσεων παρουσίασαν απουσία του αντίχειρα στο δεξιό χέρι και του δείκτη στο αριστερό. Επίσης στο πρόσωπο αποκαλύφθηκε πως υπήρχε μικρογοναθία και τα αυτιά του δεν ήταν αναπτυγμένα καλά. Ύστερα από αυτά τα δεδομένα πραγματοποιήθηκε μια άλλη εξέταση για τον αποκλείσουν την περίπτωση της παρουσίας της τρισωμίας 18. Η τελική διάγνωση μετά από αυτήν την εξέταση ήταν το σύνδρομο Nager καθώς δεν υπήρχε η τρισωμία 18. Οι γονείς ενημερώθηκαν για την διάγνωση και πήραν την απόφαση να μην συνεχίσουν με την εγκυμοσύνη.

Σχολιάζεται επίσης πως το σύνδρομο είναι δυνατόν να αναγνωριστεί εύκολα λόγω των χαρακτηριστικών που εμφανίζονται στο πρόσωπο του εμβρύου και είναι σημαντικό να διαγνωστεί γρήγορα, έτσι ώστε οι γονείς να έχουν την ευχέρεια επιλογής διακοπής της εγκυμοσύνης ή αν όχι πρέπει να ετοιμαστούν κατάλληλα για τον τοκετό. Το έμβρυο όταν γεννηθεί το πρόβλημα υγείας που θα έχει θα είναι η κώφωση αλλά νοητικά θα είναι φυσιολογικό. Βέβαια κατά την διάγνωση πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλα ίδια νοσήματα όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την τρισωμία 18, που με την παρουσία της το έμβρυο έχει τον σύνδρομο Edwards. Το σύνδρομο Nager και το σύνδρομο Edwards εμφανίζουν τα ίδια χαρακτηριστικά, αλλά η παρουσία της τρισωμίας 18 έχει σχέση με κλινοδακτυλία και όχι με την απουσία δαχτύλων και έτσι είναι εφικτός ο διαχωρισμός αυτών των δύο συνδρόμων. Ακόμα ένα άλλο σύνδρομο που είναι παρόμοιο με το σύνδρομο Nager είναι το Treacher-Collins που εμφανίζει και αυτό τις ανωμαλίες στο πρόσωπο αλλά όχι στα χέρια και τα έμβρυα με αυτό το σύνδρομο έχουν νοητική καθυστέρηση κάτι που δεν συμβαίνει στο άλλο σύνδρομο.

Το συμπέρασμα του άρθρου ήταν πως η διάγνωση του συνδρόμου Nager είναι δυνατόν να επιτευχθεί ακόμα και από τον έκτο μήνα της εγκυμοσύνης.

[Οι Sayo Kubo et al 2019 στην εργασία τους (64)] παρουσιάζουν τη διάγνωση του συνδρόμου Treacher-Collins με την χρήση τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος στη μήτρα. Το σύνδρομο

Treacher-Collins είναι μια διαταραχή εκ γέννησης με παραμόρφωση στα αυτιά, στα μάτια, στα ζυγωματικά και στο πιγούνι. Τα προβλήματα που παρουσιάζουν τα άτομα με τον σύνδρομο αυτό είναι στην όραση, στην αναπνοή, στην ακοή και στα χείλη που έχουν μια σχισμή, η οποία μπορεί να φτάσει ως και την μύτη τους.

Σε εξέταση υποβλήθηκε μια γυναίκα επτά μηνών έγκυος σε ηλικία 39 ετών, η οποία είχε μεταβιβαστεί στο τμήμα τους εξαιτίας του πολυδραμνίου. Η περίπτωση του πολυαδραμνίου εμφανίζεται στην περίοδο του δεύτερου μισού της εγκυμοσύνης, όπου ο όγκος του αμνιακού υγρού ξεπερνάει τα 2000ml και αυτό προκαλεί πρόωρο τοκετό. Αρχικά πραγματοποιήθηκε ένα δισδιάστατο υπερηχογράφημα με τα δεδομένα του βάρους του εμβρύου και του δείκτη αμνιακού υγρού να είναι φυσιολογικά και στο πρόσωπο του εμβρύου υπήρχε υποπλασία της κάτω γνάθου. Από το τρισδιάστατο και τετραδιάστατο υπερηχογράφημα παρουσιάστηκαν μακροστομία, μικρογναθία και λοξές βαλπιβρικές σχισμές που αυτό εμφανίζεται ανάμεσα στα βλέφαρα. Επιπλέον και τα δύο του αυτιά είχαν μικροτία, που είναι παραμόρφωση του εξωτερικού μέρους του αυτιού. Στον ένατο μήνα πραγματοποιήθηκε επείγουσα καισαρική εξαιτίας του ρυθμού της καρδιάς του εμβρύου που δεν ήταν φυσιολογικός και μετά την γέννηση του διασωληνώθηκε για να υποστηριχθεί αναπνευστικά, αλλά η διαδικασία ήταν δύσκολη λόγω της μικρογναθίας που παρουσίαζε. Η όψη του προσώπου του νεογνού ήταν περίπου ίδια με τα δεδομένα λήψεων που είχαν αποκτήσει από τα υπερηχογραφήματα του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται περιπτώσεις συνδρόμων για διαφορική διάγνωση:

	Μάτια-Βλέφαρα	Αυτιά	Σχισμή στο χείλος	στο	Αλλές ανωμαλίες προσώπου	Δάχτυλα / Άκρα
Σύνδρομο Treacher-Collins	Λοξές βαλπιβρικές σχισμές Κολόβωμα (Η δομή του ματιού περιέχει μια τρύπα)	Μικροτία	Σχιστιές υπερώας		Υποπλασία Μακροστομία	-
Σύνδρομο Nager	Λοξές βαλπιβρικές σχισμές	Μικροτία	Σχιστιές υπερώας		Υποπλασία	Ασύμμετρες ανωμαλίες στα άκρα Ανωμαλίες στα κάτω άκρα είναι σπάνια
Σύνδρομο Miller	Λοξές βαλπιβρικές σχισμές Κολόβωμα	Κομμένο αυτί	Σχιστιές χείλους και υπερώας		-	Συμμετρικές ανωμαλίες των άκρων
Σύνδρομο Goldenhar	Κολόβωμα Ημιπροσωπική μικροσωμία Χαμηλό βλέφαρο	Μικροτία Σημάδια στο αυτί	Σχιστιές χείλους και /ή υπερώας		Εγκάρσια σχισμή στο πρόσωπο	-



Πίνακας 19: Διάφοροι τύποι συνδρόμων και τα χαρακτηριστικά τους [62]

Οι σχιστιές χείλους και υπερώας είναι οι πιο συνηθισμένες μορφές από τις ανωμαλίες του στόματος, που χαρακτηριστικό τους είναι η έλλειψη συνέχειας της δομής του προσώπου.

Συμπερασματικά το άρθρο καταλήγει στο γεγονός πως με την χρήση του υπερηχογραφήματος τριών και τεσσάρων διαστάσεων υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα για την απεικόνιση ενός εμβρύου, ώστε να μπορεί να διαγνωστεί τυχόν ανωμαλία στο πρόσωπο και στα χέρια του.

[Οι Christina Crenguța Albu et al 2020 στην εργασία τους (65)] παρουσιάζουν την διάγνωση μιας ασυνήθιστης συσχέτισης δύο βασικών νοσημάτων την αλοβιακή ολοπροσεγκεφαλία και την διγυνική τριπλοειδία πριν από την γέννηση του εμβρύου και να δηλώσουν πόσο σημαντική είναι η προγεννητική διάγνωση για τέτοιου είδους σοβαρά νοσήματα.

Το σύνδρομο της ολοπροσεγκεφαλίας είναι μια διαταραχή του εγκεφάλου. Ανάλογα με τα συμπτώματα υπάρχουν τρεις τύποι. Ο αλοβιακός που είναι ο πιο σοβαρός τύπος, ο ημιλοβιακός και ο λοβιακός και ο τύπος της μέσης διαημισφαιρικής παραλλαγής. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται είναι μικροκεφαλία, μακροκεφαλία, παραμόρφωση στο πρόσωπο, επιληψία, καθυστέρηση της ανάπτυξης, νοηματική υστέρηση και θάνατο των εμβρύων ή των νεογνών. Ο αλοβιακός τύπος είναι ο πιο σοβαρός όπως αναφέρθηκε παραπάνω και τις πιο πολλές φορές το έμβρυο θα γεννηθεί νεκρό ή θα αποβιώσει στην περίοδο που θα είναι νεογνό ή μέσα στους έξι μήνες.

Η μελέτη έγινε το 2018 στη Ρουμανία με μία εγκυμονούσα που βρισκόταν στον τέταρτο μήνα κύησης, η οποία υποβλήθηκε σε εξέταση δισδιάστατης, τρισδιάστατης και τετραδιάστατης υπερηχογραφίας όπου διαγνώστηκαν ανωμαλίες στη μύτη και στα μάτια του εμβρύου. Επίσης η μέτρηση της βιομετρίας του κεφαλιού δεν ήταν στις φυσιολογικές τιμές. Ύστερα από μια σειρά εξετάσεων τελικά έγινε η διάγνωση της αλοβιακής ολοπροσεγκεφαλίας. Οι γονείς έλαβαν ενημέρωση για την διάγνωση τους και κατέληξαν να συνεχίσουν στην άμβλωση.

Το συμπέρασμα του άρθρου ήταν πως με αυτή την μελέτη απέδειξαν τις δυνατότητες που κατέχει η προγεννητική διάγνωση με την χρήση του υπερηχογραφήματος για την πρόληψη των νοσημάτων για τα έμβρυα.

[Οι Toshiyuki Hata et al 2011 στην εργασία τους (66)] παρουσιάζουν δύο περιπτώσεις του συνδρόμου αμνιακής ζώνης που η διάγνωση έγινε με την χρήση της δισδιάστατης, τρισδιάστατης και της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας στην αρχική περίοδο της εγκυμοσύνης.

Το σύνδρομο αμνιακής ζώνης αποτελεί μια επιπλοκή που παρουσιάζεται στην διάρκεια της εγκυμοσύνης κατά την οποία το έμβρυο εξαιτίας έλλειψης αμνιακού υγρού δεν τυλίγεται εντελώς με αποτέλεσμα η ανάπτυξη των σωματικών ιστών του εμβρύου που δεν καλύπτονται από το αμνιακό υγρό να μην είναι επιτυχής. Για αυτόν τον λόγο η διάγνωση του συνδρόμου αμνιακής ζώνης είναι σημαντικό να γίνει σύντομα για να μπορέσει να αντιμετωπιστεί. Στο έτος του 2011 που είχε δημοσιευθεί το άρθρο πριν από αυτές τις περιπτώσεις που αναφέρονται σε αυτό το άρθρο είχαν διαγνωστεί ακόμα άλλες δύο περιπτώσεις με αυτό το σύνδρομο. Από αυτές τις τέσσερις περιπτώσεις, οι τρεις δυστυχώς είχαν σαν αποτέλεσμα τον τερματισμό της εγκυμοσύνης εξαιτίας των ανωμαλιών.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι συνολικές περιπτώσεις του συνδρόμου αμνιακής ζώνης:

Έτος	Ηλικία της κήσης	Χαρακτηριστικά πριν την γέννηση	Μέθοδος διάγνωσης	Χαρακτηριστικά μετά την	Αποτέλεσμα
------	------------------	---------------------------------	-------------------	-------------------------	------------

				γέννηση	
2004	Έβδομος μήνας	Αμνιακή ζώνη στον αριστερό βραχίονα Παραμόρφωση χεριού	2D και 3D	Η ζώνη αποσπάστηκε αυθόρμητα από τον βραχίονα του νεογνού Ήπια παραμόρφωση χεριού	Αίσιο
2008	Τέταρτος μήνας	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Παραμόρφωση χεριού Κυφοσκολίωση Γαστροσχισή	2D, 3D και 4D	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Παραμόρφωση χεριού Κυφοσκολίωση Γαστροσχισή	Άμβλωση
2010	Τρίτος μήνας	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Απουσία δακτύλων Ακρωτηριασμός αμφοτερόπλευρων δακτύλων των ποδιών	2D, 3D και 4D	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Απουσία δεξιών δακτύλων Απουσία μερικών αριστερών δακτύλων Ακρωτηριασμός αμφοτερόπλευρων δακτύλων των ποδιών	Άμβλωση
2010	Τέταρτος μήνας	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Υποψία συνδακτυλίας στο δεξί χέρι Λαγόχειλο	2D, 3D και 4D	Πολλές αμνιακές ζώνες Ακρανία Συνδακτυλίας στο δεξί χέρι Λαγόχειλο	Άμβλωση

Πίνακας 20: Οι τέσσερις περιπτώσεις του συνδρόμου [64]

Η πρώτη περίπτωση αφορά μια μητέρα ηλικίας 28 χρονών που βρισκόταν στον τρίτο μήνα της εγκυμοσύνης της που υπήρχε υποψία για ανωμαλία στο κρανίο του εμβρύου. Με την χρήση του δισδιάστατου υπερηχογράφου αποκαλύφθηκαν πολλές αμνιακές ζώνες και ακρανία του εμβρύου. Με την χρήση του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος οι ανωμαλίες πλέον ήταν ευδιάκριτες. Πέρα από την ακρανία του εμβρύου και τις πολλές αμνιακές ζώνες αποκαλύφθηκε ακόμα και η απουσία των δακτύλων. Μετά την ενημέρωση που έγινε στους γονείς αποφάσισαν να συνεχίσουν με άμβλωση, όπου το έμβρυο ήταν 23 γραμμάρια και με την νεκροψία επιβεβαιώθηκε πως όντως οι ανωμαλίες που είχαν διαγνωστεί ήταν σύνδρομος της αμνιακής ζώνης.

Στην δεύτερη περίπτωση η μητέρα ήταν ένα χρόνο μεγαλύτερη από την μητέρα της πρώτης περίπτωσης και βρισκόταν στον τέταρτο μήνα της εγκυμοσύνης της. Παρομοίως και σε αυτή την περίπτωση υπήρχε υποψία για ανωμαλία στο κρανίο του εμβρύου. Με την χρήση του δισδιάστατου υπερηχογράφου αποκαλύφθηκε μια αμνιακή ζώνη και ακρανία του εμβρύου. Με την χρήση του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος απεικονίζοταν καθαρά οι δύο προηγούμενες ανωμαλίες καθώς και σχιστό χείλος και στο δεξί του χέρι εμφανιζόταν συνδακτυλία. Οι γονείς αποφάσισαν και αυτοί να διακόψουν την εγκυμοσύνη και το έμβρυο ήταν 75 γραμμάρια με την αυτοψία να επιβεβαιώνει τον σύνδρομο.

Το άρθρο καταλήγει πως το σύνδρομο της αμνιακής ζώνης μπορεί να ανιχνευθεί από το δισδιάστατο υπερηχογράφημα και πως ο ρόλος του τρισδιάστατου και τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος είναι στην ουσία να προσφέρει περισσότερες πληροφορίες ως προς την κατανόηση. Στις δύο αυτές περιπτώσεις ο βασικός ρόλος της τρισδιάστατης και της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας ήταν μια συμπλήρωση των ενδείξεων που υπήρχαν ήδη.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν η παρουσίαση του τετραδιάστατου γυναικολογικού υπέρηχου, που αποτελεί την εξέλιξη της τρισδιάστατης υπερηχογραφίας και δίνει την δυνατότητα παρατήρησης των χαρακτηριστικών του προσώπου ενός εμβρύου με μεγάλη ακρίβεια και προσφέρει πολλά οφέλη για την εκτίμηση της κατάστασης του ως προς την φυσιολογική του ανάπτυξη.

Συγκεκριμένα, η εργασία χωρίστηκε σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές λειτουργίας των υπέρηχων, σχετικά με τις βασικές αρχές των υπέρηχων, την οργανολογία ενός συστήματος και τις μεθόδους απεικόνισης. Έπειτα το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στο βασικό θέμα της εργασίας, τον τετραδιάστατο γυναικολογικό υπέρηχο, όπου παρουσιάζεται η διαδικασία λήψης μιας τετραδιάστατης εικόνας, η οποία χωρίζεται σε τέσσερα βήματα, στην απόκτηση μίας δισδιάστατης εικόνας, στην τρισδιάστατη σάρωση, στην τετραδιάστατη σάρωση και τέλος στην επεξεργασία της τρισδιάστατης ή τετραδιάστατης εικόνας. Επίσης παρουσιάζονται οι ηχοβολείς που είναι διαθέσιμοι για την 4D απεικόνιση αλλά και τα λογισμικά που είναι κατάλληλα για την απεικόνιση αυτή.

Ακολούθως στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια έρευνα αγοράς συστημάτων υπερηχογραφίας από διάφορες εταιρίες της αγοράς που διαθέτουν στις δυνατότητες τους την επιλογή της τετραδιάστατης απεικόνισης. Για το κάθε υπερηχογραφικό σύστημα παρουσιάζονται τα τμήματα από τα οποία απαρτίζεται, οι ηχοβολείς που διαθέτει και οι λειτουργίες διάγνωσης που παρέχει αλλά και άλλες πληροφορίες σχετικά με αυτό. Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται συγκριτική μελέτη των υπερηχογραφικών συστημάτων που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφαλαίο κατά το οποίο συγκρίνονται οι προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά τους. Στο πέμπτο κεφάλαιο που είναι και το τελευταίο παρουσιάζεται μια μελέτη βιβλιογραφίας με σκοπό την κατανόηση της χρήσης, της εφαρμογής και της εξέλιξης της τετραδιάστατης υπερηχογραφίας. Για την πραγματοποίηση της μελέτης επιλέχθηκαν διάφορες λέξεις κλειδιά και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σχολιασμός κάποιων δημοσιεύσεων.

Αυτό που συμπεραίνουμε λοιπόν από αυτά που αναφέρθηκαν είναι πως με την συμβολή του τετραδιάστατου υπερηχογραφήματος προσφέρονται σημαντικά δεδομένα για την παρατήρηση των χαρακτηριστικών του εμβρύου πριν την γέννηση του, κάτι που είναι τρομερά εντυπωσιακό καθώς ο γιατρός μπορεί να οργανωθεί έτσι ώστε να είναι ασφαλείς και το έμβρυο αλλά και η μητέρα. Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί πως είναι και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης της τετραδιάστατης απεικόνισης, καθώς μπορούν να ανιχνευθούν τυχόν ανωμαλίες στο πρόσωπο του εμβρύου, στην καρδιά, στα πάνω και κάτω άκρα, στην σπονδυλική στήλη και στα οστά. Έτσι μπορούν να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις για τον σχεδιασμό της θεραπείας του εμβρύου που θα ακολουθήσουν μετά από την γέννηση του. Επίσης όπως αναφέρθηκε στο πέμπτο κεφάλαιο είναι δυνατόν να διαγνωστεί προγεννητικά, αν το έμβρυο πάσχει από κάποιο σύνδρομο και οι γονείς έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν πως θα συνεχίσουν με την εγκυμοσύνη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] LightYear (2010), «File: Ultrasound range diagram.svg», [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ultrasound\\_range\\_diagram.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ultrasound_range_diagram.svg), [accessed 10/05/2022].
- [2] Τσαντής, Σ (2015), «*Αρχές Φυσικής και Τεχνολογίας της Διαγνωστικής Υπερηχογραφίας*», Αθήνα: ΣΕΑΒ, ΚΑΛΛΙΠΟΣ. [πρόσβαση 10/05/2022].
- [3] Lewis Tanya, (2014), «What is a Medical Ultrasound?», <https://www.livescience.com/38426-ultrasound.html>, [accessed 10/03/2022].
- [4] Κυριάκος, Δ (2012), «Μελέτη βασικών χαρακτηριστικών των κυμάτων με διάταξη υπερήχων», [http://genlab.physics.auth.gr/B6\\_Yperixoi.pdf](http://genlab.physics.auth.gr/B6_Yperixoi.pdf), [πρόσβαση 09/03/2022].
- [5] (ACR), R., (2018), «Ultrasound (Sonography)», Radiologyinfo.org., <https://www.radiologyinfo.org/en/info/genus>, [πρόσβαση 15/03/2022].
- [6] Lutz, Harald, Buscarini, Elisabetta & World Health Organization, (2011), «Manual of diagnostic ultrasound / edited by Harald Lutz, Elisabetta Buscarini, 2nd ed. World Health Organization», <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43881>, [accessed 15/03/2022].
- [7] Chan, V., Perlas, A. (2010), «Basics of Ultrasound Imaging», *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management*, pp. 13-19, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1681-5\\_2#chapter-info](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1681-5_2#chapter-info), [accessed 15/03/2022].
- [8] Carovac, A., Smajlovic, F., Junuzovic, D., (2011), «Application of Ultrasound in Medicine», *Acta Informatica Medica*, **19** (3), pp. 168-171, [accessed 16/03/2022].
- [9] Σπανίδης Θ (2010), «Βασικές τεχνολογικές αρχές υπερηχογραφικών συστημάτων», [http://www.symvoli.gr/conference/aebe/uploads/periodiko\\_dek\\_2010/02\\_spanidis.pdf](http://www.symvoli.gr/conference/aebe/uploads/periodiko_dek_2010/02_spanidis.pdf), [πρόσβαση 16/03/2022]
- [10] Φενέκου, Ε (2021), «Τεχνικές διαμόρφωσης της δέσμης στην σύγχρονη υπερηχογραφία», [https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/277/FENEKOU\\_48013115.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/11400/277/FENEKOU_48013115.pdf?sequence=1&isAllowed=y), [πρόσβαση 16/03/2022].
- [11] Schneidei, A., Feusser, H., (2017), «Diagnostic Procedures», *Biomedical Engineering in Gastrointestinal Surgery*, pp. 87-220, <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/3d-ultrasound>, [accessed 16/03/2022].
- [12] Sahani DV., Samir AE. (2010), «Abdominal Imaging Volume I», Missouri: SAUNDERS ELSEVIER. [accessed 16/06/2022].
- [13] Philips Healthcare (2020), «How to acquire a3D or 4D obstetric volume», [Philips OB/GYN Ultrasound: How to acquire a 3D or 4D obstetric volume - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...), [accessed 14/06/2022].
- [14] Mindray International (2016), «Step by Step to Get Perfect 3D/4D Baby Image», [Step by Step to Get Perfect 3D/4D Baby Image - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...), [accessed 14/06/2022].
- [15] CHISON , «CHISON CBit 4D Operation Video», [CHISON CBit 4D Operation Video - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=...), accessed 14/06/2022].
- [16] Wolfgang, M. (2012), «File: Fetal yawning 4D ultrasound ecografia 4D Dr. Wolfgang Moroder.theora.ogv», [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fetal\\_yawning\\_4D\\_ultrasound\\_ecografia\\_4D\\_Dr\\_Wolfgang\\_Moroder.theora.ogv](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fetal_yawning_4D_ultrasound_ecografia_4D_Dr_Wolfgang_Moroder.theora.ogv), [accessed 02/08/2022].
- [17] M. M. Abd Allah, A. A. Megawer, Y. M. Kadah, (2009), «Software development for low cost, high quality, real-time 4D ultrasound imaging system on personal computers (PCs)», National Radio Science Conference, 17-19 March 2009, Egypt <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5233441/metrics>, [accessed 01/04/2022].
- [18] DeVore G. R., Falkensammer P, Sklansky M. S., Platt L. D. (2003), «Spatio-temporal image correlation (STIC): new technology for evaluation of the fetal heart», *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **22** (4) pp.380-387, <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/uog.217>, [accessed 01/04/2022].

- [19] Kurjak, A . 2017, «3D/4D Sonography», *Journal of Perinatal Medicine*, **45** (6), pp. 639-641, <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jpm-2016-0431/html>, [accessed 01/04/2022]
- [20] (2002), «Voluson 730PRO BASIC USER MANUAL», <https://arakmu.ac.ir/file/download/page/1559974222-voluson-730pro.pdf>, [accessed 02/04/2022].
- [21] (2014) «Voluson S6 Voluson S8 Voluson S8 Pro Basic User Manual», [file:///C:/Users/user/Downloads/pdfcoffee.com\\_voluson-s8-user-manual-pdf-free.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/pdfcoffee.com_voluson-s8-user-manual-pdf-free.pdf), [accessed 03/04/2022].
- [22] «Samsung SONOACE R7 Operation Manual», <https://www.manualslib.com/manual/1168218/Samsung-Sonoace-R7.html?page=5#manual>, [accessed 05/04/2022].
- [23] «Samsung WS80A User Manual», <https://manualzz.com/doc/49968142/samsung-ws80a-user-manual>, [accessed 10/04/2022].
- [24] Dormed Hellas, «Hitachi ARIETTA V60 - Diagnostic Ultrasound System», <https://dormed.gr/product/hitachi-arietta-v60/>, [accessed 15/06/2022].
- [25] Dormed Hellas, «Hitachi ARIETTA V70 - Diagnostic Ultrasound System», <https://dormed.gr/product/hitachi-arietta-v70/>, [accessed 15/06/2022].
- [26] «SIEMENS ACUSON X600 ACUSON X700 Diagnostic Ultrasound System Instructions for Use», [http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/ultrasonographs/user\\_manuals/Siemens%20Acuson%20X600,%20X700%20Ultrasound%20-%20User%20manual.pdf](http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/ultrasonographs/user_manuals/Siemens%20Acuson%20X600,%20X700%20Ultrasound%20-%20User%20manual.pdf), [accessed 16/06/2022].
- [27] «SIEMENS ACUSON S1000 ACUSON S2000 ACUSON S300 Diagnostic Ultrasound System Instructions for Use», <https://www.manualslib.com/manual/1473139/Siemens-Acuson-S1000.html#manual>, [accessed 16/06/2022].
- [28] (2013), «EPIQ 7 Ultrasound System User Manual», <https://www.manualslib.com/manual/1548521/Philips-Epiq-7.html#manual>, [accessed 17/06/2022].
- [29] «Philips Affiniti 70», <https://www.somatechnology.com/Ultrasounds/Philips-Affiniti-70.aspx>, [accessed 16/06/2022].
- [30] «DC-35/DC-40/DC-45/DC-40S/DC-40 Pro/DC-41/DC-42/DC-40T/DC-33/DC36/DC-38/DC-39 Diagnostic Ultrasound System Operators Manual», <https://www.mindraynorthamerica.com/wp-content/uploads/2021/03/DC-40-Instruction-Manual-Basic-Volume.pdf>, [accessed 17/06/2022].
- [31] «DC-70/DC-70T/DC-70 Pro/DC-70 Exp Diagnostic Ultrasound System Operators Manual», <https://www.mindraynorthamerica.com/cmsAdmin/uploads/h-046-006468-00-dc-70-operator-s-manual-basic-6-0.pdf>, [accessed 17/06/2022].
- [32] «GE Voluson 730 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/ge-ultrasound/ge-voluson-730/>, [accessed 18/06/2022].
- [33] «GE Voluson S6 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/ge-ultrasound/ge-voluson-s6/>, [accessed 18/06/2022].
- [34] «Samsung SonoAce R7 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/samsung-sonoace-r7/>, [accessed 18/06/2022].
- [35] «Samsung WS80A Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/samsung-ultrasound/samsung->

ws80a/, [accessed 18/06/2022]

- [36] «Siemens Acuson X700 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/siemens-ultrasound/siemens-acuson-x700/>, [accessed 19/06/2022].
- [37] «Siemens Acuson S100 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/siemens-ultrasound/siemens-acuson-s1000/>, [accessed 19/06/2022].
- [38] «Philips EPIQ 7 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/philips-ultrasound/philips-epiq-7/>, [accessed 20/06/2022].
- [39] «Mindray DC-40 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/mindray-ultrasound/mindray-dc-40/>, [accessed 21/06/2022].
- [40] «Mindray DC-70 Ultrasound Machine», <https://www.ultrasoundsupply.com/products/ultrasound-machines/mindray-ultrasound/mindray-dc-70/>, [accessed 21/06/2022].
- [41] Obruchkov S. (2008), «The technology and performance of 4D ultrasound», *Critical reviews in biomedical engineering*, **36** (4), pp. 257-304, [accessed 22/06/2022].
- [42] Merz E., Abramowicz J.S. (2012), «3D/4D ultrasound in prenatal diagnosis: is it time for routine use?», *Clinical obstetrics and gynecology*, **55** (1), pp. 335-351, [accessed 23/06/2022].
- [43] Leung, KY. (2021), «Applications of Advanced Ultrasound Technology in Obstetrics», *Diagnostics (Basel)*, **11** (7), pp. 1217, [accessed, 01/07/2022].
- [44] Gonçalves LF., Lee W., Espinoza J., Romero R. (2005), «Three- and Four-Dimensional Ultrasound in Obstetrics Practice: Does it Help?», *J Ultrasound Med*, **24** (12), pp. 1599-1624, [accessed 01/07/2022].
- [45] Nitta E., Kanenishi K., Mori N., AboEllail M.A.M, Hata T. (2019), «Twin fetal facial expressions at 30-33+6 weeks of gestation», *Journal of Perinatal Medicine*, **47** (9), [accessed 02/07/2022].
- [46] Pulliainen H., Niela-Vilen H., Ekholm E., Ahlqvist-Björkroth S. (2019), «Experiences of interactive ultrasound examination among women at risk of preterm birth: a qualitative study», *BMC Pregnancy Childbirth*, **19** (1), pp 338, [accessed 02/07/2022].
- [47] Gotsch F., Romero R, Espinoza J., Kusanovic J.P., Erez O., Hassan S., Yeo L. (2010), «Prenatal diagnosis of truncus arteriosus using multiplanar display in 4D ultrasonography», *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **23** (4), pp. 297-307, [accessed 02/07/2022].
- [48] Janas K., Kudla M.J., Janas A., Blicharz-Dorniak J., Kos-Kudla B. (2019), «Spatio-temporal image correlation (STIC) in evaluation of advanced neuroendocrine tumors», *Endokrynologia Polska*, **70** (3), pp. 219-223, [accessed 03/07/2022].
- [49] Crispi F., Valenzuela-Alcaraz B., Cruz-Lemini M., Gratacos E. (2013), «Ultrasound assessment of fetal cardiac function», *Australas J Ultrasound Med*, **16** (4), pp. 158-167, [accessed 03/07/2022].
- [50] Tang H., Sun W., Wang Y., Qi Y., Wang D., Zhang Y. (2021), «Prenatal evaluation of fetal atrioventricular valves by real-time 4D volume imaging with electronic matrix probe», *Cardiovascular Ultrasound*, **19** (1), pp. 11, [accessed 04/07/2022].
- [51] Votino C., Cos T., Abu-Rustum R., Dahman Saidi S., Gallo V., Dessy H., Jani J. (2013), «Use of spatiotemporal image correlation at 11-14 weeks gestation», *Ultrasound Obstet Gynecol*, **42** (6), pp.669-78, [accessed 04/07/2022].
- [52] Tekesin F., Uhlemann F. (2017), «Prenatal diagnosis of coronary artery fistula using 2D and 3D/4D ultrasound», *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **51** (2), pp. 274-275, [accessed

05/07/2022].

[53] Lebit D.F., Vladareanu P.D. (2011), «The Role of 4D Ultrasound in the Assessment of Fetal Behaviour», *Maedica (Bucur)*, **6** (2), pp. 120-127, [accessed 05/07/2022].

[54] Yigiter A.B., Kavak Z.N. (2009), «Normal standards of fetal behavior assessed by four dimensional sonography», *The Journal of Maternal-fetal & Neonatal medicine*, **19** (11), pp.707-721, [accessed 06/07/2022].

[55] Wang Y., Chen X., Zhong S., Zhang R., Pan Y., an P., Gao X. (2019), «Diagnostic Value of Two-Dimensional plus Four-Dimensional Ultrasonography in Fetal Craniocerabral Anomalies», *Iranian Journal of Public Health*, **48** (2), pp. 323-330, [accessed 07/07/2022].

[56] Kurjak A., Stanojevic M., Azumendi G., Carrera J.M. (2005), «The potential pf four-dimensional (4D) ultrasonography in the assessment of fetal awareness», *J Perinat Med*, **33** (1), pp. 46-53, [accessed 08/07/2022].

[57] Oswald J., Schwentner C., Lunacek A., Deibl M., Bartsch G., Radmayr C. (2004), «Age and lean body weight related growth curves of kidneys using real-time 3-dimensional ultrasound in pediatric urology», *The Journal of Urology*, **172** ( 5 Pt 1), pp. 1991-1994, [accessed 09/07/2022].

[58] Nkwabong E., Kenla A., Fomulu J.N. (2012), «Two-Dimensional Ultrasonography in the assessment of nuchal cord», *Journal of Obstetrics & Gynaecology of India*, **63** (2), pp. 120-122, ] accessed 09/07/2022].

[59] Yalinkaya A., Güzel A.I., Kangal K., Türkyilmaz A., Savas Z. (2010), «Ultrasound findings in aneuploidy fetuses:Evaluation of 332 cases», *Journal of the Turkish-German Gynecological Association*, **11** (3), pp.145-148, [accessed 10/07/2022].

[60] Galaardo A M., Alvarez de la Rosa R M., De Luis E J.F., Mendoza R L., Padilla P A.I. Troyano L J. (2018), «Antenatal ultrasound diagnosis and neonatal results of the congenital cystic adenomatoid malformaton of the lung», *Rev Chil Pediatr.*, **89** (2), pp. 224-230, [accessed 11/07/2022].

[61] Hsiao C.H., Wang H.C., Hsieh C.F., Hsu J.J. (2010), «Fetal gender screening by ultrasound at 11 to 13+6 weeks», *Acta Obstetricia at Gynecologica Scandinavica*, **87** (1), pp 8-13, {accessed 12/07/2022].

[62] Ronin-Walknowska E., Samborska M., Plonka T. (2006), «Anomalies of the tongue in the fetus and neonate», *Annales Academiae Medicae Stetinensis*, **52** (3), pp. 7-11, [accessed 12/07/2022].

[63] Paladini d., Tartaglione A., Lambert A., Lapadula C., Martinelli P. (2003), «Prenatal ultrasound diagnosis of Nager syndrome», *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **21** (2), pp. 195-197, [accessed 13/07/2022].

[64] Kubo S., Horinouchi T., Kinoshita M., Yoshizato T., Kozuma Y., Shinagawa T., Ushijima K. (2019), «Visual diagnosis in utero: Prenatal diagnosis of Treacher-Collins syndrome using a 3D/4D ultrasonography», *Taiwanese Journal of Obstetrics & Gynecology*, **58** (4), pp. 566-569, [accessed 13/07/2022].

[65] Albu C.C., Albu D.F., Patrascu A., Albu S.D., Efrem I.C., Goganau A.M. (2020), «Prenatal diagnosis of syndromic alobar holoprosencephaly associated with digynic triploidy fetus», *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, **61** (4), pp. 1309-1316, [accessed 15/07/2022].

[66] Hata T., Tanaka H., Noguchi J. (2011), «3D/4D sonographic evaluation of amniotic band syndrome in early pregnancy: a supplement to 2D ultrasound», *The journal of obstetrics and gynaecology research*, **37** (6), pp. 656-660, [accessed 16/07/2022].