



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΜΑΙΕΥΤΙΚΗ - ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΙΡΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΗΣ ΕΜΒΡΥΙΚΗΣ ΔΥΣΧΕΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ «ΚΑΛΩΣ ΕΧΕΙΝ»
ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΚΕΤΟ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ Π. ΚΟΡΚΟΝΤΖΕΛΟΣ
ΜΑΙΕΥΤΗΡΑΣ / ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2020



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΜΑΙΕΥΤΙΚΗ - ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΙΡΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΗΣ ΕΜΒΡΥΙΚΗΣ ΔΥΣΧΕΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ «ΚΑΛΩΣ ΕΧΕΙΝ»
ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΚΕΤΟ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ Π. ΚΟΡΚΟΝΤΖΕΛΟΣ
ΜΑΙΕΥΤΗΡΑΣ / ΓΥΝΑΙΚΟΛΟΓΟΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2020

«Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα Ν. 5343/32. Άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος)»

Ημερομηνία αίτησης του κ. Κορκόντζελου Ιωάννη: 14-4-2016

Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής: 788^α/31-5-2016

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων

Στέφος Θεόδωρος, Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με έμφαση στην Εμβρυομητρική Ιατρική του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

Ζηκόπουλος Κωνσταντίνος, Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με έμφαση στην Υποβοηθούμενη Αναπαραγωγή του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Βρεκούσης Θωμάς, Επίκουρος Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με έμφαση στη Γυναικολογική Ογκολογία του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ημερομηνία ορισμού θέματος: 28-6-2016

«Μελέτη και σύγκριση μεθόδων για την έγκαιρη αξιολόγηση της εμβρυικής δυσχέρειας και του «καλώς έχεις» του εμβρύου στον τοκετό»

ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ 914^α/3-3-2020

Γεωργίου Ιωάννης	Καθηγητής Ιατρικής Γενετικής και Υποβοηθούμενης Αναπαραγωγής της Μαιευτικής-Γυναικολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Γιάπρος Βασίλειος	Καθηγητής Νεογνολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Ζηκόπουλος Κωνσταντίνος	Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με έμφαση στην Υποβοηθούμενη Αναπαραγωγή του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Ναυρόζογλου Ιορδάνης	Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με Έμφαση στη Γυναικολογική Ογκολογία και Παθολογία του Μαστού του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Στέφος Θεόδωρος	Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας με έμφαση στην Εμβρυομητρική Ιατρική του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Βραχνής Νικόλαος	Αναπληρωτής Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών
Βρεκούσης Θωμάς	Επίκουρος Καθηγητής Μαιευτικής-Γυναικολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Κρήτης

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 16-3-2020

Ιωάννινα 30-4-2020

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Άννα Μπατιστάτου

Καθηγήτρια Παθολογικής Ανατομίας

Η Γραμματέας του Τμήματος

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΙΤΟΠΟΥΛΟΥ


Στη μνήμη της μητέρας μου

Στον πατέρα μου

Στη γυναίκα μου
και τα παιδιά μου Περικλή και Ελίνα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην ιστορία της Μαιευτικής τα πιο σημαντικά επιτεύγματα σημειώθηκαν τα τελευταία 50 χρόνια. Με την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης και της τεχνολογίας, το έμβρυο μπορεί να παρακολουθείται πλέον σε όλη τη διάρκεια της εγκυμοσύνης αλλά και στο τελικό και πιο κρίσιμο στάδιο, το στάδιο του τοκετού. Αξίζει να σημειωθεί, ότι μέχρι και πριν από λίγες δεκαετίες η παρακολούθηση της εγκύου γινόταν με τη χρήση ενός και μόνο βοηθητικού εργαλείου, του κοιλιοσκοπίου.

Στη σημερινή εποχή, θεωρείται απαραίτητο ο μαιευτήρας να χρησιμοποιεί ένα «συνδυασμό» τεχνολογικών μέσων έτσι ώστε να επιτυγχάνει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα με την προϋπόθεση ότι υπάρχει η δυνατότητα παροχής και χρήσης των μέσων αυτών στη κλινική καθ' ημέρα πράξη. Πρέπει να τονισθεί όμως, ότι το τελικό αποτέλεσμα ενός επιτυχούς φυσιολογικού τοκετού εκτός από την σωστή λειτουργία των μηχανημάτων τα οποία δεν είναι πάντα διαθέσιμα εξαρτάται άμεσα από την εμπειρία του ιατρού αλλά και από το προσωπικό που στελεχώνει το Μαιευτήριο. Σε πολλές περιπτώσεις, όταν υπάρχει αμφιβολία για το «καλώς έχειν» του εμβρύου ο γιατρός καλείται να λάβει υπό την πίεση του χρόνου, γρήγορες αλλά όχι λανθασμένες αποφάσεις. Η χρήση των νέων τεχνολογικών μεθόδων μπορεί να βοηθήσει τον μαιευτήρα να αποφασίσει αν θα επιτρέψει σε ένα τοκετό να συνεχισθεί και να εξελιχθεί φυσιολογικά ή αν θα χρειαστεί να προβεί σε επεμβατικό τοκετό, ο απώτερος όμως σκοπός πάντα πρέπει να είναι η αποφυγή ενός δυσμενούς περιγεννητικού αποτελέσματος. Η επίμονη ανάγκη του σύγχρονου κόσμου να μειώσει το ποσοστό καισαρικών τομών ενίοτε φαίνεται να μη συνάδει με την αγωνιώδη προσπάθεια του μαιευτήρα σε περίπτωση αμφιβολιών να λάβει τη σωστή απόφαση, να ελαχιστοποιήσει τις μαιευτικές επιπλοκές και να επιλέξει για το έμβρυο και για τη μητέρα τον ασφαλέστερο τρόπο διεξαγωγής του τοκετού.

Τα τελευταία χρόνια, μέθοδοι παρακολούθησης του εμβρύου οι οποίες βασίζονται σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό εξοπλισμό, απλό ή πιο σύνθετο, όπως η καρδιοτοκογραφία, η υπερηχογραφία-Doppler υπερηχογραφία, και η παλμική οξυμετρία χρησιμοποιούνται προγεννητικά και περιγεννητικά έτσι ώστε να μειώσουν τους κινδύνους για το έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης και κατά τον τοκετό.

Ειδικότερα, η καρδιοτοκογραφία εξωτερική ή εσωτερική, δύναται να καταγράψει ταυτόχρονα τη συσταλτικότητα του μυομητρίου και την εμβρυική καρδιακή συχνότητα, μπορεί να εφαρμοστεί από το δεύτερο τρίμηνο της εγκυμοσύνης και να συμβάλλει στην

παρακολούθηση του εμβρύου για το υπόλοιπο της εγκυμοσύνης αλλά κυρίως κατά τον τοκετό. Είναι μία μη επεμβατική, ασφαλής, αξιόπιστη μέθοδος παρακολούθησης της κατάστασης του εμβρύου και αποτελεί την παλαιότερη εκ των προαναφερθέντων τριών μεθόδων.

Η παλμική οξυμετρία, είναι μία σύγχρονη επικουρική μέθοδος καταγραφής της οξυγόνωσης του εμβρύου στον τοκετό η οποία καταγράφει το ποσοστό κορεσμού του οξυγόνου του εμβρυϊκού αρτηριακού αίματος. Η μέθοδος αυτή, βασιζόμενη σε μία ήδη καθιερωμένη τεχνολογία χρησιμοποιούμενη στην αναισθησιολογία, στη νεογνολογία και στις Μονάδες Εντατικής Θεραπείας, παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε αληθή χρόνο για την ενδομήτρια κλινική κατάσταση του εμβρύου.

Η Doppler υπερηχογραφία, ως μια μέθοδος εκτίμησης της αιματικής ροής του εμβρύου από το πρώτο τρίμηνο της κύησης έως και τον τοκετό, μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στη μελέτη φυσιολογικών και παθολογικών καταστάσεων της εγκύου και του εμβρύου. Η μέθοδος αυτή έχει καθιερωθεί στην κλινική πράξη και αποσκοπεί στην έγκαιρη διάγνωση παθολογικών καταστάσεων, αποτρέποντας την ανάπτυξη σοβαρών επιπλοκών κατά την κύηση και τον τοκετό.

Η ιδανική εξέταση η οποία θα επιτυγχάνει την απόλυτη ασφάλεια του εμβρύου σε ένα τοκετό δεν έχει ακόμα εφευρεθεί. Το πιθανότερο σενάριο είναι η σύγχρονη επιστήμη να καταλήξει σε ένα συνδυασμό μεθόδων οι οποίες θα εξασφαλίζουν το ασφαλέστερο δυνατό περιγεννητικό αποτέλεσμα. Σκοπός της μελέτης αυτής, ήταν να διερευνήσει αν η προσθήκη στη συμβατική καρδιοτοκογραφία των δύο παραπάνω αναφερόμενων μη επεμβατικών, και ατραυματικών μεθόδων, της παλμικής οξυμετρίας ή της Doppler υπερηχογραφίας θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως συνδυαστικό εργαλείο στην επιβεβαίωση του «καλώς έχειν» του εμβρύου αλλά στην και έγκαιρη αξιολόγηση της εμβρυϊκής δυσχέρειας.

Από τη θέση του υποψήφιου διδάκτορα, θα ήθελα να εκφράσω την μεγάλη μου ευγνωμοσύνη και τις βαθύτατες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της διδακτορικής διατριβής Καθηγητή κ. Θεόδωρο Στέφο, ο οποίος με καθηγητική και εκπαιδευτική προσήλωση ενέσκηψε στη μελέτη και με παρότρυνε, ενθάρρυνε και καθοδήγησε κατά τη διάρκεια της έρευνας μου.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Ζηκόπουλο και τον Επίκουρο καθηγητή κ. Θωμά Βρεκούση για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης.

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ Σαλαμαλέκη Εμμανουήλ για την παραχώρηση δεδομένων για την εκπόνησης της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Antonio Ambrosini (Universita degli Studi di Padova, Padova, Italy), για τη βοήθειά του στην εκμάθηση της χρήσης του αισθητήρα και του μηχανήματος της παλμικής οξυμετρίας.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κύπρο Νικολαΐδη (Harris Birthright Research Centre, King's College Hospital, London, UK), για τη διδασκαλία του, την εκπαίδευση και την εξειδίκευση που μου παρείχε στο αντικείμενο της Εμβρυομητρικής Ιατρικής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημακόπουλο για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και τη συνολική βοήθειά του.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	7
1. Μέθοδοι για τη διάγνωση του «καλώς έχειν» του εμβρύου	7
1.1 Καρδιοτοκογραφία	7
1.2 Προσδιορισμός του pH του εμβρυικού αίματος / τριχωτό της κεφαλής	7
1.3 Υπερηχογραφία / Doppler Υπερηχογραφία	8
1.4 Υπολογιστική Καρδιοτοκογραφία	10
1.5 Υπολογιστική Οξυκαρδιοτοκογραφία	11
1.6 Εμβρυικό Ηλεκτροκαρδιογράφημα	12
1.7 Παλμική οξυμετρία	13
2. Αξιολόγηση του εμβρύου με κλασσικές μεθόδους	15
2.1 Καρδιοτοκογραφία	16
2.2 Προσδιορισμός pH του εμβρυικού αίματος και τεχνικές διέγερσης	18
2.3 Βαθμολόγηση Apgar	20
3. Αξιολόγηση του εμβρύου με νεότερες μεθόδους	23
3.1 Παλμική Οξυμετρία	23
3.1.1 Ιστορική αναδρομή	23
3.1.2 Κορεσμός οξυγόνου	25
3.1.3 Οξύμετρο- Βασική λειτουργία	29
3.1.4 Καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου με την παλμική οξυμετρία	38
3.1.5 Καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου (SpO ₂) κατά τον τοκετό	42
3.1.6 Βαθμονόμηση-Ακρίβεια του μηχανήματος	49
3.1.7 Κριτικό όριο 30% για το εμβρυικό SpO ₂	51
3.2 Doppler υπερηχογραφία	56
3.2.1 Ιστορική αναδρομή	56
3.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας της Doppler υπερηχογραφίας	57
3.2.3 Συσκευές Doppler	61
3.2.4 Δείκτες μέτρησης κυματομορφών - Doppler indices	64
3.2.5 Η ασφάλεια των υπερήχων	65

3.3 Doppler ροομετρία κατά την κύηση	67
3.3.1 Ομφαλική αρτηρία	70
3.3.2 Μέση εγκεφαλική αρτηρία	71
3.3.3 Εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία	73
4. Σκοπός της μελέτης	75
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	77
1.Καρδιοτοκογραφία - Παλμική Οξυμετρία (Ομάδα Α)	77
Υλικό – Μέθοδος	77
Αποτελέσματα	80
2. Καρδιοτοκογραφία - Doppler Υπερηχογραφία (Ομάδα Β)	105
Υλικό – Μέθοδος	105
Αποτελέσματα	109
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	129
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	143
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	147
SUMMARY	149
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	151
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	169
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	171

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

I. ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΟΥ «ΚΑΛΩΣ ΕΧΕΙΝ» ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ

1.1 Καρδιοτοκογραφία

Η καρδιοτοκογραφία, αποτελεί πλέον μία σταθερή και μόνιμη μέθοδο παρακολούθησης του «καλώς έχειν» του εμβρύου στην καθ' ημέρα κλινική πράξη και βασίζεται στη συνεχή ηλεκτρονική καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού (ΕΚΡ). Ταυτόχρονα, με τη μέθοδο αυτή αξιολογείται η καταγραφή των μεταβολών του εμβρυικού ρυθμού σε σχέση με την ένταση και τη συχνότητα των συσπάσεων της μήτρας δηλαδή της μυομητρικής δραστηριότητας. Η καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση του εμβρύου στον τοκετό είναι ιδιαίτερα χρήσιμη τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο στάδιο του τοκετού όπου σε κάθε σύσπαση της μήτρας προκαλείται παροδικά μειωμένη ροή αίματος στο μεσολάχνιο χώρο η οποία και επιδρά άμεσα στον εμβρυικό καρδιακό ρυθμό.

Υπάρχουν δύο είδη καρδιοτοκογραφίας, η εξωτερική και η εσωτερική καρδιοτοκογραφία.

Η εξωτερική καρδιοτοκογραφία είναι μία μη επεμβατική μέθοδος, εύκολη στη χρήση, με μικρή σχετικά ευαισθησία και συνίσταται στην τοποθέτηση δύο κεφαλών, της μιας στο ύψος της καρδιάς του εμβρύου και της άλλης στον πυθμένα της μήτρας. Κατά την καταγραφή των συσπάσεων της μήτρας, δεν καταγράφεται άμεσα η ενδομήτρια πίεση όμως παρέχονται ενδείξεις για την αρχή, την έναρξη και το τέλος της σύσπασης η οποία συσχετίζεται με τους εμβρυικούς παλμούς.

Η εσωτερική καρδιοτοκογραφία απαιτεί τη είσοδο ενός ειδικού καθετήρα στην μητρική κοιλότητα διαμέσου του τραχηλικού στομίου. Έτσι, επιτυγχάνεται η απόλυτη μέτρηση της έντασης των συσπάσεων της μήτρας, είναι όμως μία επεμβατική μέθοδος και μπορεί να συνοδεύεται από επιπλοκές όπως τον τραυματισμό του εμβρύου ή της μήτρας και την αιμορραγία.¹⁻⁴

1.2 Προσδιορισμός του pH του εμβρυικού αίματος από το τριχωτό της κεφαλής

Ο προσδιορισμός του pH του εμβρυικού αίματος αποτελεί μία καθιερωμένη, επεμβατική ωστόσο μέθοδο, που συνίσταται στη λήψη αίματος από το τριχωτό της κεφαλής του εμβρύου.

Η τεχνική περιλαμβάνει την αποκάλυψη του δέρματος της κεφαλής με ένα αμνιοσκόπιο. Μετά

την απομάκρυνση των τριχών γίνεται μία μικρή τομή στο δέρμα και μια μικρή ποσότητα αίματος συλλέγεται σε μία ηπαρινισμένη σύριγγα ή σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Ο σκοπός της τεχνικής αυτής είναι να διαπιστώσει περιστατικά εμβρυικής οξέωσης σε περιπτώσεις παθολογικού καρδιακού ρυθμού. Όταν καθιερώθηκε η συνεχής καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση, η λήψη εμβρυικού αίματος χρησιμοποιήθηκε σαν συμπληρωματική μέθοδος με την προοπτική της μείωσης των καισαρικών τομών.⁵

Η μέθοδος αυτή εμφανίζει σχετικές δυσκολίες, όπως ανεπαρκής ποσότητα αίματος για ανάλυση, ανεπαρκής τομή στο δέρμα και επανάληψή της, παρουσία αέρα ή πύγματος στο δοκιμαστικό σωλήνα. Οι δυσκολίες αυτές σχετίζονται άμεσα με τη εμπειρία του χειριστή και μειώνονται με το χρόνο. Αντενδείξεις, αποτελούν οι λοιμώξεις των γεννητικών οργάνων από ιούς και μικρόβια, ενώ οι επιπλοκές που αφορούν το έμβρυο είναι η αιμορραγία, το αιμάτωμα και η διαπύση της τομής.⁶

1.3 Υπερηχογραφία / Doppler Υπερηχογραφία

1.3.1 Υπερηχογραφία

1. Υπερηχογραφική εκτίμηση πριν από την έναρξη του τοκετού

Οι βασικές υπερηχογραφικές εκτιμήσεις που πρέπει να προηγούνται του τοκετού είναι η επιβεβαίωση του σχήματος και της προβολής, ο προσδιορισμός του βάρους και της ηλικίας του εμβρύου, η εκτίμηση των εμβρυικών και αναπνευστικών κινήσεων, ο έλεγχος της ποσότητας του αμνιακού υγρού, ο έλεγχος της θέσης πρόσφυσης του πλακούντα (χαμηλή πρόσφυση – παραχείλιος - επιχείλιος – επιπωματικός), ο έλεγχος έκτασης της κεφαλής και της αμφιβρεγματικής διαμέτρου σε ισχιακή προβολή, η δίδυμος κύηση (προβολή 2ου εμβρύου – θέση σπονδυλικής στήλης). Οι νεότερες ενδείξεις υπερηχογραφικού ελέγχου σχετίζονται με τον ακριβή προσδιορισμό της ηλικίας του εμβρύου, τη μέτρηση του μήκους του τραχήλου με διακολπικό υπέρηχο για την εκτίμηση του χρόνου έναρξης του τοκετού, του μήκους του τραχήλου πριν την πρόκληση του τοκετού (πιθανότητες επιτυχούς κολπικού τοκετού σε σύντομο χρόνο), τον προσδιορισμό της θέσης της εμβρυϊκής κεφαλής στον τοκετό, την επιβεβαίωση εμπέδωσης της κεφαλής και της προβάλλουσας μοίρας κατά την έναρξη του τοκετού ή πριν την χρήση εμβρυουλκίας.

Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και αφορούν το υπερηχογράφημα στην κύηση αξίζει να σημειωθούν μερικές σημαντικές παρατηρήσεις. Στις κύσεις που υπερηχογραφικά

βρίσκονται σε παράταση κύησης σε σχέση με την τελευταία έμμηνο ρύση (TEP), φαίνεται να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα.⁷ Ο υπερηχογραφικός έλεγχος πριν τον τοκετό για ανεύρεση περιουγενικών περιτυλίξεων θεωρείται ότι δεν είναι απαραίτητος.⁸ Η υπερηχογραφική εκτίμηση του πάχους του κατώτερου τμήματος της μήτρας μετά από KT (2.5 mm), αποτελεί αξιόπιστο δείκτη ασφαλείας σε επιχειρούμενο κολπικό τοκετό.⁹ Η μέτρηση του δείκτη παλμικότητας (Pulsatility Index-PI) της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας σε παρατασιακές κύσεις αποτελεί καλύτερο προγνωστικό δείκτη από τον δείκτη αμνιακού υγρού (Amniotic Fluid Index-AFI) στην πιθανότητα παρουσίας κεχρωσμένου αμνιακού υγρού. Η εκτίμηση του αμνιακού υγρού σε παρατασιακή κύηση, κυρίως σε παρουσία ολιγάμνιου (AFI: 5-6cm ή pocket: 2cm) έχει ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι σχετίζεται με αυξημένο ποσοστό καισαρικών τομών (35% v/s 8%) και με δυσμενέστερο περιγεννητικό αποτέλεσμα. Γενικά, ο συνδυασμός της μέτρησης του PI της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας με τον δείκτη αμνιακού υγρού (AFI) αποτελούν αξιόπιστο προγνωστικό δείκτη για την εμφάνιση επιπλοκών.¹⁰

1.3.2 Doppler Υπερηχογραφία

Στην Μαιευτική, η εφαρμογή της Doppler υπερηχογραφίας (κλασσική, έγχρωμη, παλμική, συνεχής) έδωσε τη δυνατότητα πληρέστερης εικόνας της φυσιολογίας του εμβρύου όσον αφορά την ευρεία αιμοδυναμική κατάστασή του.^{2,4}

Οι κλινικές εφαρμογές της Doppler υπερηχογραφίας είναι πολύ σημαντικές ιδίως σε παθολογικές καταστάσεις στην κύηση όπως, η ενδομήτρια καθυστέρηση στην ανάπτυξη του εμβρύου, οι εκφυλιστικές αλλοιώσεις του πλακούντα και η πλακουντιακή ανεπάρκεια, η εκτίμηση του καρδιαγγειακού συστήματος του εμβρύου, ο λεπτομερής έλεγχος της καρδιάς του εμβρύου, οι παθολογικές καταστάσεις της εγκύου (υπέρταση, σακχαρώδης διαβήτης, νεφρικές παθήσεις, κολλαγονώσεις).^{2,4} Επίσης, η Doppler υπερηχογραφία μπορεί να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες στην αρχόμενη κύηση, όπως ότι η χαμηλή καρδιακή συχνότητα συνήθως συνδυάζεται με κακή έκβαση της κύησης.¹¹

Με τη βοήθεια της Doppler υπερηχογραφίας, μπορούμε να μελετήσουμε την πλακουντιακή και την εμβρυική κυκλοφορία και να πληροφορηθούμε για την ενδομήτρια κατάσταση του εμβρύου και σε περίπτωση παθολογικών καταστάσεων να βελτιώσουμε το περιγεννητικό αποτέλεσμα. Το πρώτο και πιο συχνά εξεταζόμενο αγγείο είναι η ομφαλική αρτηρία και μας δίνει πληροφορίες για την αιμάτωση της εμβρυοπλακουντιακής μονάδας. Μερικοί συγγραφείς θεωρούν ότι η παρουσία αυξημένων αντιστάσεων στο αγγείο αυτό αποτελεί

καλύτερο προγνωστικό δείκτη από άλλες μεθόδους όπως η καρδιοτοκογραφία και το βιοφυσικό προφίλ. Η απουσία τελοδιαστολικής ροής σχετίζεται με εμβρυική υποξαιμία και υψηλή περιγεννητική νοσηρότητα και θνησιμότητα.^{3,12,13}

Για τον έλεγχο της κυκλοφορίας του εμβρύου χρησιμοποιούνται επίσης η μέση εγκεφαλική αρτηρία, η κατιούσα αορτή και ο φλεβώδης πόρος του ήπατος. Η έντονη υποξαιμία του εμβρύου επηρεάζει το δείκτη παλμικότητας (PI) της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και στο τέλος εμφανίζονται κύματα με ανάστροφη ροή που υποδηλώνουν ανεπαρκή αιμάτωση του εμβρυικού εγκεφάλου. Επίσης, ιδιαίτερα χρήσιμοι είναι οι δείκτες της σχέσης μεταξύ του PI της μέσης εγκεφαλικής και της ομφαλικής αρτηρίας και του PI μεταξύ της θωρακικής αορτής και της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.^{14,15}

Ένα από τα πλέον δυσχερή προγνωστικά σημεία είναι η εμφάνιση παλμικότητας στην ομφαλική φλέβα, ένδειξη αυξημένης πλακουντιακής αντίστασης και περιφερικής αγγειοσύσπασης.¹⁶

Σε μία μελέτη, αναφέρεται ότι η χρήση της Doppler υπερηχογραφίας στον τοκετό φαίνεται να υπερτερεί της καρδιοτοκογραφίας.¹⁷ Εντούτοις, παρά το μεγάλο αριθμό κλινικών μελετών όσον αφορά τη χρήση της υπερηχογραφίας στον τοκετό, δεν έχει αποδειχθεί ακόμα επαρκώς ότι μπορεί να επιφέρει βελτίωση του περιγεννητικού αποτελέσματος. Επίσης, θεωρείται σχετικά πολύπλοκη στην εφαρμογή της και προϋποθέτει ανάλογο κόστος υποδομής.⁴

1.4 Υπολογιστική Καρδιοτοκογραφία

Η συνεχής καταγραφή του καρδιακού ρυθμού σε σχέση με τη δραστηριότητα της μήτρας χρησιμοποιείται προ και κατά τη διάρκεια του τοκετού για την αναγνώριση της εμβρυικής δυσχέρειας. Τα οφέλη από την εφαρμογή του κλασσικού καρδιοτοκογραφήματος δεν ήταν τα αναμενόμενα και οφείλονται κυρίως στις πολλαπλές ερμηνείες που μπορεί να δώσει κάθε γιατρός κατά την ανάλυσή του. Μεταξύ του 1994-1995, η Εμπιστευτική Μελέτη των Ενδομήτριων και Νεογνικών Θανάτων (CESDI) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η κυριότερη αιτία εμβρυικών θανάτων που σχετίζονται με τον τοκετό είναι η αδυναμία ερμηνείας του καρδιοτοκογραφήματος καθώς και η αδυναμία ανάληψης δράσης για αναστροφή του επερχόμενου δυσάρεστου αποτελέσματος.¹⁸

Αντίθετα, ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του καρδιοτοκογραφήματος με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (υπολογιστική καρδιοτοκογραφία) μπορεί να είναι πιο αξιόπιστη μέθοδος από την αξιολόγηση και ανάλυσή του από τους ιατρούς. Η ανάλυση από υπολογιστή απαιτεί έναν αλγόριθμο ο οποίος μπορεί να αναγνωρίσει τις συνεχείς αλλαγές της βασικής γραμμής, την διαφοροποίηση, τον αριθμό επιταχύνσεων και τον τύπο των επιβραδύνσεων.

Γενικώς, η ερμηνεία του καρδιοτοκογραφήματος στον τοκετό είναι ιδιαιτέρως πολύπλοκη και όλα τα συστήματα έως τώρα δεν έχουν δείξει μεγάλη αξιοπιστία κατά τη χρήση τους στην κλινική πράξη.¹⁹

Ο Chung και συν, χρησιμοποίησαν τη μέση τιμή της εμβρυικής συχνότητας σε καταγραφές των 6 λεπτών εξαλείφοντας τις διακυμάνσεις που οφείλονταν σε ξαφνικές μεταβολές του εμβρυικού ρυθμού και τις αντικατέστησαν με το μέσο όρο της βασικής γραμμής των δύο προηγούμενων καταγραφών.²⁰ Η χρήση αυτού του απλού αλγόριθμου για τη μελέτη της βασικής γραμμής, της διαφοροποίησης και των επιβραδύνσεων είχε ευαισθησία 88% και ειδικότητα 75% για την διάγνωση οξέωσης στην ομφαλική αρτηρία.

Μία καινούρια μέθοδος για τον προσδιορισμό της εμβρυικής βασικής γραμμής με τη χρήση υπολογιστή ειδικά σχεδιασμένου έτσι ώστε να ακολουθεί τις ταχείες αλλαγές στην βασική γραμμή σχεδιάστηκε από τον Taylor.¹⁹ Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ερμήνευε τρεις διαδικασίες: 1. παρεμβολή σε μη έγκυρα δεδομένα. 2. προσδιορισμό της βασικής γραμμής. 3. ανάλυση των σημάτων. Η πρώτη διαδικασία απαιτούσε την αφαίρεση των περιοχών απώλειας του σήματος με την εντόπιση ξαφνικών μεγάλων αλλαγών στον εμβρυικό καρδιακό ρυθμό καθώς και μετρήσεις εκτός των αποδεκτών τιμών των 55-200 παλμών/λεπτό. Η βασική γραμμή παραγόταν από μία επαναλαμβανόμενη διαδικασία σταθερής βελτίωσης του καταγραφόμενου σήματος πριν από την τελική καταγραφή της βασικής γραμμής. Η μέγιστη ανάλυση του σήματος περιελάμβανε τον καθορισμό των επιταχύνσεων, των επιβραδύνσεων και της διαφοροποίησης καθώς και την εξάλειψη των artifact.¹⁹

1.5 Υπολογιστική Οξυκαρδιοτοκογραφία

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για αυτοματοποιημένη έγκαιρη διάγνωση της πιθανής παθολογικής κατάστασης του εμβρύου και ειδικότερα της εμβρυικής υποξίας. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, βασισμένα στην αρχιτεκτονική αυτοοργανούμενων νευρωνικών δικτύων και στην ανάλυση κυματομορφής σε ποικίλα εύρη συχνοτήτων (Wavelet Transform) και έχουν σαν σκοπό την αξιολόγηση των παραμέτρων της εμβρυικής καρδιακής συχνότητας (βασική γραμμή, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις).²¹

Σχετικά πρόσφατα, διαπιστώθηκε η ύπαρξη σημαντικής συσχέτισης μεταξύ της παθολογικής λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος του εμβρύου και της εμβρυικής θνησιμότητας που οφείλεται σε καρδιαγγειακά αίτια.²² Η μέθοδος αυτή βασίστηκε κυρίως

στην ανάλυση της μεταβλητότητας του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού και είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος του εμβρύου με τρόπο μη επεμβατικό και με τη χρήση ακουστικού σήματος.

Η αυξομείωση του EKP γύρω από μία μέση τιμή αναφέρεται ως «διακύμανση» (Variability). Η κλινική σημασία της διακύμανσης του εμβρυικού ρυθμού αναγνωρίστηκε αρχικά από τους Hon και Lee το 1965, οι οποίοι παρατήρησαν ότι προ της εμφάνισης της εμβρυικής δυσχέρειας προηγούνταν αλλαγές στα διαστήματα μεταξύ των παλμών πριν ακόμα προκύψει μία εκτιμήσιμη αλλαγή στον καρδιακό ρυθμό.²³ Αργότερα, ο Akselrod και συν, εισήγαγαν την ενεργειακή ανάλυση φάσματος των διακυμάνσεων του καρδιακού ρυθμού χρησιμοποιώντας την μετατροπή Fourier και τόνισαν τη σχέση μεταξύ της δραστηριότητας του αυτόνομου νευρικού συστήματος και των χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.²⁴

Οι περισσότερες μελέτες είναι βασισμένες στην εφαρμογή της μετατροπής του Fourier και του μοντέλου της αυτο-παλινδρόμησης. Όμως οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν είχαν περιορισμούς και αναφέρονταν σε ανάλυση σημάτων που παρουσιάζουν στατική συμπεριφορά σε συνάρτηση με το χρόνο. Δεδομένου ότι ο εμβρυικός καρδιακός ρυθμός έχει μία συμπεριφορά μη-στατική για μεγάλο διάστημα, η εφαρμογή αυτής της μεθόδου αποδείχτηκε μη επαρκής.^{21,25}

1.6 Εμβρυικό Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Στο εμβρυικό ηλεκτροκαρδιογράφημα πραγματοποιείται ανάλυση του κύματος ST επιτυγχάνοντας τον έλεγχο της ενδομήτριας κατάστασης του εμβρύου. Η μέθοδος αυτή, αναπτύχθηκε τις προηγούμενες δεκαετίες και εισήχθη στη κλινική πράξη στα τέλη της δεκαετίας του 1990, αποτελεί δε, συμπληρωματική εξέταση της καρδιοτοκογραφίας. Στο τυπικό εμβρυικό ηλεκτροκαρδιογράφημα παρατηρούνται τα κύματα P, QRS και T. Το κύμα P αντιστοιχεί στη συστολή των κόλπων. Η επόμενη αλληλουχία του κύματος (QRS) αντιστοιχεί στη συστολή των κοιλιών και είναι ένα παθητικό συμβάν. Το έπαρμα T αντιπροσωπεύει τη διαφορά χρόνου μεταξύ της επαναπόλωσης των τμημάτων του μυοκαρδίου και κυρίως την επαναπόλωση των κοιλιών. Το έπαρμα ST καθώς και το κύμα T σχετίζονται με την επαναπόλωση των κυττάρων του μυοκαρδίου και την προετοιμασία τους για την επόμενη συστολή μετά από κάθε διαστολή της καρδιάς.

Η ανύψωση του επάρματος ST όπως και η αύξηση του λόγου T/QRS είναι ένδειξη εμφράγματος του μυοκαρδίου στους ενήλικες και απουσίας επαρκούς ενέργειας και

οξυγόνωσης των κυττάρων και ομοίως εμφανίζεται και στα έμβρυα στο ηλεκτροκαρδιογράφημα. Μελέτες σε πειραματόζωα, έδειξαν ότι σε περίπτωση υποξίας ένα τελειόμηνο έμβρυο αντιδρά με ανύψωση του επάρματος ST και σταδιακή αύξηση του κύματος T.

Οι καταγραφικές μέθοδοι του εμβρυϊκού ηλεκτροκαρδιογραφήματος βελτιώθηκαν με την πρόοδο της τεχνολογίας δίνοντας έμφαση στη βελτίωση της επεξεργασία του σήματος, αλλά και με τη χρήση λογαριθμικών συναρτήσεων για την αξιολόγηση των παθολογικών ST επαρμάτων. Σημειώνεται πάντως, ότι η βελτίωση στην καταγραφή και η ερμηνεία της μεθόδου αυτής είναι συνδεδεμένη άμεσα με την παροχή ενός μοντέλου γνώσης και εκπαίδευσης, ενώ η καμπύλη εκμάθησης μπορεί να επιμηκυνθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.²⁶

1.7 Παλμική Οξυμετρία

Η παλμική οξυμετρία είναι μία τεχνική καταγραφής της οξυγόνωσης του εμβρύου κατά τον τοκετό. Η τεχνολογία αυτής της μεθόδου προϋπάρχει και έχει ήδη καθιερωθεί στην αναισθησιολογία, τη νεογνολογία και στις Μονάδες Εντατικής Νοσηλείας. Η παλμική οξυμετρία λειτουργεί επικουρικά της καρδιοτοκογραφίας και η χρησιμότητά της έγκειται στο ότι προσδιορίζει το ποσοστό κορεσμού οξυγόνου του εμβρυϊκού αίματος (SpO_2). Η μέθοδος αυτή είναι μη επεμβατική-ατραυματική και απαιτεί μερικές προϋποθέσεις για να εφαρμοστεί όπως, την κεφαλική προβολή, την επαρκή διαστολή του τραχήλου και τη ρήξη των εμβρυϊκών υμένων. Αντίθετα, δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε άρρηκτους υμένες, σε χαμηλή πρόσφυση πλακούντα και σε λοιμώξεις των γεννητικών οργάνων. Ακόμα, προϋποθέτει τη συνεχή παρουσία του μαιευτήρα στην αίθουσα τοκετών για τη διόρθωση της θέσης του αισθητήρα με την κάθοδο της κεφαλής. Έχει αναφερθεί ένα ποσοστό απώλειας του σήματος που σχετίζεται με την εμπειρία του μαιευτήρα καθώς και την ανοχή της επιτόκου στον αισθητήρα.

Εάν το καρδιοτοκογράφημα χαρακτηρίζεται ως προπαθολογικό ή παθολογικό ή γενικότερα μη καθησυχαστικό η μέτρηση του SpO_2 μπορεί να δώσει επιλέον πληροφορίες όσον αφορά την κατάσταση του εμβρύου. Η κλινική σημασία της καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου βασίζεται στην ικανότητα της μεθόδου να διαχωρίζει το φυσιολογικό από το παθολογικό SpO_2 κατά τη διάρκεια του τοκετού.

Ο καθορισμός αυτού του ορίου κάτω από το οποίο ο μαιευτήρας θα πρέπει να κινητοποιηθεί άμεσα ορίστηκε στο 30%. Μελέτες σε πειραματόζωα τα οποία υποβλήθηκαν σε υποξία έδειξαν ότι η πτώση του κορεσμού οξυγόνου κάτω του 30% προκαλεί πτώση του pH, αύξηση του γαλακτικού οξέως και ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού.

Η παλμική οξυμετρία επομένως, θεωρείται ότι μπορεί να δώσει τη δυνατότητα συμπληρωματικής αξιολόγησης της κατάστασης του εμβρύου σε πραγματικό χρόνο σε περιπτώσεις ύποπτου ή μη καθησυχαστικού καρδιοτοκογραφήματος.²⁷

2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ ΜΕ ΚΛΑΣΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

(ΚΑΡΔΙΟΤΟΚΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ pH ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΙΚΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ - ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ APGAR)

Τοκετός καλείται το σύνολο των διαδικασιών μέσω των οποίων το έμβρυο έρχεται στον κόσμο. Ο τοκετός μπορεί να είναι φυσιολογικός ή επεμβατικός (εμβρυουλκία ή καισαρική τομή).

Ο φυσιολογικός τοκετός χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια. Τα μεταξύ τους όρια δεν είναι πάντα ευδιάκριτα, εξαρτώνται δε από πολλούς παράγοντες και διακρίνονται στο πρώτο στάδιο του τοκετού ή στάδιο της διαστολής, στο δεύτερο στάδιο του τοκετού ή στάδιο της εξώθησης και στο τρίτο στάδιο του τοκετού ή στάδιο της υστεροτοκίας.

Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί να συμβαίνει ταυτόχρονα διαστολή του τραχηλικού στομίου και κάθοδος του εμβρύου και έτσι ο τοκετός εναλλακτικά μπορεί να διαχωριστεί σε δύο φάσεις: Τη λανθάνουσα ή προπαρασκευαστική φάση, κατά την οποία πραγματοποιείται η προπαρασκευή του τραχήλου και η ελαφρά κάθοδος της προβάλλουσας μοίρας και την ενεργό φάση κατά τη οποία πραγματοποιείται η τελική διαστολή του τραχήλου και η οριστική κάθοδος της προβάλλουσας μοίρας. Καθ' όλη τη διάρκεια του τοκετού η επίτοκος πρέπει να είναι υπό καρδιοτοκογραφικό έλεγχο.

Επίσης, η καταγραφή των ωδινών της μήτρας στον τοκετό είναι απαραίτητη γιατί ενίοτε η μειωμένη ροή του οξυγονομένου αίματος επηρεάζει τη διάχυση του αίματος στους μεσολάχιους χώρους εμποδίζοντας τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς με αποτέλεσμα τη πιθανή μεταβολή του εμβρυϊκού καρδιακού ρυθμού.

Η εμβρυϊκή δυσχέρεια είναι μία εξελισσόμενη διαδικασία, δυνητικά αναστρέψιμη, η οποία μπορεί να επιδεινώνεται σταδιακά σε διάστημα τριάντα ή παραπάνω λεπτών ή μπορεί να αποβεί θανατηφόρα σε διάστημα λιγότερο των δεκαπέντε λεπτών.

Ο μηχανισμός της εμβρυϊκής ασφυξίας λειτουργεί με συγκεκριμένη χρονική αλληλουχία. Αρχικά, εμφανίζεται υποξαιμία ελάττωση δηλαδή του οξυγόνου που μεταφέρεται στο αίμα και κατόπιν υποξία δηλαδή ελάττωση του οξυγόνου που μεταφέρεται στους ιστούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του CO₂ που οδηγεί αρχικά σε αναπνευστική οξέωση. Για να καλυφθούν οι ανάγκες του εμβρύου ο αερόβιος μεταβολισμός συμπληρώνεται από αναερόβιο μεταβολισμό. Εάν η υποξία παραταθεί, ο αναερόβιος μεταβολισμός παράγει γαλακτικό οξύ και προκαλείται περαιτέρω πτώση του pH οδηγώντας σε μεικτή οξέωση. Εάν συνεχιστεί η επιδείνωση, η οξέωση μετατρέπεται κυρίως σε μεταβολικού χαρακτήρα και

επηρεάζει πλέον όλο τον οργανισμό. Το ΚΝΣ καταστέλλεται με απώτερα αποτελέσματα στον μυικό ιστό, στα αντανεκλαστικά, στην αναπνοή και στην κυκλοφορία. Όταν ένα νεογνό γεννηθεί σε αυτό το στάδιο είναι πολύ πιθανό η βαθμολόγηση Apgar να είναι χαμηλή.^{2,3,4}

2.1 Καρδιοτοκογραφία

Η καρδιοτοκογραφία θεωρείται, η πιο εύκολα εφαρμόσιμη και η πιο διαδεδομένη μέθοδος εκτίμησης της κατάστασης του εμβρύου και εφαρμόζεται σε όλα τα σύγχρονα μαιευτήρια. Ξεκίνησε στις αρχές του 1950, καθιερώθηκε στην κλινική πράξη στις αρχές του 1970 και ο σκοπός της είναι να εντοπίζει εμμέσως τα έμβρυα με πιθανή υποξία και εμβρυική δυσπραγία.²³

Η αποτελεσματικότητα της, ως η μόνη μέθοδος διάγνωσης της εμβρυικής δυσχέρειας εκτιμήθηκε από πολλούς ερευνητές και οι περισσότεροι συγκλίνουν στη άποψη ότι οι παράμετροί που μελετήθηκαν παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση αξιοπιστίας. Ο Mandruzzato και συν,²⁸ αναφέρουν ότι χαρακτηρίζεται από μία intra και inter μεταβλητότητα. Ο Spencer, επιβεβαίωσε τη μικρή διαγνωστική αξία της καρδιοτοκογραφίας σε δύσκολες καταστάσεις αφού συσχετίστηκε με αύξηση των καισαρικών τομών χωρίς να υπάρχουν ξεκάθαρες αποδείξεις οφέλους.²⁹ Ο Gardosi και συν, έδειξαν ότι η καρδιοτοκογραφία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θνησιμότητας αλλά και σε αύξηση των καισαρικών τομών.³⁰ Οι Prentice και Lind, πραγματοποίησαν μία ανάλυση από οκτώ προοπτικές τυχαιοποιημένες πειραματικές μελέτες και συμπέραναν ότι σε καμιά από τις μελέτες αυτές δεν αποδείχθηκε η ύπαρξη πλεονεκτήματος της καρδιοτοκογραφίας έναντι των τιμών pH ή της βαθμολογίας Apgar, ενώ ο αριθμός επεμβατικών τοκετών ήταν μεγαλύτερος στην ομάδα που ήταν υπό συνεχή καρδιοτοκογραφικό έλεγχο.³¹

Πιο αναλυτικά οι παράμετροι που εξετάζονται στην καρδιοτοκογραφία είναι:

1α. Διακύμανση της εμβρυικής καρδιακής συχνότητας (ΕΚΣ)

Οι εναλλαγές της συχνότητας του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού (επιταχύνσεις – επιβραδύνσεις) συμβαίνουν κατά ώσεις. Η αυξομείωση της ΕΚΣ γύρω από μία μέση τιμή η οποία φυσιολογικά είναι 2-6 φορές το λεπτό αναφέρεται ως «μεταβλητότητα ή διακύμανση-variability» της ΕΚΣ, ο αριθμός των διακυμάνσεων της ΕΚΣ/λεπτό αναφέρεται ως «συχνότητα διακύμανσης – long term variability» και η απόσταση μεταξύ της μεγαλύτερης και μικρότερης ΕΚΣ/λεπτό ως «εύρος διακύμανσης – short term variability». Το εύρος

διακύμανσης της ΕΚΣ θεωρείται ιδιαιτέρως σημαντικό, ορίζεται από την απόσταση μεταξύ μεγαλύτερης και μικρότερης συχνότητας παλμών της εμβρυικής καρδιάς και ταξινομείται σε τέσσερις κατηγορίες:

α. σιωπηρό: εύρος διακύμανσης < 5 παλμοί / λεπτό β. ενστενωμένο κυματοειδές: εύρος διακύμανσης $5 - 10$ παλμοί / λεπτό γ. κυματοειδές: εύρος διακύμανσης $10-25$ παλμοί / λεπτό, δ. αλματοειδές: εύρος διακύμανσης $25 >$ παλμοί / λεπτό.

1β. Βασική εμβρυική καρδιακή συχνότητα

Ως βασική εμβρυική καρδιακή συχνότητα θεωρείται η συχνότητα της οποίας η μέση τιμή διατηρείται σταθερή σε οριζόντια γραμμή για μεγάλο χρονικό διάστημα (βασική γραμμή – baseline).

1γ. «Εμβρυική ταχυκαρδία» ορίζεται η αύξηση της βασικής ΕΚΣ > 150 παλμών / λεπτό για χρονικό διάστημα > 10 λεπτά και θεωρείται ευνοϊκό προγνωστικό σημείο όταν έπεται κάποιου ερεθίσματος.

1δ «Εμβρυική βραδυκαρδία» ορίζεται ως η πτώση της βασικής ΕΚΣ < 100 παλμών / λεπτό για χρονικό διάστημα > 3 λεπτών και μπορεί να οφείλεται σε υπερβολική φόρτιση με ωκυτοκίνη, σε σύνδρομο κάτω κοίλης φλέβας, σε ορθοστατική υπόταση, αλλά και σε πιο σοβαρές καταστάσεις όπως η εμβρυική οξέωση ή η συγγενής καρδιοπάθεια.

Οι μεταβολές της ΕΚΣ που αφορούν διάστημα < 10 λεπτών ανεξάρτητα από το εύρος απόκλισης της μέσης ΕΚΣ από την βασική ΕΚΣ ονομάζονται «παροδικές αλλοιώσεις». Διακρίνονται σε «επιταχύνσεις – accelerations» οι οποίες χαρακτηρίζονται από απότομη αύξηση (> 15 παλμών / λεπτό) και σύντομη επαναφορά στα επίπεδα της βασικής γραμμής (σε 15 sec έως 10 λεπτά) και «επιβραδύνσεις - decelerations» οι οποίες χαρακτηρίζονται από απότομη ελάττωση (< 15 παλμών / λεπτό) και γρήγορη επαναφορά (σε 15 sec και το αργότερο σε 3 λεπτά) στα επίπεδα της βασικής γραμμής. Οι επιβραδύνσεις διακρίνονται σε:

α. Πρώιμες, τύπου I – early decelerations – Dip I, β. Όψιμες, τύπου II - late decelerations – Dip II, γ. Μεταβαλλόμενες ή Μεταβλητές - variable decelerations.

Όταν ένα καρδιοτοκογράφημα εμφανίζει φυσιολογικό ίχνος αυτό αποτελεί έκφραση ικανοποιητικής οξυγόνωσης του εμβρύου. Η καρδιοτοκογραφία χωρίς επιβάρυνση (Non stress test), θεωρηθείται θετική για το «καλώς έχειν» του εμβρύου όταν σημειωθούν τουλάχιστον 3 κινήσεις σε διάστημα 20 λεπτών οι οποίες να συνοδεύονται από επιταχύνσεις με διάρκεια τουλάχιστον 20 δευτερολέπτων και με διαφοροποίηση μεγαλύτερη από 15 παλμούς/λεπτό.

Στις περιπτώσεις όπου το καρδιοτοκογραφικό ίχνος χαρακτηρίζεται σαν ύποπτο ή παθολογικό, πραγματοποιείται η καρδιοτοκογραφία με επιβάρυνση (OCT), όπου γίνεται πρόκληση συσπάσεων της μήτρας με ενδοφλέβια χορήγηση οξυτοκίνης. Η χορήγηση οξυτοκίνης έχει σκοπό τον έλεγχο της λειτουργικής ικανότητας του πλακούντα και τα αποτελέσματα της δοκιμασίας αυτής διακρίνονται σε φυσιολογικά – αρνητική δοκιμασία και ύποπτα ή παθολογικά – θετική δοκιμασία.

Καρδιοτοκογραφία στο τοκετό

Όταν η επίτοκος εισάγεται στο μαιευτήριο για τοκετό, είναι απαραίτητη η λήψη ιστορικού, η κλινική εξέταση και αξιολόγηση των ευρημάτων και η καταγραφή ενός εξωτερικού καρδιοτοκογραφήματος διάρκειας 30 λεπτών.

Εάν τα ευρήματα είναι φυσιολογικά, τότε η καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση μπορεί να γίνεται κατά περιόδους. Εάν όμως δεν πληρούνται τα κριτήρια και το καρδιοτοκογράφημα χαρακτηρίζεται σαν ύποπτο ή παθολογικό, τότε απαιτείται έλεγχος της οξεοβασικής κατάστασης του εμβρύου. Εάν τα παθολογικά ευρήματα είναι εμφανή για σχετικά μεγάλο διάστημα ιδίως κατά το δεύτερο στάδιο του τοκετού τότε επιβάλλεται η ταχεία αποπεράτωση του τοκετού.^{2,3,4,32,33}

Το Αμερικανικό Κολλέγιο Μαιευτήρων – Γυναικολόγων, ερμηνεύοντας τις μεταβολές του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού στη διάρκεια του τοκετού όρισε σαν παθολογικά καρδιοτοκογραφικά ευρήματα τα εξής: μέσης βαρύτητας ή έντονη βραδυκαρδία (βασική ΕΚΣ < 100 παλμοί / λεπτό για χρονικό διάστημα 3 λεπτών) ή ταχυκαρδία (βασικός ΕΚΡ > 180 παλμών / λεπτό), επιβραδύνσεις του ΕΚΡ μεταβλητές βαρείας μορφής ή όψιμες, ελάττωση του εύρους διακύμανσης (παλμό-προς παλμό διακύμανση 5 παλμών / λεπτό για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 40 λεπτών, παρουσία κυματοειδούς μορφής της ΕΚΣ.^{3,4}

2.2 Προσδιορισμός pH του εμβρυικού αίματος από το τριχωτό της κεφαλής και τεχνικές διέγερσης

Η μέτρηση των αερίων αίματος από το τριχωτό της κεφαλής του εμβρύου (*Fetal Blood Sampling – FBS*), εφαρμόστηκε σαν μία εναλλακτική άμεση μέθοδος καθορισμού της οξεοβασικής ισορροπίας και παραμένει ακόμα και σήμερα μία αποδεκτή μέθοδος ελέγχου της ενδομήτριας κατάστασης. Δυστυχώς όμως παρουσιάζει μερικά μειονεκτήματα όπως το ότι είναι σχετικά δυσάρεστη για την ασθενή, τεχνικά δύσκολη στην εφαρμογή, χρειάζεται ικανοποιητική διαστολή του τραχήλου και κάθοδο της κεφαλής για να μπορέσει να εφαρμοστεί και παρέχει πληροφορίες μόνο για τη στιγμή της λήψης, επομένως μπορεί να χρειαστούν πολλαπλές επαναληπτικές μετρήσεις.^{34,35,36}

Ο προσδιορισμός του pH του εμβρυικού αίματος γίνεται με τη λήψη μικρής ποσότητας αίματος από το τριχωτό της κεφαλής του εμβρύου μετά τη ρήξη των εμβρυικών υμένων. Η εκτίμηση του pH του εμβρυικού αίματος συνήθως επαναλαμβάνεται περισσότερες από μία φορές και ανάλογα με το αποτέλεσμα αποφασίζεται ο τρόπος που θα αντιμετωπιστεί τυχόν επιπλοκή στον τοκετό.⁴

Παράλληλα με το pH μπορούν να μετρηθούν και άλλες παράμετροι της οξεοβασικής ισορροπίας όπως το pO_2 , pCO_2 και το έλλειμμα βάσης. Αυτές οι παράμετροι παρουσιάζουν συχνά μεγάλες αυξομειώσεις των τιμών τους, σε αντίθεση με τις τιμές του pH καθιστώντας αυτές πιο αντιπροσωπευτικούς δείκτες για την εμβρυική κατάσταση.

Ενδείξεις για τη μέτρηση του pH αποτελούν:

Η ελάττωση της συχνότητας διακύμανσης < 2 παλμούς/λεπτό, η ελάττωση του εύρους διακύμανσης < 10 παλμούς/λεπτό, οι μεταβλητές επιβραδύνσεις της ΕΚΣ, μέτριας ή μεγάλης βαρύτητας, οι όψιμες επιβραδύνσεις, οι ασαφείς μορφές βραδυκαρδίας, η κολπική κυματοειδής μορφή της ΕΚΣ και η εμμένουσα ταχυκαρδία του εμβρύου.^{2,4}

Κατά τη διαδικασία του τοκετού, η έγκυος εμφανίζει προοδευτικά μεταβολική οξέωση, όμως το pH παραμένει σε επίπεδα του 7.38 ± 0.03 . Το φυσιολογικό pH του εμβρύου είναι πιο όξινο, περίπου 7.30 ± 0.05 . Η οξέωση στα έμβρυα παρατηρείται όταν οι τιμές είναι < 7.20 κατανέμονται δε, σε ελαφρά οξέωση (pH: 7.19 – 7.15), μέτρια οξέωση (pH: 7.14-7.10), έντονη οξέωση (pH: 7.09-7.05) και βαριά οξέωση (pH < 7.04).⁵

Πρέπει να σημειωθεί, ότι η οξεοβασική ισορροπία του εμβρύου επιβαρύνεται και από τη διαδικασία του τοκετού. Η τιμή του pH του εμβρυικού αίματος στη φάση της εξώθησης μπορεί να είναι χαμηλότερη από αυτή μιας τυχαίας μέτρησης. Εάν το έμβρυο βρίσκεται σε συνεχή υποξία αποκαθιστά το ισοζύγιο με αναερόβιο μεταβολισμό του γλυκαγόνου που έχει εναποθηκεύσει. Αυτό όμως οδηγεί σε συσσώρευση γαλακτικού οξέος και στην πτώση των τιμών του pH.^{2,3,4}

Οι ιστοί του εμβρύου συνεχίζουν να καταναλώνουν το O_2 που υπάρχει στο αίμα μέχρι οι τιμές pO_2 και pH πέσουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα οπότε και επέρχεται υποξία στους ιστούς. Ο συνδυασμός των μεταβολών αυτών, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της καρδιακής λειτουργίας, την ελαττωμένη ροή αίματος προς τα ζωτικά όργανα και την πτώση της αρτηριακής πίεσης με τελικό αποτέλεσμα αρχόμενες βλάβες στον εγκέφαλο που μπορεί να καταλήξουν σε νεογνική νοσηρότητα και θνησιμότητα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η άμεση ιατρική επέμβαση είναι απαραίτητη.

Άλλες τεχνικές για εκτίμηση της εμβρυικής κατάστασης είναι η τεχνική διέγερσης του δέρματος της κεφαλής με τη γυναικολογική εξέταση και δακτυλικό ερεθισμό της κεφαλής ή με λαβίδα

Allis καθώς και η ακουστική διέγερση και ακολούθως λήψη εμβρυικού αίματος από το τριχωτό της κεφαλής. Και οι δύο τεχνικές απέδωσαν ένα υψηλό ποσοστό ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων, περίπου 50% και αντιστοίχως υψηλό ποσοστό επεμβατικών τοκετών.^{35,37,38}

2.3 Βαθμολόγηση Apgar

Το 1952, η ιατρός Virginia Apgar επινόησε ένα γρήγορο σύστημα βαθμολόγησης το οποίο επέτρεπε την εκτίμηση της κλινικής κατάστασης του νεογνού στο πρώτο λεπτό της ζωής του καθώς και την ανάγκη άμεσης επέμβασης για την αποκατάσταση της αναπνευστικής λειτουργίας.³⁹ Η βαθμολόγηση αυτή αποτελείται από πέντε παραμέτρους: οι καρδιακοί παλμοί, οι αναπνευστικές κινήσεις, ο μυϊκός τόνος, η αντίδραση στα ερεθίσματα και το χρώμα του δέρματος και κάθε ένα από τα οποία βαθμολογείται με 0-2. Η βαθμολόγηση αναφέρεται στο 1^ο και 5^ο λεπτό της ζωής μετά τη γέννηση και εξακολουθεί να αποτελεί μία σημαντική βοήθεια για την εκτίμηση της κατάστασης του εμβρύου και της απάντησής του σε τυχόν επείγουσα ανάνηψη. Πρέπει να σημειώσουμε ότι δεν υπάρχουν ακόμα ακριβή δεδομένα για την αξιολόγηση των πρόωρων νεογνών, όπως επίσης και το ότι η βαθμολόγηση Apgar είναι ακατάλληλη για την πρόγνωση νευρολογικών αποτελεσμάτων.⁴

Πίνακας 1. Βαθμολόγηση Apgar

Νεογνικά σημεία	0	1	2
Χρώμα	Κυανό, ωχρό	Σώμα ροδαλό, κυανά άκρα	Όλο ροδαλό
Καρδιακοί παλμοί	Λείπουν	<100/λεπτό	>100/λεπτό
Αντίδραση σε ερεθίσματα	Καμμία	Μορφασμός	Κλάμα, ενεργητικό τράβηγμα
Μυϊκός τόνος	Λείπουν	Μερική κάμψη άκρων	Ζωηρές κινήσεις
Αναπνευστικές κινήσεις	Λείπουν	Αραιές, άρρυθμες	Καλές, κλάμα

Η οδηγία για το πρόγραμμα ανάνηψης νεογνών αναφέρει ότι η βαθμολόγηση Apgar δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για να υπαγορεύει συγκεκριμένες πράξεις ανάνηψης, ούτε η επέμβαση του παιδίατρου θα πρέπει να καθυστερεί μέχρι την εκτίμηση του 1^{ου} λεπτού σε επείγοντα περιστατικά. Αν όμως η βαθμολόγηση Apgar παραμένει 0 μετά από τα πρώτα 10 λεπτά ζωής ίσως είναι χρήσιμο να εκτιμηθεί αν επιπλέον τεχνικές και προσπάθειες ανάνηψης είναι απαραίτητες.⁴¹

Το Αμερικανικό Κολλέγιο Μαιευτήρων Γυναικολόγων σε συνεργασία με την Αμερικανική Ακαδημία Παιδιάτρων καθορίζει ότι η βαθμολόγηση κατά Apgar 0-3 πέραν των 5 λεπτών είναι ενδεικτική ενδομήτριας ασφυξίας. Όμως, παρατεταμένα χαμηλό Apgar δεν θεωρείται από μόνο του συγκεκριμένος δείκτης εμβρυικής δυσχέρειας στον τοκετό. Επιπλέον, αν και η βαθμολόγηση Apgar χρησιμοποιείται ευρέως σε μελέτες, η μη σωστή εφαρμογή του οδήγησε σε λανθασμένο ορισμό της ασφυξίας η οποία σαν όρος θεωρείται πολύ γενικός. Η περιγεννητική ασφυξία συνεπάγεται την εμβρυική υποξαιμία και υπερκαπνία οι οποίες αν παραταθούν μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστική, μεταβολική, ή γαλακτική οξέωση. Οι όροι αυτοί είναι πιο ακριβείς για την άμεση εκτίμηση της κατάστασης του νεογνού.^{40,41}

Η βαθμολόγηση Apgar, ως μέθοδος εκτίμησης της φυσιολογικής κατάστασης του εμβρύου έχει περιορισμούς και περιλαμβάνει υποκειμενικές εκτιμήσεις. Επιπλέον, η τεχνική αυτή επηρεάζεται σημαντικά από τους βιοχημικούς δείκτες. Ακόμα, οι αναφερόμενες βαθμολογήσεις εξαρτώνται μερικώς από την ωριμότητα του νεογνού. Έτσι, ένα υγιές πρόωρο νεογνό χωρίς ενδείξεις ασφυξίας μπορεί να έχει χαμηλή βαθμολόγηση λόγω ανωριμότητας. Άλλοι παράγοντες όπως τα φάρμακα, οι τραυματισμοί, οι συγγενείς ανωμαλίες, οι λοιμώξεις, η υποογκαιμία, και ο πρόωρος τοκετός μπορούν να επηρεάσουν τη βαθμολόγηση. Μερικοί συγγραφείς θεωρούν ότι η βαθμολόγηση Apgar έχει χαμηλή προγνωστική αξία στη διάγνωση της ασφυξίας και εν γένει στη νεογνική νοσηρότητα και θνησιμότητα.^{42,43} Η βαθμολόγηση κατά Apgar στο 5^ο λεπτό και κυρίως η αξιολόγηση μεταξύ του 1^{ου} και του 5^{ου} λεπτού αποτελεί χρήσιμο δείκτη στην εκτίμηση της κατάστασης του νεογνού. Αν η βαθμολόγηση είναι <7 στα πρώτα 5 λεπτά, θεωρείται ότι η κλινική εκτίμηση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε 5 λεπτά έως τη συμπλήρωση του πρώτου 20λεπτου.⁴¹ Όμως η εξέταση ενός νεογνού δεν είναι πάντα αξιόπιστη δεδομένου ότι οι παράγοντες της βαθμολόγησης αλλάζουν κατά τη διάρκεια της ανάνηψης.⁴⁴ Γι αυτό και προτάθηκε μία συμπληρωματική μέθοδος εκτίμησης του νεογνού, αυτή της «υποβοηθούμενης βαθμολόγησης» αλλά η αξιοπιστία της δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (Πίνακας 2).⁴⁰

Πίνακας 2. Μέθοδος εκτίμησης υποβοηθούμενης βαθμολόγησης εμβρύου

Λεπτά	1	5	10	15	20
Οξυγόνο					
Αερισμός με (+) πίεση					
Ενδοτραχειακός σωλήνας					
Καρδιαναπνευστική ανάληψη					
Επινεφρίνη					

Χαμηλή βαθμολόγηση Apgar στο 1^ο λεπτό δεν αποτελεί από μόνη της προγνωστικό παράγοντα της μετέπειτα εξέλιξης της υγείας του εμβρύου. Μία αναδρομική μελέτη, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι παραμένει μεν χρήσιμο προγνωστικό σημείο για την εκτίμηση της νεογνικής θνησιμότητας αλλά για την πρόγνωση της τελικής έκβασης της υγείας του νεογνού είναι ανακριβής. Μία άλλη μελέτη όμως, αναφέρει ότι χαμηλή βαθμολόγηση Apgar στο 5^ο λεπτό σχετίζεται με θάνατο ή εγκεφαλικούς σπασμούς και η σχέση αυτή αυξάνεται όταν η βαθμολόγηση είναι χαμηλή και στο 1^ο και στο 5^ο λεπτό.⁴⁵ Χαμηλό Apgar στο 5^ο λεπτό στα τελειόμηνα νεογνά έχει χαμηλή προγνωστική αξία για την εμφάνιση νευρολογικών συμπτωμάτων. Βαθμολόγηση 0-3 στο 5^ο λεπτό σχετίζεται με μικρή μόνο αύξηση των εγκεφαλικών σπασμών. Αντίθετα, το 75% των παιδιών με σπασμούς είχαν φυσιολογική βαθμολογία στο 5^ο λεπτό. Η πιθανότητα για πτωχό νευρολογικό αποτέλεσμα αυξάνεται όταν η βαθμολόγηση είναι ≤ 3 στο 10^ο, 15^ο και 20^ο λεπτό. Η βαθμολόγηση 4,5,6 είναι ενδιάμεση και δεν σχετίζεται με νευρολογικές επιπλοκές, ενώ η βαθμολόγηση 7-10 θεωρείται φυσιολογική.^{43,46}

3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ ΜΕ ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

(ΠΑΛΜΙΚΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ - DOPPELR ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑ)

3.1 Αξιολόγηση του εμβρύου με τη μέθοδο της παλμικής οξυμετρίας

3.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η σχέση μεταξύ της εκπομπής και της απορρόφησης του φωτός δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά από τον Johann Heinrich Lambert (1728-1777) στο Augsburg της Γερμανίας το 1760. Τις απόψεις του, ο Lambert τις εξέφρασε βασιζόμενος στις μελέτες του Pierre Bouguer (1698-1758). Αργότερα, ο August Beer (1825-1863) επέκτεινε τις αρχικές παρατηρήσεις συμπεριλαμβάνοντας στις μελέτες απορρόφησης φωτός και τη σημασία της συγκέντρωσης υγρών. Η θεωρία αυτή ονομάστηκε «νόμος Beer- Bouguer-Lambert».

Ο πρόδρομος της παλμικής οξυμετρίας ήταν το «οξύμετρο του ωτός» της εταιρίας Hewlett-Packard που θεωρήθηκε αρχικά «η χρυσή σταθερά» και το οποίο αποτέλεσε το μέτρο σύγκρισης για τα επόμενα μηχανήματα παλμικής οξυμετρίας.

Το οξύμετρο της Hewlett-Packard εφαρμοζόταν στο αυτί των ασθενών. Χρησιμοποιούσε οκτώ διαφορετικά μήκη κύματος τα οποία προέρχονταν από μία φωτεινή πυρακτωμένη πηγή (λαμπτήρας αλογόνου) με παρεμβαλλόμενα φίλτρα περιορισμένης συχνότητας. Το εκπεμπόμενο φως μεταφέρονταν στο πτερύγιο του αυτιού μέσω ενός οδηγού οπτικών ινών και από το πτερύγιο οδηγείτο πάλι στη συσκευή με οπτικές ίνες. Ο κορεσμός του αρτηριακού οξυγόνου υπολογιζόταν από την απορρόφηση σε αυτά τα οκτώ μήκη κύματος. Στη συσκευή αυτή δεν ήταν δυνατόν να διαχωριστεί η απορρόφηση που οφείλεται στο αρτηριακό αίμα από αυτήν των φλεβών, των τριχοειδών αγγείων ή άλλων ιστών. Η εκτίμηση του αρτηριακού κορεσμού πραγματοποιείτο κατά προσέγγιση μετά από θέρμανση του αυτιού έτσι ώστε να προκληθεί αγγειοδιαστολή και αύξηση στην κυκλοφορία των τριχοειδών αγγείων.

Η συσκευή αυτή είχε μειονεκτήματα όπως, δύσχρηστη και βαριά κεφαλή εκπομπής φωτός, μεγάλο βάρος στη σύνδεση μεταξύ του αυτιού και της κυρίως συσκευής, απαιτούσε πολύ συχνά βαθμονόμηση, ενώ η ακρίβειά της επηρεαζόταν κυρίως από την αναγκαιότητα να χρησιμοποιεί περισσότερα από δύο μήκη κύματος αλλά και από παθήσεις όπως οι αιμοσφαιρινοπάθειες. Όμως, το οξύμετρο αυτό αποτέλεσε τη μόνη διαθέσιμη συσκευή για τη συνεχή παρακολούθηση του κορεσμού οξυγόνου και έτσι η σύγκριση κάθε νέας τεχνολογίας που αφορούσε την παλμική οξυμετρία γινόταν έχοντας ως βάση αναφοράς αυτή τη συσκευή και γι' αυτό θεωρήθηκε μια σημαντική ανακάλυψη για την παρακολούθηση του κορεσμού οξυγόνου.⁴⁷

1. Σύντομη χρονολογική ιστορία της παλμικής οξυμετρίας

1851 → Νόμος Beer-Lambert

1864 → Ο George Gabriel Stokes ανακαλύπτει μία χρωστική η οποία είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά του οξυγόνου στο αίμα

1934 → Ο Kurt Kramer (1906 – 1985) κάνει ακριβείς μετρήσεις του κορεσμού οξυγόνου του αίματος στον άνθρωπο

1939–45 → 2^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος: μεγάλο στρατιωτικό ενδιαφέρον για την οξυμετρία ιδιαίτερα σε πιλότους που πετούν σε μεγάλα ύψη

1960 → Ανάπτυξη του “CO – Oximeter” του πρώτου οξυμέτρου το οποίο μπορεί να διαχωρίζει την αιμοσφαιρίνη από την μεθαιμοσφαιρίνη και την οξυαιμοσφαιρίνη

1964 → Ο Robert Shaw δημιουργεί το οξύμετρο ωτός με οκτώ μήκη κύματος

1970 → Η Hewlett – Packard αγοράζει το οξύμετρο ωτός

1971 → Ο Takuo Aoyagi χρησιμοποιεί την παλμικότητα του απορροφήσιμου σήματος για να διαχωρίσει την απορρόφηση του αρτηριακού αίματος από άλλους ιστούς

1974 → Ο Takuo Aoyagi δημιουργεί το πρωτότυπο παλμικό οξύμετρο χρησιμοποιώντας μία λάμπα πυρακτώσεως, φίλτρα και ηλεκτρονικά ανάλογα

1975 → Εμφάνιση στην αγορά της πρώτης συσκευής παλμικής οξυμετρίας του Aoyagi.

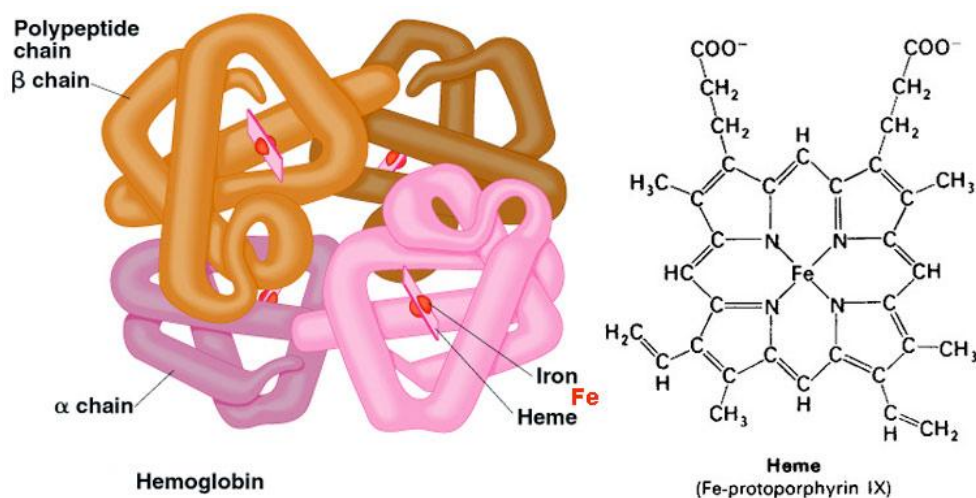
Με την εξέλιξη της τεχνολογίας το πρωτότυπο παλμικό οξύμετρο συνέχισε να χρησιμοποιεί σαν φωτεινή πηγή ένα λαμπτήρα πυρακτωμένου αλογόνου. Το ευρύ φάσμα ενέργειας που παραγόταν μεταφερόταν σε μια κεφαλή εκπομπής φωτός στην άπω φάλαγγα του δακτύλου μέσω μιας δέσμη γυάλινων ινών. Η μεταδιδόμενη ενέργεια επέστρεφε στη συσκευή μέσω μιας άλλης δέσμης γυάλινων ινών, που διαχωρίζονταν σε δυο οδούς: η μία περνούσε μέσα από ένα στενό ενδιάμεσο φίλτρο επικεντρωμένο στα 650nm και η άλλη από ένα φίλτρο επικεντρωμένο στα 805nm, ένα ισοσβεστικό σημείο για την αιμοσφαιρίνη. Η ενέργεια των κυμάτων η οποία επιλεγόταν από κάθε φίλτρο ανιχνευόταν από αισθητήρες ημιαγωγούς και κατόπιν μετριόταν ο κορεσμός οξυγόνου.

Τα σύγχρονα μηχανήματα παλμικής οξυμετρίας χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό δύο μηκών κύματος, τα 660 nm και τα 940 nm. Τα μήκη αυτά, εκπέμπονται από την κεφαλή παραγόμενα από ένα συνδυασμό διόδων εκπεμπόμενου φωτός και καταλήγουν σε ένα ημιαγωγό φωτοανιχνευτή που δέχεται το φως. Το σχήμα της πλήρους κεφαλής είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στο αυτί ή στο δάκτυλο. Ένα λεπτό καλώδιο φωτός ενώνει την κεφαλή με την κυρίως συσκευή. Το οξύμετρο έχει όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία του στη βασική μονάδα και η ενέργεια φωτός μεταδίδεται από και προς τον ασθενή με οπτικές ίνες.^{48,49}

3.1.2 Κορεσμός οξυγόνου

Αιμοσφαιρίνη - Οπτικές Αρχές

Η ανθρώπινη αιμοσφαιρίνη έχει μοριακό βάρος 64585 daltons και περιέχει δύο ζεύγη πολυπεπτιδικών αλυσίδων: Τις α – αλυσίδες οι οποίες έχουν 141 αμινοξέα και τις β – αλυσίδες οι οποίες περιέχουν 146 αμινοξέα. Κάθε πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι συνδεδεμένη με μία ομάδα η οποία έχει ένα άτομο σιδήρου σε ενεργή, ιονισμένη κατάσταση και μπορεί μεν να συνδυάζεται αναστρέψιμα με ένα μόριο οξυγόνου αλλά να παραμένει σε ιονισμένη κατάσταση. Η αλληλουχία των αμινοξέων και οι θέσεις των ομάδων έχουν πλέον αποσαφηνιστεί. Οι ομάδες αυτές είναι προσκολλημένες στις αλυσίδες με υπόλειμμα ιστιδίνης με ασθενείς δεσμούς και είναι τοποθετημένες σε ανοίγματα στις αλυσίδες. Οι 4 αλυσίδες φαίνεται να δημιουργούν μία σφαίρα και το ακριβές σχήμα της είναι μείζονος σημασίας για την παλμική οξυμετρία, αφού το σχήμα αυτό ελέγχει την αντίδραση με το οξυγόνο (Εικόνα 1). Κάθε αλλαγή της τετραεδρικής δομής της σε επίπεδο οξυγόνωσης αλλάζει ανάλογα με το φάσμα οπτικής απορρόφησης.⁵⁰



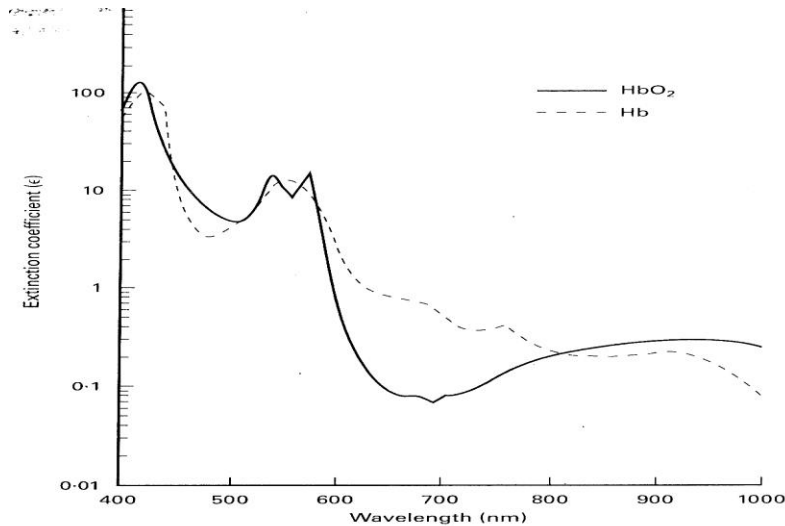
Εικόνα 1. Η δομή της ανθρώπινης αιμοσφαιρίνης

Φασματοφωτομετρία – Οξυμετρία

Η συγκέντρωση μιας οποιασδήποτε ουσίας σε ένα διάλυμα μπορεί να μετρηθεί με την φασματοφωτομετρία. Η φασματοφωτομετρία απαιτεί εκπομπή φωτός με μονοχρωματική πηγή, δηλαδή ενέργεια με ένα «χρώμα» ή ένα μήκος κύματος.

Η οξυμετρία με τη βοήθεια της φασματομετρικής μεθόδου χρησιμοποιεί τις αλλαγές του χρώματος έτσι ώστε να μετρήσει τον κορεσμό οξυγόνου. Πιο συγκεκριμένα, στην οξυμετρία μετράται η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε κάθε μεταβολή του ποσοστού

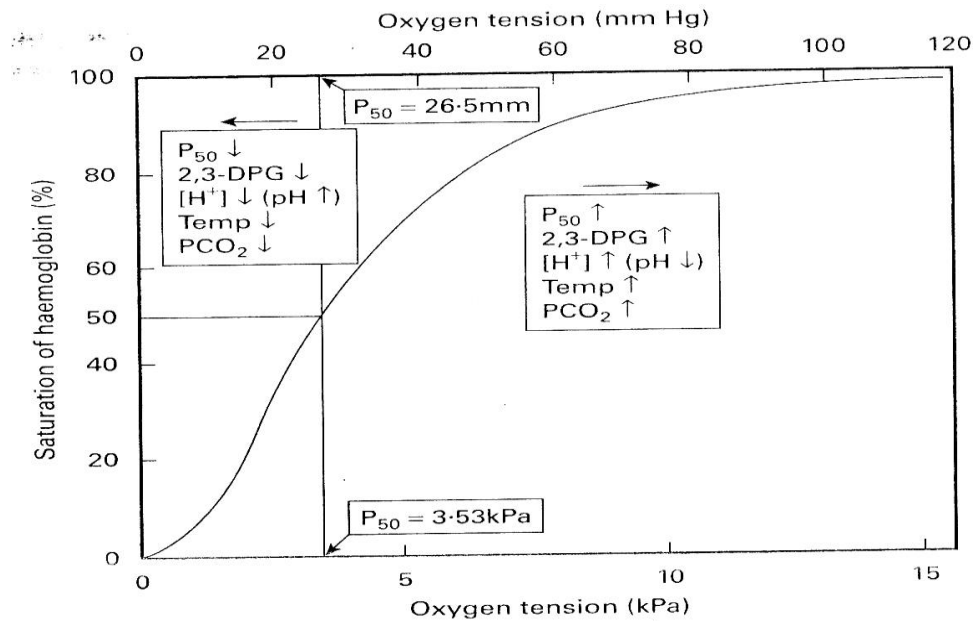
του οξυγόνου το οποίο συνδέεται με το μόριο αιμοσφαιρίνης. Στους ενήλικες, η απορρόφηση της οξυγονωμένης και μη οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης διαφέρει και το μήκος κύματος μπορεί να εκτείνεται μεταξύ 400-1000 nm, δηλαδή από το ορατό φως μέχρι το υπέρυθρο φως (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Φάσμα απορρόφησης της οξυγονωμένης (οξυαιμοσφαιρίνη-HbO₂) και μη οξυγονωμένης (Hb) αιμοσφαιρίνης του ενήλικου (από J.T.B. Moyle *Pulse Oximetry* 2nd ed, London, BMJ Books, 2002, p10).

Φυσιολογία της μεταφοράς Οξυγόνου

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί η σχέση μεταξύ της μερικής πίεσης οξυγόνου στο πλάσμα του αίματος και της συγγένειας (του κορεσμού) του μορίου της αιμοσφαιρίνης με το οξυγόνο. Η συγγένεια του οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη μπορεί να φανεί από την καμπύλη διαχωρισμού της οξυαιμοσφαιρίνης (Εικόνα 3).



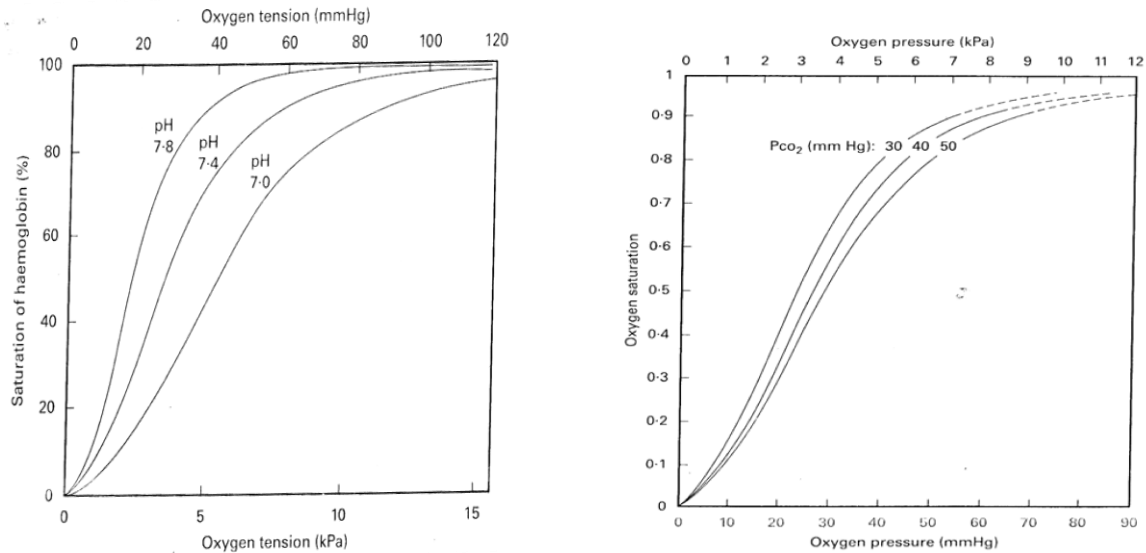
Εικόνα 3. Συγγένεια οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη (από J.T.B. Moyle *Pulse Oximetry 2nd Edn*, London, BMJ Books, 2002, p60).

Καθώς η καμπύλη μετακινείται από τα αριστερά στα δεξιά σε παράλληλη σειρά η πραγματική της θέση συνήθως καθορίζεται από το P_{50} , το οποίο είναι η μερική πίεση οξυγόνου όταν η αιμοσφαιρίνη είναι κορεσμένη κατά 50%, με pH πλάσματος 7.4 και θερμοκρασία 37°C. Η φυσιολογική τιμή του P_{50} είναι περίπου 3.5 kPa.

Η καμπύλη διαχωρισμού της οξυαιμοσφαιρίνης έχει σιγμοειδή μορφή και αυτό παρέχει σαφή πλεονεκτήματα. Η μορφή του ανώτερου τμήματος της καμπύλης επιτρέπει στο οξυγόνο των πνευμόνων να επηρεάζεται ελάχιστα από μικρές αλλαγές στη μερική πίεση με την οποία το αίμα έρχεται σε επαφή. Επίσης, γνωρίζουμε ότι όταν τα ερυθροκύτταρα περνούν από τα πνευμονικά τριχοειδή για να προσλάβουν οξυγόνο, η διαφορά στη μερική πίεση μεταξύ του κυψελιδικού αέρα και του αίματος είναι μεγάλη. Η διαφορά αυτή χρησιμεύει έτσι ώστε να επιταχύνεται η διαδικασία απορρόφησης οξυγόνου. Όταν το αίμα φτάνει στους περιφερικούς ιστούς, το κατώτερο τμήμα της καμπύλης επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη στους ιστούς με πολύ μικρή πτώση στην τριχοειδική πίεση οξυγόνου.⁵¹

Ο Bohr, το 1904 εξήγησε το φαινόμενο το οποίο φέρει το όνομά του, δηλαδή την μετατόπιση της καμπύλης διαχωρισμού της οξυαιμοσφαιρίνης εξ αιτίας αλλαγών στη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου. Η συγγένεια της αιμοσφαιρίνης με το οξυγόνο είναι πολύ ευαίσθητη στις αλλαγές του pH. Συμπερασματικά, η κλινική σημασία του «φαινομένου Bohr» είναι ότι η

μετατόπιση της καμπύλης προς τα δεξιά βοηθά στην γρήγορη απελευθέρωση οξυγόνου στο επίπεδο των ιστών (Εικόνα 4). Οι λόγοι μετατόπισης της καμπύλης προς τα αριστερά ή τα δεξιά αναφέρονται στον πίνακα 3.



Εικόνα 4. Φαινόμενο Bohr (από J.T.B. Moyle *Pulse Oximetry* 2nd Edn, London, BMJ Books, 2002, p62).

Πίνακας 3. Αιτίες μετατόπισης της καμπύλης οξυαιμοσφαιρίνης (από J.T.B. Moyle *Pulse Oximetry* 2nd Edn, London, BMJ Books, 2002, p132).

<u>Μετατόπιση ΑΡ</u>	<u>Μετατόπιση ΔΕ</u>
Μείωση ιόντων Υδρογόνου (αύξηση pH)	Αύξηση ιόντων Υδρογόνου (μείωση pH)
Μείωση θερμοκρασίας	Αύξηση θερμοκρασίας
Μείωση PCO ₂	Αύξηση PCO ₂
Μείωση του 2,3 DPG των ερυθρών αιμοσφαιρίων	Αύξηση του 2,3 DPG στα ερυθρά αιμοσφαίρια
Μείωση του ATP στα ερυθρά αιμοσφαίρια	Αύξηση του ATP στα ερυθρά αιμοσφαίρια
Αύξηση της δεοξυαιμοσφαιρίνη	Μείωση της δεοξυαιμοσφαιρίνης
Αύξηση της μεθαιμοσφαιρίνης	Μείωση της μεθαιμοσφαιρίνης

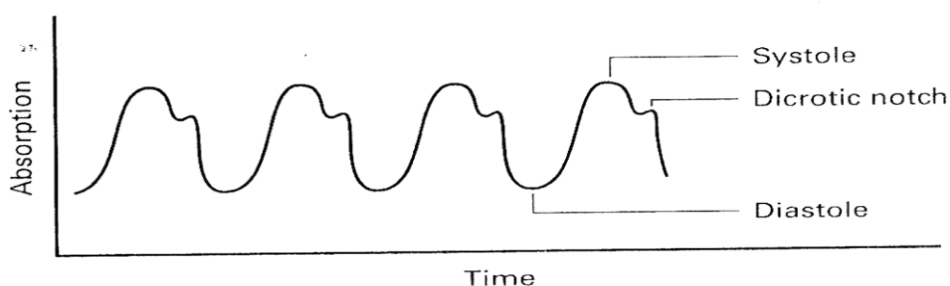
Η καμπύλη διαχωρισμού της οξυαιμοσφαιρίνης μετατοπίζεται επίσης από αλλαγές στη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και από αλλαγές στη θερμοκρασία. Ακόμα, τα φωσφορικά επιδρούν στη χημική συγγένεια του οξυγόνου και επομένως και στην καμπύλη διαχωρισμού της οξυαιμοσφαιρίνης. Οι Chanutin & Curnish, έδειξαν ότι η 2,3

διφωσφογλυκερόλη (2,3 – DPG) και η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) είναι οι μόνες φωσφατάσες με σημαντική συγκέντρωση στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Η 2,3 - DPG παίζει σημαντικό ρόλο στην συγγένεια του οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη. Αύξηση στη συγκέντρωση της 2,3 DPG των ερυθρών αιμοσφαιρίων μειώνει την συγγένεια της αιμοσφαιρίνης για οξυγόνο και αντίθετα.⁵² Επομένως, η αύξηση της συγκέντρωσης 2,3 DPG βελτιώνει την οξυγόνωση των ιστών, ενώ η μείωση της μπορεί να οδηγήσει σε ιστική υποξία, αλλά σημειώνεται ότι υποξία μπορεί να προκύψει και με υψηλές τιμές κορεσμού οξυγόνου.⁵³

3.1.3 Οξύμετρο – Βασική Λειτουργία

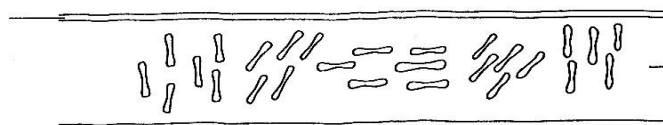
Το οξύμετρο απαιτεί μία φωτεινή πηγή – δίοδο η οποία εκπέμπει φως. Η φωτεινή πηγή τοποθετείται σε επαφή με το δέρμα και αναγνωρίζεται από έναν ημιαγωγό φωτοανιχνευτή ο οποίος τοποθετείται και αυτός στο δέρμα συνήθως κάθετα και αντίθετα από τη φωτεινή δίοδο. Αυτό το οξύμετρο καλείται «οξύμετρο εκπομπής». Αντίθετα, το εμβρυικό παλμικό οξύμετρο που χρησιμοποιείται στη Μαιευτική βασίζεται σε αντανακλόμενο σήμα, γι' αυτό έχει τον ανιχνευτή τοποθετημένο δίπλα στην δίοδο εκπομπής φωτός και καλείται «οξύμετρο αντανάκλασης».

Η αλληλεπίδραση μεταξύ του εκπεμπόμενου φωτός και του δέρματος, των ιστών και του αίματος είναι αρκετά πολύπλοκη. Η παραγόμενη ενέργεια αντανακλάται μερικώς, (μέσω διάχυτης αντανάκλασης), διαθλάται, διαχέεται και απορροφάται. Η σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ του φωτός και των ιστών και η διάχυτη αντανάκλαση είναι απαραίτητη για την καταγραφή της παλμικής οξυμετρίας, ενώ η διάθλαση απαιτείται για να διαπερνώνται τα οστά στα οξύμετρα εκπομπής. Κατά την εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας πολλά στοιχεία και χημικοί παράγοντες των ιστών απορροφούν φως στο ίδιο μήκος κύματος με την αιμοσφαιρίνη του αρτηριακού αίματος. Όμως, εξ' αιτίας του καρδιακού ρυθμού η απορρόφηση του φωτός από τη αιμοσφαιρίνη στις αρτηρίες και τα αρτηριόλια αυξάνεται κατά την συστολή και μειώνεται κατά τη διαστολή (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Φωτοπληθυσμογραφία (απορρόφηση φωτός κατά τη συστολή και τη διαστολή (από J.T.B. Moyle Pulse Oximetry 2nd Edn, London, BMJ Books, 2002, p12).

Επίσης, εξετάσεις βασιζόμενες στη μηχανική υγρών κατέδειξαν ότι κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου αλλάζει και ο άξονας των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Κατά τη διάρκεια της διαστολής, τα ερυθρά αιμοσφαίρια τείνουν να παρατάσσουν τη μέγιστη διάμετρό τους παράλληλα με τη κατεύθυνση της ροής του αίματος, ενώ κατά τη διάρκεια της συστολής η μέγιστη διάμετρος παρατάσσεται κάθετα προς τη ροή παρουσιάζοντας έτσι μεγαλύτερη απορρόφηση (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Αλλαγές στον άξονα ροής των ερυθροκυττάρων κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου, συστολή-διαστολή (από J.T.B. Moyle Pulse Oximetry 2nd Edn, London, BMJ Books, 2002, p13).

Η αλλαγή στον άξονα των ερυθροκυττάρων προκαλεί αλλαγές στην αντανάκλαση κατά τον καρδιακό κύκλο, στοιχείο το οποίο είναι πολύ σημαντικό για την δράση της παλμικής οξύμετρίας.^{54,55}

Συγκρίνοντας τους δύο τύπους οξύμετρων διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν μερικά πλεονεκτήματα στη χρήση του παλμικού οξύμετρου αντανάκλασης σε σχέση με το οξύμετρο εκπομπής. Η κεφαλή είναι απλούστερη και με αυξημένη μηχανική αντοχή, ενώ από κλινική άποψη έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά σημεία του σώματος όπως το βραχιόνιο, το μηριαίο, το στήθος, το μάγουλο. Ο Palve, έδειξε ότι με το οξύμετρο αντανάκλασης ο κορεσμός μπορεί να μετρηθεί και από την κεφαλή, ενώ το σημαντικότερο μειονέκτημα του είναι ότι σε περιπτώσεις οιδήματος του ιστού μειώνεται η ευαισθησία του.⁵⁶

Βαθμονόμηση

Το πρώτο παλμικό οξύμετρο βαθμονομήθηκε χρησιμοποιώντας τον θεωρητικό τύπο ο οποίος βασίστηκε στο νόμο Beer - Lambert :

$$OD = \log (I_0 / I) = \epsilon cd$$

όπου «OD» είναι η απορρόφηση της ακτινοβολίας από το δείγμα του αίματος, «I₀» είναι η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, «I» είναι η ένταση του ανιχνεύσιμου φωτός, «ε» ο συντελεστής απορρόφησης, «c» είναι η συγκέντρωση του δείγματος (αιμοσφαιρίνη) και «d» η απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη της ακτινοβολίας. Ο νόμος Beer - Lambert έχει εγκαταλειφθεί και χρησιμοποιούνται πλέον εμπειρικά δεδομένα.⁵⁷ Μέχρι πρόσφατα, η

βαθμονόμηση των παλμικών οξύμετρων γινόταν με σύγκριση των *in vivo* δειγμάτων με άλλα δείγματα αρτηριακού αίματος τα οποία αναλύονταν σε μία συσκευή ονομαζόμενη CO-οξύμετρο. Σήμερα, χρησιμοποιείται *in vitro* βαθμονόμηση χρησιμοποιώντας ανθρώπινο αίμα σε μια τεχνητή κυκλοφορία, ενώ υπάρχει και η βαθμονόμηση η οποία χρησιμοποιεί μη αιματολογικές μεθόδους.

Είναι πολύ σημαντικό να καθορίσει κανείς τι ακριβώς μετράει και δείχνει το οξύμετρο. Υπάρχει διαφωνία αν το οξύμετρο βαθμονομείται έτσι ώστε να μετρά λειτουργικό ή κλασματικό κορεσμό οξυγόνου. Αυτοί οι δύο ορισμοί προκύπτουν από την ιστορική μέθοδο μέτρησης του οξυγόνου που μεταφέρεται από το αίμα. Η μέθοδος van Slyke μέτρησε τον όγκο του οξυγόνου ανά μονάδα όγκου του αίματος. Αυτή συγκρίθηκε με την χωρητικότητα του οξυγόνου, η οποία είναι ο όγκος του οξυγόνου ο οποίος μεταφέρεται από ένα όμοιο δείγμα αίματος το οποίο έχει αντισταθμιστικά εξισορροπιστεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα.⁵⁸ Σύμφωνα με τον ορισμό του κορεσμού οξυγόνου, σε κάθε ελεγχόμενο δείγμα δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι μορφές αιμοσφαιρίνης οι οποίες δεν δεσμεύουν οξυγόνο. Έτσι πρέπει να εξαιρούνται η δεοξυαιμοσφαιρίνη και η μεθαιμοσφαιρίνη. Αυτό καλείται λειτουργικός κορεσμός αιμοσφαιρίνης ο δε τύπος είναι:

$$\text{Λειτουργικός Κορεσμός Οξυγόνου } SaO_2 = \text{HbO}_2 / \text{HbO}_2 + \text{Hb} \times 100\%$$

Όλα τα σύγχρονα πολυκυματικά φασματοφωτόμετρα μπορούν να μετρήσουν όλα τα είδη αιμοσφαιρίνης (αιμοσφαιρίνη A, οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη, δεοξυαιμοσφαιρίνη και μεθαιμοσφαιρίνη). Το ποσοστό κορεσμού οξυγόνου της αιμοσφαιρίνης ορίζεται ως η αναλογία της κορεσμένης με οξυγόνο αιμοσφαιρίνης σε σχέση με όλα τα είδη αιμοσφαιρίνης. Πρόκειται για τον κλασματικό κορεσμό αιμοσφαιρίνης ο οποίος δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Κλασματικός Κορεσμός Οξυγόνου } SaO_2 = \text{HbO}_2 / \text{HbO}_2 + \text{Hb} + \text{HbCO} + \text{MetHb} \times 100\%$$

Υπό ιδανικές συνθήκες τα παλμικά οξύμετρα θα πρέπει να μετράνε είτε τον λειτουργικό είτε τον κλασματικό κορεσμό οξυγόνου και ο κατασκευαστής θα πρέπει να αναφέρει αν μία μονάδα έχει βαθμονομηθεί σαν λειτουργική ή σαν κλασματική. Εν τέλει, τα σύγχρονα οξύμετρα τα οποία χρησιμοποιούν δύο μήκη κύματος μετρούν την απορρόφηση σε αυτά τα δύο μήκη κύματος και με βάση πίνακες δείχνουν μία τιμή SpO_2 η οποία ορίζεται σαν «κορεσμός οξυγόνου μετρημένος με το παλμικό οξύμετρο».^{59,60}

Ακρίβεια

Το παλμικό οξύμετρο βαθμονομείται με βάση εμπειρικά δεδομένα και αυτή η τεχνική αποδείχτηκε ακριβής για την συνήθη κλινική πράξη. Οι περισσότεροι κατασκευαστές θεωρούν ότι οι καταγραφές του οξύμετρου μπορούν να έχουν μία απόκλιση 2 - 3% σε κορεσμό από 70 – 100%. Ο Mannheim, έδειξε ότι σε υψηλό κορεσμό οξυγόνου παρατηρείται μεγαλύτερη ακρίβεια όταν για την εκπομπή φωτός χρησιμοποιούνται τα 660 nm και τα 940 nm, ενώ σε χαμηλό κορεσμό η ακρίβεια είναι μεγαλύτερη στα 735 nm και 890 nm. Η ακρίβεια του οξύμετρου μπορεί επίσης να επηρεάζεται από τον αιματοκρίτη. Ο Vegfors διαπίστωσε ότι η ακρίβεια του SpO₂ βελτιώνεται όταν ο αιματοκρίτης πέφτει από το 40% στο 11%.^{61,62}

Εξαρτήματα

α. Κεφαλή – Δίοδος Εκπομπής Φωτός (ΔΕΦ ή LED)

Η μαζική παραγωγή του οξύμετρου έγινε δυνατή όταν έγινε αντιληπτό ότι μία Δίοδος Εκπομπής Φωτός (ΔΕΦ), αν και όχι αυστηρώς μονοχρωματική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή φωτός. Με τη χρήση ξεχωριστής πηγής φωτός για κάθε μήκος κύματος δεν απαιτείται η χρήση φίλτρων τα οποία είναι ευαίσθητα και ακριβά.

Μια δίοδος-ημιαγωγός είναι μία συσκευή η οποία παράγει ενέργεια προς μία μόνο κατεύθυνση. Η κεφαλή αποτελείται από σιλικόνη και από ελάχιστες προσμίξεις από χημικές ουσίες όπως το αλουμίνιο. Αναμειγνύοντας τον ημιαγωγό με προσεκτικά επιλεγμένα μείγματα χημικών στοιχείων είναι δυνατόν να προκληθούν δίοδοι οι οποίες εκπέμπουν ενέργεια και σε άλλα μήκη κύματος. Ιδιαίτερη σημασία έχει το σχήμα της συσκευής το οποίο πρέπει να είναι κατάλληλο για εκπομπή ενέργειας αλλά και να ελαχιστοποιεί τις απώλειές της.⁶³

Οι πηγές ενέργειας οι οποίες χρησιμοποιούνται στην παλμική οξυμετρία πρέπει να είναι μονοχρωματικές, δηλαδή με ένα μήκος κύματος ή ένα πολύ στενό εύρος κύματος. Χαρακτηριστικά, τα μήκη κύματος αναφέρονται στον Πίνακα 4:

Πίνακας 4. Μήκη κύματος

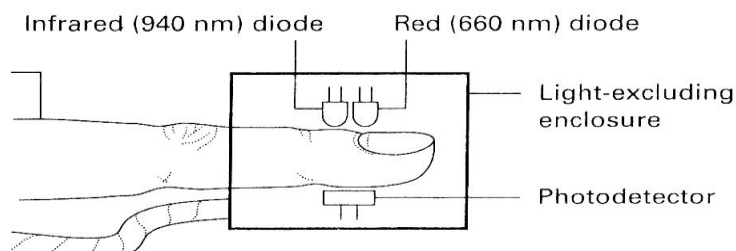
Υπεριώδες	455 – 350nm
Ιώδες	455 – 390nm
Μπλέ	492 – 455nm
Πράσινο	577 – 492nm
Κίτρινο	597 – 577nm
Πορτοκαλί	622 – 597nm
Ερυθρό	780 – 622nm
Κοντά στο υπέρυθρο	810nm, 880nm, 900nm, 940nm, 1100nm
Υπέρυθρο	1250nm

Τα πλεονεκτήματα των διόδων εκπομπής φωτός σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας είναι:

1. Στενό μήκος κύματος (σχεδόν μονοχρωματικό) 2. Υψηλή απόδοση 3. Χαμηλή θερμοκρασία 4. Μεγάλη ταχύτητα εναλλαγής 5. Σταθερή ακμή του μήκους κύματος 6. Ένταση ευθέως ανάλογη με το ρεύμα 7. Φθηνότερο σε σχέση με άλλες πηγές (laser ημιαγωγοί) 8. Ασφαλέστερο από τους laser ημιαγωγούς.

Η κεφαλή ενός συμβατικού παλμικού οξύμετρου αποτελείται από ενεργειακές πηγές οι οποίες έχουν τη μορφή διόδων εκπομπής φωτός τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η έξοδος να είναι κάθετη στο άκρο του φωτοϋποδοχέα ημιαγωγού. Είναι σημαντικό, η κεφαλή να εφαρμόζει σωστά με ελαφρά αλλά σταθερή πίεση στους ιστούς ενώ ολόκληρος ο μηχανισμός πρέπει να προστατεύεται από άλλες πηγές φωτός στις οποίες ο υποδοχέας μπορεί να είναι ευαίσθητος (Εικόνα 7).

Το μηχανικό μέρος της κεφαλής πρέπει να τοποθετείται στη σωστή θέση και να παραμένει εκεί γιατί η τοποθέτηση σε λάθος θέση μπορεί να αλλάξει τη βαθμονόμηση ιδιαίτερα σε μικρά παιδιά. Τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστές δίνουν ιδιαίτερη σημασία στο ηλεκτρικό τμήμα της κεφαλής και χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές στον πολλαπλασιαστή του σήματος για να ελαττώσουν τους ηλεκτρικούς και μαγνητικούς «θορύβους». Καθώς μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο πάχος και στη χρώμα του ιστού (π.χ. του δακτύλου), η εξερχόμενη ενέργεια από τις ΔΕΦ πρέπει να είναι μεταβαλλόμενη για να επιτυγχάνει μία είσοδο στον φωτοϋποδοχέα η οποία να μην διαφέρει πολύ σε σχέση με την ολική πυκνότητα και το πάχος του δακτύλου - ιστού. Είναι επίσης σημαντικό να μην διέρχονται υψηλά επίπεδα ενέργειας από τους ιστούς οι οποίοι αλλιώς θα υποστούν θερμικές βλάβες.^{60,64,65}



Εικόνα 7. Η δίοδος εκπομπής φωτός είναι κάθετη στον φωτοϋποδοχέα (από J.T.B. Moyle *Pulse Oximetry 2nd Edn*, London, BMJ Books, 2002, p18).

β. Φωτοϋποδοχέας

Ο φωτοϋποδοχέας χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει την ενέργεια που εκπέμπεται από τη ΔΕΦ. Στις συμβατικές συσκευές τοποθετείται κάθετα και απέναντι από τις ΔΕΦ με το άκρο να εφαρμόζει σωστά, ενώ πρέπει να προστατεύεται από το εξωγενές φως στο οποίο ο υποδοχέας είναι ευαίσθητος.

Στην περίπτωση του οξύμετρου «εκπομπής» ο υποδοχέας τοποθετείται σε μικρή απόσταση από τη ΔΕΦ και αποτελείται συνήθως από σιλικόνη. Έχει μεγάλο εύρος με σχέση γραμμικά ανάλογη με το εκπεμπόμενο φως. Η ευαισθησία του φωτοϋποδοχέα εξαρτάται από το μήκος κύματος και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στο σχεδιασμό των ηλεκτρονικών συστημάτων και στη βαθμονόμηση.

Ένα εύκαμπτο καλώδιο συνδέει την κεφαλή με το οξύμετρο και μεταφέρει την απαραίτητη ενέργεια στη ΔΕΦ καθώς και το σήμα από τον φωτοϋποδοχέα. Το καλώδιο μπορεί να περιέχει υποδοχείς για μέτρηση της θερμοκρασίας της κεφαλής αλλά και του υποκείμενου δέρματος. Το καλώδιο πρέπει να είναι εύκαμπτο και ελαφρύ έτσι ώστε οι απαιτούμενες κινήσεις να μην προκαλούν μηχανικά artifact από την κεφαλή.⁶⁶

γ. Ηλεκτρονικά εξαρτήματα

Η βασική μονάδα του παλμικού οξύμετρου περιέχει ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με τις εξής λειτουργίες :

- Ενίσχυση του σήματος του φωτοϋποδοχέα
- Διαχωρισμός του ερυθρού από το υπέρυθρο σήμα
- Εναλλαγή και έλεγχος του ρεύματος διαμέσω των Διόδων Εκπομπής Φωτός
- Προσαρμογή του «gain» του ενός από τα δύο σήματα έτσι ώστε να γίνουν ισοδύναμα
- Διαχωρισμός του «αρτηριακού» συστατικού από το σήμα

- Μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό για τα ερυθρά και τα υπέρυθρα σήματα
- Υπολογισμός της σχέσης ερυθρό / υπέρυθρο
- Μείωση ή εξάλειψη των artifact
- Υπολογισμός του κορεσμού οξυγόνου SpO_2
- Υπολογισμός της καρδιακής συχνότητας
- Εμφάνιση των αποτελεσμάτων σε οθόνη
- Έλεγχος των συναγερμών
- Αποθήκευση της τάσης του SpO_2

Το σήμα που εκπέμπεται από τα κανάλια του ερυθρού και του υπέρυθρου προέρχεται από τη μερική απορρόφηση της ενέργειας από τους ιστούς κατά τη μεταφορά της από τη ΔΕΦ στον φωτοϋποδοχέα.

Όσον αφορά την οθόνη, εκτός από τον κορεσμό και την καρδιακή συχνότητα τα επιπλέον μηνύματα που εμφανίζονται στην οθόνη είναι: «Η κεφαλή δεν είναι συνδεδεμένη», «Αυξημένος θόρυβος σήματος», «Ανίχνευση σφυγμού», «Χαμηλό σήμα μπαταρίας», «Ανεπαρκές σήμα».

Επίσης, όλα τα παλμικά οξύμετρα πρέπει να διαθέτουν συναγερμούς στις περιπτώσεις χαμηλού κορεσμού και υψηλής ή χαμηλής καρδιακής συχνότητας. Μερικά οξύμετρα διαθέτουν συναγερμό και σε καταγραφή υψηλών τιμών κορεσμού οξυγόνου. Οι συναγερμοί στα οξύμετρα θέτονται αυτόματα με το άνοιγμα της συσκευής και οι μετρήσεις τους προσαρμόζονται ανάλογα με την περίπτωση. Μείωση στη συχνότητα του ήχου ειδοποιεί τον χρήστη για πτώση στον κορεσμό οξυγόνου.^{56,67-69}

Δυσλειτουργίες - Σφάλματα

Οι δυσλειτουργίες και οι περιορισμοί στη λειτουργία και την τεχνολογία των παλμικών οξύμετρων μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες. Τις «ασφαλείς» δυσλειτουργίες και τις «επικίνδυνες» δυσλειτουργίες. Ασφαλής περιορισμός θεωρείται όταν η συσκευή μπορεί να μην δύναται να καθορίσει μια τιμή SpO_2 αλλά ενημερώνει τον παρατηρητή ότι δεν λειτουργεί κανονικά. Επικίνδυνος περιορισμός είναι η κατάσταση στην οποία το παλμικό οξύμετρο δείχνει ότι λειτουργεί κανονικά αλλά η ένδειξη του κορεσμού οξυγόνου να είναι λανθασμένη. Αυτό μπορεί αν οδηγήσει σε λάθος αντιμετώπιση του περιστατικού ή να υπάρχει η λανθασμένη εντύπωση του «καλώς έχειν» του εξεταζόμενου. Οι περιορισμοί κατηγοριοποιούνται ως εξής (Πίνακας 5):

Πίνακας 5. Περιορισμοί-Δυσλειτουργίες της παλμικής οξυμετρίας (από J.T.B. Moyle Pulse Oximetry 2nd Edn, London, BMJ Books, 2002, p140).

ΣΦΑΛΜΑΤΑ	Ασφαλή	Επικίνδυνα
Τεχνικά Αίτια	- Μηχανικά artifact - Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές	- Ακρίβεια - Βαθμονόμηση - Φαινόμενο “Παρα-σκιάς/ Penumbra”
«Φυσικά» Αίτια	- Όγκος - Ρυθμός	- Αιμοσφαιρινοπάθειες - Φλέβες - Χρωστικές

Οι χρήστες των οξύμετρων πρέπει να είναι ενήμεροι ότι εξ' αιτίας ενός τεχνικού σφάλματος ή μιας γενικότερης δυσλειτουργίας, το μηχάνημα μπορεί να εμφανίζει μόνιμα την τελευταία σωστή καταγραφή του κορεσμού SpO_2 που μπόρεσε να μετρήσει. Πρέπει να τονιστεί ότι τα διάφορα μοντέλα οξύμετρων μπορεί να διαφέρουν ως προς την ικανότητά τους να καταγράφουν τον κορεσμό οξυγόνου ιδίως κάτω από μη ιδανικές συνθήκες. Σύγκριση πέντε διαφορετικών παλμικών οξύμετρων υπό διαφορετικές και μη ιδανικές συνθήκες είχε αρκετά υψηλά ποσοστά αποτυχίας 5 – 50% ανάλογα με το οξύμετρο και την πηγή και γενικότερα θεωρήθηκε ότι κανένα παλμικό οξύμετρο δεν λειτούργησε ιδανικά.^{70,71,72} Μη σωστή λειτουργία του παλμικού οξύμετρου μπορεί να προκληθεί επίσης από μηχανική βλάβη μεταξύ της κεφαλής και του εξεταζόμενου μέλους του ανθρώπου. Ακόμα και μικρές μηχανικές «παρενοχλήσεις» ή «θόρυβοι» μπορεί να έχουν σημαντικό αποτέλεσμα στο σήμα. Επίσης, τυχόν δονήσεις επηρεάζουν την λειτουργία του οξύμετρου και μπορεί να προκαλέσουν ψευδή πτώση του SpO_2 η οποία μπορεί να διατηρηθεί μέχρι να σταματήσουν. Η ποιότητα του μικροηλεκτρονικού λογισμικού καθορίζει το πόσο καλά ένα παλμικό οξύμετρο μπορεί να βγάζει σήμα από μηχανική ή άλλη φυσική παρεμβολή. Η ισχύς του σήματος μπορεί να μειωθεί από την παρουσία οιδήματος. Όλα τα παλμικά οξύμετρα πρέπει να αναγράφουν «artifact ή θόρυβος» αν η παρεμβολή κάνει την καταγραφή του SpO_2 αδύνατη. Μηχανικοί θόρυβοι μπορούν να προκληθούν και από μετακινήσεις του εξεταζόμενου (τρόμος, κίνηση, σύσπαση κλπ). Το πρόβλημα των μηχανικών θορύβων δείχνει να είναι μεγαλύτερο με το παλμικό οξύμετρο «αντανάκλασης».⁷³ Το παλμικό οξύμετρο περιέχει πολλά μικροηλεκτρονικά κυκλώματα και γι' αυτό είναι ευαίσθητο σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές μπορούν να προέλθουν από διάφορες πηγές ή ακόμα και από ατμοσφαιρικά, κοσμικά φαινόμενα ή από πυρηνικές

εκρήξεις οι οποίες προκαλούν τεράστια ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Γενικά, όσο πιο πολύπλοκη και μικρή είναι μία ηλεκτρονική συσκευή τόσο πιο ευαίσθητη είναι σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Η πιο ισχυρή πηγή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών συνήθως προέρχεται στην κλινική ιατρική πράξη από την μονάδα χειρουργικής διαθερμίας η οποία μπορεί να παράγει μέχρι 400 Watt.⁷⁴ Το φαινόμενο “παρα-σκιάς / penumbra” και τα λάθη εξ’ αιτίας κακών εφαρμογών στην κλινική πράξη αντιπροσωπεύουν ένα συνδυασμό τεχνικών και φυσικών προβλημάτων. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μία ψευδώς χαμηλή μέτρηση του SpO_2 . Μία άλλη σημαντική αιτία σφάλματος είναι οι «σφύζουσες» φλέβες που είναι το αποτέλεσμα πλούσιων αρτηριοφλεβικών αναστομών στην κυκλοφορία του δέρματος. Η κυκλοφορία του αίματος στο δέρμα μπορεί να διαφέρει από 1ml/min/100g δέρματος έως 150 ml/min/100g ως απάντηση σε θερμικά ή άλλα αγγειοδιασταλτικά ερεθίσματα. Τα φλεβίδια του δέρματος μπορεί να σφύζουν εξ’ αιτίας ακριβώς αυτών των αναστομών και των κοντινών σχέσεων τους με τα αρτηριόλια. Καθώς οι αρτηριοφλεβικές αναστομές καθιστούν τις φλέβες σφύζουσες καταγράφονται ψευδώς χαμηλές τιμές SpO_2 . Άλλες αιτίες πιθανού σφάλματος μπορεί να είναι η ανεπάρκεια της τριγλώχινης βαλβίδας και η παλινδρόμηση του αίματος, το block δεξιού σκέλους και το μύζωμα της καρδιάς.⁷⁵ Επίσης, ο Barker, κατέδειξε ότι η μη ακριβής τοποθέτηση της κεφαλής του οξύμετρου μπορεί να προκαλέσει λανθασμένη καταγραφή του SpO_2 και ανέφερε ότι ο τρόπος για να αποφευχθεί αυτό είναι ο σωστός σχεδιασμός της κεφαλής.⁶⁴ Ο ίδιος συγγραφέας τόνισε ακόμα, ότι ο κλινικός γιατρός πρέπει να υποπτευθεί τη μη σωστή λειτουργία του μηχανήματος όταν υπάρχουν σημαντικές και γρήγορες εναλλαγές στις μετρήσεις και σε αυτές τις περιπτώσεις η κεφαλή πρέπει να ελέγχεται και η θέση της να διορθώνεται.⁷¹

Όσον αφορά τα φυσικά σφάλματα, θεωρητικά η χρωστική του δέρματος δεν σχετίζεται με την ακρίβεια του οξύμετρου, υπάρχουν όμως αντικρουόμενες απόψεις. Οι Gabrielczyk & Buist,⁷⁶ δεν βρήκαν διαφορές, ενώ ο Cecil,⁷⁷ θεωρεί ότι η αυξημένη ισχύς των ΔΕΦ που απαιτείται για να διεισδύσει το φως στο μαύρο δέρμα μπορεί να είναι λόγος για μεγαλύτερα σφάλματα. Αντίθετα ο Ries, βρήκε ότι αυτή η διαφορά είναι οριακή, απλώς σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει πρόβλημα στη ποιότητα του σήματος.⁷⁸

Νοσηρότητα

Το παλμικό οξύμετρο μπορεί να γίνει επικίνδυνο όταν χρησιμοποιείται με εύφλεκτα αέρια ή υγρά. Επίσης, τα πολύ υψηλά μαγνητικά πεδία μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι κυρίως η μηχανική πίεση και λιγότερο η εκπεμπόμενη ενέργεια

από τις ΔΕΦ μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο σημείο εφαρμογής (π.χ. δάκτυλο) αν παραμείνει για πολύ καιρό. Στα νεογνά παρατηρήθηκε ακόμα και νέκρωση του δέρματος η οποία αποδόθηκε στη μηχανική πίεση που ασκούσε η συσκευή.^{79,80}

Η Ιατρική Εταιρία Ιατρικών Συσκευών, ένα κυβερνητικό σώμα του Ηνωμένου Βασιλείου τόνισε τρία σημαντικά σημεία στην εφαρμογή του οξυμέτρου: 1. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται κολλητική ταινία για την εφαρμογή του. 2. Το σημείο εφαρμογής πρέπει να ελέγχεται κατά διαστήματα. 3. Το σημείο εφαρμογής της κεφαλής του οξυμέτρου πρέπει να αλλάζει συχνά.⁸¹

3.1.4 Καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου με την παλμική οξυμετρία

Είναι σκόπιμο να αναφερθούμε στις ιδιαιτερότητες που υπάρχουν στη δέσμευση και μεταφορά οξυγόνου στα έμβρυα. Το O_2 μεταφέρεται από την έγκυο μητέρα στον πλακούντα και από εκεί με τα εμβρυικά κύτταρα περνά στην εμβρυική κυκλοφορία. Στο αίμα του εμβρύου βρίσκεται σε δύο μορφές:

A) Σε ποσοστό περίπου 1-2% της συνολικής ποσότητας του ως διαλυμένο στο πλάσμα. Αυτό εκφράζεται με τη μερική πίεση του οξυγόνου (pO_2) και μετράται με αιμοληψία από την κεφαλή του εμβρύου.

B) Δεσμευμένο με την αιμοσφαιρίνη στα ερυθρά αιμοσφαίρια (SaO_2) σε ποσοστό 98-99% της συνολικής ποσότητας και είναι αυτό που μετρά η παλμική οξυμετρία.

Η μέθοδος της παλμικής οξυμετρίας στηρίζεται στις βασικές αρχές της φυσιολογίας. Ως οξυαιμοσφαιρίνη ορίζουμε την αιμοσφαιρίνη της οποίας όλες οι διαθέσιμες θέσεις στο μόριό της είναι δεσμευμένες με O_2 , ενώ η δεσοξυαιμοσφαιρίνη δεν μεταφέρει O_2 δηλαδή δεν είναι κορεσμένη. Το ποσοστό κορεσμού του εμβρυικού αίματος σε O_2 χαρακτηρίζεται ως SpO_2 και εκφράζεται από την αναλογία μορίων αιμοσφαιρίνης που είναι συνδεδεμένα με O_2 προς την ολική ποσότητα μορίων Hb που είναι διαθέσιμα για σύνδεση με O_2 . Η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για να επιτύχει τη μέτρηση του κορεσμού του O_2 βασίζεται στο ότι η οξυαιμοσφαιρίνη παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση φωτός στο φάσμα του υπέρυθρου ενώ η δεσοξυαιμοσφαιρίνη στο φάσμα του ερυθρού. Η τιμή του SpO_2 του εμβρυικού αίματος μετριέται με τον προσδιορισμό των μεταβολών απορρόφησης με παλμικό τρόπο (που λαμβάνει χώρα στους εμβρυικούς ιστούς από τη διάχυση του αρτηριακού αίματος) από το ερυθρό φως προς το υπέρυθρο. Όσο μεγαλύτερο είναι το πηλίκο υπέρυθρου/ερυθρού, τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό κορεσμού και αντίστροφα.

Οξυαιμοσφαιρίνη

$$\% \text{ κορεσμός O}_2 = \frac{\text{Οξυαιμοσφαιρίνη}}{\text{Οξυαιμοσφαιρίνη} + \text{Δεσοξυαιμοσφαιρίνη}} \times 100$$

Προκειμένου να γίνει η μέτρηση των μεταβολών απορρόφησης χρησιμοποιείται ειδικό σύστημα προσδιορισμού του κορεσμού του αρτηριακού αίματος που αποτελείται από τη συσκευή παρακολούθησης (monitor), τον αισθητήρα (sensor), τη μονάδα ηλεκτρονικού υπολογιστή - H/Y και τον εκτυπωτή.

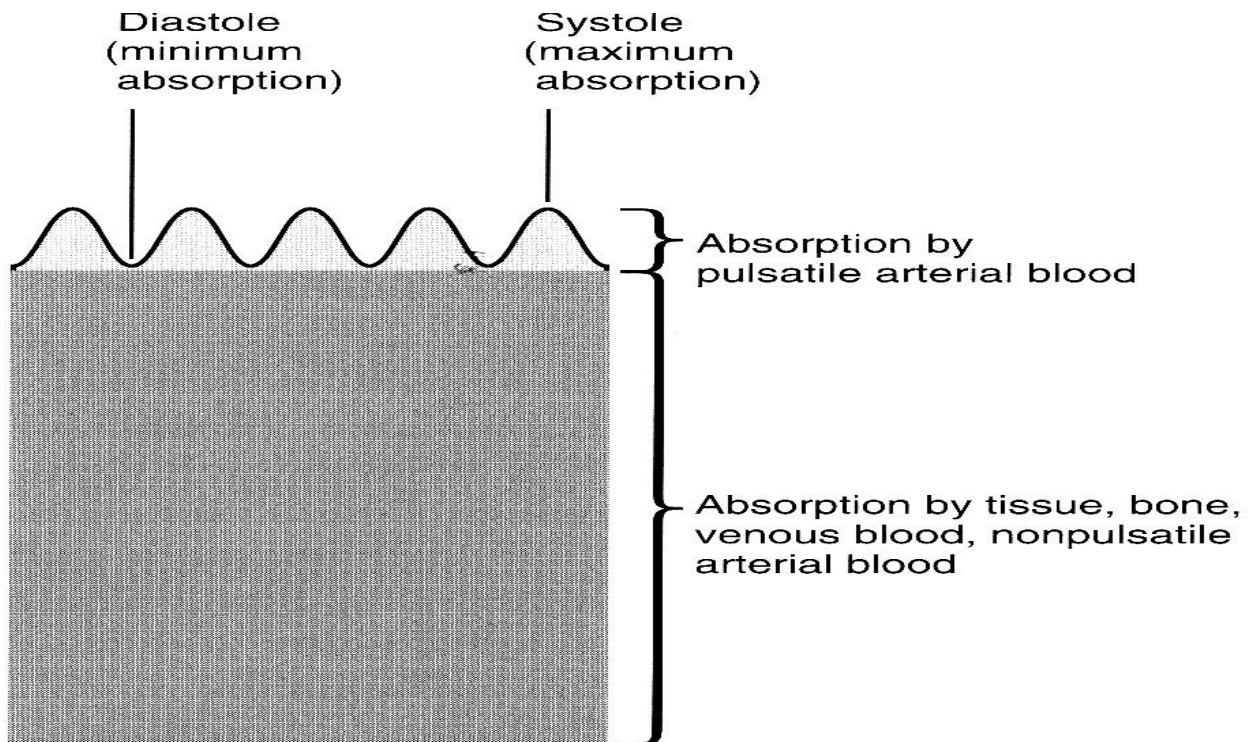
Όπως έχει αναφερθεί, υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων ανάλογα με την τοποθέτηση των οπτικών στοιχείων σε σχέση με το αγγειακό δίκτυο: 1. Ο αισθητήρας «εκπομπής» με κατεύθυνση: δίοδος εκπομπής φωτός → φωτοανιχνευτήρας → αντίθετη πλευρά αγγειακού δικτύου. 2. Ο αισθητήρας «αντανάκλασης» με κατεύθυνση: δίοδος εκπομπής φωτός → φωτοανιχνευτήρας → Ίδια επιφάνεια δέρματος.⁵⁴⁻⁵⁶

Στη Μαιευτική, η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου με την παλμική οξυμετρία αναπτύχθηκε με την προοπτική να μπορεί να παράξει προειδοποιητικά σημεία για την πιθανή ανάπτυξη εμβρυικής υποξίας.

Το οξύμετρο καταγράφει το κλάσμα του φωτός που μεταδιδόμενο διαμέσου του ιστού απορροφάται από την οξυαιμοσφαιρίνη και τη δεοξυαιμοσφαιρίνη. Τα μήκη κύματος τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται στα συμβατικά οξύμετρα είναι, το ερυθρό φως (660 nm) και το υπέρυθρο (890-940 nm). Τα νεότερα μοντέλα χρησιμοποιούν αισθητήρες με ηλεκτρόδια εκπομπής στα 735 nm και στα 890 nm γιατί είχαν μεγαλύτερη ακρίβεια σε χαμηλό κορεσμό. Πειράματα σε ζώα επιβεβαίωσαν αυτές τις υποθέσεις. Οι ίδιες μελέτες θεωρούν ότι αλλαγές στις ιδιότητες των ιστών επηρεάζουν περισσότερο τις διόδους 660/900 nm από τις διόδους 735/890 nm σε κορεσμό < 70 %. Τελικά οι δίοδοι εκπομπής φωτός των 735/890 nm εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία και ακρίβεια και αποδίδουν καλύτερα στην κλινική πράξη σε σχέση με τους συμβατικούς αισθητήρες.^{61,82,83} Κατά τη λειτουργία του οξύμετρου, το φως εκπέμπεται από δύο διόδους-εκπομπής-φωτός (ΔΕΦ) προς ένα φωτοϋποδοχέα και διαχέεται διαμέσου των αγγείων. Οι δύο Δίοδοι Εκπομπής Φωτός (ΔΕΦ) εκπέμπουν διαδοχικά: (ΔΕΦ1 ανοιχτό, ΔΕΦ2 κλειστό) ... (ΔΕΦ1 κλειστό, ΔΕΦ2 κλειστό) ... (ΔΕΦ1 κλειστό, ΔΕΦ2 ανοιχτό) ... (ΔΕΦ1 κλειστό, ΔΕΦ2 κλειστό). Αυτή η αλληλουχία επιτρέπει στον φωτοϋποδοχέα να μετρά ξεχωριστά την ένταση των δύο μηκών κύματος του φωτός, με χιλιάδες όμως μετρήσεις καταγραφόμενες ανά δευτερόλεπτο.

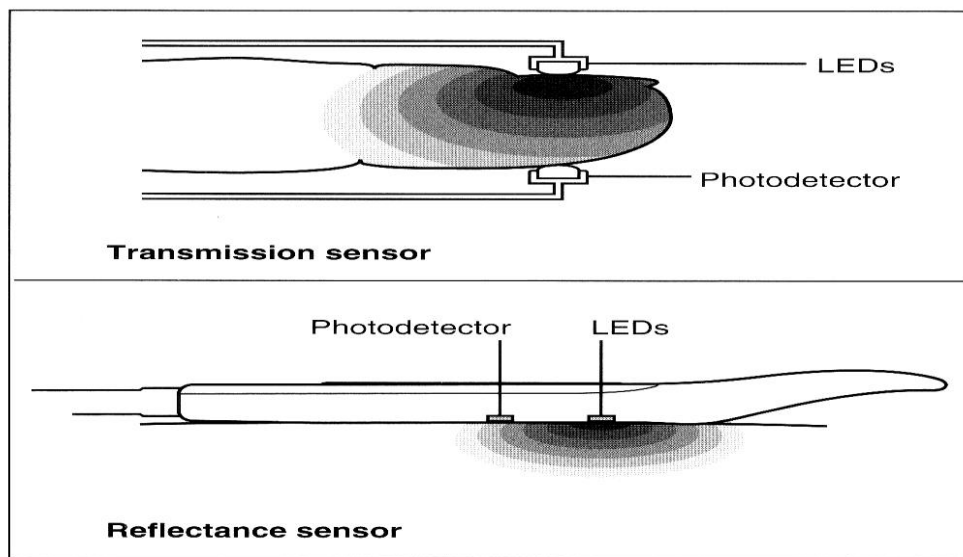
Ένα μέρος του φωτός απορροφάται από τα κόκκαλα, από το αρτηριακό και φλεβικό αίμα και από οποιονδήποτε άλλο ιστό βρίσκεται στο δρόμο του. Κατά τη διάρκεια της συστολής, ένα νέο κύμα αρτηριακού αίματος εισέρχεται στην κυκλοφορία και έτσι ο όγκος αίματος αλλά και η απορρόφηση φωτός αυξάνουν τοπικά. Κατά τη διαστολή, ο όγκος αίματος και η απορρόφηση του φωτός φτάνουν στο χαμηλότερο επίπεδο. Οι αλλαγές στον όγκο του αρτηριακού αίματος κατά τη διάρκεια του παλλόμενου καρδιακού κύκλου προκαλούν αλλαγές στην απορρόφηση φωτός από τους ιστούς και το οξύμετρο μετρά την ένταση φωτός κατά τη συστολή και τη διαστολή. Για τον καθορισμό του SpO_2 , το οξύμετρο χρησιμοποιεί το μέγιστο και το ελάχιστο σημείο από κάθε τμήμα του πληθυσμογραφικού γραφικού σήματος (δηλαδή, τις μετρήσεις κατά τη συστολή και διαστολή) (Εικόνα 8).

Επίσης, χρησιμοποιώντας το ποσοστό της αλλαγής της έντασης των δύο μηκών κύματος κατά τη διάρκεια του καρδιακού παλμού, το οξύμετρο μπορεί να φιλτράρει επιτυχώς τις παρεμβολές από τους άλλους ιστούς που αναφέρθηκαν και επικεντρώνεται στις αλλαγές της έντασης του φωτός μόνο του αρτηριακού αίματος. Τα σήματα αυτά προσλαμβάνονται από τους ειδικούς αισθητήρες και η μέτρηση αυτή καταγράφεται στον πίνακα ελέγχου της συσκευής.



Εικόνα 8. Απορρόφηση φωτός από διάφορους ιστούς κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p2).

Όσον αφορά τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου, οι «αισθητήρες εκπομπής», ήταν οι πρώτοι που παρασκευάστηκαν και τοποθέτησαν την δίοδο-εκπομπής-φωτός απέναντι από τον φωτοϋποδοχέα, η δε μέτρηση της απορρόφησης του φωτός γίνεται από τον ιστό που εμπεριέχεται ανάμεσά τους. Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται στις μονάδες εντατικής θεραπείας και στην αναισθησιολογία. Οι νεότεροι αισθητήρες, οι «αισθητήρες αντανάκλασης» έχουν αυτά τα δύο στοιχεία αλλά το ένα βρίσκεται δίπλα στο άλλο και όχι απέναντι. Τοποθετώντας τον αισθητήρα σε μία συγκεκριμένη περιοχή του δέρματος, η απορρόφηση καθορίζεται από το φως το οποίο διασκορπίζεται στην επιφάνεια του δέρματος. Η τεχνολογία του «αντανεκλούμενου» αισθητήρα καθιστά δυνατή τη μέτρηση του SpO_2 από μία μόνο επιφάνεια. Αυτό αποτέλεσε ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την εφαρμογή της μέτρησης του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου με την παλμική οξυμετρία (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Εφαρμογή των αισθητήρων «εκπομπής» και «αντανάκλασης» και σχεδιάγραμμα της διασποράς του φωτός στους δύο τύπους αισθητήρων (άπό Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p3).

Επειδή η ευρύτητα του σφυγμού του εμβρύου είναι συνήθως λιγότερη από το 1/10 από αυτή που μετράται στο δάχτυλο ενός ενήλικα, οι κατασκευαστές οξύμετρων εστίασαν την προσοχή τους στην ενδυνάμωση του εισερχόμενου σήματος και στην μείωση του μηχανικού θορύβου, του θορύβου που προέρχεται από το περιβάλλον και γενικώς όλων των artifact.

Για να καταστεί βέλτιστη η ποιότητα του σήματος χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρονικά μέσα υψηλής τεχνολογίας που ενσωματώνουν και μειώνουν τους χαμηλούς θορύβους και αυξάνουν την αναλογία σήματος-θορύβου. Για να αυξήσουν την ποιότητα του εισερχόμενου σήματος υψηλής απόδοσης χρησιμοποιούνται από τον αισθητήρα ειδικές δίοδοι-εκπομπής-φωτός ενώ αντίστοιχης ποιότητας φωτοϋποδοχείς μετρούν την ένταση του φωτός που διασπείρεται.

Έχειδειχθεί ότι τα συμβατικά παλμικά οξύμετρα είναι ακριβή όταν ο κορεσμός οξυγόνου είναι υψηλός και λιγότερο ακριβή σε χαμηλό κορεσμό οξυγόνου, ιδίως αν είναι κάτω από 70%. Επειδή ο κορεσμός οξυγόνου του εμβρύου είναι μικρότερος από 70% η συσκευή έπρεπε να υποστεί ειδικό σχεδιασμό.⁸⁴⁻⁸⁶

Για τον ακριβή υπολογισμό του κορεσμού οξυγόνου με το παλμικό οξύμετρο N-400 πρέπει να ισχύουν συγκεκριμένες υποθέσεις. Το οξύμετρο N-400 το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη μας θεωρεί ότι όλοι οι παλμοί είναι αρτηριακοί. Αν υπάρχουν και άλλα παλμικά σήματα οι μετρήσεις το εμβρυικού SpO₂ μπορεί να αλλοιωθούν. Για παράδειγμα, η ρυθμική κίνηση από τις σφύξεις των μητριάων αρτηριών ενδεχομένως να καταγραφεί από τον αισθητήρα και να ερμηνευθεί λανθασμένα σαν εμβρυικές αρτηριακές σφύξεις (artifact). Το οξύμετρο N-400 βασίζεται στο γεγονός ότι το φως το οποίο φτάνει στον φωτοϋποδοχέα έχει περάσει μέσα από ιστό πλούσιο σε αγγεία. Εάν το φως φτάνει στον φωτουποδοχέα χωρίς να περάσει από ένα τέτοιο ιστό παρατηρείται το φαινόμενο της «οπτικής διαφυγής του φωτός» και μπορεί να προκύψουν λανθασμένα αποτελέσματα. Οι «αισθητήρες αντανάκλασης» είναι επιρρεπείς σε αυτό το φαινόμενο. Το «διαφεύγων φως» μπορεί να φτάσει στον φωτοϋποδοχέα διατρέχοντας κατά μήκος του δέρματος, ή μέσω επιφανειακών ανάγγειων στρωμάτων του δέρματος. Το μεγαλύτερο μέρος της διαφυγής αυτής μπορεί να ελεγχθεί με τον προσεκτικό σχεδιασμό και τη σωστή εφαρμογή του αισθητήρα.

Επίσης το μοντέλο N-400 θεωρεί ότι η οξυαιμοσφαιρίνη και η δεοξυαιμοσφαιρίνη είναι τα μόνα σημαντικά στοιχεία που πρέπει να καταγραφούν στο αρτηριακό αίμα. Οι αιμοσφαιρινοπάθειες μπορούν επηρεάσουν την ακρίβεια του οξύμετρου αλλάζοντας τις οπτικές ιδιότητες του αίματος. Οι εμβρυικές αιμοσφαιρινοπάθειες αν και σπάνιες μπορεί να υπάρχουν σε αιμολυτικές νόσους, σε έκθεση της μητέρας σε μονοξείδιο του άνθρακα, ή σε φάρμακα όπως η νιτροπρουσίδη.^{87,88}

3.1.5 Καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου (SpO_2) κατά τον τοκετό

Οι βασικές αρχές λειτουργίας του οξύμετρου N-400 είναι παρόμοιες με τις αρχές λειτουργίας όλων των μη επεμβατικών μηχανημάτων καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου. Η κατασκευή όμως του εμβρυικού οξύμετρου παρουσίασε μερικές προκλήσεις.

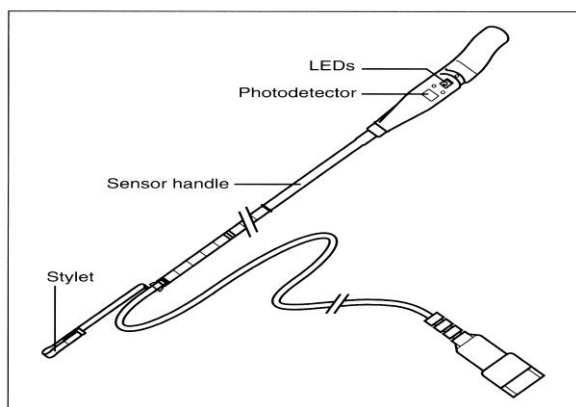
Η καταγραφή της αναλογίας σήματος / θορύβου στη καταγραφή του εμβρυικού SpO_2 είναι χειρότερη από αυτή των συμβατικών οξύμετρων. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί:

- (1) ο σφυγμός του εμβρύου κατά την εφαρμογή του αισθητήρα είναι σημαντικά ασθενέστερος από οποιαδήποτε άλλη συμβατική μέτρηση.
- (2) υπάρχει η παρουσία artifact από διάφορες πηγές όπως συσπάσεις της μήτρας, κινήσεις του εμβρύου και κινήσεις της μητέρας που επηρεάζουν την καταγραφή του SpO_2 .
- (3) στον σχεδιασμό του εμβρυικού αισθητήρα που τοποθετείται στο έμβρυο πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ο περιορισμένος αριθμός των θέσεων που είναι διαθέσιμα στο έμβρυο. Η τοποθέτησή του πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ασφάλεια.
- (4) το μηχανήμα καταγραφής του SpO_2 δεν μπορεί να βαθμονομηθεί με τον ίδιο κλασσικό τρόπο με τον οποίο βαθμονομούνται τα άλλα μη επεμβατικά μηχανήματα, δηλαδή μέσω μελετών οι οποίες συγκρίνουν τα οπτικά σήματα με τον κορεσμό οξυγόνου ενός δείγματος ανθρώπινου αρτηριακού αίματος το οποίο λαμβάνεται ταυτόχρονα και αυτό γιατί οι επαναλαμβανόμενες αιμοληψίες αρτηριακού αίματος στο ανθρώπινο έμβρυο είναι πρακτικά μη εφαρμόσιμες. Επίσης, τα επίπεδα αρτηριακού κορεσμού οξυγόνου τα οποία ανευρίσκονται στα νεογνά δεν αντιστοιχούν με τα επίπεδα κορεσμού οξυγόνου των ενηλίκων και αντιστρόφως.

Η τεχνολογία για την κατασκευή του μηχανήματος της παλμικής οξυμετρίας διαχωρίστηκε σε τρία στάδια έτσι ώστε να επιλυθούν τα προαναφερθέντα προβλήματα: 1. Κατασκευή ειδικού αισθητήρα έτσι ώστε να εφαρμόζεται στο έμβρυο κατά τον τοκετό. 2. Ανάπτυξη ειδικού hardware και software για να επιτυγχάνεται σήμα υψηλής ποιότητας. 3. Βαθμονόμηση στα επίπεδα διακύμανσης του εμβρυικού SpO_2 τα οποία αναμένονται στα φυσιολογικά έμβρυα και στα έμβρυα με υποξία.⁸⁹

Ο αισθητήρας FS-14

Ο αισθητήρας αυτός είναι μία συσκευή η οποία εμπεριέχει την δίοδο-εκπομπής-φωτός (LED), τον φωτουποδοχέα, τα ηλεκτρόδια επαφής, το σύρμα που έχει ψηλαφητό χείλος σε απόσταση 15 εκ. από το ηλεκτρόδιο επαφής και το βασικό ηλεκτρικό κύκλωμα (Εικόνα 10).



Εικόνα 10. Ο αισθητήρας του παλμικού οξυμέτρου που εφαρμόζεται στον τοκετό (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p5).

Κατά την κατασκευή του αισθητήρα ελήφθησαν υπ' όψιν η βιοδιαθεσιμότητά του (biocompatibility), η μηχανική και η θερμική ασφάλεια κατά την εφαρμογή καθώς και η ανάπτυξη μεθόδων για την σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα στο έμβρυο.

Ο αισθητήρας πρέπει να παρέχεται αποστειρωμένος. Οι κανόνες ασφαλείας συνιστούν να χρησιμοποιείται άπαξ και να μην αποστειρώνεται εκ νέου. Πιθανοί κίνδυνοι σε τέτοια περίπτωση μπορεί να προκύψουν από μικροβιακή ή ιογενή λοίμωξη, λανθασμένες μετρήσεις προκαλούμενες από βλάβη στον αισθητήρα, τοξικά φαινόμενα από υπολείμματα οξειδίου του αιθυλενίου και θερμικά φαινόμενα από παραμονή πρωτεϊνών. Η βιοδιαθεσιμότητα ελέγχθηκε με την έκθεση των υλικών του αισθητήρα με *in vitro* ελέγχους για τοξικότητα και αιμόλυση και με *in vivo* ελέγχους για τοξικότητα, ευαισθησία, θερμική βλάβη και δερματικό, κολπικό και οφθαλμικό ερεθισμό.

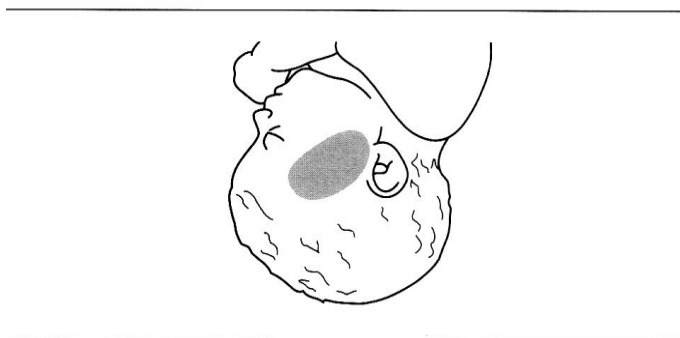
Η θερμική ασφάλεια του αισθητήρα εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας ένα *in vitro* μοντέλο το οποίο λάμβανε υπ' όψιν του το χειρότερο σενάριο, δηλαδή τη μέτρηση της αύξησης της θερμοκρασίας στον ιστό όταν η δίοδος φωτός χρησιμοποιούσε ρεύμα σε μέγιστη ένταση. Ακόμα και υπό αυτές τις ακραίες συνθήκες η αύξηση της θερμοκρασίας δεν ήταν παραπάνω από 3.0° C. Αυτό υποδηλώνει ότι αν η θερμοκρασία στο δέρμα του εμβρύου αυξηθεί, η μέγιστη θερμοκρασία του αισθητήρα θα παραμείνει μέσα στα καθορισμένα όρια ασφαλείας. Αυτή η δοκιμασία χρησιμοποίησε έναν ιστό στον οποίο δεν παρατηρείται διάχυση, διήδρωμα ή εξίδρωμα. Σε κανονικές συνθήκες η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να είναι μικρότερη επειδή το αίμα μεταφέρει θερμότητα μακριά από το σημείο επαφής.

Ακολούθησαν κλινικές μελέτες οι οποίες επιβεβαίωσαν την βιολογική, μηχανική και θερμική ασφάλεια του αισθητήρα. Στις μελέτες αυτές χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας σε παραπάνω από 5000 γυναίκες σε τοκετό από το 1990 έως το 1997. Δεν παρατηρήθηκε διάτρηση της

μήτρας, διάτρηση ή αποκόλληση του πλακούντα, τραυματισμός του ομφαλίου λώρου, τραυματισμός του οφθαλμού ή του ωτός. Το μόνο που αναφέρθηκε ήταν ένα παροδικό εντύπωμα στο σημείο επαφής του αισθητήρα με το δέρμα του εμβρύου. Επίσης, σε άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε περισσότερες από 400 γυναίκες, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο ποσοστό των πυρετών και αιμορραγιών μετά τον τοκετό στην ομάδα της οξυμετρίας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.⁹⁰⁻⁹²

Τοποθέτηση του αισθητήρα

Ο «αισθητήρας αντανάκλασης» που χρησιμοποιείται στη εμβρυική παλμική οξυμετρία είναι ο μόνος τύπος που μπορεί να εφαρμοστεί στο έμβρυο. Αντίθετα ο «αισθητήρας εκπομπής» δεν έχει πρακτική θέση στη μαιευτική. Για την εφαρμογή του αισθητήρα το έμβρυο πρέπει να βρίσκεται σε κεφαλική προβολή. Όμως, η τοποθέτησή του στην κεφαλή γενικώς ή στο τριχωτό αυτής μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες μετρήσεις, ιδίως αν συνυπάρχει οίδημα στην περιοχή (προκεφαλή). Οι τρίχες, μπορούν να προκαλέσουν διαφυγή (shunt) εμποδίζοντας την άμεση επαφή του αισθητήρα με το δέρμα. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί ότι το χρώμα των μαλλιών έχει σημασία. Το μαύρο χρώμα απορροφά μεγαλύτερες ποσότητες φωτός κυρίως το ερυθρό και αυτό μειώνει σημαντικά το εύρος του σήματος. Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα ο αισθητήρας σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να εφαρμόζεται στο μάγουλο ή στον κρόταφο του εμβρύου (Εικόνα 11).



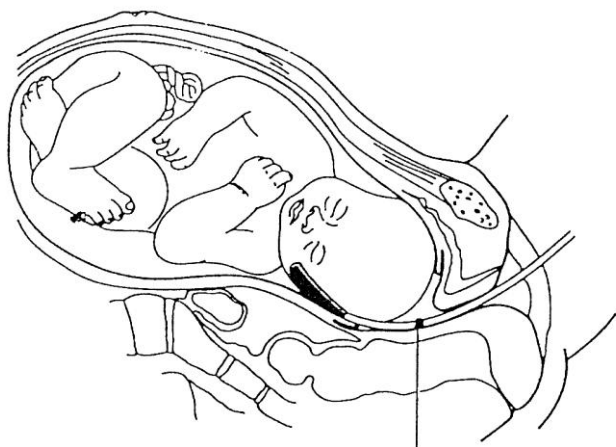
Εικόνα 11. Το σημείο εφαρμογής του αισθητήρα στο έμβρυο (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p5).

Εφαρμογή σε αυτή τη θέση εξασφαλίζει καλή ποιότητα σήματος επειδή το πρόσωπο έχει μεγάλη αγγείωση και ο σφυγμός έχει ισχυρή ένταση. Επίσης, στην περιοχή αυτή δεν υπάρχουν τρίχες που να αλλοιώνουν το σήμα.⁹³⁻⁹⁵ Παρ' όλα αυτά, στον τοκετό ο αισθητήρας εφαρμόζεται τυφλά στο πρόσωπο του εμβρύου. Αυτό εγείρει μερικά κρίσιμα θέματα:

1. Είναι ο αισθητήρας τοποθετημένος σωστά;
2. Είναι σε επαφή ο ιστός με τον αισθητήρα;
3. Προέρχεται το σήμα από το έμβρυο;
4. Προέρχεται το σήμα από αληθή αρτηριακό σφυγμό;

Για τη σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα θεωρείται σημαντικό να προσδιορίσουμε τη θέση της κεφαλής του εμβρύου:

- (1) Αναγνωρίζεται η οβελιαία ραφή και η μία ή και η δύο πηγές. Είναι προτιμότερο να εισάγεται ο αισθητήρας από την πλευρά εκείνη η οποία αντιστοιχεί προς την σπονδυλική στήλη.
- (2) Ο αισθητήρας εισάγεται διαμέσου του τραχηλικού στομίου. Η άκρη του πρέπει να είναι στη μέση της ραφής, σχεδόν κάθετα σε αυτή και με ελαφρά μετατόπιση προς την πρόσθια πηγή.
- (3) Ο αισθητήρας εισάγεται στον τράχηλο μέχρι το σημείο όπου ο εύκαμπτος στυλεός να φτάσει στη μισή απόσταση από την κορυφή. Στον αισθητήρα υπάρχει μία κλίμακα η οποία επιτρέπει τη μέτρηση του βάθους εισόδου στη μήτρα (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Ο αισθητήρας εισάγεται διαμέσου του κόλπου και του τραχήλου μέχρι το σημείο εφαρμογής (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitorng System: Technical Issues, 1997, p5).

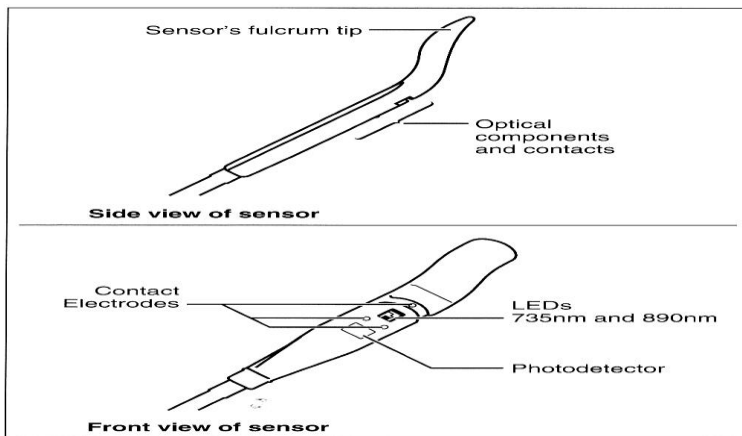
- (4) Προωθείται αργά 3-4 ακόμα εκατοστά και κατόπιν αποσύρεται για ίδια απόσταση έτσι ώστε να ευθυγραμμιστεί.
- (5) Κρατείται σταθερή η θήκη του οξυμέτρου και αποσύρουμε τον στυλεό.
- (6) Παρατηρούμαι την οθόνη του μηχανήματος καταγραφής. Αν η ένδειξη επαφής του αισθητήρα είναι αναμένη αποσύρουμε ή μετακινούμε κατά 1 εκ ακόμα τον αισθητήρα μέχρι να επιτευχθεί η επαφή.

(7) Μόλις διαπιστωθεί η επαφή περιμένουμε 2-3 λεπτά ακόμα και αξιολογούμε το σήμα με βάση την ένδειξη που υπάρχει στην οθόνη.

Οι περιορισμοί στην εφαρμογή του αισθητήρα είναι οι εξής:

- (1) Πρέπει να αφαιρείται σε περίπτωση εφαρμογής αναρροφητικού ή μεταλλικού εμβρυουλκού.
- (2) Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε περίπτωση που διαπιστωθεί βλάβη.
- (3) Η διαστολή του τραχήλου πρέπει να είναι ≥ 3 εκατοστά.
- (4) Πρέπει να υπάρχει ρήξη των εμβρυϊκών υμένων.
- (5) Δεν πρέπει να επιχειρείται ρήξη των υμένων με τη χρήση του αισθητήρα.
- (6) Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε χαμηλό, προδρομικό ή επιποματικό πλακούντα, σε αποκόλληση πλακούντα και σε αιμορραγία αγνώστου αιτιολογίας, σε ανωμαλίες διάπλασης της μήτρας, σε περίπτωση λοίμωξης (π.χ. Στρεπτόκοκκος B, ερπητική λοίμωξη).

Όπως αναφέρθηκε, για την καταγραφή του SpO_2 είναι απαραίτητη η συνεχής επαφή του αισθητήρα με το δέρμα του εμβρύου. Για να επιτευχθεί αυτό, η άκρη του αισθητήρα είναι ιδιαίτερα ελαστική έτσι ώστε να κάμπτεται όταν έρχεται σε επαφή με το τοίχωμα της μήτρας και να κατευθύνεται προς το πρόσωπο του εμβρύου. Το «σήμα επαφής» καταγράφεται με ηλεκτρόδια επαφής που με συνεχείς καταγραφές ενημερώνουν εάν υπάρχει επαφή του εμβρύου με τον αισθητήρα (Εικόνα 13). Η επαφή αυτή επαυξάνεται από την υψηλή αγωγιμότητα του αμνιακού υγρού. Όταν τα ηλεκτρόδια επαφής έρχονται σε επαφή με υγρό ιστό, η αντίσταση συνήθως αυξάνεται, ενώ όταν εμβαπτίζονται στο αμνιακό υγρό η αντίσταση είναι σημαντικά χαμηλότερη. Στις περιπτώσεις αυτές, ένα σήμα από την οθόνη ενημερώνει αν υπάρχει επαφή του αισθητήρα με τον ιστό. Μηκόνιο, αίμα ή ποσότητες εμβρυϊκού σμήγματος δεν αλλοιώνουν την αγωγιμότητα του αμνιακού υγρού έτσι ώστε να επηρεάζεται το σήμα επαφής. Όμως, αν η ποσότητα του σμήγματος ή οποιοδήποτε άλλο στερεό υλικό επικαλύψει τελείως τον αισθητήρα θα δράσει σαν μονωτικό υλικό και θα αλλοιώσει το σήμα. Αυτό το παχύ σμήγμα δεν ανευρίσκεται συνήθως στα τελειόμηνα νεογνά αλλά παρατηρείται συνήθως στα πρόωρα.⁹⁶



Εικόνα 13. Το υπομόχλιο-υποστήριγμα του αισθητήρα εφάπτεται στο τοίχωμα της μήτρας και πιέζει τον αισθητήρα στο εμβρυϊκό πρόσωπο (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p5).

Μετά την επιβεβαίωση της επαφής του αισθητήρα με τον ιστό, το μηχάνημα N-400 επιβεβαιώνει με τη χρήση αλγορίθμων αν το σήμα είναι εμβρυϊκής αρτηριακής προέλευσης. Παρεμβαλλόμενα σήματα μπορεί να προέρχονται από τα αγγεία της μητέρας. Για να επιβεβαιωθεί ότι το παραγόμενο σήμα είναι εμβρυϊκό, ο σφυγμός ελέγχεται από ένα σύστημα ελέγχου σημάτων. Το σήμα αξιολογείται με ανεξάρτητο τρόπο από μία βάση ελέγχου πολλαπλών μεταβλητών χρησιμοποιώντας μία βαθμολογία η οποία στηρίζεται στο πληθυσμογράφημα. Έτσι αξιολογείται η κατάσταση του εμβρύου και εάν η βαθμολογία είναι μικρότερη από την καθορισμένη ουδό, δεν καταγράφονται δεδομένα στο μηχάνημα, ενώ εάν είναι κανονική, το καταγραφόμενο σήμα είναι αποδεκτό και εμφανίζεται στην οθόνη του μηχανήματος (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Η βασική συσκευή του εμβρυϊκού παλμικού οξύμετρου (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p1).

3.1.6 Βαθμονόμηση-Ακρίβεια του μηχανήματος

Η ακρίβεια του μηχανήματος ελέγχεται:

1. Με τη συνολική ακρίβεια (overall accuracy) του συστήματος που επιτυγχάνεται με τη βαθμονόμηση έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το λάθος μεταξύ των ενδείξεων και των πραγματικών τιμών.
2. Με την αναπαραγωγική ακρίβεια (reproducibility) του μηχανήματος η οποία καθορίζεται με τη μέτρηση της σταθερής απόκλισης από τις ταυτόχρονες μετρήσεις δύο διαφορετικών μηχανημάτων που μετρούν το ίδιο πειραματικό μοντέλο.

Στα ανθρώπινα μοντέλα, η βαθμονόμηση επιτυγχάνεται με μελέτες ελεγχόμενης υποξίας σε εθελοντές. Οι μετρήσεις του οξύμετρου συγκρίνονται με τις μετρήσεις από την ταυτόχρονη λήψη αρτηριακού αίματος το οποίο αναλύεται σε μηχανήμα που καλείται αιμο-οξύμετρο. Δημιουργείται κατόπιν μία ομάδα συντελεστών βαθμονόμησης για να συγκρίνει τις μετρήσεις *in vivo* και *in vitro*. Το εύρος κορεσμού είναι συνήθως μεταξύ 70% και 100%.

Όπως ειπώθηκε, βαθμονόμηση με τη μέθοδο αυτή πρακτικά δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην εμβρυική οξυμετρία. Το εμβρυικό οξύμετρο πρέπει να βαθμονομηθεί μόνο εμπειρικά με δείγματα κορεσμού οξυγόνου τα οποία όμως δεν μπορούν να αποκτηθούν από εθελοντές. Ο αναμενόμενος κορεσμός οξυγόνου έχει εύρος από 15-80%. Στην πράξη, δεν υπάρχει τρόπος να λαμβάνεται αρτηριακό αίμα από το ανθρώπινο έμβρυο κατ'επανάληψη και με απόλυτη αξιοπιστία κατά τον τοκετό και γι'αυτό στις περιπτώσεις αυτές οι μελέτες έγιναν σε πειραματόζωα.

Η ακρίβεια του μηχανήματος N-400 αξιολογήθηκε με μία σειρά από διπλές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ανθρώπινα έμβρυα. Στην κλινική πράξη, η ακρίβεια ενός αισθητήρα μπορεί να εκτιμηθεί από τη σταθερή απόκλιση (Standard Deviation - SD) των διαφορών που σημειώθηκαν από τις καταγραφές όλων των αισθητήρων. Σε μία μελέτη εγκεκριμένη από την Επιτροπή Δεοντολογίας του νοσοκομείου όπου πραγματοποιήθηκε, δύο αισθητήρες προσαρμόστηκαν ταυτόχρονα σε 13 έμβρυα κατά τη διάρκεια του τοκετού. Οι μελέτες κράτησαν από 75 έως 470 λεπτά με συνολικό χρόνο καταγραφής περισσότερο από 58 ώρες. Μετά από 35 ώρες ταυτόχρονης συνεχούς καταγραφής από τους δύο αισθητήρες η μέση απόλυτη διαφορά μεταξύ των δύο αισθητήρων ήταν 4.8 και η σταθερή απόκλιση ήταν 6.6%. Η πιο συχνή διαφορά στον κορεσμό ήταν 1%. Ποσοστό λίγο μεγαλύτερο από 75% των καταγραφών των αισθητήρων ανέδειξαν μία διαφορά κορεσμού $\leq 6\%$.⁹⁷

Πρέπει να σημειωθεί, ότι διάφοροι φυσιολογικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια της καταγραφής οξυγόνου στο έμβρυο. Όπως συμβαίνει με όλα τα παλμικά οξύμετρα, εσφαλμένες τιμές κορεσμού οξυγόνου μπορούν να προκύψουν από τη μη σωστή

εφαρμογή του αισθητήρα ή από άλλους παράγοντες που επηρεάζουν το περιβάλλον μεταξύ του αισθητήρα και του δέρματος, όπως το φαινόμενο της «οπτικής διαφυγής φωτός», η παρουσία έντονης ποσότητας μηκωνίου ή σμήγματος, ή η παρεμβολή τριχών από την κεφαλή του εμβρύου.

Άλλη περίπτωση σφάλματος μπορεί να προκύψει όταν εφαρμόζεται υπερβολική πίεση στο δέρμα του εμβρύου, τόσο ώστε να παρεμποδίζεται η κυκλοφορία του αίματος τοπικά στους ιστούς επιτρέποντας στο φως να διαφεύγει από την αποχρωματισμένη και εξαγγειωμένη περιοχή. Αυτό συμβαίνει συνήθως κατά τη διάρκεια των ισχυρών συσπάσεων της μήτρας στον τοκετό, ιδίως αν ο αισθητήρας έχει τοποθετηθεί σε λανθασμένη θέση, όπως όταν τοποθετείται μεταξύ της κεφαλής του εμβρύου και σκληρών ιστών (ηβικό οστό). Σε αυτή την περίπτωση δεν καταγράφονται μετρήσεις του σφυγμού λόγω της ισχυρής πίεσης. Η συσκευή N-400 έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί την επίδραση της υπερβολικής πίεσης και να είναι δυνατόν να καταγράφονται τουλάχιστον μερικές μετρήσεις.

Μελέτες *in vitro* πραγματοποιήθηκαν από διάφορους ερευνητές, όπου στις καταγεγραμμένες μετρήσεις, έγινε σύγκριση των ιδιοτήτων απορρόφησης της εμβρυικής αιμοσφαιρίνης σε σχέση με την αιμοσφαιρίνη των ενηλίκων στα μήκη κύματος φωτός που χρησιμοποιούνται από τον εμβρυικό αισθητήρα. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι οι μετρήσεις *in vivo* του N-400 μπορεί να είναι μερικές μονάδες χαμηλότερες από τις αντίστοιχες εργαστηριακές τιμές του SaO_2 . Αυτό βέβαια είναι δύσκολο να αποδειχθεί στην πράξη. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν 4 γουρούνια ηλικίας μικρότερης των δύο εβδομάδων και 3 γουρούνια ηλικίας έξι εβδομάδων. Ελέγχοντας τα δεδομένα, θεωρήθηκε ότι δυνητικά οι αυξημένες τιμές εμβρυικής αιμοσφαιρίνης HbF στα νεότερα ζώα μπορεί να επηρεάζουν την παλμική οξυμετρία με αντίθετο τρόπο, δηλαδή οι μετρήσεις να είναι μερικές μονάδες υψηλότερες. Η αξιολόγηση της ανθρώπινης εμβρυικής αιμοσφαιρίνης παραμένει ένα θέμα ακόμα ανοιχτό αν και το τελικό αποτέλεσμα μεταξύ ανθρώπινης αιμοσφαιρίνης και αιμοσφαιρίνης των πειραματόζων φαίνεται να μην διαφέρει σημαντικά. Γι' αυτό, το μηχάνημα N-400 δεν διαθέτει διόρθωση των μετρήσεων του SpO_2 αλλά βαθμονομεί ευθέως με βάση εμπειρικά και καταγεγραμμένα δεδομένα από τις μελέτες στα νεογέννητα γουρούνια. Η Nellcor, θεωρεί ότι η χρήση νεογέννητων γουρουνιών, ηλικίας εννέα ημερών έως έξι εβδομάδων με τις αναμενόμενες τιμές εμβρυικής αιμοσφαιρίνης που καταγράφονται, μπορεί να αναπληρώσει επαρκώς τη βαθμονόμηση που είναι απαραίτητη για την καταγραφή της ανθρώπινης εμβρυικής αιμοσφαιρίνης.^{89,97,98}

3.1.7 Κριτικό όριο 30% για το εμβρυικό SpO₂

Η κλινική σημασία της καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου βασίζεται στην ικανότητα της μεθόδου να διαχωρίζει το φυσιολογικό από το παθολογικό SpO₂ κατά τη διάρκεια του τοκετού. Ο καθορισμός αυτού του ορίου κάτω από το οποίο θα αναπτυχθεί εμβρυική οξέωση απαιτούσε μία οργανωμένη και προσεκτική μεθοδολογία η οποία πραγματοποιήθηκε με τα παρακάτω βήματα:

1. Αναδρομική έρευνα από τη βιβλιογραφία για αντίστοιχα δεδομένα.
2. Προοπτική μελέτη η οποία θα καταδεικνύει την ύπαρξη αυτού του ορίου σε καλά ελεγχόμενες μελέτες σε πειραματόζωα.
3. Αναδρομική έρευνα της κατανομής των τιμών FSpO₂ οι οποίες παρατηρήθηκαν σε ανθρώπινα έμβρυα τα οποία είχαν φυσιολογικές τιμές στον τοκετό.
4. Προοπτικές μελέτες για τον έλεγχο, τη σύγκριση και τη συμφωνία των τιμών μεταξύ του FSpO₂ και της λήψης αίματος από την κεφαλή του εμβρύου για έλεγχο του pH, που θεωρείται η χρυσή σταθερά για τον καθορισμό του «καλώς έχειν» του εμβρύου.

1ο Βήμα

Σε μία έρευνα, 11 αναισθητοποιημένα έμβρυα προβάτων (126 – 135 ημερών κύησης) μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια βαθμιαίων και παρατεταμένων συνθηκών υποξίας. Κατόπιν, αναλύθηκε αρτηριακό και φλεβικό αίμα για τον έλεγχο του κορεσμού οξυγόνου και το pH των αερίων αίματος και του γαλακτικού οξέως. Η βαθμιαία μείωση του αρτηριακού κορεσμού οξυγόνου (SaO₂) μέχρι το 40% δεν επέφερε σημαντικές αλλαγές στο αρτηριακό pH. Σε κορεσμό μεταξύ 30 – 40% παρατηρήθηκε ήπια γαλακτική μεταβολική οξέωση και μόνο όταν το SaO₂ μειώθηκε πέραν του 30% παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολική οξέωση.^{99,100}

2ο Βήμα 2 - Προοπτική μελέτη

Σε 18 τελειόμνηνα έμβρυα προβάτων (119 – 133 ημερών σε κύηση 147 ημερών) εισήχθη αρτηριακός καθετήρας και εμβρυϊκός αισθητήρας. Τα ζώα διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με τον τρόπο που προκαλείτο η υποξία. Η πρώτη πειραματική ομάδα χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει το κριτικό όριο πέρα από το οποίο αναπτύσσεται ή υποστρέφει η υποξική υποξία, η οποία δημιουργήθηκε τεχνητά χορηγώντας μείγμα αερίων στο εγκύμων πρόβατο. Η δεύτερη ομάδα, χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί το κριτικό όριο σε ισχαιμική υποξία όπως για παράδειγμα σε απολίνωση των κοινών λαγόνιων αρτηριών και μείωση της μητροπλακουντιακής κυκλοφορίας.

Στην 1^η ομάδα (9 πρόβατα), προκλήθηκε εμβρυική υποξία με μείωση της χορήγησης οξυγόνου. Δείγματα αρτηριακού αίματος λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά με συνεχή καταγραφή του SpO₂. Σε μείωση του μητρικού pO₂ από 104 mm Hg σε 57 mm Hg το εμβρυικό SaO₂ μειώθηκε στο 17.4%.

Στη δεύτερη ομάδα (9 πρόβατα), η απολίνωση των λαγόνιων αρτηριών με ένα εύκαμπτο σφινγκτήρα πέτυχε επίπεδα εμβρυικού αρτηριακού SaO₂ μεταξύ 30-40% ή και μικρότερα από 30%. Η μέτρηση της αιματικής ροής της έσω λαγονίου αρτηρίας γινόταν με τη χρήση μιας ηλεκτρομαγνητικής κεφαλής. Σε 2 πρόβατα, το pH και το έλλειμμα βάσης ελαττώθηκαν όταν τα επίπεδα SaO₂ έπεσαν στο 20-30%, αλλά ακολούθως σταθεροποιήθηκαν μετά από 1.5 ώρα. Στα υπόλοιπα 7 πρόβατα, το pH και το έλλειμα βάσης (BE) μειώθηκαν σταθερά σε τιμές SaO₂ μικρότερες από 25%. Σε όλα τα πρόβατα οι κατεχολαμίνες και η κορτιζόλη είχαν αυξηθεί στο τέλος της υποξίας.

Στην 1^η ομάδα, το έλλειμμα βάσης (BE) άρχισε να μειώνεται σε επίπεδα SaO₂ < 30%. Στην 2^η ομάδα, μείωση του SaO₂ μεταξύ 30 – 40% είχε σαν αποτέλεσμα μία μικρή μόνο πτώση του pH. Τα πειράματα αυτά υποδηλώνουν ότι για τιμή SaO₂ > 30% ο οξειδωτικός μεταβολισμός διατηρείται από την μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου σε μη ζωτικά όργανα. Σε επίπεδα SaO₂ μεταξύ 10 – 20% υπήρξε σταδιακή πτώση του pH και του ελλείμματος βάσης σε όλες τις περιπτώσεις. Μεταξύ 20 – 30% υπήρξε σταδιακή μείωση του pH και του ελλείμματος βάσης σε μερικά πειραματόζωα, ενώ σε άλλα η πτώση κινήθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα όπου και σταθεροποιήθηκε. Μερικά έμβρυα φαίνεται να μπορούν να αντισταθούν σε κορεσμό οξυγόνου μεταξύ 20 – 30%, ενώ σε άλλα ο κορεσμός επιδεινώνεται.^{101,102}

3ο Βήμα - FSpO₂ σε φυσιολογικό τοκετό ανθρώπινων εμβρύων χωρίς επιπλοκές

Μία λογική προσέγγιση για τον καθορισμό του ορίου μεταξύ φυσιολογικών και παθολογικά χαμηλών τιμών κορεσμού οξυγόνου είναι να καθοριστεί το κρίσιμο όριο κάτω από την 5^η εκατοστιαία θέση της κατανομής του SpO₂ σε έμβρυα στα οποία ο τοκετός εξελίχθηκε ομαλά χωρίς επιπλοκές. Στα έμβρυα στα οποία ο τοκετός εξελίχθηκε φυσιολογικά ορίστηκαν οι εξής παράμετροι:

(1) Βαθμολόγηση Apgar στο 1^ο και 5^ο λεπτό ≥ 7 , (2) pH ομφαλικής αρτηρίας ≥ 7.15 , (3) pH ομφαλικής φλέβας ≥ 7.20 , (4) Νεογνά τα οποία δεν έλαβαν αερισμό, διασωλήνωση, ή φάρμακα ανάνηψης (5), Νεογνά που δεν μεταφέρθηκαν στη μονάδα εντατικής νοσηλείας.

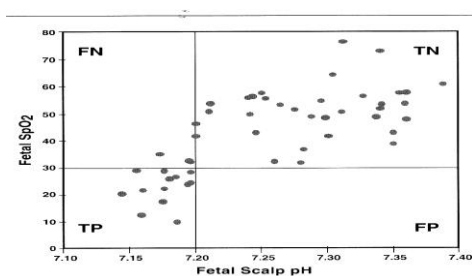
Η λήψη εμβρυικού αίματος από το τριχωτό της κεφαλής είναι μία τεχνική η οποία επιτρέπει τον άμεσο έλεγχο της οξεοβασικής ισορροπίας και μπορεί να παράξει χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την εμβρυική υποξία ή ασφυξία. Το 1989 το Αμερικανικό Κολλέγιο Μαιευτήρων Γυναικολόγων ανέφερε ότι «η πιο κοινή ένδειξη για λήψη αίματος από την κεφαλή είναι ένα

ύποπτο ή παθολογικό καρδιοτοκογράφημα. Ομοίως, η λήψη αίματος μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες στην περίπτωση αδιαφοροποιήτου καρδιοτοκογραφήματος, ιδίως όταν η απουσία διαφοροποίησης δεν μπορεί να εξηγηθεί. Σύμφωνα με την οδηγία του Κολλεγίου, όταν η μέτρηση του pH του αίματος είναι μικρότερη από 7.20 πρέπει να θεωρείται παθολογική και γενικώς είναι μία τυπική ένδειξη για άμεση ιατρική ή χειρουργική παρέμβαση.¹⁰³

Σε μία προοπτική μελέτη, ελέγχθηκε η προγνωστική αξία τόσο του SpO₂ όσο και της λήψης αίματος για μέτρηση του pH από την κεφαλή σε περιπτώσεις ύποπτου καρδιοτοκογραφήματος. Κατόπιν, το εμβρυικό SpO₂ συγκρίθηκε με το pH του αίματος της κεφαλής και ελέγχθηκε η ευαισθησία και η ειδικότητα του SpO₂ < 30% ως προγνωστικό σημείο για pH < 7.20. Τα δεδομένα αποτελούνταν από 50 ζεύγη μετρήσεων εμβρυικού SpO₂ και ταυτόχρονης λήψης αίματος από το τριχωτό της κεφαλής για μέτρηση του εμβρυικού pH από 46 ασθενείς (σε μία έγκυο πάρθηκε δείγμα 5 φορές). Όλα τα έμβρυα παρακολουθούνταν με το οξύμετρο N-400 και με τη συμβατική καρδιοτοκογραφία. Ο μαιευτήρας καθόριζε εάν η καταγραφή ήταν παθολογική έτσι ώστε να γίνει λήψη εμβρυικού αίματος. Αυστηρά κριτήρια καθιερώθηκαν για τις έγκυες που συμπεριλήφθηκαν στην ομάδα μελέτης:

- (1) Άμεση επίβλεψη του διαγράμματος καταγραφής του SpO₂ για 10 λεπτά πριν από τη λήψη του αίματος.
- (2) Απουσία διακοπής στην καταγραφή του SpO₂ μεγαλύτερη των 3 λεπτών στο προαναφερόμενο διάστημα των 10 λεπτών.
- (3) Καταγραφή του SpO₂ κατά τα τελευταία 30 δευτερόλεπτα πριν από τη λήψη αίματος.
- (4) Η τιμή και ο χρόνος λήψης του αίματος καταγράφονταν στο διάγραμμα.
- (5) Οι τιμές του pH στις οποίες καταγραφόταν από το εργαστήριο «ανεπαρκές δείγμα», απορρίπτονταν από τη μελέτη.

Τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται στην εικόνα 15.



Εικόνα 15. Σύγκριση του εμβρυικού pH με τον κορεσμό οξυγόνου SpO₂ (από Nellcor Puritan Bennet, N-400 Foetal Oxygen Saturation Monitoring System: Technical Issues, 1997, p9).

Η παρουσία τιμών $\text{pH} < 7.20$ οριζόταν ως οξέωση. Εάν το όριο του 30% επιλεγεί ως διαγνωστικό κριτήριο για την πρόβλεψη της οξέωσης ($\text{pH} < 7.20$), τα δεδομένα αποδίδουν ευαισθησία 81% (13/16) και ειδικότητα 100% (34/34). Τρεις ασθενείς ήταν στην ομάδα των ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων. Οι ασθενείς είχαν $\text{SpO}_2 > 30\%$ αλλά $\text{pH} < 7.20$. Στα περιστατικά βαριάς οξέωσης η τιμή της ομφαλικής αρτηρίας είχε $\text{pH} < 7.13$. Η τιμή αυτή είναι δύο σταθερές αποκλίσεις κάτω από τη μέσο όρο πληθυσμού νεογνών σε μη επιλεγμένο δείγμα τα οποία γεννήθηκαν με φυσιολογικό τοκετό.

Μία λήψη δείγματος (ασθενής No 21 με $\text{SpO}_2 = 32.1\%$ και αίμα από την κεφαλή με $\text{pH}=7.19$) ήταν μία χαρακτηριστική περίπτωση «ψευδώς αρνητικού» αποτελέσματος. Το νεογνό δεν είχε οξέωση κατά τη γέννηση (pH ομφαλικής 7.26), αλλά διασωληνώθηκε και μεταφέρθηκε στη μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών με εικόνα σήψης.¹⁰⁴

Μία επιπλέον μελέτη από τον Dildy και συν, υποστηρίζει την παραπάνω άποψη του ορίου 30%. Στη μελέτη αυτή μελετήθηκαν 1.101 ζεύγη δειγμάτων αίματος από την ομφαλική αρτηρία και φλέβα. Οι συγγραφείς θεωρούσαν σαν βαριά οξέωση το όριο του $\text{pH} < 7.13$ ή $\text{pH} < 7.0$ σε ένα πιο πρόσφατο ορισμό της οξέωσης. Όταν εξέτασαν τη σχέση μεταξύ κορεσμού οξυγόνου και παρουσίας ή απουσίας οξέωσης παρατήρησαν ότι:

- (1) Όταν ο κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου (SaO_2) είναι $> 30\%$, η ανεύρεση οξέωσης στην ομφαλική αρτηρία προκύπτει σπάνια και σε ποσοστό 1.6%.
- (2) Όταν ο κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου (SaO_2) είναι $< 30\%$, η ανεύρεση οξέωσης στην ομφαλική αρτηρία προκύπτει σε ποσοστό 10.4% (56/536).
- (3) Όταν υπήρχε οξέωση στο αίμα της ομφαλικής αρτηρίας, το SaO_2 ήταν $< 30\%$ στο 86.2% (56/65) των περιπτώσεων.

Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το όριο του 30% για την εκτίμηση της οξεοβασικής κατάστασης του εμβρύου ήταν πολύ λογικό.²⁷

Γενικά, το βασικό μηχανήμα καταγραφής του εμβρυϊκού καρδιακού ρυθμού στον τοκετό παραμένει το καρδιοτοκογράφημα. Η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου (SpO_2) λειτουργεί συμπληρωματικά του καρδιοτοκογραφήματος (CTG) και κανένα έμβρυο δεν πρέπει να παρακολουθείται με το SpO_2 μόνο. Οι κανόνες παρακολούθησης του εμβρύου στον τοκετό είναι:

- (1) Εάν το CTG είναι *καθησυχαστικό* η παλμική οξυμετρία για μέτρηση του SpO_2 δεν είναι απαραίτητη.
- (2) Εάν το CTG δείχνει *βαριά και παρατεταμένη εμβρυϊκή βραδυκαρδία* η μέτρηση του SpO_2 δεν είναι απαραίτητη. Αυτό το ίχνος υποδηλώνει βαριά εμβρυϊκή δυσχέρεια και είναι απαραίτητη άμεση επέμβαση του μαιευτήρα για αποπεράτωση του τοκετού.

(3) Εάν το CTG είναι *ύποπτο, προπαθολογικό, παθολογικό*, ή εν γένει *μη-καθησυχαστικό* η μέτρηση του SpO₂ μπορεί να βοηθήσει στην κλινική αβεβαιότητα όσον αφορά την κατάσταση του εμβρύου με τους εξής τρόπους:

(α) Έναρξη ενεργειών με λήψη αίματος από το τριχωτό της κεφαλής του εμβρύου για έλεγχο του pH και καταγραφή του SpO₂ με την παλμική οξυμετρία.

(β) Εάν η λήψη αίματος από το τριχωτό της κεφαλής του εμβρύου για μέτρηση του pH δεν είναι εύκολη, η προσοχή μας επικεντρώνεται στην καταγραφή του SpO₂ με την παλμική οξυμετρία.

(γ) Εάν το SpO₂ είναι > 30% και παραμένει για αρκετό χρόνο το έμβρυο θεωρείται ότι οξυγονώνεται επαρκώς. Αυτό βέβαια δεν αποκλείει την πιθανότητα προϋπάρχουσας οξέωσης, όμως επιπλέον λήψη αίματος από το τριχωτό της κεφαλής δεν είναι απαραίτητη.

(δ) Εάν το SpO₂ είναι ≤ 30% θα πρέπει ο κορεσμός οξυγόνου να παρακολουθηθεί για τουλάχιστον 10 λεπτά. Στη διάρκεια αυτή συνιστώνται κάποιες ενέργειες για βελτίωση της κατάστασης, όπως αλλαγή της θέσης της μητέρας για απελευθέρωση της κάτω κοίλης φλέβας, ή πιθανής πίεσης του ομφαλίου λώρου., διόρθωση πιθανής υπότασης της μητέρας (ιδίως σε περίπτωση επισκληρίδιας αναισθησίας), ενυδάτωση της μητέρας, μείωση ή διακοπή της χορήγησης μητροσυσπαστικών φαρμάκων (ωκυτοκίνης), χορήγηση τοκολυτικών φαρμάκων, χορήγηση οξυγόνου με μάσκα στη μητέρα.

(4) Εάν το SpO₂ είναι > 30% μετά από αυτές τις ενέργειες τότε το έμβρυο θεωρείται ότι οξυγονώνεται επαρκώς. Όμως παραμένει υπό στενή παρακολούθηση με το CTG και το SpO₂.

(5) Εάν το SpO₂ είναι < 30% για περισσότερο από 10 λεπτά, τότε η οξυγόνωση του εμβρύου δεν είναι επαρκής και υπάρχει κίνδυνος βαριάς βλάβης λόγω υποξίας. Λήψη εμβρυικού αίματος με την προϋπόθεση ότι μπορεί να γίνει γρήγορα και εύκολα μπορεί να επιβεβαιώσει την ύπαρξη οξέωσης. Αν η επανάληψη των βημάτων που αναφέρθηκαν δεν οδηγήσει σε βελτίωση, πρέπει να διενεργηθεί επεμβατικός τοκετός (χρήση αναρροφητικής - μεταλλικής εμβρυουλκίας) ή καισαρική τομή. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από την κατάσταση της μητέρας και του εμβρύου, το στάδιο του τοκετού, την χρονική πίεση για γρήγορη παρέμβαση και τις ικανότητες του επεμβαίνοντος μαιευτήρα.¹⁰⁵

Σε μία μελέτη στην Αυστραλία το έτος 2004, διαπιστώθηκε ότι το 27% των 250.000 γεννήσεων πραγματοποιήθηκε με καισαρική τομή.¹⁰⁶ Σε σχέση με τον φυσιολογικό τοκετό, η καισαρική τομή κοστίζει περισσότερο, οδηγεί σε μεγαλύτερη παραμονή των ασθενών στο νοσοκομείο και κατ' επέκταση οδηγεί το σύστημα υγείας σε μεγαλύτερο κόστος. Για το λόγο

αυτό, πραγματοποιήθηκε μία έρευνα, όπου έμβρυα τα οποία είχαν «μη καθησυχαστικό» καρδιοτοκογράφημα τυχαιοποιήθηκαν σε δύο ομάδες έτσι ώστε να ελεγχθεί η διαγνωστική ακρίβεια της παλμικής οξυμετρίας στην ανίχνευση της υποξίας.

Στην πρώτη ομάδα έγινε παρακολούθηση του εμβρύου με συνεχή συμβατική καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση (ομάδα control). Στη δεύτερη ομάδα (ομάδα μελέτης) προστέθηκε και η παλμική οξυμετρία (Nellcor Oxi-First, TYCO Inc., Pleasanton, CA, USA), όπου και διαπιστώθηκε ότι υπήρξε μία στατιστικά σημαντική μείωση 23% του σχετικού κινδύνου για επεμβατικό τοκετό (FPO+CTG vs CTG only – RR 0.77 CI: 0.599-0.999, P=0.048). Στο κόστος συνυπολογιζόταν η παρακολούθηση του εμβρύου στον τοκετό, τα αναλώσιμα υλικά, η φαρμακευτική αγωγή, ο τοκετός και η νεογνική παρακολούθηση. Τα στοιχεία προήλθαν από την τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε σε 4 νοσοκομεία της Αυστραλίας. Η μελέτη αυτή, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη της παλμικής οξυμετρίας στην καρδιοτοκογραφία για την καταγραφή του «καλώς έχειν» του εμβρύου στον τοκετό αντιπροσωπεύει μία πιο αποτελεσματική και οικονομικότερη μέθοδο, η οποία μειώνει τα ποσοστά επεμβατικού τοκετού σε σχέση με τη χρήση μόνο της καρδιοτοκογραφίας.¹⁰⁷

3.2 Αξιολόγηση του εμβρύου με την Doppler Υπερηχογραφία

3.2.1 Ιστορική αναδρομή

Η υπερηχογραφία, ως απεικονιστική μέθοδος εξέτασης, αποτέλεσε ένα διαγνωστικό βοήθημα σε πολλές ιατρικές ειδικότητες μεταξύ αυτών και στη Μαιευτική-Γυναικολογία. Η πρώτη εφαρμογή των υπερήχων για τη διάγνωση κύστεων και όγκων στο ανθρώπινο σώμα εφαρμόστηκε από τον Ian Donald στη Γλασκώβη. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μεγάλη τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των υπερήχων και τα μηχανήματα βελτιώθηκαν αισθητά και μπορούν να προσφέρουν στην ιατρική κοινότητα υψηλή ευκρίνεια και γρήγορες και έγκυρες διαγνώσεις.

Η παραγωγή των υπερήχων βασίζεται στην ιδιότητα μερικών κρυστάλλων να αλλάζουν το σχήμα τους και όταν πιέζονται να παράγουν ηλεκτρισμό. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο». Αντιστρόφως, όταν οι κρύσταλλοι βρίσκονται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο αλλάζουν σχήμα. Η αλλαγή του σχήματος των κρυστάλλων (συστολή-διαστολή) παράγει κύματα πίεσης που μεταβιβάζονται ως κύματα υπερήχων. Η λειτουργία των υπερήχων βασίζεται στη μεταφορά μηχανικών δονήσεων με τη μορφή κανονικών

ταλαντώσεων διαμέσου ενός υλικού και στην περίπτωση της ιατρικής διαμέσου ενός ιστού. Η παραγωγή της δέσμης των υπερήχων μπορεί να γίνεται με συνεχή δόνηση των μορίων ή με διακεκομμένη δόνηση κατά κύματα. Το κύμα που παράγεται μπορεί να καταγραφεί ως μία ταλάντωση. Η αντανάκλαση των υπερήχων γίνεται σε πολλές επιφάνειες και διακρίνεται σε περιοχές χωρίς αντανακλάσεις δηλαδή «μη ηχογενείς» και σε περιοχές με αντανακλάσεις δηλαδή «ηχογενείς». Καθώς η ταλάντωση ταξιδεύει στους ιστούς υφίσταται εξασθένηση γιατί ένα μέρος της απορροφάται και ένα μέρος της αντανακλάται ή διαχέεται. Η απορρόφηση και η αντανάκλαση προκαλούν εξασθένηση του κύματος των υπερήχων όσο αυτό προχωρά προς τις βαθύτερες στιβάδες. Η εξασθένηση αυτή είναι συνάρτηση δύο παραγόντων, του τύπου του ιστού και της συχνότητας του κύματος που εκπέμπεται. Για τους μαλακούς ιστούς, η μέση εξασθένηση της δέσμης των υπερήχων σε decibel ανά εκατοστό διαδρομής είναι περίπου ίση με τη συχνότητα σε MHz. Μία δέσμη υπερήχων 1 MHz, χάνει 1 dB από την ισχύ της για κάθε εκατοστό διαδρομής και μία δέσμη 5 MHz χάνει 5 dB ανά εκατοστό διαδρομής. Εάν αυξηθεί η συχνότητα, θα υπάρξει μεγάλη απώλεια ισχύος από τα πρώτα εκατοστά και μείωση της ικανότητας λήψης πληροφοριών σε μεγαλύτερο βάθος. Η αύξηση της συχνότητας όμως, επιτρέπει την καλύτερη διάκριση δύο σημείων που βρίσκονται στην ίδια ευθεία αλλά σε διαφορετικό βάθος η οποία καλείται «κατά άξονα διακριτική ικανότητα».¹⁰⁸

3.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας της Doppler Υπερηχογραφίας

Το 1842 ο Αυστριακός μαθηματικός Christian Doppler παρουσίασε μία εργασία με τίτλο «Σχετικά με το έγχρωμο φως διπλών αστέρων και συγκεκριμένων άλλων αστέρων του ουρανού θόλου» (“Über das farbige Licht der Dopplersterne und einiger anderer Gestirne des Himmels”) όπου περιέγραφε για πρώτη φορά την αρχή του φαινόμενο το οποίο ονομάστηκε προς τιμήν του, «Φαινόμενο Doppler».¹⁰⁹

Η Doppler υπερηχογραφία αποτελεί μία ιδιαίτερη λειτουργία των υπερήχων με τη οποία εξασφαλίζεται η αξιόπιστη μελέτη της αιματικής ροής των αγγείων. Η Doppler υπερηχογραφία χρησιμοποιείται στη Γυναικολογία για τον έλεγχο πολλών γυναικολογικών παθήσεων αλλά και στη Μαιευτική όπου δίδεται η δυνατότητα να εξετασθεί η αιματική ροή τόσο των εμβρύων όσο και των εγκύων γυναικών στις περιπτώσεις απλών κύησης αλλά ιδιαίτερα στις κύσεις υψηλού κινδύνου.

Ως «φαινόμενο Doppler», χαρακτηρίζεται η μεταβολή της συχνότητας που αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής σε σχέση με τη συχνότητα του ήχου που εκπέμπεται από μία ηχητική πηγή

όταν τόσο η πηγή όσο και ο παρατηρητής βρίσκονται σε κίνηση. Η συχνότητα αυξάνεται όταν η πηγή και ο παρατηρητής πλησιάζουν αλλήλους και ελαττώνεται όταν πηγή και παρατηρητής απομακρύνονται. Όταν ένα κύμα υψηλής συχνότητας προσπίπτει σε μία σταθερή επιφάνεια η ανακλώμενη δέσμη έχει την ίδια συχνότητα με το προσπίπτον κύμα. Όταν όμως η επιφάνεια δεν είναι σταθερή αλλά κινείται, τότε η συχνότητα του ήχου που οπισθοσκεδάζεται αλλάζει.^{109,110}

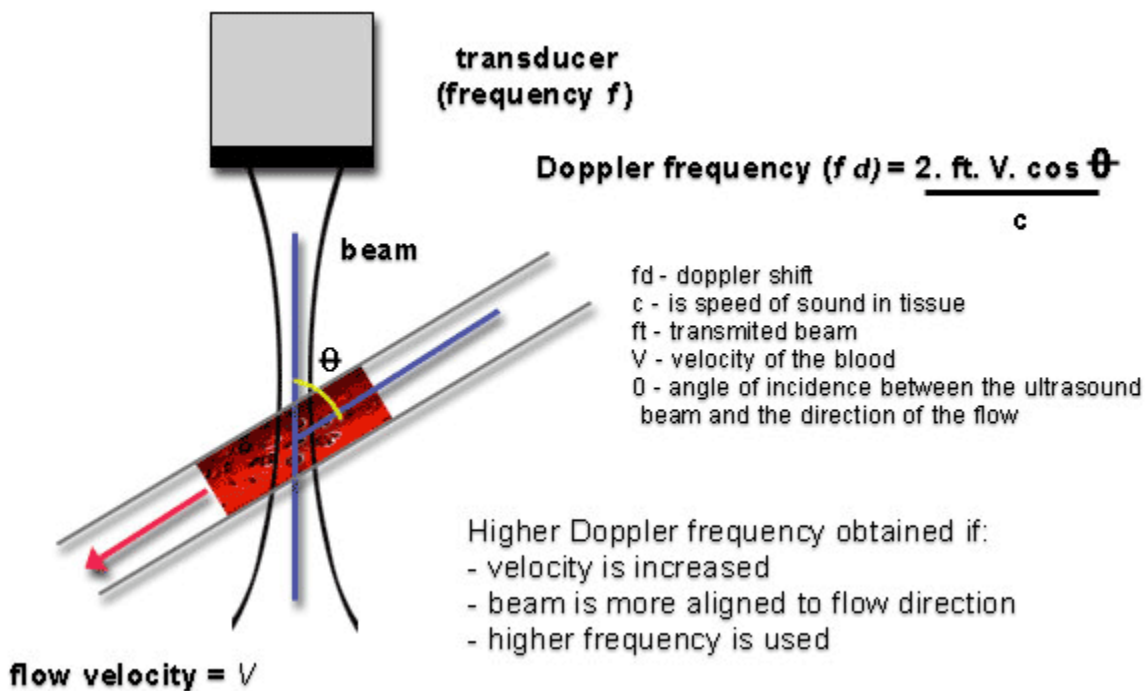
Τυπικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού αποτελεί η κίνηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων όταν εφαρμόζεται η Doppler υπερηχογραφία στη μελέτη των αγγείων. Η αλλαγή στη συχνότητα είναι ανάλογη της ταχύτητας της επιφάνειας στην οποία αντανακλάται το κύμα και ονομάζεται «μετατόπιση Doppler» αντιπροσωπεύεται δε από τον τύπο:

$$fd=ft-fr$$

όπου ως (fd) ορίζεται η μετατόπιση Doppler (Doppler shift), ως (ft) ορίζεται η μεταδιδόμενη συχνότητα (transmitted frequency) και ως (fr) η προσλαμβανόμενη συχνότητα (reflected frequency). Κατά τη μελέτη της ροής του αίματος των αγγείων, τα ερυθρά αιμοσφαίρια λειτουργούν ως σκεδαστές του ηχητικού σήματος που προσπίπτει σε αυτά. Ως «σκέδαση» χαρακτηρίζεται ο διασκορπισμός των ηχητικών σημάτων όταν αυτά προσπίπτουν σε σωματίδια. Έτσι, όταν η δέσμη των υπερήχων προσπίπτει σε ένα αγγείο τα ερυθρά αιμοσφαίρια δρουν καταρχήν σαν κινητικοί αποδέκτες και στη συνέχεια σαν πηγές κίνησης αποτελώντας έτσι τη βάση της εξίσωσης Doppler:

$$fd = 2ft \cdot v/c$$

όπου (fd) είναι η μετατόπιση της συχνότητας Doppler, (ft) η συχνότητα της κεφαλής των υπερήχων που μεταδίδεται, (v) η ταχύτητα του σκεδαστή προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση και (c) η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο μέσο. Εάν η κατεύθυνση του προσπίπτοντος σήματος σχηματίζει γωνία (θ) με την κατεύθυνση της αιματικής ροής, η εξίσωση Doppler μεταβάλλεται ανάλογα με το συνημίτονο της γωνίας (θ):



Εικόνα 16. Doppler ροομετρία. Καταγραφή της κίνησης των σκεδαστών διαμέσω της δέσμης των υπερήχων (Από: Doppler Ultrasound-Principles and practice, Doppler in Obstetrics: book by K. Nicolaides, G. Rizzo, K. Hecher, Chapter on Doppler ultrasound: principles and practice by Colin Deane, p5).

$$F_d = 2f_t \cdot \cos \theta \cdot v/c$$

Η ταχύτητα του σκεδαστή μπορεί να υπολογισθεί με την εξίσωση:

$$V = f_d \cdot c / 2f_t \cdot \cos \theta$$

Έτσι, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ταχύτητα της αιματικής ροής εάν η γωνία πρόπτωσης και η μετατόπιση Doppler είναι γνωστές. Εάν η αιματική ροή κινείται προς την κεφαλή του υπερήχου το διάστημα είναι μικρότερο, ενώ εάν η ροή απομακρύνεται από αυτήν η απόσταση αυξάνεται (Εικόνα 16).

Η απόκτηση δεδομένων από την υπερηχογραφική εξέταση είναι σχετικά σύνθετη διαδικασία. Η επιστροφή του σήματος μπορεί να εξασθενήσει από τυχαία διάχυση και απόσβεση διαμέσω των ιστών. Επίσης, είναι απαραίτητες συγκεκριμένες τεχνικές οι οποίες με τη βοήθεια υπολογιστών μπορούν να εξαλείψουν τους «θορύβους» χαμηλής συχνότητας που δημιουργούνται από ιστούς που βρίσκονται σε κίνηση καθώς επίσης να εξαλείψουν και τα «συμπλέγματα» που επιστρέφουν από την ηχώ που δημιουργείται από την αιματική ροή.

Οι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για να καθαρίσουν οι συχνότητες είναι διάφορες κατηγορίες φίλτρων:

Τα «βαθυπερατά φίλτρα» (“Low pass”), τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων χαμηλής συχνότητας και εξαλείφουν «θορύβους» υψηλής συχνότητας, οπότε μερικές πληροφορίες ενδέχεται να χαθούν αλλά η συνολική απόδοση δεν επηρεάζεται.

Τα «υψιπερατά φίλτρα» (“High pass”), τα οποία εξαλείφουν ανεπιθύμητους χαμηλής συχνότητας θορύβους και επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων υψηλής συχνότητας. Έτσι, μπορούν να εξαλειφθούν «θόρυβοι» που δημιουργούνται από τη δόνηση του τοιχώματος των αγγείων ή άλλων ιστών.

Ο «όγκος αναφοράς ή δείγμα όγκου» (“Sample volume or range gate”), περιορίζει την περιοχή που πρέπει να αναλυθεί. Οι διαστάσεις καθορίζονται από το μήκος του παλμού και από το πλάτος της δέσμης και οι παλμοί μεταβιβάζονται με μία δεδομένη συχνότητα, την «επαναληπτική συχνότητα παλμού» (“Pulse Repetition Frequency”). Ο όγκος αυτός, απαιτεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μεταξύ της εκπομπής και της επιστροφής του σήματος η οποία σχετίζεται με το βάθος του ιστού το οποίο έχει τεθεί από τον εξεταστή. Η πύλη που δέχεται το σήμα είναι ανοιχτή μόνο κατά τη φάση επιστροφής της ηχούς, περιορίζοντας τις γενικές πληροφορίες προερχόμενες από την εξεταζόμενη περιοχή. Ο όγκος αναφοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το αγγείο και να το καλύπτει. Αυτοί οι μηχανισμοί περιορίζουν την πληθώρα πληροφοριών που επιστρέφουν και επιτυγχάνουν μία ανάλυση εκκαθαρίζοντας το κύμα και παρουσιάζοντας ένα αξιοπρεπές σήμα.

Καθόσον ένα μικρό κλάσμα του ηχητικού σήματος αντανακλάται στην κεφαλή του υπερήχου, θεωρείται απαραίτητη η περαιτέρω ενίσχυση του σήματος. Το σήμα κατόπιν εκκαθαρίζεται με ένα συνδυασμό φίλτρου και αποκωδικοποίησης (demodulation). Τα ξεκάθαρα δεδομένα παρουσιάζονται πλέον σε ένα ευδιάκριτο ακουστικό σήμα και ο συνδυασμός ταχυτήτων δημιουργεί ένα τελικό και αναγνωρίσιμο κύμα.

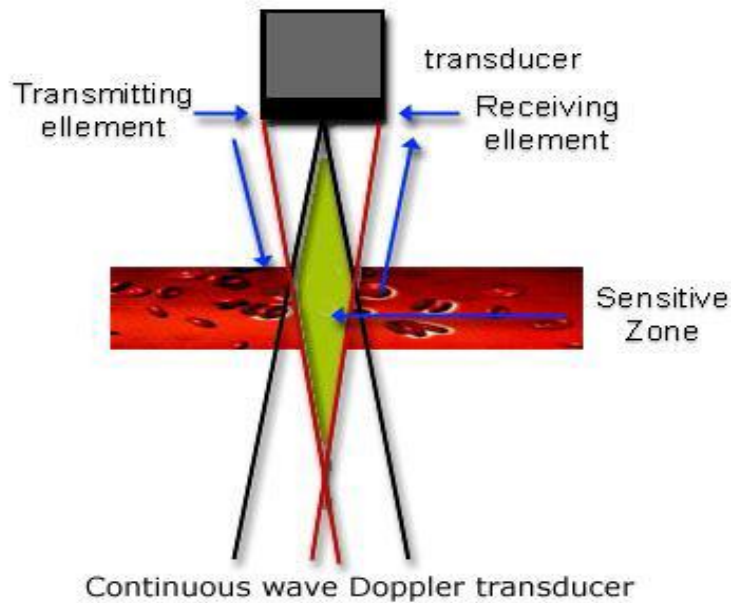
Οι ιδιότητες του φάσματος συχνότητων είναι καθοριστικές για τη λειτουργικότητα της μεθόδου. Η «ανάλυση φάσματος Doppler» (Doppler spectral analysis) μετρά την ισχύ όλων των συχνότητων που περιλαμβάνονται στο σήμα. Η διαδικασία της ανάλυσης εμπεριέχει μια συστηματική ταξινόμηση των διαφόρων ταχυτήτων εκθέτοντας αυτές με μια συγκεκριμένη διάταξη, ενώ ψηφιοποιείται και σαρώνεται γρήγορα (200 φορές/sec). Η ανάλυση φάσματος από τις χαμηλές στις υψηλές ταχύτητες παράγεται από τον μαθηματικό μετασχηματισμό του Fourier και είναι σημαντική, δεδομένου ότι τα σήματα μπορεί να εμπεριέχουν συχνότητες που προέρχονται από περισσότερα από ένα αγγεία.

Η Doppler ροομετρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη διαφόρων μορφών κίνησης σε σχέση με το σώμα αλλά η ουσιαστικότερη χρήση του παραμένει ο εντοπισμός και ο προσδιορισμός της αιματικής ροής στις αρτηρίες, στις φλέβες και στην καρδιά. Η ροή όμως στις αρτηρίες είναι σχετικά σύνθετη καθότι είναι παλμική, η σύσταση του αίματος είναι ανομοιογενής και τα αγγεία διχάζονται και διακλαδίζονται. Σημειώνεται επίσης, ότι η ροή διαμέσω των υγρών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πίεση, επομένως η μέτρηση της ταχύτητας του αίματος μας δίνει πληροφορίες σχετικά με την πίεση των αγγείων. Στη μεσότητα του αγγείου το αίμα ρέει με τη μέγιστη ταχύτητα, ενώ πιθανή απόκλιση από τη φυσιολογική στρωματική ροή μπορεί να οφείλεται σε φυσιολογικούς ή παθολογικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, στον καρδιακό κύκλο, η ταχύτητα ροής αλλάζει ως αποτέλεσμα της επιτάχυνσης της ροής κατά τη διάρκεια της συστολής και της επιβράδυνσης της ροής κατά τη διάρκεια της διαστολής. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μία περιοχή με βλάβη ή στένωση στη διαδρομή ενός αγγείου, η ροή γίνεται ασταθής σε υψηλές ταχύτητες, αλλάζει και μετατρέπεται σε στροβιλώδη ροή. Ο βαθμός ανωμαλίας στο τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από το μήκος και τη διάμετρο του ενστενωμένου τμήματος, το ρυθμό αιματικής ροής, τη βλάβη του ενδοθηλίου και το λόγο διατομής της στένωσης σε σχέση με τη διάμετρο ενός αντιστοίχου ανατομικής θέσης φυσιολογικού αγγείου.¹¹⁰⁻¹¹²

3.2.3 Συσκευές Doppler

Doppler συνεχούς κύματος (Continuous Wave Doppler)

Το Doppler συνεχούς κύματος χρησιμοποιεί δύο ζεύγη κρυστάλλων τα οποία λειτουργούν ταυτόχρονα. Το σήμα εκπέμπεται συνεχώς από το ένα ζευγάρι ενώ το άλλο ζευγάρι δέχεται συνεχώς τα κύματα που επιστρέφουν (Εικόνα 17). Αυτά τα συστήματα έχουν μικρό κόστος και είναι εύκολα στη χρήση. Όμως, υπάρχει αδυναμία διάκρισης της ακριβούς θέσης του κινούμενου στόχου, υπάρχει αδυναμία καταγραφής της έγχρωμης ροής και τα αγγεία προσδιορίζονται εμπειρικά. Έτσι, η δέσμη στρέφεται εκεί που αναμένεται ότι βρίσκεται το αγγείο και πρακτικά η αναπαραγωγικότητα βασίζεται στην ικανότητα του χειριστή.

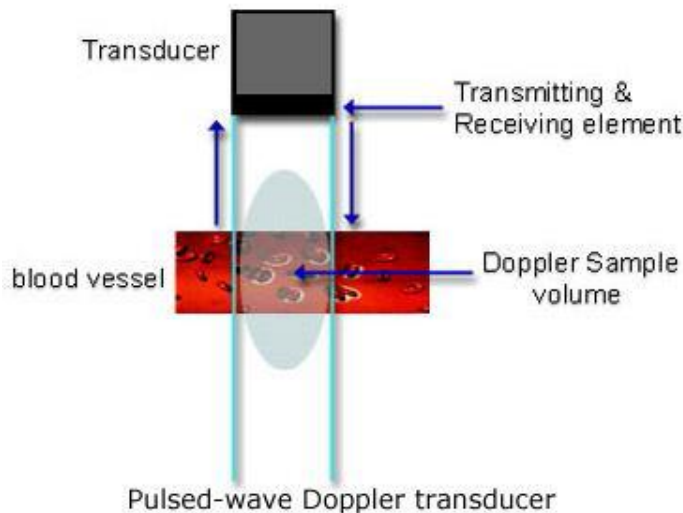


Εικόνα 17. Ηχοβολέας συνεχούς κύματος (Από: *Doppler Ultrasound-Principles and practice, Doppler in Obstetrics: book by K. Nicolaides, G. Rizzo, K. Hecher, Chapter on Doppler ultrasound: principles and practice by Colin Deane, p7*).

Doppler παλμικού κύματος (Pulsed Wave Doppler)

Το Doppler παλμικού κύματος χρησιμοποιεί διαφορετικούς κύκλους δραστηριότητας αξιοποιώντας τους ίδιους κρυστάλλους (Εικόνα 18). Στο σύστημα αυτό μικρές περίοδοι εκπομπής ήχων ακολουθούνται από μεγαλύτερες περιόδους αποδοχής της αντανακλώμενης ηχούς, περιλαμβάνει δε, μία φασματική ανάλυση η οποία περιγράφει το σήμα μετατόπισης από τους κινούμενους ανακλαστήρες εντός του όγκου δείγματος. Η φασματική απεικόνιση μετατοπίζεται από δεξιά προς τα αριστερά αναπαράγοντας τη φασματική κατανομή των συνιστωσών της συχνότητας μετατόπισης Doppler ως προς το χρόνο. Το πλάτος των συνιστωσών εμφανίζεται ως αποχρώσεις του γκρι. Όσο φωτεινότερη είναι η απόχρωση τόσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος. Το Doppler παλμικού κύματος μπορεί να συνδυαστεί με τις πληροφορίες χρώματος Doppler μαζί με μια 2D εικόνα.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το παλμικό Doppler είναι η ισχύς, η ένταση, η συχνότητα, η συχνότητα επανάληψης παλμού, η περιοχή ενδιαφέροντος, η εστία, η πύλη και το φίλτρο.



Εικόνα 18. Ηχοβολέας παλμικού κύματος (Από: *Doppler Ultrasound-Principles and practice, Doppler in Obstetrics: book by K. Nicolaides, G. Rizzo, K. Hecher, Chapter on Doppler ultrasound: principles and practice by Colin Deane, p7*).

Χρωματική απόδοση ροής (Color Flow Mode)

Η λειτουργία αυτή χρησιμοποιεί τη βασική αρχή της Doppler υπερηχογραφίας για την παραγωγή έγχρωμης εικόνας. Χρησιμοποιούνται επομένως δύο αποχρώσεις, η απόχρωση του κόκκινου και η απόχρωση του μπλε. Το κόκκινο δηλώνει αιματική ροή προς τον ηχοβολέα, ενώ το μπλε υποδηλώνει ροή η οποία απομακρύνεται από τον ηχοβολέα. Η χρωματική ανάλυση παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα, την κατεύθυνση και την ποιότητα της αιματικής ροής. Η απόχρωση του χρώματος σχετίζεται με την ταχύτητα ροής και έτσι το κόκκινο χρώμα μπορεί να τείνει προς το κίτρινο και το μπλε προς το γαλάζιο όταν οι ταχύτητες ροής είναι υψηλές.

Doppler ισχύος (Power Doppler)

Το Doppler ισχύος πλεονεκτεί έναντι των άλλων συσκευών διότι οι μετρήσεις λαμβάνονται ανεξάρτητα από τη γωνία πρόπτωσης των υπερήχων. Αποτελεί ένα πολύ καλό σύστημα για τη γρήγορη ανίχνευση και μέτρηση της ροής μικρότερων αγγείων ή αγγείων που εμφανίζουν χαμηλές ταχύτητες ροής. Το Doppler ισχύος έχει διαφορετική χρωματική κωδικοποίηση από το έγχρωμο Doppler.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την έγχρωμη Doppler υπερηχογραφία είναι η «Ισχύς» και η «Ένταση». Στην έγχρωμη απεικόνιση, η ισχύς είναι υψηλότερη από ότι στο B-mode άρα πρέπει να τηρούνται όλες οι προδιαγραφές ασφαλείας για το έμβρυο. Τόσο η ισχύς όσο και η ένταση πρέπει να καθορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνονται σήματα αιματικής

ροής καλής ποιότητας και να περιορίζονται τα άλλα σήματα από τους γύρω ιστούς. Επιπλέον παράμετροι οι οποίες συσχετίζονται με την εύρυθμη λειτουργία και απόδοση της έγχρωμης υπερηχογραφίας αποτελούν:

1. Επιλογή Συχνότητας: Οι χαμηλές συχνότητες επιτυγχάνουν καλύτερη διείσδυση και εμφανίζουν το φαινόμενο της ψευδούς μετατόπισης (aliasing) σε μικρότερο βαθμό. Οι υψηλές συχνότητες διακρίνουν καλύτερα τις χαμηλές ροές και έχουν καλύτερη ευκρίνεια.
2. Κλίμακα Ταχύτητας (velocity scale) - Συχνότητα επανάληψης παλμού (PRF): Οι χαμηλές συχνότητες επανάληψης παλμού επιτρέπουν την ανίχνευση της αιματικής ροής μικρής ταχύτητας αλλά εμφανίζουν το φαινόμενο της ψευδούς μετατόπισης όταν συναντούν υψηλές ταχύτητες ροής.
3. Περιοχή Ενδιαφέροντος: Όσο μικρότερη είναι η περιοχή όπου εξετάζεται η ροή του αίματος τόσο βελτιώνεται η εικόνα της έγχρωμης γραμμικής σάρωσης και η ευκρίνεια.
4. Εστία: Η εστία πρέπει να βρίσκεται στο επίπεδο της υπό εξέταση περιοχής καθώς έτσι διαμορφώνονται τόσο η μορφή όσο και η ακρίβεια της απεικόνισης.^{110,111,113}

3.2.4 Δείκτες Μέτρησης Κυματομορφών (Doppler Indices)

Η εκτίμηση της αιματικής ροής προς ένα όργανο μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μέτρηση του παρεχόμενου όγκου αίματος προς το όργανο στη μονάδα του χρόνου. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση τη μέση ταχύτητα ροής προς αυτό το όργανο και τη διάμετρο του αγγείου. Επειδή τέτοιοι υπολογισμοί αποδείχθηκαν αναξιόπιστοι αναζητήθηκαν εναλλακτικές τεχνικές εκτίμησης της ροής οι οποίες ποικίλουν από τον απλό λόγο της συστολικής προς τη διαστολική ροή μέχρι τη σύνθετη ανάλυση στοιχείων.

Πολλοί δείκτες σχεδιάστηκαν για να περιγράψουν το σχήμα των κυματομορφών, όπως επίσης να περιγράψουν την κυματομορφή με ένα ποσοτικό τρόπο αλλά το τελικό αποτέλεσμα ήταν ένας συμβιβασμός μεταξύ της απλότητας της μεθόδου και τις ποσότητες πληροφοριών που συλλέγονται.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι δείκτες είναι:

1. Λόγος συστολής / διαστολής (Systolic/Diastolic ratio, S/D).

Ορισμένες φορές αναφέρεται σαν σχέση A/B. Ο λόγος αυτός περιγράφηκε από τον Stuart και συν¹¹⁴ το 1980, είναι ο πιο εύκολος δείκτης, όμως δεν είναι αξιόπιστος όταν απουσιάζουν οι διαστολικές ταχύτητες. Η κοινή πρακτική έδειξε ότι τιμή > 8.0 ανήκει στην κατηγορία «πολύ υψηλό».

2. Δείκτης Παλμικότητας (Pulsatility Index/Impedance Index, PI)

Ο Gosling και συν,¹¹⁵ περιέγραψαν τον δείκτη αυτό το 1975. Ο δείκτης αυτός χρειάζεται υπολογισμό της μέσης ταχύτητας μέσω υπολογιστή και μπορεί να υποπέσει σε σφάλματα. Στη αρχή χρησιμοποιήθηκε η μετατροπή Fourier αργότερα όμως απλοποιήθηκε και βασίστηκε στις μέγιστες μετατοπίσεις κατά τη συστολή και τη διαστολή και στη μέση τιμή της μέγιστης μετατόπισης σε ένα καρδιακό κύκλο.

3. Δείκτης αντίστασης (Resistance Index / Pourcelot ratio, RI)

Ο δείκτης αυτός περιγράφηκε από τον Pourcelot,¹¹⁶ το 1974, είναι σχετικά περίπλοκος και έχει την τάση να πλησιάζει την τιμή 1.0 όταν οι διαστολικές ταχύτητες είναι αφύσικα χαμηλές και επομένως αντικατροπτίζει μία σχετική επιδείνωση της ροής όταν οι αντιστάσεις αυξάνονται.

Οι δείκτες αυτοί προήλθαν αρχικά από στατιστικές αναλύσεις σχετιζόμενες με παθολογικά περιστατικά. Γενικότερα, μπορεί να ειπωθεί ότι και στους τρεις δείκτες υπάρχουν εσωτερικά σφάλματα όμως οι κυματομορφές χαμηλής συχνότητας είναι ενδεικτικές χαμηλών περιφερικών αντιστάσεων ενώ κυματομορφές υψηλής συχνότητας είναι ενδεικτικές υψηλών αντιστάσεων. Επίσης οι μεταβολές του καρδιακού ρυθμού μπορούν να μεταβάλλουν τόσο την κυματομορφή όσο και τις τιμές των ποσοτικών δεικτών μέτρησης. Στην αγγλική ορολογία χρησιμοποιείται και ο όρος «Impedance» σε αντιδιαστολή με τον όρο «Resistance» υποδηλώνοντας ότι με τον πρώτο θέλουμε να δώσουμε μια εκτενέστερη σημασία ακριβώς γιατί η κυκλοφορία εξαρτάται από το φορτίο, τον καρδιακό ρυθμό, τη συσταλτικότητα της καρδιάς, τελικά όμως στη βιβλιογραφία έχει επικρατήσει ο όρος «Resistance». Ακόμα, σημειώνεται ότι όταν υπάρχει μικροκυκλοφορία ή όταν υπάρχει απουσία ή αναστροφή του τελοδιαστολικού κύματος ο δείκτης παλμικότητας PI μπορεί να είναι καταλληλότερος και πιο αντιπροσωπευτικός.¹¹⁷

3.2.5 Η Ασφάλεια των Υπερήχων

Η χρήση των διαγνωστικών υπερήχων θεωρείται σε γενικές γραμμές ασφαλής χωρίς παρενέργειες. Οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται πλέον πολύ συχνά γι' αυτό οι εξεταστές πρέπει να είναι σίγουροι για την ασφάλειά τους, ιδιαίτερα όταν με την εισαγωγή της έγχρωμης απεικόνισης και τη μεγαλύτερη χρήση του παλμικού Doppler υπήρξε αύξηση της ισχύος της δέσμης υπερήχων. Ως εκ τούτου, ήταν αναγκαίο να δημοσιευθούν οδηγίες ασφαλείας από οργανισμούς και ιατρικές εταιρίες σχετικά με τη χρήση τους. Οι υπέρηχοι, αποτελώντας κατά βάση μηχανική ενέργεια μπορούν να έχουν τις εξής επιδράσεις διαπερνώντας τους ιστούς.

1. Θερμικές επιδράσεις

Πρόκειται για αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών. Καθώς τα κύματα των υπερήχων απορροφούνται από τους ιστούς, η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα. Θερμότητα παράγεται επίσης και στην επιφάνεια του ηχοβολέα. Η αύξηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από τον συντελεστή απορροφητικότητας, τα θερμικά χαρακτηριστικά του κάθε ιστού, την ένταση των υπερήχων και τη διάρκεια της εξέτασης. Για παράδειγμα, στα οστά η απορρόφηση θερμότητας είναι μεγαλύτερη ενώ η απορρόφηση στο αμνιακό υγρό είναι μικρότερη. Όσον αφορά την ένταση, αυτή εξαρτάται κυρίως από την ισχύ, τη χρήση έγχρωμου ή παλμικού Doppler, το βάθος της εξέτασης, την εστία, τη μεγέθυνση (zoom) και την περιοχή της έγχρωμης απεικόνισης.

2. Σπηλαιώση (Cavitation) – Δημιουργία κοιλοτήτων

«Σπηλαιώση» καλείται η δημιουργία παροδικών ή σταθερών φυσαλίδων από τη διάδοση του ήχου σε ένα υγρό με προϋπάρχοντες πυρήνες αερίου. Η δημιουργία φυσαλίδων εξαρτάται από τις μεταβολές της πίεσης στη δέσμη των υπερήχων. Κατά την αποσυμπίεση και τη διάλυση των φυσαλίδων μπορεί να προκληθεί τοπική αύξηση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Υπάρχουν δύο τύποι αποσυμπίεσης, η παροδική και η μόνιμη. Η παροδική προκαλείται στα υγρά όταν χρησιμοποιείται δέσμη υπερήχων με μεγάλη ένταση και χαμηλή συχνότητα (π.χ. 10 W/cm² με 30 MHz). Οι φυσαλίδες δημιουργούνται από τη δέσμη των υπερήχων όταν η πίεση πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα. Όταν η πίεση στη συνέχεια ανεβαίνει προκαλεί συρρίκνωση των φυσαλίδων και έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Αυτή η ενέργεια μπορεί να προκαλέσει ρήξη των κυτταρικών μεμβρανών και καταστροφή των ιστών. Ο σχηματισμός μόνιμων φυσαλίδων συμβαίνει όταν μικρές φυσαλίδες μεγεθύνονται ως αποτέλεσμα των διακυμάνσεων της πίεσης. Σημειωτέον ότι στα έμβρυα υπάρχει απουσία αερίου οπότε το όριο σπηλαιώσης είναι υψηλό και δεν αποτελεί ουσιαστικό κίνδυνο στα συνήθη επίπεδα των διαγνωστικών υπερήχων.

3. Επιδράσεις στο έμβρυο

Οι επιδράσεις διαχωρίζονται σε μηχανικές και θερμικές. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η σπηλαιώση αποτελεί κίνδυνο κατά την υπερηχογραφία του εμβρύου. Μελέτες σε πειραματόζωα (έμβρυα ποντικών), έδειξαν ότι μπορεί να προκληθεί αιμορραγία από την κίνηση των ιστών που δημιουργείται από την ακτινοβολία όμως δεν υπάρχουν στοιχεία ότι κάτι παρόμοιο μπορεί να συμβεί στα ανθρώπινα έμβρυα από τους υπερήχους.

Η κύρια ανησυχία οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της θερμοκρασίας είναι τερατογόνος. Σε πειραματόζωα παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας κατά $2,5^{\circ}\text{C}$ στον εγκεφαλικό ιστό σε υψηλής έντασης υπερηχογραφία παλμικού Doppler μετά από έκθεση 2 λεπτών, ενώ στις οστικές επιφάνειες έφτανε έως και τους 5°C .

Η Παγκόσμια Ομοσπονδία Ασφάλειας των Υπερήχων στη Ιατρική και Βιολογία θεωρεί ασφαλή τη χρήση των υπερήχων όταν προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας μικρότερη των $1,5^{\circ}\text{C}$. Αντίθετα, αύξηση της θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 4°C για περισσότερο από 5 λεπτά θεωρείται δυνητικά επικίνδυνη.

Πολυάριθμες μελέτες σε έγκυες συνέκριναν την ανάπτυξη εμβρύων τα οποία εξετάθησαν σε διάφορα επίπεδα υπερηχογραφικών ελέγχων. Κατόπιν, έγινε σύγκριση με έμβρυα τα οποία δεν είχαν υποβληθεί σε κάποιο υπερηχογράφημα και διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε καμία διαφορά στο βάρος γέννησης, ούτε προβλήματα στην ακοή, στην όραση στη συμπεριφορά ή στη νευρολογική ανάπτυξη που να αποδοθεί στην υπερηχογραφική εξέταση.

Χαρακτηριστικά, σε μία μεγάλη τυχαιοποιημένη μελέτη 3200 κυήσεων, πραγματοποιήθηκαν αρκετά υπερηχογραφήματα μόνο στις μισές από αυτές μεταξύ $19^{\text{ης}}$ – $32^{\text{ης}}$ εβδομάδας κύησης. Στην ομάδα όπου πραγματοποιήθηκαν πολλαπλοί υπέρηχοι δεν διαπιστώθηκε βραδύτητα στην ανάπτυξη ή νευρολογικές δυσλειτουργίες των παιδιών αυτών μέχρι την ηλικία των 9 ετών.

Γενικότερα, οι συστάσεις που αφορούν την ασφάλεια των υπερήχων στην εγκυμοσύνη προτείνουν τη χρήση όσο το δυνατόν χαμηλότερης έντασης υπερήχους, τη μείωση του χρόνου έκθεσης στο υπερηχογράφημα, τη συνεχή μετακίνηση της κεφαλής, την ιδιαίτερη προσοχή όταν πρόκειται για αρχόμενη κύηση και έμβρυα μικρής ηλικίας κύησης και τέλος την καλή ρύθμιση των συσκευών. Εν κατακλείδι, θα μπορούσε να θεωρηθεί κανόνας για όλους όσους ασχολούνται με την υπερηχογραφία η άποψη ότι «το υπερηχογράφημα δεν πρέπει να διαρκεί περισσότερο από ό,τι χρειάζεται για να συλλέξουμε τις πληροφορίες που θέλουμε και να επιτύχουμε τη διάγνωση που χρειαζόμαστε».^{108,110,118}

3.3 Doppler ροομετρία κατά την κύηση

Η ροή αίματος προς τη μήτρα προέρχεται κυρίως από τις μητριάιες αρτηρίες με μία μικρή συμμετοχή των ωοθηκικών αρτηριών. Μετά την είσοδό τους στο μυομήτριο διακλαδίζονται στις τοξοειδείς και στις ακτινοειδείς αρτηρίες που συνεχίζουν με τις σπειροειδείς και τις βασικές αρτηρίες οι οποίες τροφοδοτούν τη βάση του μυομητρίου. Τελικά, η ανώτερη λειτουργική στιβάδα του μυομητρίου αιματώνεται από τις σπειροειδείς αρτηρίες.

Στην εγκυμοσύνη, η διεύσδυση της τροφοβλάστης στις σπειροειδείς αρτηρίες έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή του τοιχώματός τους και την αντικατάσταση του ενδοθηλίου και του μυϊκού χιτώνα του τοιχώματος του αγγείου από τροφοβλαστικά κύτταρα. Έτσι, οι σπειροειδείς αρτηρίες μετατρέπονται σε αγγεία χαμηλών αντιστάσεων με αποτέλεσμα την αύξηση της ροής του αίματος στο μεσολάχινο χώρο. Ως αποτέλεσμα αυτής της «φυσιολογικής αλλαγής» η διάμετρος των σπειροειδών αρτηριών αυξάνεται από τα 10-15 μm στα 300-500 μm . Όσο νωρίτερα συμβεί αυτή η μετατροπή τόσο αποτελεσματικότερη είναι η διαδικασία πλακουντοποίησης. Εκτός από τη μείωση των αντιστάσεων στις έγκυες τόσο ο όγκος αίματος όσο και η καρδιακή παροχή αυξάνονται.

Η εφαρμογή της Doppler υπερηχογραφίας υπήρξε καθοριστική για τη μελέτη πολλών φυσιολογικών και παθολογικών καταστάσεων της εγκύου και του εμβρύου. Η εφαρμογή αυτή αφορούσε τη μελέτη της εμβρυικής φυσιολογίας, τη μελέτη εμβρύων με υπολειπόμενη ανάπτυξη, της εμβρυικής αναιμίας, του εμβρυικού υπερηχοκαρδιογραφήματος, της πολλαπλής κύησης, τη μελέτη της εμβρυικής κυκλοφορίας στο 3^ο τρίμηνο και στον τοκετό και την επίδραση στην εμβρυική κυκλοφορία των φαρμάκων που λαμβάνονται από την έγκυο (Πίνακας 6).¹¹²

Πίνακας 6. Εφαρμογές της Doppler υπερηχογραφίας στη Μαιευτική (Από: Mari G, Copel J. Doppler Ultrasound-Fetal Physiology and Clinical Applicatin. In: Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R. 5th ed. Sonography in Obstetrics and Gynecology. Principles and Practice, Prentice-Hall International Inc, 1996, p252).

Εμβρυική φυσιολογία
Ενδομήτρια υπολειπόμενη εμβρυική ανάπτυξη
Εμβρυική αναιμία
Εμβρυική υπερηχοκαρδιογραφία
Πολύδυμη κύηση
Επιδράσεις φαρμάκων στην εμβρυική κυκλοφορία
Έλεγχος της εμβρυικής κυκλοφορίας στο 3 ^ο τρίμηνο της κύησης και στον τοκετό
Μητρικά Doppler

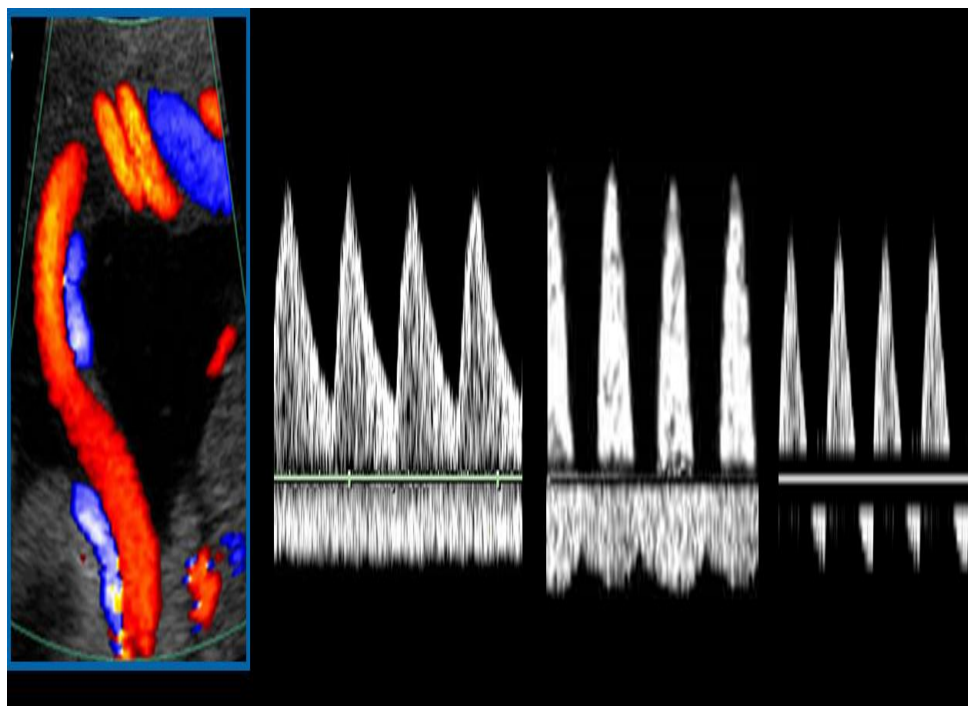
Όπως ήταν αναμενόμενο, η έναρξη της μελέτης των εμβρυικών αγγείων συνέπεσε με την ανάπτυξη της Doppler υπερηχογραφίας. Υπήρξε ένας αρκετά μεγάλος αριθμός σημαντικών εμβρυικών αγγείων (δεκαεννέα), τα οποία μελετήθηκαν και εκτιμήθηκαν επαρκώς από το 1977 έως το 1991, και αναφέρονται στον πίνακα 7. Σημειώνεται χαρακτηριστικά και με χρονολογική σειρά η έναρξη μελέτης των δύο εκ των σημαντικότερων αγγείων της εμβρυικής κυκλοφορίας, τα οποία και υπήρξαν αντικείμενο και της δικής μας μελέτης, της ομφαλικής αρτηρίας και της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.

Πίνακας 7. Εμβρυικά αγγεία που μελετήθηκαν με τη Doppler υπερηχογραφία με χρονολογική σειρά. (Από: Mari G, Copel J. *Doppler Ultrasound-Fetal Physiology and Clinical Application*. In: Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R. (5th ed) *Sonography in Obstetrics and Gynecology. Principles and Practice*, Prentice-Hall International Inc, 1996, p253).

Αγγεία	Έτος
Ομφαλική αρτηρία	1977
Κατιούσα αορτή	1980
Μητρίαία αρτηρία/Τοξοειδείς αρτηρίες	1983
Κοινή καρωτίδα	1984
Έσω καρωτίδα	1986
Άνω εγκεφαλική αρτηρία	1987
Αρτηριακός πόρος	1987
Μέση εγκεφαλική αρτηρία	1989
Νεφρική αρτηρία	1989
Έξω λαγόνιο αρτηρία	1991
Έσω λαγόνιο αρτηρία	1991
Μητρίαία αρτηρία	1991
Άνω παρεγκεφαλιδική αρτηρία	1994
Σπονδυλική αρτηρία	1994
Σπληνική αρτηρία	1995
Άνω μεσεντέρια αρτηρία	1995
Ηπατική αρτηρία	1995
Κάτω κοίλη φλέβα	1990
Φλεβώδης πόρος	1991

3.3.1 Ομφαλική αρτηρία

Η ομφαλική αρτηρία ήταν το πρώτο αγγείο που μελετήθηκε με τη βοήθεια της Doppler υπερηχογραφίας το 1977. Η κυματομορφή του αγγείου αυτού έχει ένα χαρακτηριστικό οξυκόρυφο έπαρμα δίκην «δοντιών πριονιού» και αντικατροπτίζει τις διαφορετικές ταχύτητες ροής οι οποίες παρατηρούνται με τον καρδιακό παλμό. Από την αντίθετη κατεύθυνση παρατηρείται διαφορετικό ίχνος λόγω της ροής της ομφαλικής φλέβας. Το κύμα ροής της ομφαλικής αρτηρίας εξαρτάται από τη θέση μέτρησης όπως επίσης και από την εμβρυική αναπνοή. Έτσι, σε μετρήσεις στην είσοδο του ομφαλίου λώρου στην κοιλιά του εμβρύου παρατηρούνται αυξημένες αντιστάσεις, ενώ στην έκφυση του ομφαλίου από τον πλακούντα παρατηρούνται μειωμένες αντιστάσεις. Στην πράξη, οι διαφορές αυτές είναι μικρές αλλά οι μετρήσεις συνήθως επιλέγονται να γίνουν σε μία ελεύθερη έλικα του λώρου όταν το έμβρυο δεν είναι σε συνθήκη «στρες». Ο επιμήκης άξονας του αγγείου πρέπει να είναι παράλληλος προς τη κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων για να μην επηρεάζεται η ταχύτητα ροής.

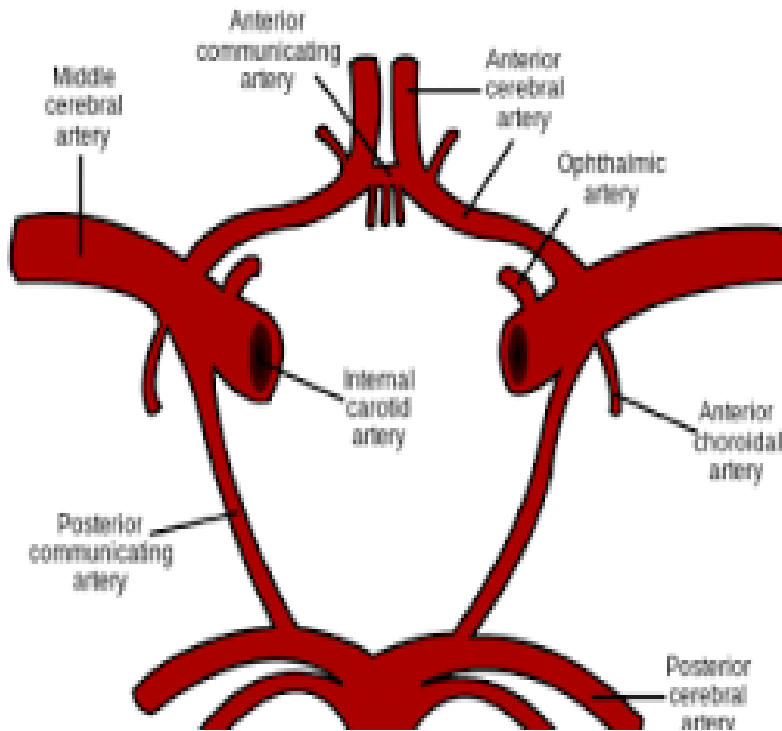


Εικόνα 19. Μέτρηση της ροής σε μία ελεύθερη έλικα του ομφαλίου λώρου. Φυσιολογική κυματομορφή, απουσία και αναστροφή του τελοδοδιαστολικού κύματος. ((Από: *Doppler Ultrasound-Principles and practice, Doppler in Obstetrics: book by K Nicolaides, G Rizzo, K Hecher. Chapter on Doppler studies in fetal hypoxemic hypoxia, p65*).

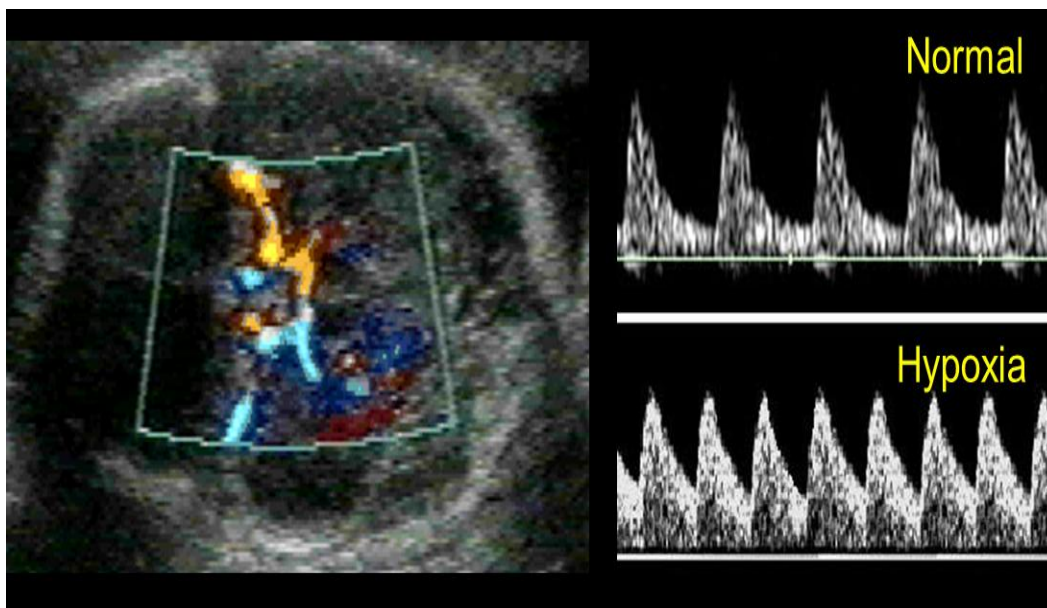
Η κυματομορφή δεν επηρεάζεται από την κατάσταση του εμβρύου (ύπνος ή έγερση) και την άσκηση της εγκύου. Μελέτες έδειξαν ότι υπάρχει συνεχής επέκταση της εμβρυοπλακουντιακής κυκλοφορίας καθ' όλη τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Με την πρόοδο της εγκυμοσύνης παρατηρείται αύξηση της τελοδιαστολικής ταχύτητας και μείωση της αντίστασης. Σε παθολογικές καταστάσεις (π.χ. προεκλαμψία) παρατηρείται αρχικά μείωση της τελοδιαστολικής ροής η οποία καταλήγει σε ανάστροφη ροή κατά τη διάρκεια της διαστολής. Η απουσία κυματομορφής και η αναστροφή της διαστολικής ροής συνδέονται με πλακουντιακή βλάβη και κλινικά εκδηλώνονται με σοβαρού βαθμού υπολειπόμενη ανάπτυξη του εμβρύου και πιθανό ολιγάμνιο (Εικόνα 19).^{119, 120}

3.3.2 Μέση εγκεφαλική αρτηρία

Η μέση εγκεφαλική αρτηρία είναι το αγγείο εκλογής για την αξιολόγηση της εμβρυικής εγκεφαλικής κυκλοφορίας και μελετήθηκε για πρώτη φορά το 1989. Ανατομικά, η μέση εγκεφαλική αρτηρία μαζί με την πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία αποτελούν δύο από τους μείζονες τελικούς κλάδους της έσω καρωτίδας αρτηρίας. Η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία προέρχεται από τη βασική αρτηρία. Η δεξιά και η αριστερή μέση εγκεφαλική αρτηρία μαζί με τα άλλα αγγεία αποτελούν τους μείζονες κλάδους του κύκλου του Willis (Εικόνα 20). Ο κύκλος του Willis τροφοδοτείται με αίμα από τις έσω καρωτίδες και τις σπονδυλικές αρτηρίες και μπορεί να απεικονισθεί με έγχρωμο Doppler όταν η τομή λαμβάνεται στη βάση του κρανίου, στο επίπεδο των θαλάμων, στο τμήμα του σφηνοειδούς οστού. Στη τομή αυτή, τα εγγύς και το άπω τμήμα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας έχει πορεία παράλληλη με τη δέσμη των υπερήχων, συνεπώς και η γωνία πρόπτωσης είναι 0 μοίρες. Αυτό το πλεονέκτημα σημαίνει ότι η μετρούμενη ταχύτητα αντανακλά με ακρίβεια την πραγματική ταχύτητα του αίματος σε αυτό το αγγείο (Εικόνα 21).



Εικόνα. 20. Ο κύκλος του Willis. Μέση, πρόσθια και οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία.



Εικόνα 21. Doppler υπερηχογραφία του κύκλου του Willis. Φυσιολογική και παθολογική κυματομορφή με χαμηλές και υψηλές διαστολικές ταχύτητες αντίστοιχα (Από: Doppler Ultrasound-Principles and practice, Doppler in Obstetrics: book by K Nicolaides, G Rizzo, K Hecher. Chapter on Doppler studies in fetal hypoxemic hypoxia, p67).

Οι φυσιολογικές τιμές της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης αναφέρονται στον πίνακα 2 του παραρτήματος (Παράρτημα), ενώ οι συνηθέστεροι παράγοντες που σχετίζονται με διαταραχές της κυκλοφορίας (χαμηλό και υψηλό δείκτη παλμικότητας) αναφέρονται αντίστοιχα στον πίνακα 8.

Πίνακας 8. Παράγοντες που σχετίζονται με χαμηλό (Αριστερά) και υψηλό (Δεξιά) δείκτη παλμικότητας (PI) στη Μέση Εγκεφαλική Αρτηρία (Από: Mari G, Copel J. Doppelp *Ultrasound-Fetal Physiology and Clinical Applicatin. In: Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R. (5th ed) Sonography in Obstetrics and Gynecology. Principles and Practice, Prentice-Hall International Inc, 1996, p261).*

Εγκεφαλική ανάπτυξη	Συσπάσεις μήτρας
Αυξημένος εμβρυικός καρδιακός ρυθμός - Ταχυκαρδία	Μειωμένος εμβρυικός καρδιακός ρυθμός - Βραδυκαρδία
Βαριά Αναιμία	Ολιγάμνιο
Μετάγγιση	Συμπίεση της εμβρυικής κεφαλής
Θεραπευτική αμνιοπαρακέντηση	Υδροκεφαλία
Ανεπάρκεια τριγλώχινος βαλβίδας	Φάρμακα – Ινδομεθακίνη
Υποξία και οξέωση	

Η μελέτη της ροομετρίας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας αποτελεί επίσης μία χρήσιμη μέθοδο ελέγχου της εμβρυικής κατάστασης σε παθολογικές καταστάσεις όπως η Rh ευαισθητοποίηση και η υπολειπόμενη ανάπτυξη. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι διαστολικές κυματομορφές είναι αυξημένες.^{121,122}

3.3.3 Εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία

Η μέτρηση της Εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας (ΕΠΑ) - Cerebroplacental ration (CPR), προϋποθέτει την εξέταση των δύο προαναφερθέντων αγγείων και τη μέτρηση του δείκτη παλμικότητας τους με τη Doppler υπερηχογραφία και αποτελεί ένα σχετικά νέο υπερηχογραφικό δείκτη ελέγχου της κατάστασης του εμβρύου. Η αναλογία αυτή, προκύπτει

από την διαίρεση του δείκτη παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας με το δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας. Παθολογικές καταστάσεις μπορεί να προκύψουν από παθολογικές μετρήσεις του δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας, ή της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας ή συνδυασμού τους.

4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από τότε που η Μαιευτική-Γυναικολογία καθιερώθηκε ως ιατρική ειδικότητα έχει αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις που αφορούν την εγκυμοσύνη από την αρχή της κύησης έως τον τοκετό. Στη διάρκεια της κύησης, μπορεί να προκύψει πληθώρα παθολογικών καταστάσεων οι οποίες συναντώνται πλέον αρκετά συχνά και τότε εντάσσονται στις κύσεις υψηλού κινδύνου, μπορούν δε να προβλεφθούν έγκαιρα και να αντιμετωπισθούν με τη βοήθεια των σύγχρονων μεθόδων και των φαρμακευτικών αγωγών. Κατά τη διάρκεια του τοκετού το μείζον ζήτημα που καλείται να αντιμετωπίσει ο σύγχρονος μαιευτήρας είναι η πρόβλεψη, η έγκαιρη διάγνωση και η αντιμετώπιση της εμβρυικής δυσχέρειας. Πολλές φορές ο χρόνος λήψης μιας απόφασης και επέμβασης μπορεί να είναι πολύ μικρός και πολύ κρίσιμος.

Το κλινικό δίλημμα λοιπόν για την ύπαρξη ή μη εμβρυικής υποξίας και δυσχέρειας, παραμένει ακόμα και σήμερα, μολονότι από την απλή ακρόαση των εμβρυικών παλμών φτάσαμε στις σύγχρονες μεθόδους ελέγχου του εμβρύου, η σημαντικότερη από τις οποίες θεωρείται η εφαρμογή του ελέγχου καταγραφής του καρδιακού ρυθμού με την καρδιοτοκογραφία που εφαρμόζεται πλέον συστηματικά στην καθημερινή πρακτική.

Μία άλλη μέθοδος εκτίμησης του εμβρύου είναι η μέθοδος μέτρησης του κορεσμού οξυγόνου με την παλμική οξυμετρία. Η μέθοδος αυτή, είναι μία σύγχρονη, επικουρική, μη επεμβατική μέθοδος καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου, η οποία προστέθηκε στην κλινική πράξη με την προοπτική να παράξει προειδοποιητικά σημεία για την πιθανή ανάπτυξη εμβρυικής υποξίας, διευκολύνοντας την έγκαιρη επέμβαση του μαιευτήρα έτσι ώστε να αποτραπούν οι περιγεννητικές επιπλοκές.

Επίσης, η Doppler Υπερηχογραφία χρησιμοποιώντας το δείκτη παλμικότητας (Pulsatility Index - PI), μπορεί να μελετήσει την παροχή αίματος σε δύο σημαντικά εμβρυικά αγγεία, την ομφαλική αρτηρία και τη μέση εγκεφαλική αρτηρία. Η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία (ΕΠΑ)-Cerebroplacental ratio (CPR), δηλαδή η αναλογία του δείκτη παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας προς το δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας αποτελεί ένα ακόμα χρήσιμο και συμπληρωματικό σύνθετο δείκτη ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Μαιευτική για την πρόγνωση της εμβρυικής δυσχέρειας και την αποφυγή ενός δυσμενούς περιγεννητικού αποτελέσματος τόσο στα έμβρυα υπολειπόμενης ανάπτυξης (small for gestational age – SGA), όσο και στα έμβρυα με φυσιολογική ανάπτυξη (appropriate for gestational age - AGA).

Αν και αναμφίβολα η σύγχρονη τεχνολογία έχει δώσει αρκετά μέσα για την ασφαλή αποπεράτωση ενός τοκετού θα μπορούσε να ειπωθεί ότι δεν έχει ακόμα βρεθεί η ιδανική μέθοδος, η οποία θα είναι ασφαλής, ακριβής, συνεχής και μη επεμβατική με επαρκή ευαισθησία και ειδικότητα για την αναγνώριση πιθανής εμβρυικής δυσχέρειας. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να μελετήσει αν η προσθήκη στη συμβατική καρδιοτοκογραφία των δύο νεότερων μεθόδων, της παλμικής οξυμετρίας ή της Doppler υπερηχογραφίας με την καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου αφ' ενός και τη μελέτη της ομφαλικής αρτηρίας, της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας αφ' ετέρου, θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως εργαλείο στην επιβεβαίωση του «καλώς έχειν» του εμβρύου αλλά στην και έγκαιρη αξιολόγηση της εμβρυικής δυσχέρειας.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το υλικό της μελέτης μας αποτέλεσαν 240 έγκυες γυναίκες οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα γυναικών η οποία ονομάστηκε ομάδα Α, εφαρμόστηκε η καρδιοτοκογραφία με ταυτόχρονη καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου με την παλμική οξυμετρία στον τοκετό. Στη δεύτερη ομάδα γυναικών η οποία ονομάστηκε ομάδα Β, εφαρμόστηκε Doppler υπερηχογραφικός έλεγχος με την εκτέλεση δύο υπερηχογραφημάτων, το πρώτο στο 3^ο τρίμηνο κύησης και το δεύτερο προ του τοκετού καθώς και σε καρδιοτοκογραφικό έλεγχο κατά τη διάρκεια του τοκετού.

ΟΜΑΔΑ Α (Παλμική Οξυμετρία - Καρδιοτοκογραφία)

A.1 Υλικό - Μεθοδολογία της μελέτης

Το υλικό της μελέτης της ομάδας αυτής, αποτέλεσαν 109 επίτοκες γυναίκες που παρακολουθούνταν στα Εξωτερικά Ιατρεία της Μαιευτικής-Γυναικολογικής Κλινικής του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ιωαννίνων, ή προσήλθαν στο νοσοκομείο με την έναρξη του τοκετού. Οι έγκυες είχαν ενημερωθεί για την τρέχουσα μελέτη και είχαν δώσει τη συγκατάθεση τους για την εξέταση.

Οι 109 έγκυες στις οποίες το καρδιοτοκογράφημα θεωρήθηκε ύποπτο υποβλήθηκαν ταυτόχρονα σε καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου με τη μέθοδο της παλμικής οξυμετρίας. Σαν ύποπτα καρδιοτοκογραφικά ευρήματα ορίστηκαν: Βασική ΕΚΣ μεταξύ 150 – 170 παλμοί/λεπτό ή μεταξύ 110 – 100 παλμοί/λεπτό, εύρος διακύμανσης της ΕΚΣ μεταξύ 5-10 παλμών/λεπτό για χρονικό διάστημα περισσότερο από 40 λεπτά, αύξηση του εύρους διακύμανσης >25 παλμούς/λεπτό, απουσία επιταχύνσεων της ΕΚΣ για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 40 λεπτών, σποραδικές επιβραδύνσεις κάθε τύπου, εκτός από βαριάς μορφής. Επιπλέον κριτήρια εισόδου αποτέλεσαν:

1.Τελειόμηνες κύσεις 37-41 εβδομάδων και βάρος εμβρύου ≥ 2.500 gr. 2.Κεφαλική προβολή. 3.Υπαρξη φυσιολογικών ευρημάτων στον προγεννητικό έλεγχο. 4.Διαστολή του τραχήλου ≥ 3 εκατοστά. 5.Ρήξη των εμβρυϊκών υμένων, αυτόματη ή τεχνητή.

Κριτήρια αποκλεισμού από τη μελέτη αποτέλεσαν:

1. Χαμηλή πρόσφυση πλακούντα, προδρομικός ή επιπωματικός πλακούντας. 2. Αποκόλληση πλακούντα. 3. Αιμορραγία αγνώστου αιτιολογίας. 4. Ανωμαλίες διάπλασης της μήτρας. 5. Μικροβιακή ή ιογενής λοίμωξη (π.χ. Στρεπτόκοκκος B, ερπητική λοίμωξη). 6. Βλάβη του αισθητήρα.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία μετετήθηκαν τα εξής:

1. Επιδημιολογικά χαρακτηριστικά

Συγκεντρώσαμε δεδομένα αναφορικά με την ηλικία της εγκύου, το μαιευτικό ιστορικό, τον αριθμό των τόκων, και την ηλικία κύησης.

2. Αυτόματη ή τεχνητή ρήξη των εμβρυικών υμένων και παρουσία διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού κατά τη ρήξη

Η ρήξη των εμβρυικών υμένων αποτελεί προϋπόθεση για την εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας. Στα στοιχεία μας έχει καταγραφεί αν η ρήξη ήταν αυτόματη ή τεχνητή με αμνιοτόμο (hook) μετά την είσοδο στο μαιευτήριο, η διαστολή του τραχήλου καθώς και η παρουσία διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού.

3. Καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού

Για την καταγραφή αυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καρδιοτοκογραφίας. Με την εισαγωγή στο μαιευτήριο η επίτοκος υποβαλλόταν σε συνεχή καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση με καταγραφή του εμβρυϊκού ρυθμού.

Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική συσκευή καταγραφής 2080 A της εταιρίας Hewlett Packard, USA, η οποία περιλαμβάνει δύο κεφαλές καταγραφής που τοποθετούνται στην κοιλιά της εγκύου. Από αυτές, η μία καταγράφει τον εμβρυικό καρδιακό παλμό και η άλλη την δραστηριότητα του μυομητρίου από τις εναλλαγές περιόδων σύσπασης και χαλάρωσης κατά τη διάρκεια του τοκετού. Η ταινία καταγραφής των πληροφοριών του καρδιοτοκογράφου κινούνταν με ταχύτητα 1 εκ/λεπτό.

Η ερμηνεία και μελέτη των καρδιοτοκογραφικών ευρημάτων πραγματοποιήθηκε από τον εκτελώντα τη μελέτη και από τον υπεύθυνο ιατρό του μαιευτηρίου και χρησιμοποιήθηκε η κατάταξη των μεταβολών του καρδιακού ρυθμού του εμβρύου από το Αμερικανικό Κολλέγιο Μαιευτήρων Γυναικολόγων και από τη Διεθνή Ένωση Μαιευτήρων-Γυναικολόγων. Σύμφωνα με αυτές, η μεταβολή του ρυθμού διακρίνεται σε δύο κατηγορίες; Τις μεταβολές της βασικής γραμμής του καρδιοτοκογραφήματος που αναφέρονται στο ρυθμό της λειτουργίας της καρδιάς του εμβρύου και στη διαφοροποίησή του καρδιακού ρυθμού σε σχέση με τις συσπάσεις της μήτρας και τις περιοδικές αλλαγές που συνδέονται με τις συσπάσεις της μήτρας.

4. Μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου με την παλμική οξυμετρία

Μετρήθηκε ο κορεσμός οξυγόνου του αρτηριακού αίματος του εμβρύου από τη στιγμή της εισόδου του αισθητήρα και της επαφής του με την παρειά του εμβρύου μέχρι την έξοδό του. Ο μέγιστος χρόνος που μεσολαβούσε από την τελευταία καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου και αφαίρεση του αισθητήρα μέχρι τη λήψη του αίματος από τον ομφάλιο λώρο ήταν 15 λεπτά.

Η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου έγινε με τη συσκευή παλμικής οξυμετρίας της εταιρίας Nellcor Puritan Bennett, ενώ ο τύπος του αισθητήρα ήταν ο FS 14B της ίδιας εταιρίας (Nellcor Puritan Bennett, Pleasanton, California, USA). Επίσης υπήρξε συνεχής καταγραφή του χρόνου επαφής του αισθητήρα με την παρειά του εμβρύου και κατ' επέκταση καταγραφή επαρκούς σήματος (Εικόνα 22).

5. Τοκετός

Καταγράφηκε η εβδομάδα κύησης κατά τον τοκετό, ο τρόπος περάτωσής του τοκετού, φυσιολογικός ή επεμβατικός (καισαρική τομή, εμβρυουλκία), το βάρος και το φύλο του νεογνού.

6. Τιμές του pH, pO₂, pCO₂, HCO₃, BE του εμβρυϊκού αίματος

Για τον καθορισμό των τιμών αυτών του εμβρυϊκού αίματος γινόταν λήψη αίματος από την ομφαλική αρτηρία αμέσως μετά την έξοδο του εμβρύου και την απολίνωση του ομφαλίου λώρου.

Η συλλογή του αίματος γινόταν με ηπαρινισμένη σύριγγα των 10 cc και η ανάλυση του pH γινόταν αμέσως μετά το πέρας του τοκετού με το Πεχάμετρο RL 100T της Russel, England. Λαμβάνονταν δύο μετρήσεις τιμών και προσδιοριζόταν πάντα ο μέσος όρος για την μείωση της πιθανότητας σφάλματος, Ως φυσιολογικές θεωρήθηκαν οι τιμές $\text{pH} \geq 7.25$, και ως παθολογικές οι τιμές $\text{pH} \leq 7.20$.

7. Βαθμολόγηση κατά Apgar

Σε όλα τα νεογνά της μελέτης πραγματοποιήθηκε βαθμολόγηση κατά Apgar, όπου και αξιολογήθηκαν τα πέντε κλινικά κριτήρια στο 1^ο και στο 5^ο λεπτό μετά τον τοκετό. Η βαθμολογία 10-9 χαρακτηριζόταν σαν άριστη, 8-7 ως ύποπτη, και παθολογική από 6-1. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τις καταγραφές του καρδιακού ρυθμού, την παλμική οξυμετρία και τις τιμές του εμβρυϊκού pH.

8. Είσοδος του νεογνού στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών (MENN)

Στη μελέτη μας καταγράφηκε εάν μετά τον τοκετό κρίθηκε αναγκαία η εισαγωγή των νεογνών στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας και έγινε σύγκριση με τις τιμές της οξυμετρίας κατά τον τοκετό.

9. Λοιπές παράμετροι

- Διαστολή του τραχήλου κατά την είσοδο στο Μαιευτήριο.
- Ύψος προβάλλουσας μοίρας
- Χρονική διάρκεια καταγραφής σήματος του παλμικού οξυμέτρου

Όλα τα ευρήματα καταγράφηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Office Excel).



Εικόνα 22. Η συσκευή παλμικού οξυμέτρου που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη.

A.2 Αποτελέσματα

A.2.1 Γενικά αποτελέσματα

Στις 109 επίτοκες εφαρμόστηκε ο αισθητήρας FS-14B άμεσα και χωρίς επιπλοκές και ήταν πολύ καλά ανεκτός καθ' όλη τη διάρκεια του τοκετού. Υπήρξε συνεχής καταγραφή του SpO₂ για χρονικό διάστημα άνω των 15 λεπτών μετά από την τοποθέτηση του αισθητήρα σε όλα τα περιστατικά και η απώλεια σήματος δεν ήταν μεγαλύτερη του 1 λεπτού. Αυτό επιτεύχθηκε με τη συνεχή παρουσία του γιατρού στο μαιευτήριο. Ο μέσος όρος επαρκούς εμβρυϊκού σήματος και καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου μέσω του οξυμέτρου σε όλη τη διάρκεια του τοκετού ήταν $74.6\% \pm 13.9\%$ λεπτά. Η διαστολή του τραχήλου ήταν ≥ 3 εκατοστά και ο αισθητήρας επανατοποθετείτο με βάση την πρόοδο του τοκετού και την κάθοδο της προβάλλουσας μοίρας. Η επανατοποθέτηση αυτή συνίστατο στο ελαφρύ τράβηγμα του αισθητήρα προς τα έξω έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητικό σήμα. Δεν υπήρξε κανένα σημάδι τραυματισμού των εμβρύων μετά τον τοκετό. Σε 2/109 (1.8%) νεογνά διαπιστώθηκε

ελαφρύ ερύθημα στο μάγουλο το οποίο αποδόθηκε στην πίεση του αισθητήρα και το οποίο εξαφανίστηκε 24 ώρες μετά τον τοκετό. Σε καμία από τις επιτόκους δεν διαπιστώθηκαν σημεία χοριοαμνιονιτίδας μετά τον τοκετό αν και οι έγκυες με παθολογική καλλιέργεια κοιλιακού υγρού είχαν ήδη αποκλειστεί από την αρχή.

Η πρώτη παρατήρηση αναφέρεται στο μέσο όρο όλων των παραμέτρων που καταγράφηκαν στη μελέτη: την ηλικία, τον τόκο, το ύψος της προβάλλουσας μοίρας, τον κορεσμό οξυγόνου, τη χρονική διάρκεια καταγραφής σήματος, τη διαστολή του τραχήλου, τη βαθμολογία Apgar στο 1^ο και στο 5^ο λεπτό και τη μέτρηση του pH (Πίνακας 9). Ο μέσος όρος ηλικίας των επιτόκων ήταν μικρότερος των 30 ετών.

Πίνακας 9. Μέσος όρος των παραμέτρων που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια εφαρμογής της παλμικής οξυμετρίας.

ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΚΕΤΟΥ	(n = 109)
Ηλικία επιτόκου	29.3±4.7
Τόκος	1.4±0.6
Ηλικία κύησης (ημέρες)	278.7±5.6
Ύψος προβάλλουσας μοίρας μοίρας	(-) 1.9±1.2
Κορεσμός οξυγόνου SpO ₂	41.2±7.4
Καταγραφή σήματος (%)	74.6±13.9
Διαστολή τραχήλου	4.3±1.1
Apgar 1	8.7±0.7
Apgar 5	9.9±0.2
pH	7.33±0.07

Λόγω των δημογραφικών δεδομένων που παρουσιάζει η χώρα μας θελήσαμε να διαπιστώσουμε ποια ηλικιακή ομάδα είναι η επικρατέστερη, γι' αυτό οι 109 επίτοκες χωρίστηκαν σε μικρότερες ομάδες ανάλογα με την ηλικία τους. Στο δείγμα μας επικράτησαν ηλικίες επιτόκων από 21 έως 35 ετών και από αυτές η πολυπληθέστερη ήταν η ομάδα Γ (ηλικίες από 26-30) (Πίνακας 10).

Πίνακας 10. Ποσόστωση επιτόκων ανάλογα με την ηλικία τους κατά τον τοκετό.

	Ηλικία επιτόκου	Σύνολο	Ποσοστό (%)
Ομάδα Α	15-20	3	2,75
Ομάδα Β	21-25	21	19,27
Ομάδα Γ	26-30	41	37,61
Ομάδα Δ	31-35	37	33,95
Ομάδα Ε	36-40	5	4,59
Ομάδα Ζ	41-44	0	0,00
Ομάδα Η	45-50	2	1,83
	Σύνολο επιτόκων	109	100,00

Μία άλλη παράμετρος που μελετήθηκε, είναι ο διαχωρισμός των εγκύων ανάλογα με τον αριθμό των τόκων έτσι ώστε να διαπιστώσουμε αν η πολυπληθέστερη ομάδα ήταν οι πρωτοτόκες, οι δευτεροτόκες ή οι πολυτόκες (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Ποσόστωση επιτόκων ανάλογα με τον τόκο.

	ΤΟΚΟΣ		
	I (%)	II (%)	III (%)
Ομάδα Α	2 (1,83)	1 (0,92)	0 (0,00)
Ομάδα Β	19 (17,43)	2 (1,83)	0 (0,00)
Ομάδα Γ	25 (22,93)	13 (11,93)	3 (2,75)
Ομάδα Δ	20 (18,35)	16 (14,68)	1 (0,92)
Ομάδα Ε	1 (0,92)	2 (1,83)	2 (1,83)
Ομάδα Ζ	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
Ομάδα Η	1 (0,92)	0 (0,00)	1 (0,92)
	68	34	7
	(62,39%)	(31,19 %)	(6,42%)

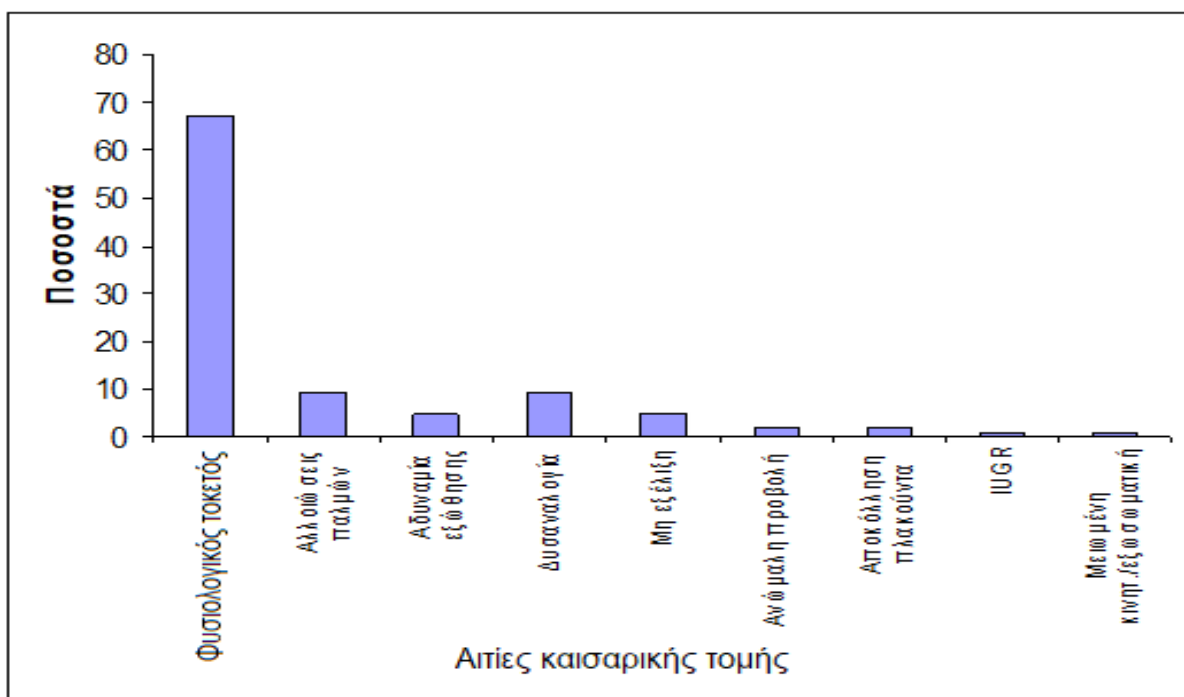
Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό 62,39% (68/109) των επιτόκων ήταν πρωτοτόκες, ενώ οι δευτεροτόκες αντιπροσωπεύουν το 31,19% (34/109) και οι τριτοτόκες το 6,42% (7/109). Στην πολυπληθέστερη ομάδα την ομάδα Γ, υπερτερούσαν οι

πρωτοτόκες 25/109 (22.93%). (Πίνακας 11). Αυτό έχει ιδιαίτερη κλινική σημασία γιατί συνήθως στις πρωτοτόκες αναμένεται πιο εργώδης, επίπονος και με μεγαλύτερη διάρκεια τοκετός.

Συνολικά στην ομάδα Α, οι φυσιολογικοί τοκετοί υπερτερούν των καισαρικών τομών και των αναρροφητικών εμβρυολκών.

Συγκεκριμένα, ο τοκετός επιτεύχθηκε φυσιολογικά σε 72 επίτοκες: 72/109 (66,06%), 24 επίτοκες υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή: 24/109 (22,02%) και σε 13 επίτοκες ο τοκετός περατώθηκε με αναρροφητική εμβρυολκία 13/109 (11,92%).

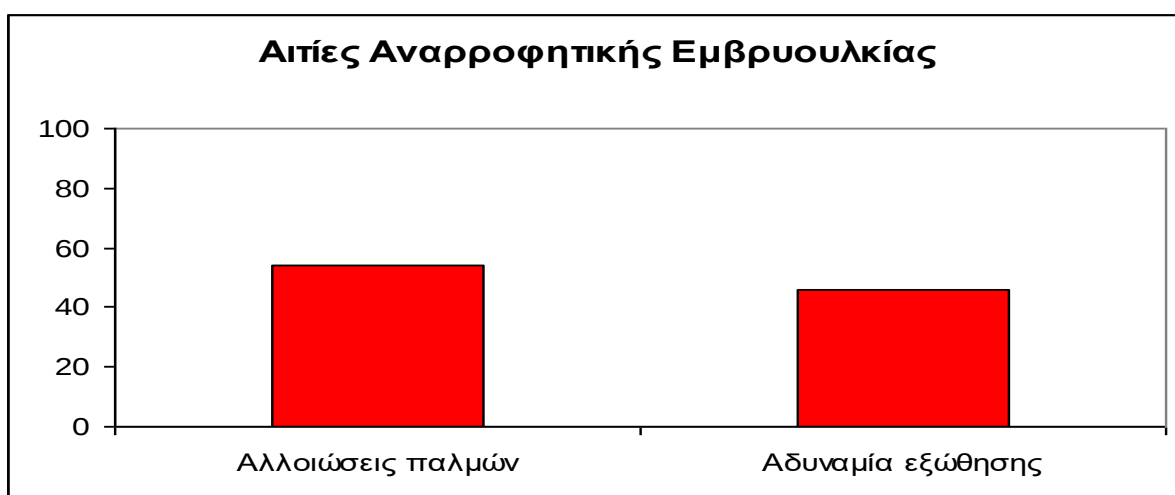
Τα αίτια που οδήγησαν σε ΚΤ ή ΑΕ ήταν: αλλοιώσεις παλμών του εμβρύου, αδυναμία εξώθησης, δυσαναλογία, μη εξέλιξη τοκετού, ανώμαλη προβολή, αποκόλληση πλακούντα, υπολleiπόμενη ανάπτυξη εμβρύου και μειωμένη κινητικότητα εμβρύου ή εξωσωματική γονιμοποίηση σε ποσοστά που διαφαίνονται παρακάτω (Γράφημα 1).



Γράφημα 1. Συνολικά ποσοστά φυσιολογικών τοκετών και επεμβατικών τοκετών και αιτίες.



Γράφημα 2. Αίτια Καισαρικής τομής.

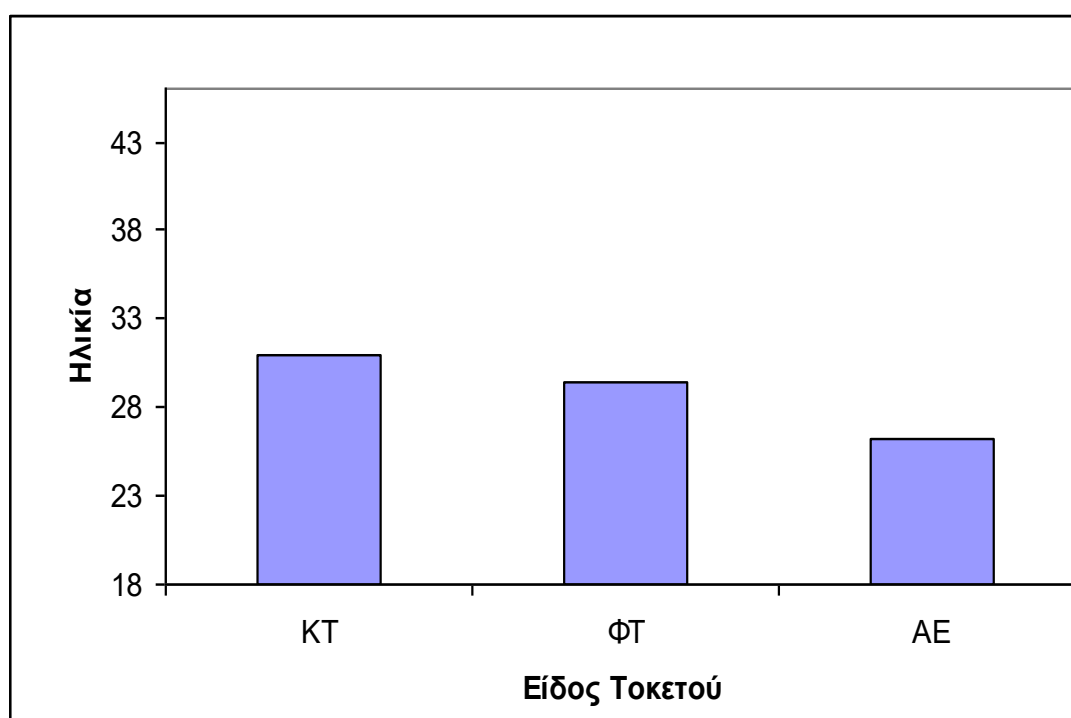


Γράφημα 3. Αίτια εφαρμογής της αναρροφητικής εμβρυουλκίας.

Όπως προκύπτει από το γράφημα 2, η δυσαναλογία αντιπροσωπεύει στο δείγμα μας τη μεγαλύτερη πιθανότητα περάτωσης του τοκετού με καισαρική τομή (37,5%) και ακολουθούν με αυξημένα ποσοστά οι αλλοιώσεις παλμών και η αναστολή εξέλιξης του τοκετού (ποσοστό από 20,8% και για τα δύο αίτια). Η αναρροφητική εμβρυουλκία εφαρμόστηκε συνολικά σε 13 περιπτώσεις προκειμένου να περατωθεί ο τοκετός από τις οποίες οι 7/13 παρουσίασαν αλλοιώσεις παλμών ενώ οι 6/13 αδυναμία εξώθησης (Γράφημα 3).

Στη συνέχεια αποφασίσαμε να μελετήσουμε και να συσχετίσουμε μερικές βασικές παραμέτρους που αφορούν την εξέλιξη του τοκετού όπως, την πολυτοκία, την ηλικία της εγκύου, την αυτόματη ή τεχνητή ρήξη των υμένων και τη χρώση του αμνιακού υγρού.

Ελέγξαμε καταρχήν τη σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και του είδους του τοκετού. Όπως φαίνεται από το παρακάτω γράφημα (Γράφημα 4), η μέση ηλικία των επιτόκων που υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή ήταν μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών που γέννησαν με φυσιολογικό τοκετό ή με αναρροφητική εμβρυουλκία.



Γράφημα 4. Ηλικία εγκύου και είδος τοκετού.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μία προσπάθεια από τις ανεπτυγμένες χώρες να περιορίσουν τα ποσοστά των καισαρικών τομών και να διαπιστωθούν ή να επιβεβαιωθούν πιθανοί αιτιολογικοί παράγοντες που να δικαιολογούν την αύξησή τους. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας διαχωρίσαμε τις επίτοκες της ομάδας Α σε δύο υποομάδες, την πρώτη, όπου μελετήσαμε τη σχέση ηλικίας εγκύου-καισαρικής τομής και τη δεύτερη, όπου μελετήσαμε τη σχέση ηλικίας εγκύου-φυσιολογικού τοκετού/αναρροφητικής εμβρυουλκίας. Στην ανάλυσή μας φαίνεται ότι η ηλικία της εγκύου διαφοροποιεί με την πιθανότητα καισαρικής τομής (Πίνακας 12, Γράφημα 5).

Πίνακας 12. Σχέση μεταξύ ηλικίας της εγκύου και καισαρικής τομής.

	Είδος τοκετού	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Ηλικία	KT	24	31,00	4,996	1,020
εγκύου	ΦΤ -ΑΕ	85	28,91	4,636	,503

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Ηλικία εγκύου	Equal variances assumed	,044	,834	1,921	107	,057	2,094	1,090	-,067	4,255
	Equal variances not assumed			1,842	34,978	,074	2,094	1,137	-,214	4,402

Μελετήσαμε επίσης τη σχέση της ηλικίας της εγκύου με το κάθε είδος του τοκετού ξεχωριστά.

Πίνακας 13. Σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και του είδους του τοκετού.

Ηλικία	Είδος τοκετού	Μέση τιμή		Τυπική απόκλιση		Πλήθος
		ΑΕ	26,23	3,88		
		ΚΤ	31,00	5,00		24
		ΦΤ	29,39	4,62		72

ANOVA

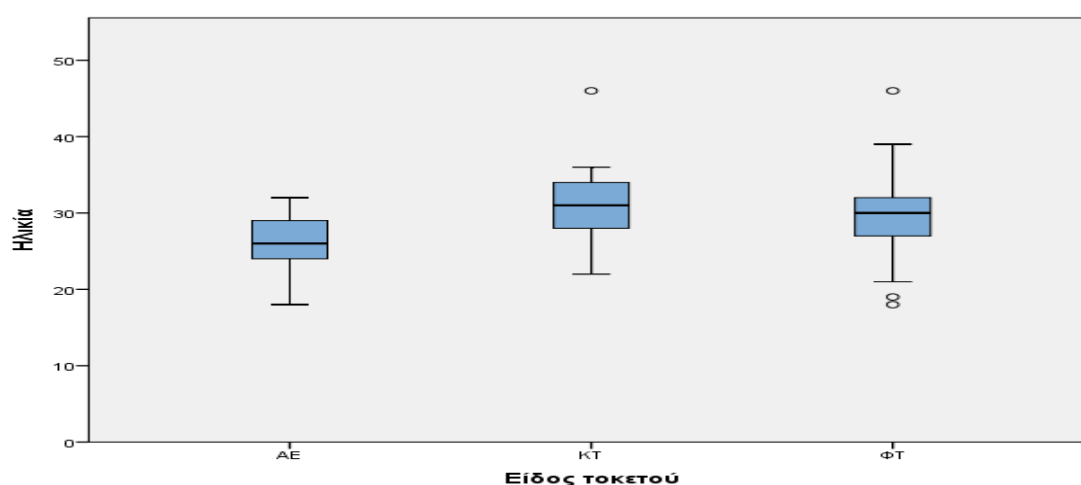
Ηλικία

Between Groups	191,902	2	95,951	4,482
Within Groups	2269,419	106	21,410	
Total	2461,321	108		

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ηλικία

	(I) Είδος τοκετού	(J) Είδος τοκετού	95% Confidence Interval				
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	ΑΕ	ΚΤ	-4,769	1,593	,010	-8,56	-,98
		ΦΤ	-3,158	1,394	,065	-6,47	,16
	ΚΤ	ΦΤ	1,611	1,091	,306	-,98	4,20



Γράφημα 6. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ ηλικίας εγκύου-καισαρικής τομής και ηλικίας εγκύου-αναρροφητικής εμβρυουλκίας (Anova test, $p=0.01$).

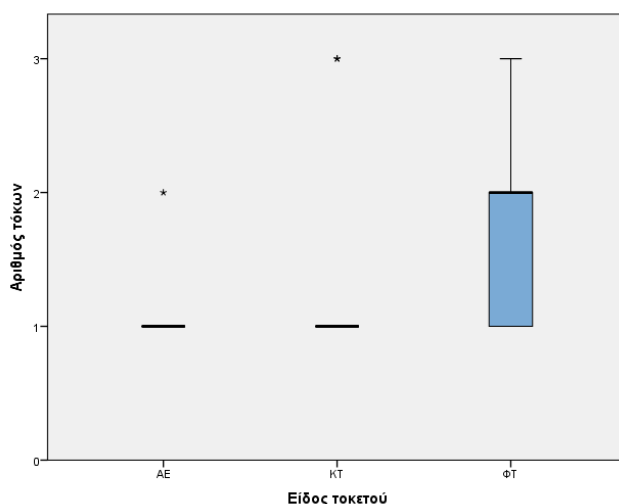
Στη δεύτερη ανάλυση όπου εξετάστηκαν ξεχωριστά οι ηλικίες των επιτόκων σε σχέση με το είδος του τοκετού (καισαρική τομή – φυσιολογικός τοκετός – αναρροφητική εμβρυουλκία), διαπιστώθηκε ότι οι ηλικίες των επιτόκων που υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από αυτές που υποβλήθηκαν σε αναρροφητική εμβρυουλκία, ενώ ακόμα διαπιστώθηκε ότι όσο μικρότερη είναι η ηλικία της επιτόκου, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα χρήσης της αναρροφητικής εμβρυουλκίας (Πίνακας 13, Γράφημα 6).

Επίσης, διερευνήσαμε τη σχέση μεταξύ του αριθμού των τόκων (πρωτοτόκες, δευτεροτόκες, πολυτόκες) και του είδους του τοκετού αν και τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των πολυτόκων στη χώρα μας βαίνει σταδιακά μειούμενος.

Πίνακας 14. Σχέση μεταξύ του αριθμού των τόκων και του είδους του τοκετού.

Τόκος * Είδος τοκετού Crosstabulation					
		Είδος τοκ			Total
		ΑΕ	ΚΤ	ΦΤ	
Τόκος	1ος	12	22	34	68
	2ος	1	0	33	34
	3ος	0	2	5	7
Total		13	24	72	109
Test Statistics ^{a,b}					
Τόκος					
Chi-Square					18,006
df					2
Asymp. Sig.					,000

a. Kruskal Wallis Test b. Grouping Variable: Είδος τοκετού



Γράφημα 7. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του αριθμού των τόκων και του είδους του τοκετού (χ^2 test:18.006, $p=0.000$).

Στην ανάλυσή μας διαπιστώθηκε ότι η σχέση μεταξύ του αριθμού των τόκων και του είδους του τοκετού είναι στατιστικά σημαντική. Φαίνεται λοιπόν ότι οι επίτοκες στις οποίες ο τοκετός διεκπεραιώθηκε φυσιολογικά είχαν μεγαλύτερο αριθμό τόκων (33 δευτεροτόκες και 5 τριτοτόκες) από εκείνες που υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή ή αναρροφητική εμβρυουλκία όπου 12/13 ήταν πρωτοτόκες. (Πίνακας 14, Γράφημα 7).

Αντίθετα, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του αριθμού των τόκων και της ρήξης του θυλακίου αυτόματης ή τεχνητής (Mann-Whitney:1065, $p=0.283$). Επίσης, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του αριθμού των τόκων και της χρώσης του αμνιακού υγρού, διαυγούς ή κεχρωσμένου (Mann-Whitney:815, $p=0.181$).

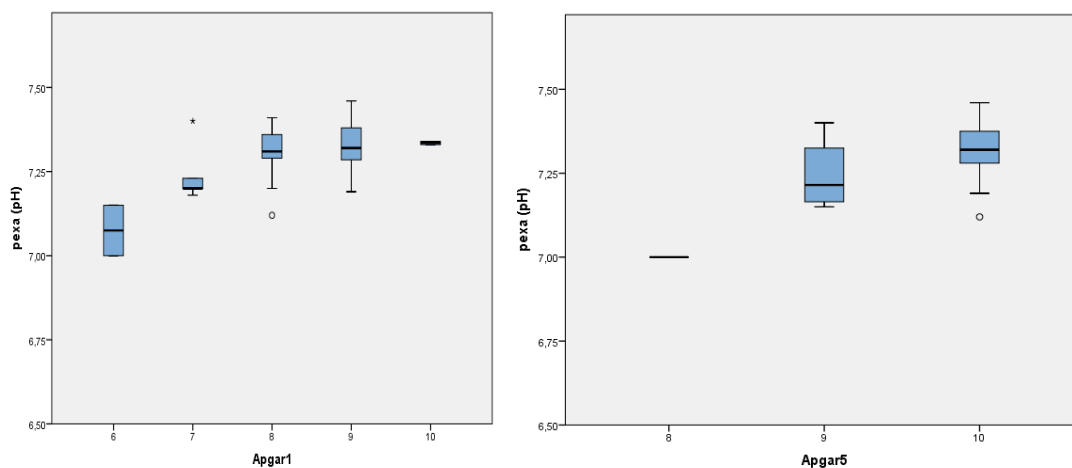
Επιπλέον αποφασίσαμε να διερευνήσουμε τη πιθανή σχέση της ηλικίας της επιτόκου με τη χρώση του αμνιακού υγρού (διαυγές ή κεχρωσμένο) κατά τον τοκετό καθώς και με την πιθανότητα τεχνητής ή αυτόματης ρήξης των υμένων. Από τη στατιστική μας ανάλυση, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ αυτών των παραμέτρων, δηλαδή η ηλικία της επιτόκου δεν αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αυτόματη ρήξη των υμένων (Mann-Whitney:1020, $p=0.219$) και την παρουσία διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού (Mann-Whitney:931, $p=0.790$).

Επιπλέον, διερευνήσαμε την πιθανότητα συσχέτισης του βάρους του εμβρύου με το είδος του τοκετού που ακολούθησε. Η συσχέτιση του είδους τοκετού με το βάρος του εμβρύου αποδίδει στατιστική σημαντικότητα (Kruskal - Wallis, $p=0,009$), επομένως το είδος του τοκετού που θα εφαρμοστεί εξαρτάται και από το βάρος του εμβρύου, δηλαδή το μεγάλο βάρος αυξάνει την πιθανότητα για καισαρική τομή.

A.2.2 Σύγκριση μεταξύ ειδικών παραμέτρων που σχετίζονται με τον τοκετό

Συσχέτιση pH και Apgar

-



Γράφημα 8. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ pH και Apgar στο 1^ο λεπτό (Spearman, $p=0.019$) και pH και Apgar στο 5^ο λεπτό (Spearman, $p<0.001$).

Στη μελέτη μας, 11 νεογνά γεννήθηκαν με pH 7.0-7.25. Συγκεκριμένα, τέσσερα νεογνά μετρήθηκαν με pH από 7.20-7.25, επτά νεογνά μετρήθηκαν με pH από 7.0-7.20 και δύο νεογνά μετρήθηκαν με pH 7.0-7.15. Τα δύο τελευταία νεογνά γεννήθηκαν με βαθμολογία Apgar 6.

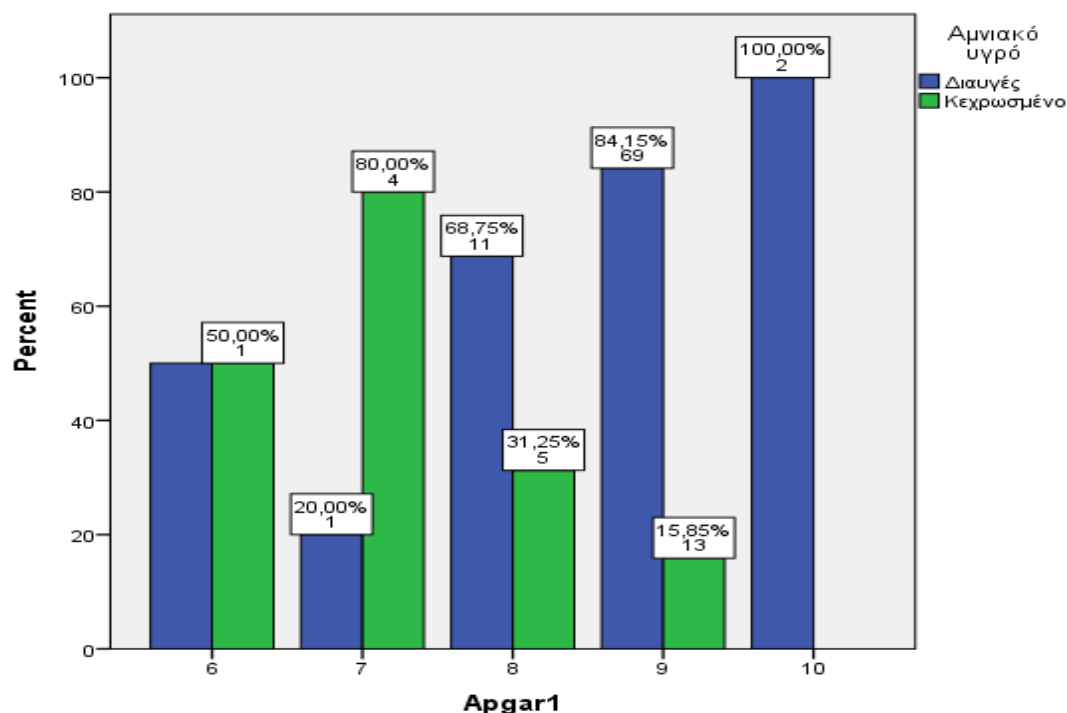
Η ανάλυση συσχέτισης απέδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του pH και των μετρήσεων Apgar στο 1^ο λεπτό μετά τον τοκετό (Spearman Rho: 0,224, $p=0,019$) καθώς επίσης και μεταξύ pH και Apgar στο 5^ο λεπτό (Spearman Rho: 0,368, $p<0,001$) (Γράφημα 8).

Συσχέτιση pH με είδος τοκετού

Στη σχέση αυτή διαπιστώθηκε ότι υπάρχει ροπή προς τη οξέωση στα δείγματα εμβρύων όπου ο τοκετός περατώθηκε με αναρροφητική εμβρυουλκία. Όπως αναφέρθηκε, από τα 109 περιστατικά τα 13 (13/109 ποσοστό 11.9%) περατώθηκαν με αναρροφητική εμβρυουλκία. Το εύρος του pH ήταν από 7.20-7.39 με μέσο όρο το 7.30.

Το p-value δεν έφθασε σε επίπεδα στατιστικής σημαντικότητας ($p=0.956$ και 0.507 , διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων από τον έλεγχο Tukey, μετά από ανάλυση διακύμανσης).

Συσχέτιση Apgar στο 1^ο λεπτό και χρώσης αμνιακού υγρού



Γράφημα 9. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της βαθμολόγησης Apgar και της χρώσης του αμνιακού υγρού (Fisher Exact test, $p=0,006$).

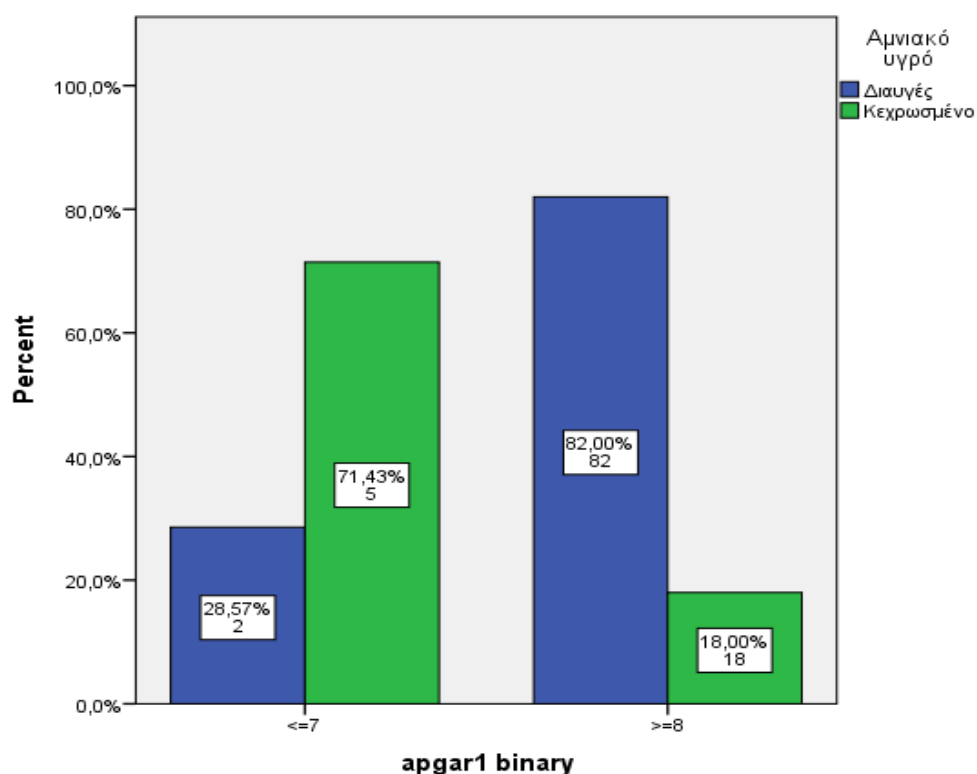
Στη μελέτη μας μετρήθηκαν 23/109 νεογνά (21.1%) που είχαν κεχρωσμένο αμνιακό υγρό. Από τα επτά νεογνά της μελέτης μας που είχαν βαθμολόγηση Apgar ≤ 7 τα πέντε (71.4%) είχαν κεχρωσμένο αμνιακό υγρό ενώ από τα 100 νεογνά με βαθμολόγηση Apgar ≥ 8 , τα 18 (18%) είχαν κεχρωσμένο αμνιακό υγρό (Γράφημα 9).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η συσχέτιση έγινε με τιμή αναφοράς το Apgar score 8, αποφασίστηκε δηλαδή να χωρισθεί το δείγμα σε δύο κατηγορίες καθώς το πλήθος του δείγματος με μέτρηση Apgar < 8 είναι μικρό. Η διάταξη αυτή εξυπηρετεί τη γρήγορη αναγνώριση της σημαντικής συσχέτισης κεχρωσμένου αμνιακού υγρού και χαμηλού Apgar score.

Στην ανάλυση διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη βαθμολόγηση Apgar 1 ανάμεσα στις επιτόκους με διαυγές και στις επιτόκους με κεχρωσμένο αμνιακό υγρό (Fisher Exact test, $p=0,006$).

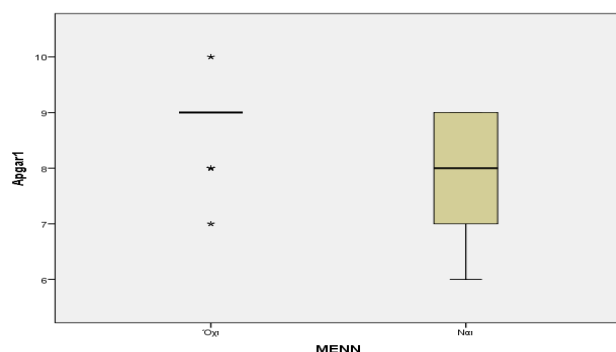
Επίσης, στην ανάλυση διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στη βαθμολόγηση Apgar 1 ανάμεσα στις επιτόκους με διαυγές και στις επιτόκους με κεχρωσμένο αμνιακό υγρό και τη βαθμολογία $\text{Apgar} \leq 7$. Οι πιθανότητες καταγραφής $\text{Apgar score} \leq 7$ είναι σημαντικά μεγαλύτερες σε περιπτώσεις κεχρωσμένου αμνιακού υγρού (Γράφημα 10).

Ακόμα, διαπιστώθηκε ότι η αυτόματη ή τεχνητή ρήξη των υμένων δεν συσχετίζεται με τη βαθμολόγηση Apgar (Mann-Whitney:1182,5, $p=0,872$).



Γράφημα 10. Η στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ βαθμολόγησης Apgar και χρώσης αμνιακού διατηρήθηκε με τη διάκριση των μετρήσεων σε ≤ 7 και ≥ 8 (χ^2 test, $p=0.001$).

Συσχέτιση εισαγωγής νεογνού στη MENN και βαθμολόγησης Apgar

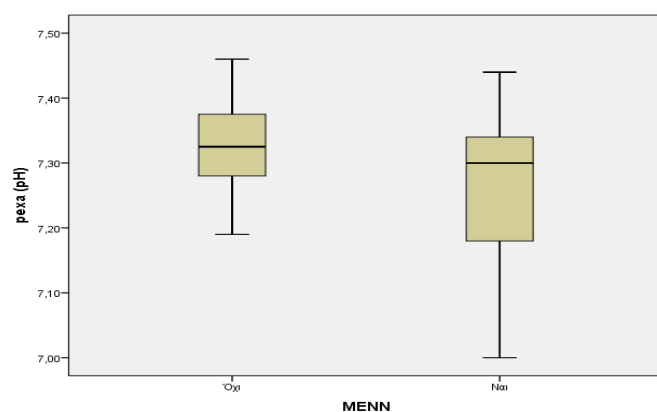


Γράφημα 11. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της νοσηλείας των νεογνών και της βαθμολόγησης Apgar (Mann-Whitney:2.55, $p < 0.0001$).

Από τα 109 νεογνά της ομάδας Α εισήχθησαν συνολικά δεκατρία (13/109 ποσοστό 11.%) συνολικά στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας. Από τα 13 νεογνά, τα επτά είχαν βαθμολογία $Apgar \leq 7$ και πιο συγκεκριμένα πέντε νεογνά είχαν βαθμολογία $Apgar=7$ και δύο νεογνά είχαν βαθμολογία $Apgar=6$. Όλα τα νεογνά με $Apgar=6$ εισήχθησαν στη μονάδα, ενώ από τα πέντε νεογνά με βαθμολογία $Apgar=7$ στη Μονάδα εισήχθησαν τα τρία (3/5).

Ελέγχοντας τη συσχέτιση της βαθμολόγησης Apgar και εισαγωγής νεογνού στη μονάδα νοσηλείας διαπιστώσαμε ότι η σχέση αυτή είναι στατιστικά σημαντική (Mann Whitney:2.55, $p < 0.0001$) (Γράφημα 11).

Συσχέτιση εισαγωγής νεογνού στη MENN και pH



Γράφημα 12. Υπήρξε οριακά μη σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών pH σε συσχέτιση με τη νοσηλεία στη MENN (t-test για ανεξάρτητα δείγματα, $p=0.067$).

Η παρουσία οξέωσης ενός νεογνού αμέσως μετά τον τοκετό αποτελεί σημαντική αιτία εισαγωγής του στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας. Στο δείγμα της μελέτης μας από τα 109 νεογνά, τα 13 εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ προκειμένου να λάβουν ειδική φροντίδα. Τα νεογνά αυτά είχαν μέση τιμή $pH=7,26$ συγκριτικά με τα νεογνά που δεν εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ και τα οποία παρουσίαζαν μέση τιμή $pH=7,33$. Το $pH=7,26$ θα μπορούσε να θεωρηθεί προ-οξεωτικό ή δυνητικά θα μπορούσε να εξελιχθεί σε οξεωτικό σε περίπτωση που δεν περατωνόταν ο τοκετός.

Όπως αναφέρθηκε επτά νεογνά είχαν $pH=7.0-7.20$ και τέσσερα $pH=7.20-7.25$. Από τα νεογνά της 1^{ης} ομάδας ένα νεογνό με $pH=7.20$ δεν χρειάστηκε να νοσηλευθεί ενώ από την 2^η ομάδα νοσηλεύτηκε ένα νεογνό με $pH=7.23$.

Ο μικρός αριθμός του δείγματος των νεογνών που οδηγήθηκαν στη ΜΕΝΝ ενδεχομένως δεν επέτρεψε την ανάδειξη στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ των δύο παραμέτρων, κρίνοντας και από την οριακή τιμή $p=0.067$ (Γράφημα 12).

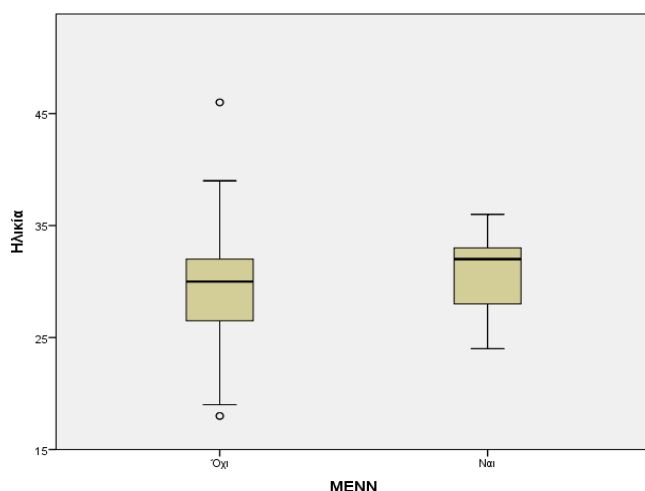
Συσχέτιση μεταξύ εισαγωγής νεογνού στη ΜΕΝΝ και ηλικίας της εγκύου

Στην παράγραφο αυτή καταρχήν, αναφέρονται στον κάτωθι πίνακα 15 συγκεντρωτικά η μέση τιμή και η σταθερή απόκλιση των παραμέτρων που συσχετίστηκαν με την εισαγωγή του νεογνού στη ΜΕΝΝ, όπως επίσης καταγράφηκε και ο αριθμός των νεογνών που εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ ανάλογα με την παράμετρο που μελετήθηκε δηλαδή την ηλικία της εγκύου, τον έλεγχο των αερίων αίματος της ομφαλικής αρτηρίας αμέσως μετά την έξοδο του εμβρύου (pH , pO_2 , pCO_2 , HCO_3 , BE), τη μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου κατά τον τοκετό με την παλμική οξυμετρία και την ηλικία κύησης. Στη μελέτη μας η μεγαλύτερη πληθυσμιακή ομάδα ήταν μεταξύ 26-30 ετών, 41/109 έγκυες (37.6%), ενώ άνω των 36 ετών ήταν 7/109 (6.42%). Στη ανάλυσή μας δώσαμε βαρύτητα στην ηλικία της εγκύου. Ο μέσος όρος ηλικίας των εγκύων των οποίων τα νεογνά δεν εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ ήταν 29,21 έτη και ο μέσος όρος των εγκύων των οποίων τα νεογνά εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ ήταν 30.54 έτη. Γενικότερα, διαπιστώθηκε ότι η πιθανότητα εισαγωγής στη ΜΕΝΝ αυξάνεται όσο αυξάνεται η ηλικία της εγκύου και αυτή η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική.

Επίσης, σημειώνεται ότι ο μέσος όρος κορεσμού οξυγόνου των εμβρύων που εισήχθησαν τελικά στη ΜΕΝΝ μετρήθηκε 35,08% ενώ ο όρος κορεσμού οξυγόνου των εμβρύων που δεν εισήχθησαν στη ΜΕΝΝ μετρήθηκε 42,48% (Γράφημα 13).

Πίνακας 15. Συγκεντρωτικός πίνακας των μέσων τιμών της ηλικίας της εγκύου, pH, pO₂, pCO₂, HCO₃, BE, οξύμετρίας, ηλικίας κύησης, ανάλογα με την είσοδο στη MENN.

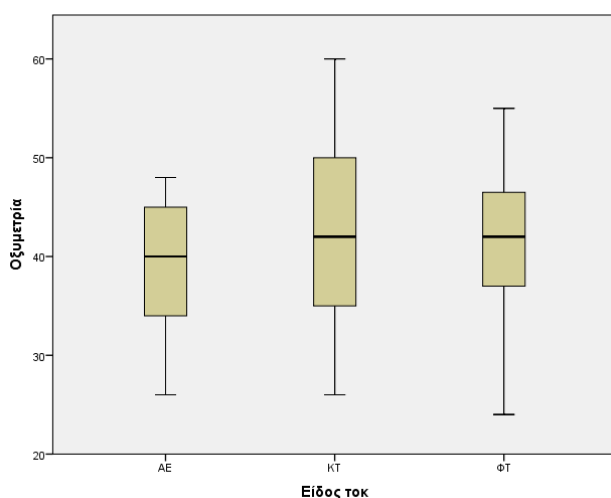
	MENN	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Ηλικία εγκύου	Όχι	96	29,21	4,851	,495
	Ναι	13	30,54	4,136	1,147
pexa (pH)	Όχι	96	7,3297	,06043	,00617
	Ναι	13	7,2585	,12622	,03501
pO ₂	Όχι	96	24,741	6,6633	,6801
	Ναι	13	21,408	8,9726	2,4885
pCO ₂	Όχι	96	42,375	7,6617	,7820
	Ναι	13	47,708	11,7608	3,2619
HCO ₃	Όχι	96	21,421	2,7439	,2800
	Ναι	13	20,992	3,0926	,8577
BE (-)	Όχι	96	4,217	2,2440	,2290
	Ναι	13	5,577	3,9154	1,0859
Οξύμετρία	Όχι	96	42,48	6,807	,695
	Ναι	13	35,08	8,607	2,387
Ηλικία κύησης	Όχι	96	39,3868	1,01413	,10350
	Ναι	13	39,8754	,97061	,26920



Γράφημα 13. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και της ανάγκης νοσηλείας του νεογνού (Λογιστική παλινδρόμηση, $p=0.037$).

A.2.3 Συσχέτιση μεταξύ ειδικών παραμέτρων του τοκετού με την Οξυμετρία

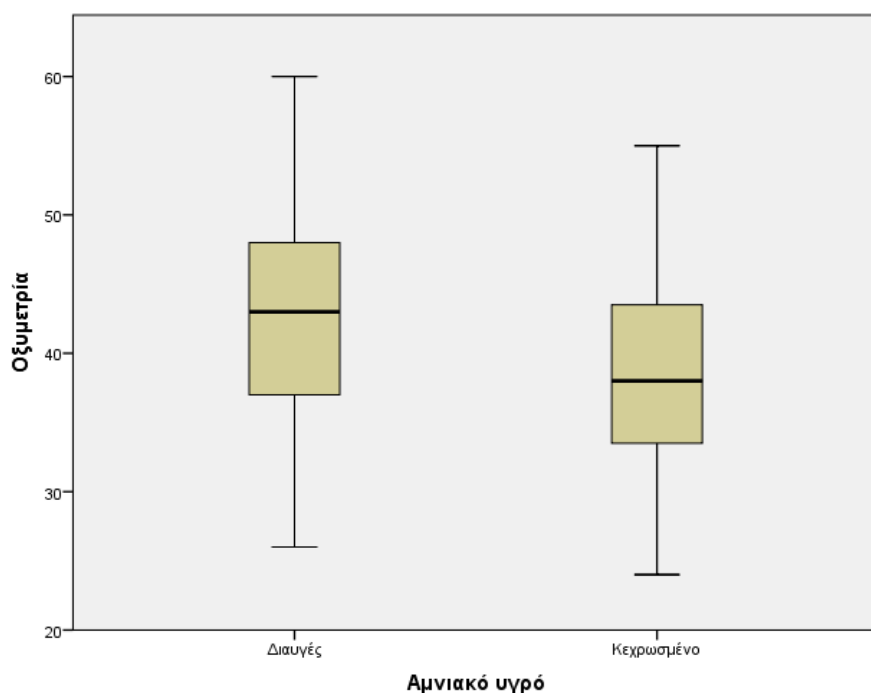
Οξυμετρία και είδος τοκετού



Γράφημα 14. Οι τιμές της οξυμετρίας δεν ήταν καθοριστικές για το είδος του τοκετού που ακολούθησε (Anova test, $p=0,594$).

Μελετήθηκε η σχέση της οξυμετρίας με το είδος του τοκετού. Από το γράφημα 14, διαφαίνεται ότι η οξυμετρία δεν ήταν καθοριστική για το είδος του τοκετού αν και ένας από τους στόχους της οξυμετρίας ήταν η προσπάθεια μέσα από την καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου να περιοριστεί το ποσοστό επεμβατικών τοκετών και ιδιαίτερα το ποσοστό των καισαρικών τομών (Γράφημα 14).

Οξυμετρία και χρώση αμνιακού υγρού

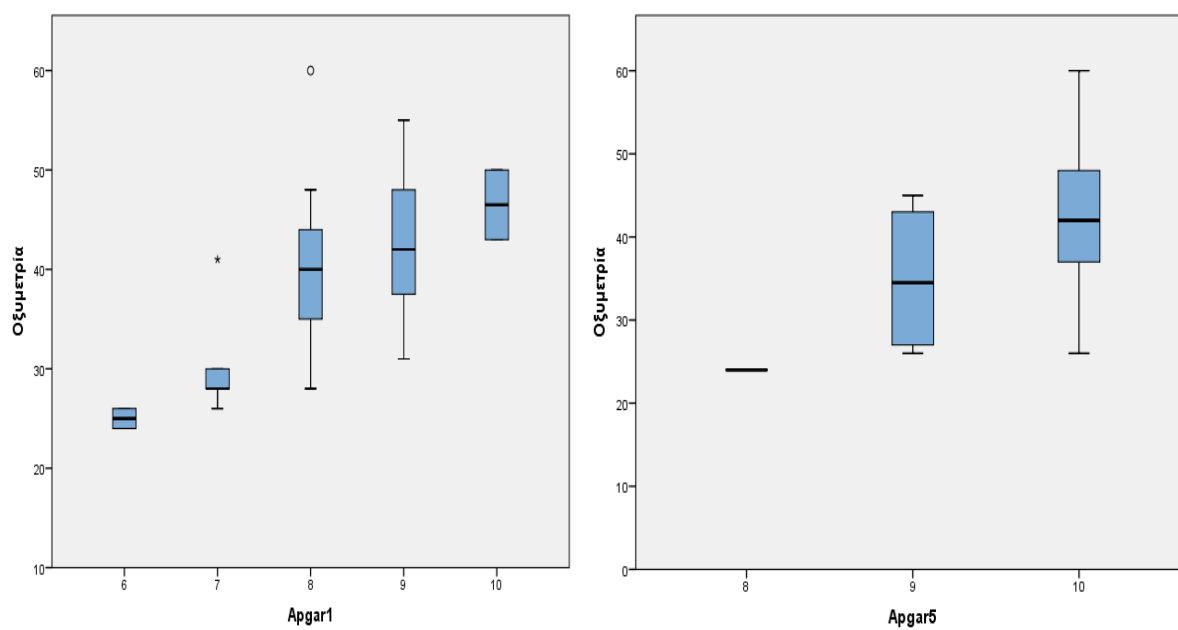


Γράφημα 15. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση στις μετρήσεις του κορεσμού οξυγόνου ανάμεσα στις επιτόκους με διαυγές και κεχρωσμένο αμνιακό υγρό (t-test, $p=0.023$).

Μελετήθηκε η σχέση των τιμών της οξυμετρίας με την ύπαρξη ή όχι διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού. Στη μελέτη μας σε 23/109 νεογνά, ποσοστό (21.5%) διαπιστώθηκε κεχρωσμένο αμνιακό υγρό. Από το γράφημα 15, διαφαίνεται ότι η παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού συνδυάζεται με χαμηλότερες τιμές οξυμετρίας και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (t-test, $p=0.023$).

Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε, ότι οι χαμηλές τιμές οξυμετρίας προεικάζουν για πιθανό εμβρυικό stress και πιθανή εμβρυϊκή δυσχέρεια που εκδηλώνεται μεταξύ άλλων με κεχρωσμένο αμνιακό υγρό.

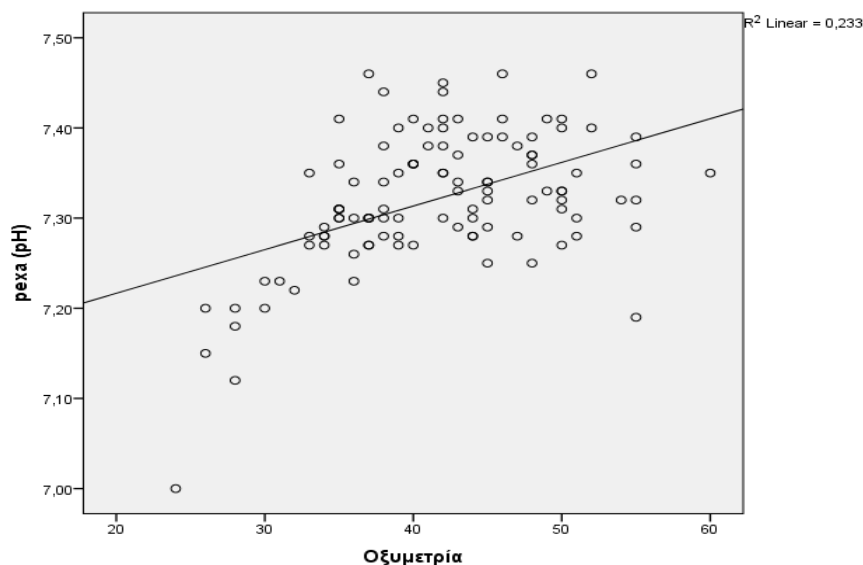
Οξυμετρία και Apgar στο 1^ο λεπτό και στο 5^ο λεπτό



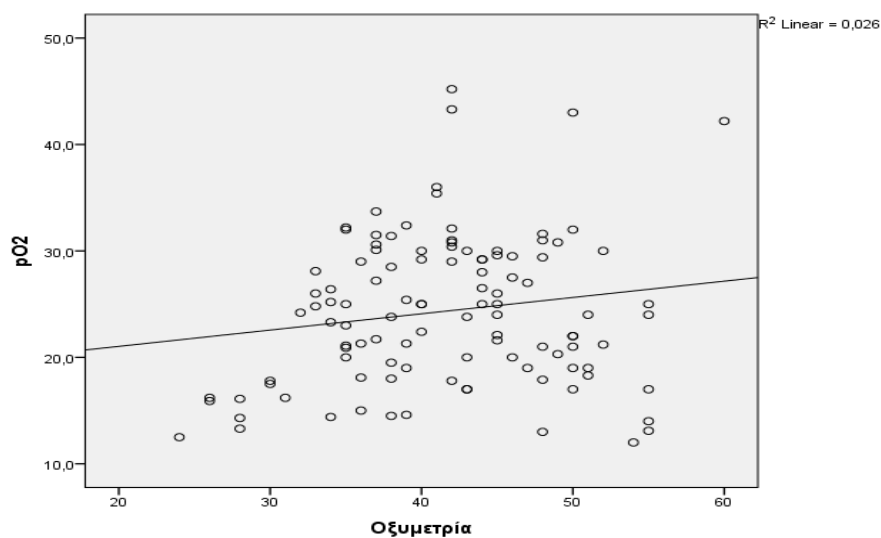
Γράφημα 16. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση στις μετρήσεις οξυμετρίας και Apgar στο 1^ο λεπτό (Spearman's Rho:0.334, $p<0.001$) και οξυμετρίας και Apgar στο 5^ο λεπτό (Spearman's Rho:0.368, $p<0.001$).

Μελετήθηκε η σχέση της οξυμετρίας με τη βαθμολόγηση Apgar που πραγματοποιήθηκε από τον παιδίατρο στο 1^ο και στο 5^ο λεπτό μετά τη γέννηση η παρουσία του οποίου είναι απαραίτητη στον επεμβατικό αλλά και στον εργώδη φυσιολογικό τοκετό. Όπως διαφαίνεται στο γράφημα 16, υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τιμών της οξυμετρίας και της βαθμολόγησης Apgar κατά το πρώτο λεπτό μετά τον τοκετό (Spearman's Rho= 0.334, $p<0.001$), εύρημα που υποδηλώνει τη σημασία της οξυμετρίας στον έλεγχο της οξυγόνωσης του εμβρύου. Η επαρκής οξυγόνωση αντικατοπτρίζεται με την αυξημένη βαθμολόγηση Apgar κατά τη γέννηση και τη γενικότερη καλή κατάσταση του νεογνού.

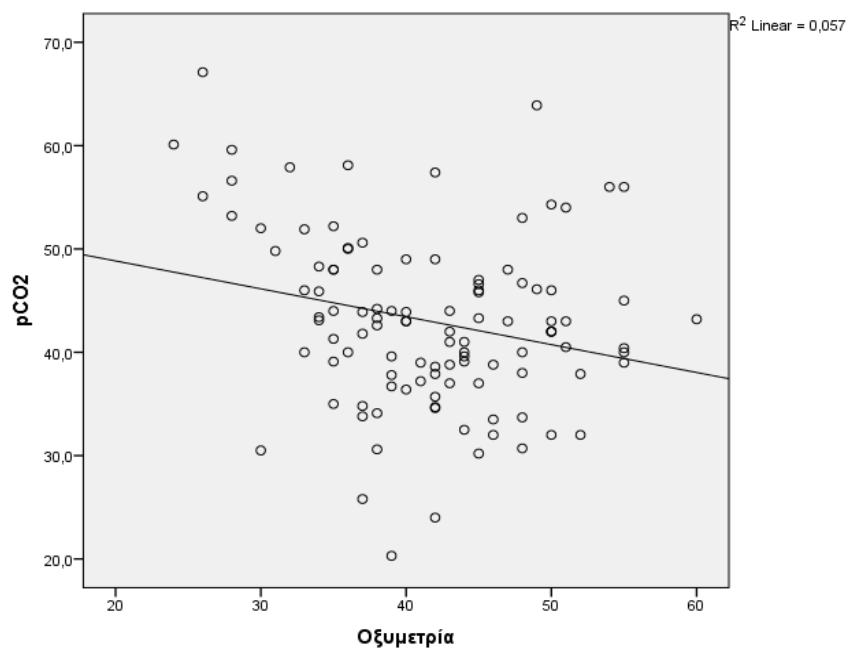
Οξυμετρία και αέρια αίματος ομφαλικής αρτηρίας, pH, pO₂, pCO₂, HCO₃, (BE)



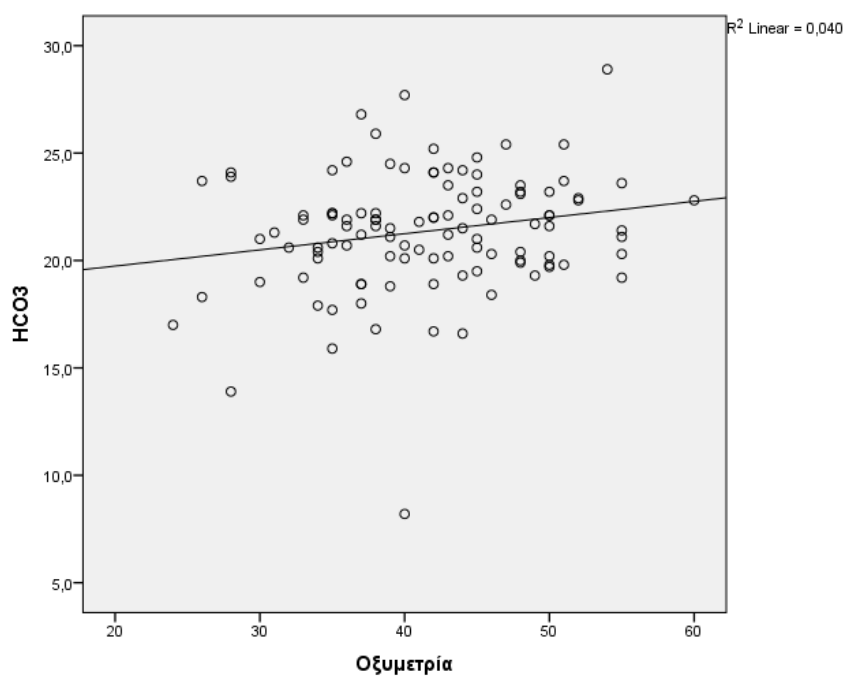
Γράφημα 17. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ οξυμετρίας και pH (Pearson c.c.= 0.452, $p < 0.001$).



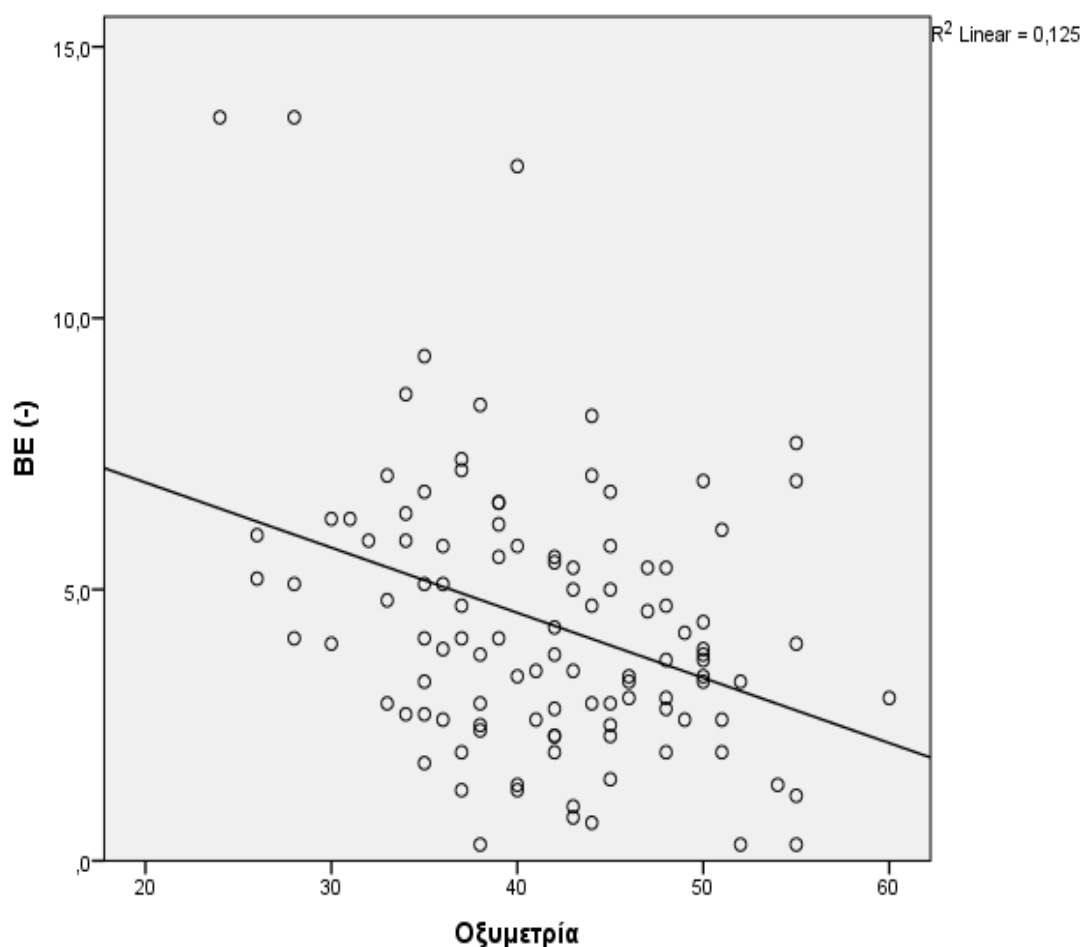
Γράφημα 18. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της οξυμετρίας και του pO₂, αν και το p-value είναι οριακά μη σημαντικό με τιμή $p = 0.093$, (Pearson's c.c.).



Γράφημα 19. Υπήρξε στατιστικά σχέση μεταξύ οξυμετρίας και pCO₂ (Pearson c.c.= -0.239, p=0.012).



Γράφημα 20. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ οξυμετρίας και HCO₃ (Pearson c.c.= 0.201, p=0.036).



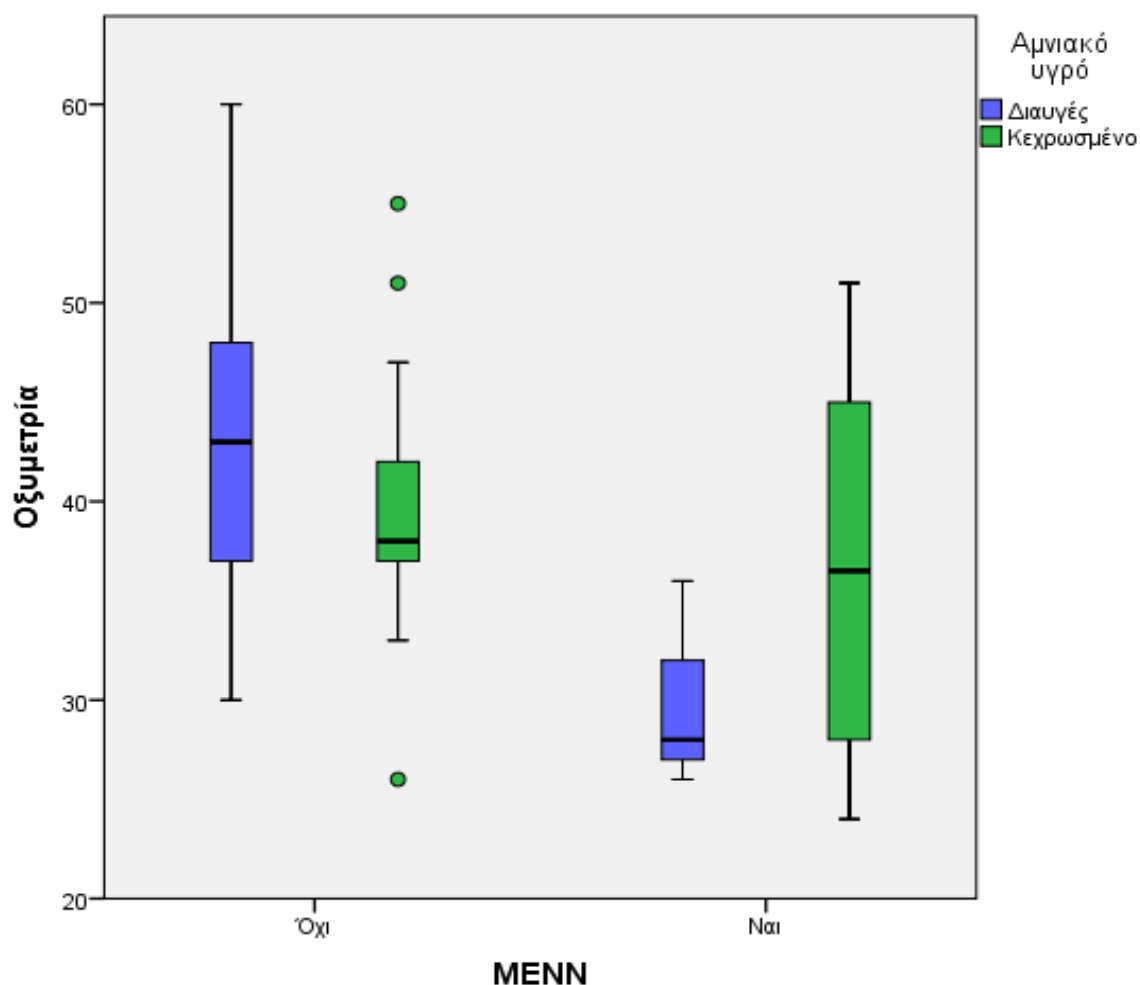
Γράφημα 21. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ οξυμετρίας και ελλείματος βάσης (BE), (Pearson c.c.= -0.353, $p < 0.001$).

Μελετήθηκαν όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τις τιμές της οξυμετρίας και τη λήψη αίματος από τον ομφάλιο λώρο. Οι συσχετίσεις ήταν στατιστικά σημαντικές όσον αφορά τις το pH, pCO_2 , HCO_3 , (BE).

Από τη γραμμική παλινδρόμηση προκύπτει ότι η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου με την οξυμετρία σχετίζεται στατιστικά με το pH. Συγκεκριμένα, για κάθε μονάδα αύξησης στην οξυμετρία αναμένεται αύξηση του pH κατά 0.005 μονάδες δηλαδή για κάθε 20 μονάδες της οξυμετρίας αναμένεται αύξηση του pH κατά 0.1.

Έτσι για μεγαλύτερες τιμές οξυμετρίας αναμένονται μεγαλύτερες τιμές pH, HCO_3 και χαμηλότερες τιμές pCO_2 , και BE. Σε σχέση με το pO_2 και τη μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου η συσχέτιση ήταν οριακά μη σημαντική.

Οξυμετρία και νοσηλεία MENN



Γράφημα 22. Σχέση μεταξύ οξυμετρίας και νοσηλείας των νεογνών στη μονάδα.

Επίσης, μελετήθηκε η σχέση της οξυμετρίας με συμπληρωματική παράμετρο τη χρώση του αμνιακού υγρού με την είσοδο ενός νεογνού στη MENN η οποία και διαφαίνεται στο γράφημα 22. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της οξυμετρίας, της παρουσίας διαυγούς ή κεχωρωσμένου αμνιακού υγρού κατά την ρήξη των υμένων και την είσοδο του νεογνού στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας.

Πίνακας 16. Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικού ελέγχου των αερίων αίματος (pH, pO₂, pCO₂, HCO₃, BE), της οξύμετρίας και της ηλικίας κύησης ανάλογα με την είσοδο στη MENN.

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
pH	21,477	0	2,004	12,755	0,067	0,07123	0,03555	-0,00572	0,14817
pO ₂	0,806	0,371	1,62	107	0,108	3,3329	2,0571	-0,745	7,4108
pCO ₂	7,716	0,006	-1,59	13,413	0,135	-5,3327	3,3543	-12,5565	1,8911
HCO ₃	0,42	0,518	0,521	107	0,604	0,4285	0,8231	-1,2032	2,0603
BE (-)	4,516	0,036	-1,226	13,088	0,242	-1,3603	1,1098	-3,7562	1,0357
Οξύμετρία	1,843	0,177	3,562	107	0,001	7,402	2,078	3,283	11,522
Ηλικία κύησης	1,602	0,208	-1,638	107	0,104	-0,48861	0,29829	-1,07995	0,10272

Από τη στατιστική ανάλυση που αφορά την οξύμετρία και τις υπόλοιπες παραμέτρους του τοκετού διαπιστώθηκε ότι με εξαίρεση το είδος του τοκετού, υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση της παλμικής οξύμετρίας με τις παραμέτρους που σχετίζονται με την εμβρυική δυσχέρεια, όπως η βαθμολόγηση Apgar και το pH. Το εύρημα στο δείγμα μας που σχετίζεται με την οξύμετρία και το είδος του τοκετού θα μπορούσε ίσως να συσχετισθεί με τον μικρό αριθμό τοκετών και με τον μικρό αριθμό καισαρικών τομών και αναρροφητικών εμβρυουλκών.

Αν τελικά θεωρηθεί ότι το «καλώς έχειν» ενός εμβρύου κρίνεται κυρίως από την ανάγκη εισαγωγής και νοσηλείας του στη MENN, θα καταλήγαμε στο συμπέρασμα ότι με βάση την πολλαπλή λογιστική παλινδρόμηση τρεις παράγοντες φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο (Πίνακας 17).

- οι τιμές της οξύμετρίας σε συνδυασμό με τη χρώση του αμνιακού υγρού
- η βαθμολόγηση Apgar
- η ηλικία της εγκύου

Πίνακας 17. Αποτελέσματα λογιστικής παλινδρόμησης για την είσοδο ενός νεογνού στη *MENN*.

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Αμνιακό (1) by Οξυμετρία	,079	,024	11,016	1	,001	1,083	1,033	1,134
Apgar1	-2,207	,605	13,327	1	,000	,110	,034	,360
Ηλικία εγκύου	,184	,088	4,351	1	,037	1,202	1,011	1,429
Constant	9,494	4,297	4,882	1	,027	13284,137		

a. Variable(s) entered on step 1:

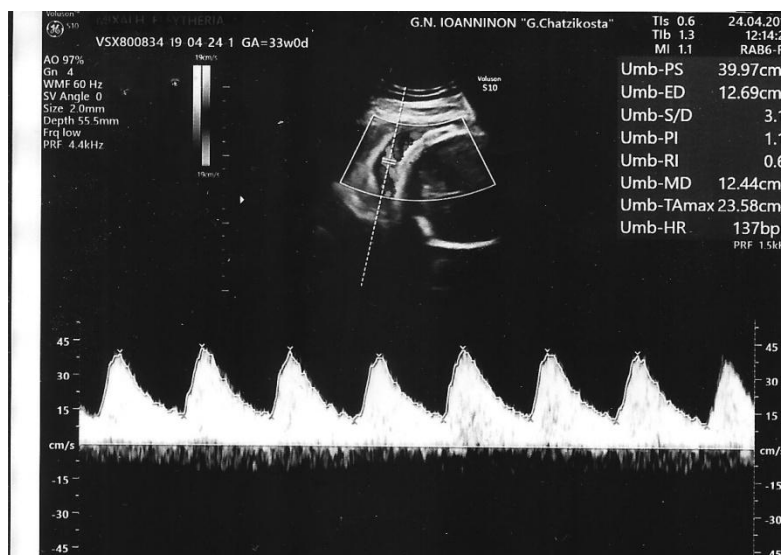
ΟΜΑΔΑ Β (Doppler Υπερηχογραφία - Καρδιοτοκογραφία)

B.1 Υλικό - Μεθοδολογία της μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στη Μαιευτική-Γυναικολογική Κλινική του Γενικού Νοσοκομείου Ιωαννίνων «Γ. Χατζηκώστα».

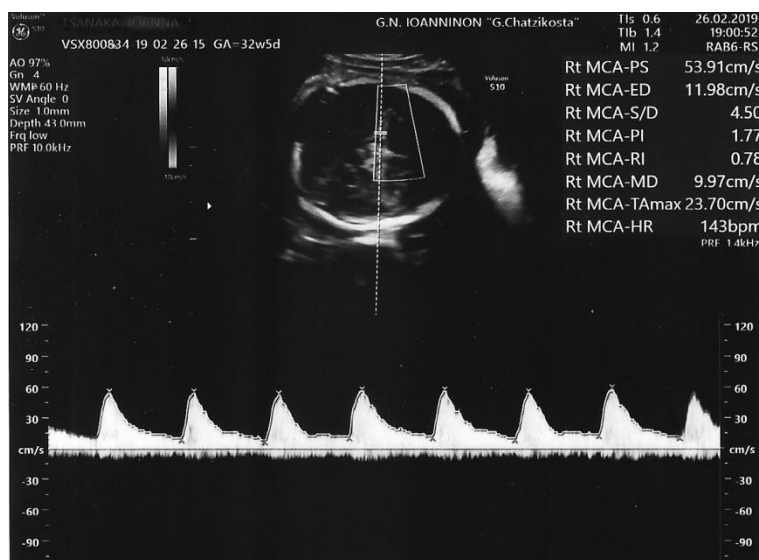
Το υλικό της μελέτης μας αποτέλεσαν 131 έγκυες γυναίκες. Αποφασίστηκε η πραγματοποίηση δύο υπερηχογραφικών ελέγχων. Ο πρώτος ορίστηκε να πραγματοποιείται στο 3^ο τρίμηνο κύησης μεταξύ της 32^{ης} και της 34^{ης} εβδομάδας και ο δεύτερος προ του τοκετού. Στο υπερηχογράφημα 3^ο τριμήνου αξιολογήθηκαν η εμβρυική ανάπτυξη, ο δείκτης αμνιακού υγρού, ο βαθμός γήρανσης του πλακούντα, τα Doppler της ομφαλικής αρτηρίας, των μητριάων αρτηριών και της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία (ΕΠΑ), η οποία προκύπτει από τη διαίρεση του δείκτη παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας με το δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας ($CPR = MCA PI / UA PI$) και ονομάστηκε CPR_1 . Καταγράφηκε επίσης, αν τα έμβρυα ήταν υπολλειπόμενης ανάπτυξης (SGA), είχαν φυσιολογική ανάπτυξη (AGA), ή ήταν μεγάλα για την εβδομάδα κύησης (LGA). Ομοίως έγινε και στο υπερηχογράφημα προ του τοκετού και αντιστοίχως η δεύτερη αυτή μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας ονομάστηκε CPR_2 . Ακολούθως, έγινε σύγκριση των δύο αυτών μετρήσεων CPR_1 και CPR_2 ξεχωριστά με τα αποτελέσματα του τοκετού. Επίσης ελέγχθηκε η διαφορά τους ($CPR_1 - CPR_2$) η οποία ονομάστηκε $CPR\ diff$ με τα αποτελέσματα του τοκετού. Στις γυναίκες που συμμετείχαν στη μελέτη, το υπερηχογράφημα 3^ο τριμήνου έγινε μεταξύ 32-34 εβδομάδων και το τελικό υπερηχογράφημα πραγματοποιήθηκε μία έως τρεις ημέρες πριν τον τοκετό. Οι έγκυες είχαν ενημερωθεί για την τρέχουσα μελέτη και είχαν δώσει τη συγκατάθεσή τους για την εξέταση.

Οι μετρήσεις των δεικτών της ομφαλικής αρτηρίας λαμβάνονταν πάντα σε μία ελεύθερη έλικα του ομφαλίου λώρου σε ένα τυχαίο σημείο. Η πύλη του όγκου αναφοράς ορίστηκε στα 2 mm.



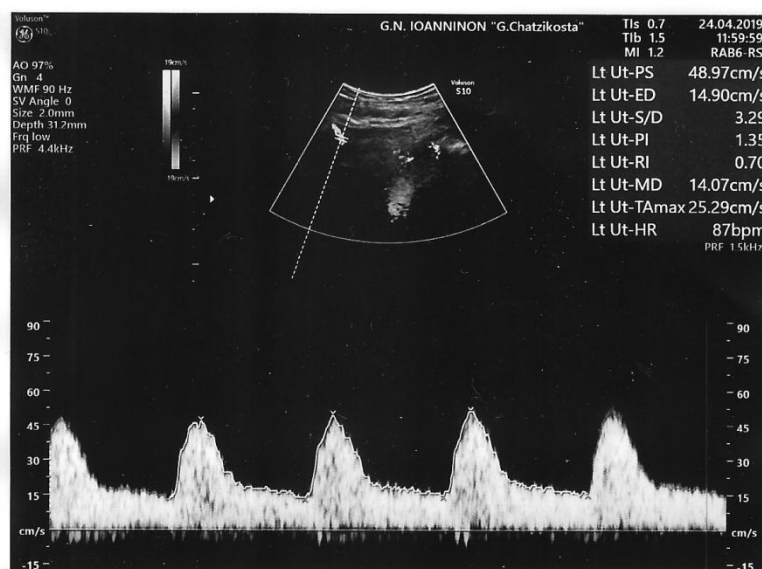
Εικόνα 23. Κυματομορφή της ομφαλικής αρτηρίας σε μία ελεύθερη έλικα του ομφαλίου λώρου.

Οι μετρήσεις των δεικτών της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας λαμβάνονονταν στο εγγύς τριτημόριο του αγγείου μετά την έξοδο από τον κύκλο του Willis. Η πύλη του όγκου αναφοράς ορίστηκε στα 2 mm.



Εικόνα 24. Κυματομορφή της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.

Αντίστοιχα, η κυματομορφή των μητριάων αρτηριών γινόταν με την τοποθέτηση της κεφαλής του υπερήχου στα παραμήτρια και τη τοποθέτηση της πύλης πάνω από την έσω λαγόνιο αρτηρία. Η πύλη του όγκου αναφοράς ορίστηκε στο 2 mm.



Εικόνα 25. Κυματομορφή της μητριαίας αρτηρίας.

Σε όλες τις μετρήσεις η γωνία του επιμήκους άξονα δεν υπερέβαινε τις 30° . Επίσης σε όλα τα περιστατικά καταγράφηκαν τουλάχιστον τρεις ακριβείς κυματομορφές και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των μετρήσεων αυτών. Με την εισαγωγή στο μαιευτήριο υπήρχε συνεχής καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση με καταγραφή του εμβρυϊκού καρδιακού ρυθμού.

Στη μελέτη αυτή δεν υπήρξαν κριτήρια αποκλεισμού.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία της μελέτης μελετήθηκαν τα εξής:

1. Επιδημιολογικά χαρακτηριστικά

Συγκεντρώσαμε στοιχεία για την ηλικία της εγκύου, τον αριθμό των τόκων, την ηλικία κύησης και το κάπνισμα.

2. Υπερηχογραφικός έλεγχος 3^{ου} τριμήνου κύησης

Πρόκειται για τον κλασικό υπερηχογραφικό έλεγχο που πραγματοποιείται μεταξύ 32-34 εβδομάδων κύησης. Στον έλεγχο αυτό, καταγράφηκε η ηλικία του εμβρύου με βάση την τελευταία έμμηνο ρύση, η υπερηχογραφική ηλικία και η διαφορά τους εφόσον υπήρχε. Επίσης καταγράφηκε ο δείκτης παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας (UA PI), ο δείκτης παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI), η μέση χρονική ταχύτητα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA TA), η μέγιστη συστολική ταχύτητα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PSV), η σταθερά απόκλιση S/D, ο δείκτης αμνιακού υγρού AFI, ο βαθμός γήρανσης του πλακούντα (Grade), το PI της αριστερής και της δεξιάς μητριαίας αρτηρίας και η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία CPR1.

3. Υπερηχογραφικός έλεγχος προ τοκετού

Στον έλεγχο αυτό καταγράφηκαν ομοίως οι ίδιες παράμετροι, δηλαδή ο δείκτης παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας (UA PI), ο δείκτης παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI), η μέση χρονική ταχύτητα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA TA), η μέγιστη συστολική ταχύτητα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PSV), η σταθερά απόκλιση S/D, το PI της αριστερής και της δεξιάς μητριάας αρτηρίας και η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία η οποία ονομάστηκε CPR2. Ο υπερηχογραφικός έλεγχος πραγματοποιείτο από μία έως τρεις ημέρες πριν τον τοκετό. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μερικές έγκυες που προσήλθαν στο 1^ο ή 2^ο στάδιο τοκετού η μέτρηση της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας κατέστη αδύνατη ή μετρήθηκε λανθασμένα λόγω της υπερβολικής πίεσης της κεφαλής αλλά και της εμπέδωσής της και δεν μπόρεσαν να ενταχθούν τελικά στη μελέτη. Για τη συλλογή των στοιχείων μας χρησιμοποιήθηκαν δύο μηχανήματα υπερήχων, το Voluson 730 General Electric, και το S 10 Expert, General Electric.

4. Καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού

Ομοίως και σε αυτή την ομάδα όλες οι επίτοκες με την εισαγωγή τους στο μαιευτήριο υποβάλλονταν σε συνεχή καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση με καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική συσκευή Corometrics, Series 170, General Electric.

5. Τοκετός

Καταγράφηκε η εβδομάδα κύησης κατά τον τοκετό, ο τρόπος περάτωσής του, φυσιολογικός ή επεμβατικός (καισαρική τομή - εμβρυουλκία), η χρώση του αμνιακού υγρού (διαυγές – κεχρωσμένο), το βάρος και το φύλο του νεογνού.

6. Τιμές pH του εμβρυικού αίματος

Για τον καθορισμό των τιμών αυτών του εμβρυικού αίματος γινόταν λήψη αίματος από την ομφαλική αρτηρία αμέσως μετά την έξοδο του εμβρύου και την απολίνωση του ομφαλίου λώρου. Η συλλογή του αίματος γινόταν με ηπαρινισμένη σύριγγα των 10 cc και η ανάλυση του pH γινόταν αμέσως μετά το πέρας του τοκετού με το πεχάμετρο. Λαμβάνονταν δύο μετρήσεις τιμών και προσδιοριζόταν πάντα ο μέσος όρος για την μείωση της πιθανότητας σφάλματος, Ως φυσιολογικές θεωρήθηκαν οι τιμές $\text{pH} \geq 7.25$, και ως παθολογικές οι τιμές $\text{pH} \leq 7.20$. Για την ανάλυση του αίματος χρησιμοποιήθηκε το πεχάμετρο Cobas b 221, Roche.

7. Βαθμολόγηση κατά Apgar

Για την βαθμολόγηση κατά Apgar χρησιμοποιήθηκαν τα πέντε κλινικά κριτήρια στο 1^ο και στο 5^ο λεπτό μετά τον τοκετό. Η βαθμολογία 10-9 χαρακτηριζόταν σαν άριστη, 8-7 ως ύποπτη, και παθολογική από 6-1.

8. Είσοδος του νεογνού στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών (MENN)

Επίσης στην ομάδα Β καταγράφηκε εάν μετά τον τοκετό κρίθηκε αναγκαία η εισαγωγή των νεογνών στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας.

Όλα τα ευρήματα καταγράφηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Office Excel).

B.2 Αποτελέσματα

B.2.1 Γενικά αποτελέσματα

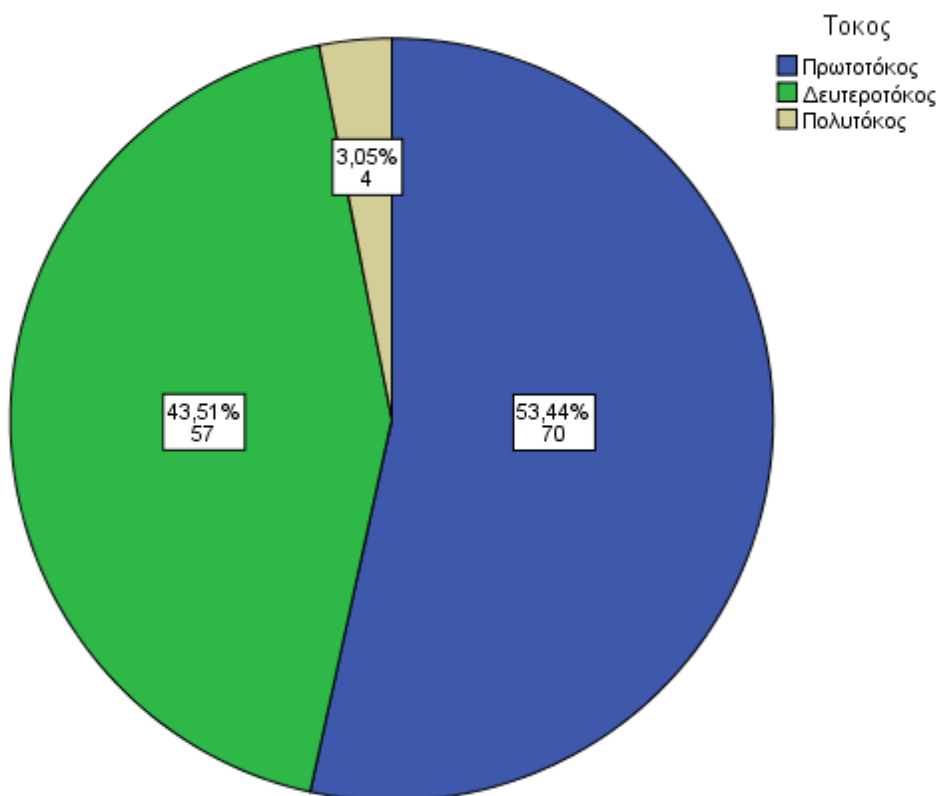
Σε 131 έγκυες εφαρμόστηκε η υπερηχογραφία στο 3^ο τρίμηνο (32^η έως 34^η εβδομάδα) και προ του τοκετού και καρδιοτοκογραφικός έλεγχος κατά τη διάρκεια του τοκετού.

Η ηλικία των εγκύων κυμάνθηκε από 22-42 έτη, με μέσο όρο τα 32.39 έτη (SD 4,2). Στις μετρήσεις διαπιστώθηκε απόκλιση μεταξύ της ηλικίας κύησης με βάση την TEP και την υπερηχογραφική ηλικία κύησης η οποία εκτεινόταν από -3 έως +2 εβδομάδες (Πίνακας 18).

Πίνακας 18. Ηλικία εγκύου, ηλικία κύησης με βάση την TEP, υπερηχογραφική ηλικία κύησης. Μέσος όρος μετρήσεων της ομάδας Β.

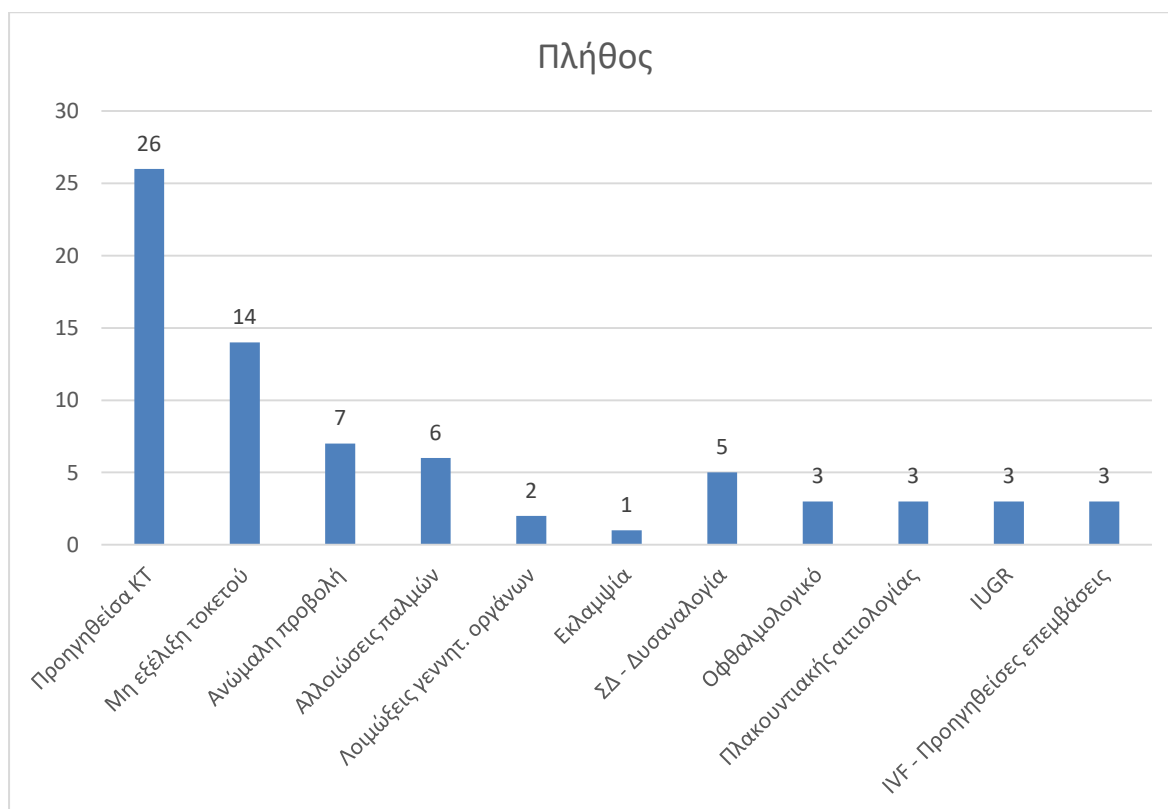
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία εγκύου	131	22	42	32,39	4,245
Ηλικία κύησης με βάση την TEP	131	28,00	36,60	32,9908	1,09898
Ηλικιάκύησης με βάση το υπερηχογράφημα	131	25,00	36,00	32,6748	1,48823
Διαφορά στις εκτιμήσεις της ηλικίας (σε εβδομάδες)	131	-3	2	-,27	1,108
Valid N (listwise)	131				

Σε αυτή την ομάδα εγκύων, την Ομάδα Β, όπως και στην ομάδα Α οι πρωτοτόκες υπερτερούν με ποσοστό 70/131 (53.4%), οι δευτεροτόκες ήταν 57/131 (43.5%) και οι πολυτόκες 4/131 (3.1%) (Γράφημα 23). Στο υλικό μας 4/131 (3%) υπήρξαν καπνίστριες στην εγκυμοσύνη. Σημειώνεται ότι ο μέσος όρος ηλικίας της ομάδας Β ήταν μεγαλύτερος κατά 3.09 έτη σε σχέση με την ομάδα Α (32.39 έτη vs 29.30 έτη).



Γράφημα 23. Κατάταξη βάση του τόκου στην ομάδα Β.

Στις επίτοκες της ομάδας αυτής, ο τοκετός επιτεύχθηκε φυσιολογικά σε 47 έγκυες 47/131 (35.8%), ενώ σε καισαρική τομή υποβλήθηκαν 73/131 (55,72%) και σε 11 (8.3%) επίτοκες ο τοκετός τερματίστηκε με αναρροφητική εμβρυουλκία. Τα αίτια της καισαρικής τομής αναφέρονται στον πίνακα 19.

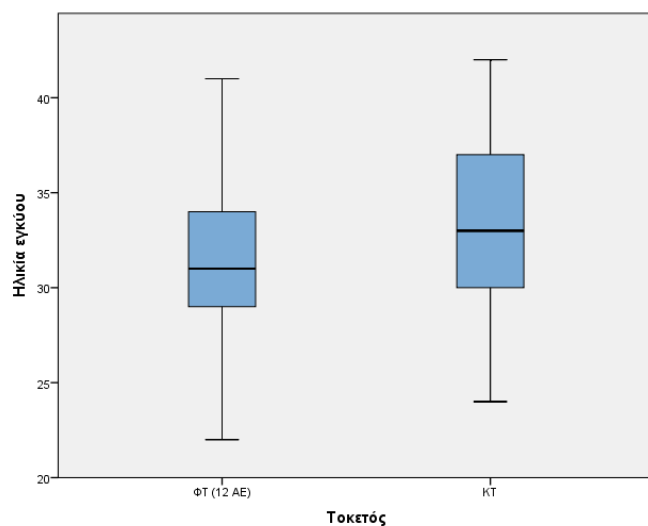
Πίνακας 19. Αίτια καισαρικής τομής.

Όπως στην ομάδα Α, έτσι και στην ομάδα Β μελετήσαμε τη σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και της πιθανότητας για καισαρική τομή διαχωρίζοντας τις γυναίκες σε αυτές που υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή και σε αυτές που γέννησαν με φυσιολογικό τοκετό ή με αναρροφητική εμβρυουλκία. Ομοίως και σε αυτή την ομάδα διαπιστώθηκε ότι ηλικία της εγκύου σχετίζεται με την πιθανότητα καισαρικής τομής όπως διαφαίνεται και στον κάτωθι πίνακα 20 και στο γράφημα 24.

Πίνακας 20. Σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και της πιθανότητας για καισαρική τομή.

	Τοκετός	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Ηλικία εγκύου	ΦΤ-ΑΕ	53	31,40	4,068	,559
	ΚΤ	78	33,06	4,256	,482

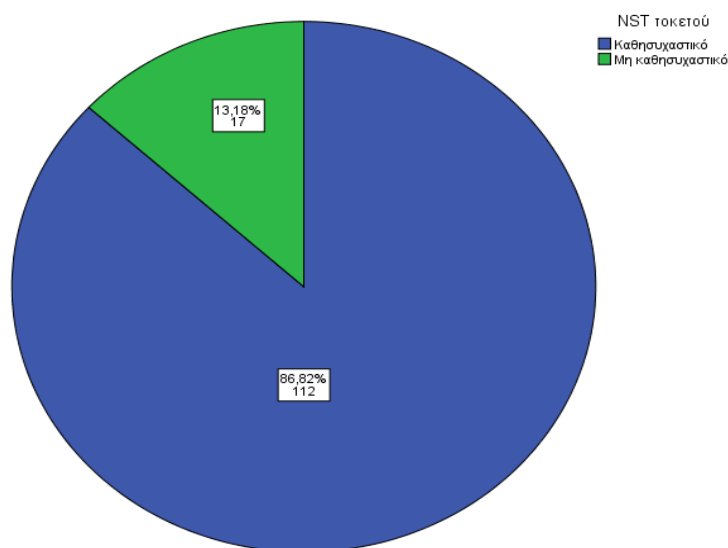
Independent Samples Test										
Levene's Test for Equality of Variances					t-test for Equality of Means					
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Ηλικία εγκύου	Equal variances assumed	,792	,375	-2,241	129	,027	-1,668	,744	-3,141	-,195
	Equal variances not assumed			-2,260	115,104	,026	-1,668	,738	-3,130	-,206

**Γράφημα 24.** Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και της πιθανότητας για καισαρική τομή (t test, $p=0.027$).

B 2.2 Διερεύνηση σχέσεων των μελετηθέντων παραμέτρων με τον τοκετό

Συσχέτιση μεταξύ καρδιοτοκογραφήματος ηρεμίας και του είδους τοκετού

Στη μελέτη μας διαπιστώθηκε ότι το καρδιοτοκογράφημα ηρεμίας συσχετίζεται με το είδος του τοκετού. Στην ομάδα αυτή, σε 17 επίτοκες από το σύνολο των 131 επιτόκων, 17/131 (13,18%) το καρδιοτοκογράφημα ήταν μη καθησυχαστικό (Γράφημα 25). Διαπιστώθηκε, ότι το καρδιοτοκογράφημα χαρακτηρίστηκε ως μη καθησυχαστικό σε σημαντικά περισσότερες περιπτώσεις καισαρικών τομών και σε τοκετών που περατώθηκαν με αναρροφητική εμβρυουλκία ενώ δεν παρατηρήθηκε σε καμία από τις περιπτώσεις φυσιολογικών τοκετών. (Pearson χ^2 test, $p=0.040$), (Πίνακας 21, Γράφημα 26, Γράφημα 27).



Γράφημα 25. Έκβαση των NST.

Πίνακας 21. Στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ καρδιοτοκογραφήματος και είδους τοκετού.

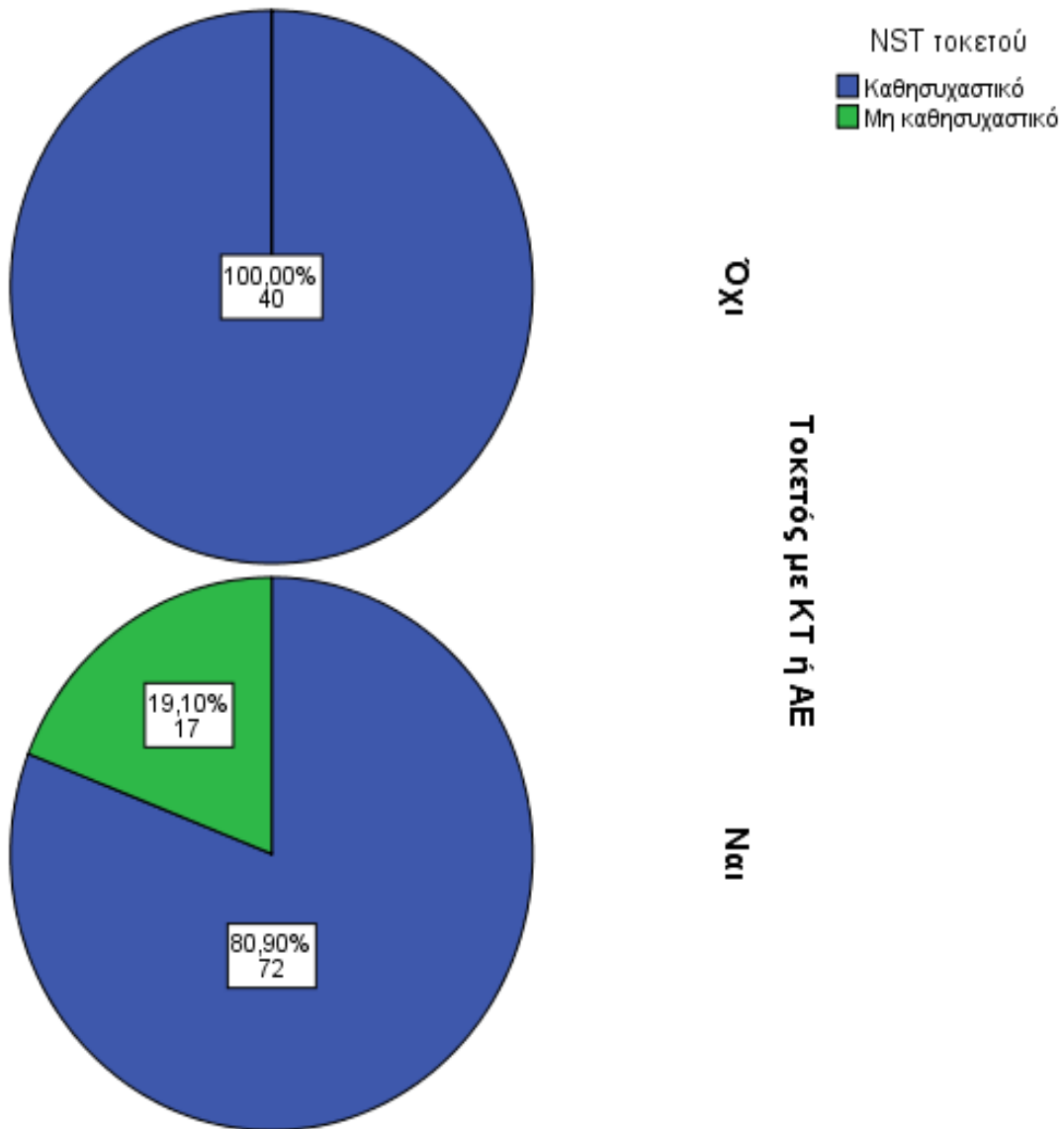
NST τοκετού * Τοκετός Crosstabulation

		Τοκετός			Total
		ΦΤ	ΚΤ	ΑΕ	
NST τοκετού	Καθησυχαστικό	40	64	8	112
	Μη καθησυχαστικό	0	13	4	17
Total		40	77	12	129

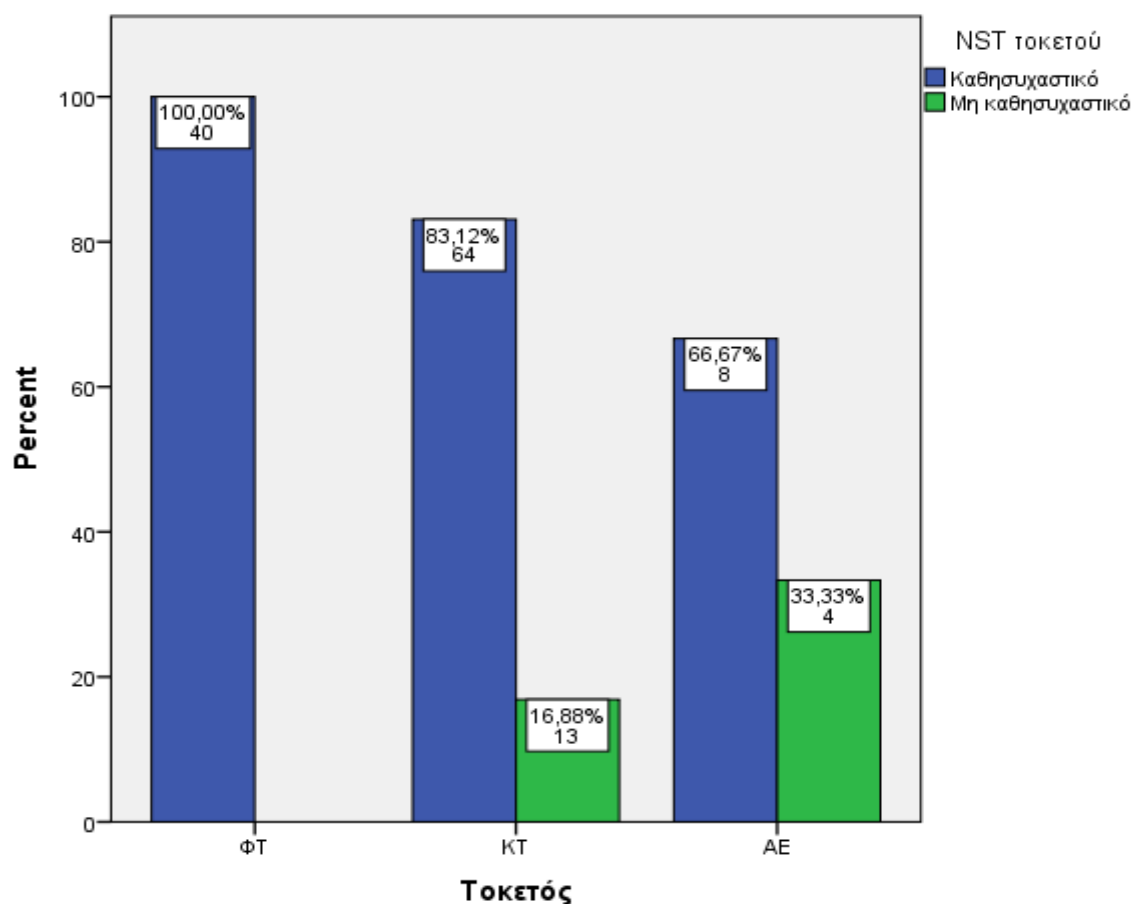
Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	11,256 ^a	2	,004
Likelihood Ratio	15,362	2	,000
Linear-by-Linear Association	11,167	1	,001
N of Valid Cases	129		

a. 1 cells (16,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,58.



Γράφημα 26. NST και είδος τοκετού.



Γράφημα 27. Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του μη καθησυχαστικού καρδιοτοκογραφήματος και του είδους του τοκετού (χ^2 test, $p=0.004$).

Ανάλυση των μετρήσεων της Εγκεφαλοπλακουντιακής Αναλογίας 3^{ου} τριμήνου (CPR_1) και της Εγκεφαλοπλακουντιακής Αναλογίας προ του τοκετού (CPR_2)

Όπως αναφέρθηκε, καταγράφηκαν οι δείκτες Doppler των αγγείων που εξετάστηκαν και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη μελέτη των σχέσεων μεταξύ της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας που μετρήθηκε στο 3^ο τρίμηνο αλλά και στην εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία που μετρήθηκε πριν τον τοκετό και στη σχέση των δύο αυτών παραμέτρων με τις υπόλοιπες παραμέτρους του τοκετού. Αναλυτικότερα παρατηρήθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

Καταρχήν, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας (CPR) από το 3^ο τρίμηνο έως τον τοκετό της τάξης του **0.25**.

Πίνακας 22. Η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία μειώνεται από το 3^ο τρίμηνο στο τοκετό (paired sample t-test, $p=0.000$).

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	CPR 1 3ου τριμήνου	1,9825	106	,37192	,03612
	CPR 2 τοκετού	1,7399	106	,42705	,04148

Independent Samples Test

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
Equal variances not assumed	2,085	7,215	,074	523,295	250,924	-66,475	1113,066

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο μετρήσεων δηλαδή της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας 3^{ου} τριμήνου (CPR₁) και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού (CPR₂) γεγονός που σημαίνει ότι η μέτρηση του CPR του 3^{ου} τριμήνου δεν μπορεί να «προβλέψει» την τιμή CPR του τοκετού (Πίνακας 23).

Πίνακας 23. Οι μετρήσεις CPR₁ & CPR₂ είναι ανεξάρτητες (paired sample correlation, $p=0.361$).

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	CPR 1 3ου τριμήνου & CPR 2 τοκετού	106	,090	,361

Συσχέτιση PI ομφαλικής αρτηρίας και του είδους τοκετού

Δεν παρουσιάζεται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών του δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας UA PI τόσο στη μέτρηση του 3^{ου} τριμήνου (Anova test, $p=0.106$) όσο και με τη μέτρηση του δείκτη παλμικότητας PI της ομφαλικής αρτηρίας προ του τοκετού (Anova test, $p=0.353$) με το είδος του τοκετού (Πίνακας 24).

Πίνακας 24. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας και του είδους του τοκετού.

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Lower Bound	Upper Bound
UA PI 3ου τριμήνου	ΦΤ	40	,9133	,15385	,02433	,8640	,9625
	KT	77	,9788	,17657	,02012	,9388	1,0189
	ΑΕ	12	,9258	,09949	,02872	,8626	,9890
	Total	129	,9536	,16594	,01461	,9247	,9825
UA PI τοκετού	ΦΤ	32	,8063	,09951	,01759	,7704	,8421
	KT	62	,8235	,14734	,01871	,7861	,8610
	ΑΕ	12	,8750	,18866	,05446	,7551	,9949
	Total	106	,8242	,14020	,01362	,7971	,8512

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
UA PI 3ου τριμήνου	Between Groups	,123	2	,062	2,286	,106
	Within Groups	3,401	126	,027		
	Total	3,525	128			
UA PI τοκετού	Between Groups	,041	2	,021	1,052	,353
	Within Groups	2,023	103	,020		
	Total	2,064	105			

Διαφοροποίηση του PI ομφαλικής αρτηρίας ανάλογα με την εισαγωγή νεογνού στη MENN

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας τόσο στο 3^ο τρίμηνο όσο και στον τοκετό και της εισαγωγής στη μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών (MENN). Και στις δύο κατηγορίες τα παιδιά που εισήχθησαν στη MENN είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από αυτά που δεν εισήχθησαν. Η διαφορά είναι μεγαλύτερη και πιο ξεκάθαρη για τις μετρήσεις που αφορούν το υπερηχογράφημα προ του τοκετού (Πίνακας 25).

Πίνακας 25. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας και της εισαγωγής στη MENN (*t test*, $p=0.044$ & $p=0.000$).

Group Statistics

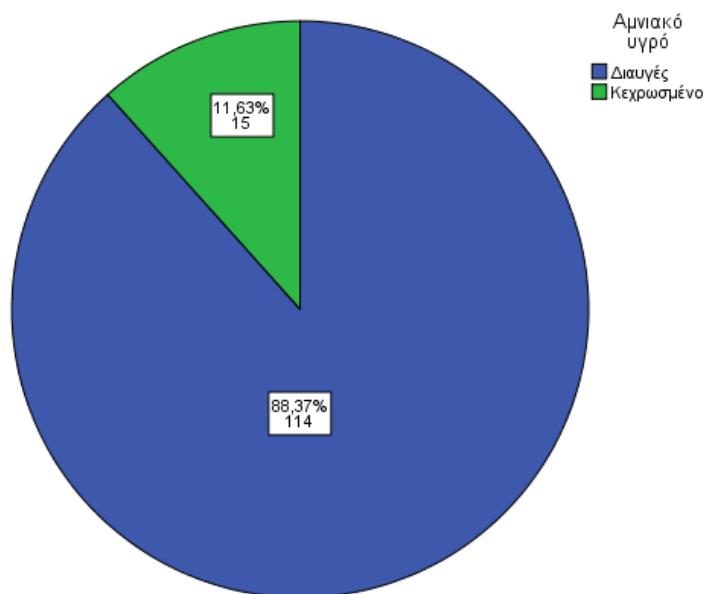
	MENN	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
UA PI 3ου τριμήνου	Όχι	106	,9399	,16774	,01629
	Ναι	23	1,0165	,14449	,03013
UA PI τοκετού	Όχι	88	,8030	,12966	,01382
	Ναι	18	,9278	,14723	,03470

Independent Samples Test

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
UA PI doppler 3ου τριμήνου	-2,032	127	,044	-,07662	,03771	-,15124	-,00199
UA PI τοκετού	-3,636	104	,000	-,12482	,03433	-,19289	-,05675

Συσχέτιση του PI ομφαλικής αρτηρίας και της χρώσης αμνιακού υγρού

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας τόσο στο 3^ο τρίμηνο όσο και στον τοκετό με τη χρώση του αμνιακού υγρού. Και στις δύο μετρήσεις τα νεογνά που είχαν κεχρωσμένο υγρό είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από τα νεογνά που είχαν διαυγές αμνιακό υγρό (Γράφημα 28, Πίνακας 26).



Γράφημα 28. Χρώση αμνιακού υγρού (διαυγούς και κεχρωσμένου) επί του συνολικού δείγματος.

Πίνακας 26. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του *PI* της ομφαλικής αρτηρίας στο 3^ο τρίμηνο και στον τοκετό και της χρώσης αμνιακού υγρού (*t* test, $p=0.010$ & $p=0.016$ αντίστοιχα).

	Αμνιακό υγρό	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
UA PI 3ου τριμήνου	Διαυγές	114	,9347	,16189	,01516
	Κεχρωσμένο	15	1,2380	,39042	,10081
UA PI τοκετού	Διαυγές	93	,8149	,13320	,01381
	Κεχρωσμένο	11	,9218	,17175	,05178

Independent Samples Test

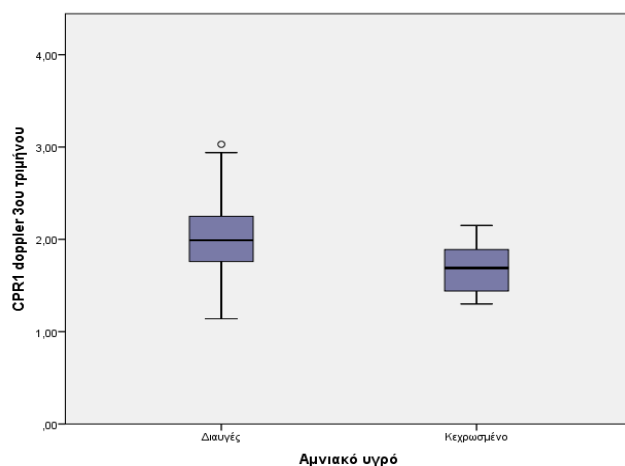
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
UA PI 3ου τριμήνου	-2,975	14,640	,010	-,30326	,10194	-,52101	-,08551
UA PI τοκετού	-2,438	102	,016	-,10687	,04383	-,19380	-,01994

Συσχέτιση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας και της χρώσης αμνιακού υγρού

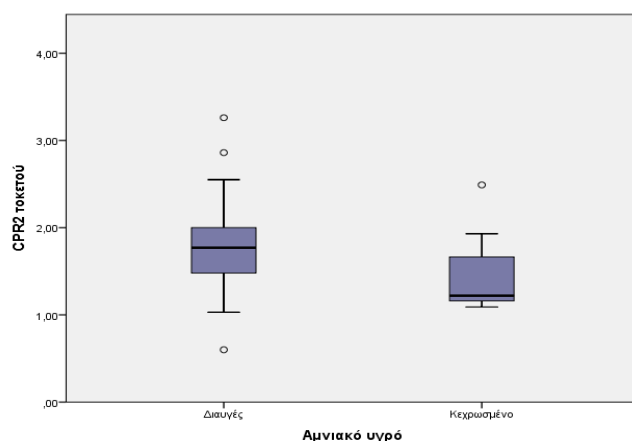
Από την ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του διαυγούς και του κεχρωσμένου αμνιακού υγρού τόσο για το CPR_1 όσο και για το CPR_2 , με τις τιμές να είναι χαμηλότερες για το κεχρωσμένο υγρό τόσο στη μία όσο και στην άλλη μέτρηση. Η μηδενική υπόθεση είναι αυτή που έλεγξε την ύπαρξη ή μη συσχέτισης μεταξύ των δύο κατηγοριών παραμέτρων (CPR_1 και CPR_2 / κεχρωσμένο ή διαυγές αμνιακό) με τη βοήθεια του Mann-Whitney test με τιμές ελέγχου 374 και 265 και p values <0.001 και 0.009 αντίστοιχα (Γράφημα 29, Πίνακας 27).

Πίνακας 27. Μετρήσεις CPR_1 (3^{ου} τριμήνου), CPR_2 (τοκετού) και της διαφοράς τους $CPR\ diff$ σε σχέση με τη χρώση αμνιακού υγρού.

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Mann Whitney p-value
	Αμνιακό υγρό					
CPR1 3 ^{ου} τριμήνου	Διαυγές	114	2,0109	,37303	,03494	<0,001
	Κεχρωσμένο	15	1,5600	,44881	,11588	
CPR2 τοκετού	Διαυγές	93	1,7700	,41653	,04319	0,009
	Κεχρωσμένο	11	1,4464	,45403	,13690	
Μεταβολή στο CPR- CPR diff	Διαυγές	93	,2549	,55537	,05759	0,866
	Κεχρωσμένο	11	,2445	,39996	,12059	



Γράφημα 29. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική σχέση μεταξύ του CPR_1 και της χρώσης του αμνιακού υγρού (Mann Whitney:374, $p<0.001$).



Γράφημα 30. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική σχέση μεταξύ του CPR_2 και της χρώσης του αμνιακού υγρού (Mann Whitney:265, $p<0.009$).

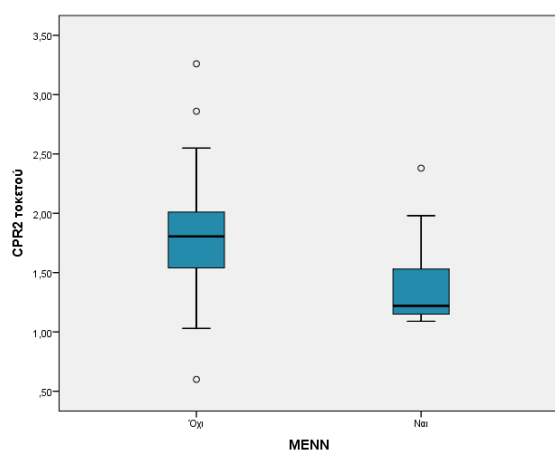
Συσχέτιση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας και νοσηλείας στη MENN

Από την ανάλυση των δεδομένων (Mann-Whitney test) διαφαίνονται τα εξής:

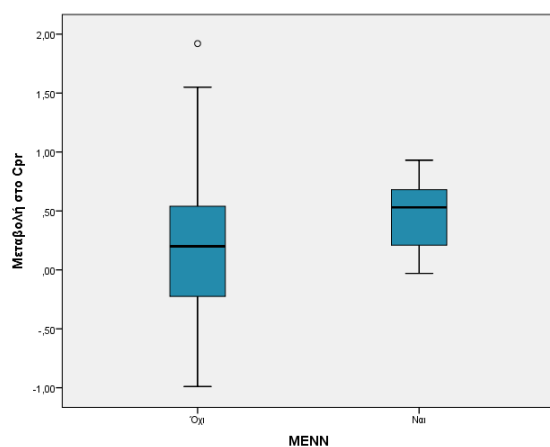
1. Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του CPR_1 και της ανάγκης νοσηλείας στη MENN ($p=0,081$).
2. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του CPR_2 και της ανάγκης νοσηλείας στη MENN (Mann Whitney:296,5, $p<0,001$).
3. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του CPR_{diff} (διαφορά CPR_1-CPR_2) και των νεογνών που εισήχθησαν στη MENN (Mann Whitney:498, $p=0,013$) (Πίνακας 28, Γράφημα 31, Γράφημα 32).

Πίνακας 28. Μετρήσεις CPR_1 (3^{ου} τριμήνου), CPR_2 (τοκετού) και της διαφοράς τους $CPR\ diff$ σε σχέση με τη νοσηλεία του νεογνού στη MENN.

	MENN	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CPR1 (3 ^{ου} τριμήνου)	Όχι	106	2,0040	,38185	,03709
	Ναι	23	1,8287	,32608	,06799
CPR2 (τοκετού)	Όχι	88	1,8118	,40614	,04330
	Ναι	18	1,3883	,35297	,08320
Μεταβολή στο CPR (CPRdiff)	Όχι	88	,1927	,56466	,06019
	Ναι	18	,4861	,31219	,07358



Γράφημα 31. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ του CPR_2 και της εισαγωγής ενός νεογνού στη MENN (Mann Whitney:296, $p<0,001$).



Γράφημα 32. Υπήρξε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ του $CPR\ diff$ και της εισαγωγής ενός νεογνού στη MENN (Mann Whitney:498, $p=0,013$).

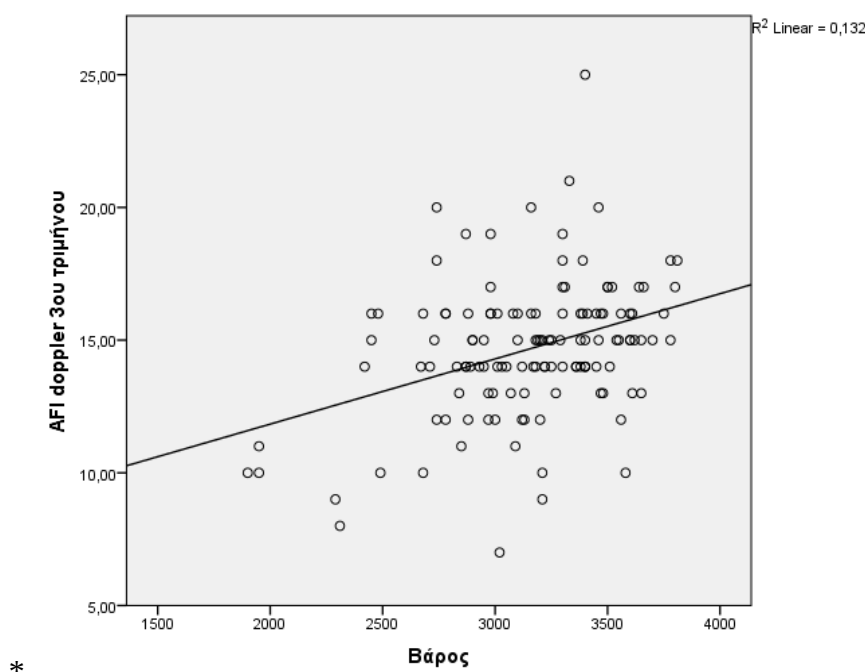
Συσχέτιση του AFI 3^{ου} τριμήνου κύησης και του βάρους του εμβρύου

Παρατηρήθηκε επίσης στατιστικά σημαντική συσχέτιση των τιμών του AFI 3^{ου} τριμήνου με το βάρος γέννησης του νεογνού. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι μεγαλύτερες τιμές του AFI σχετίζονται και με μεγαλύτερες τιμές του τελικού βάρους (Πίνακας 29, Γράφημα 33).

Πίνακας 29. Υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της μέτρησης του δείκτη αμνιακού υγρού και του εμβρυικού βάρους.

		AFI 3ου τριμήνου	Βάρος
AFI 3ου τριμήνου	Pearson Correlation	1	,363**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	129	129
Βάρος	Pearson Correlation	,363**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	129	129

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Γράφημα 33. Συσχέτιση μεταξύ δείκτη αμνιακού υγρού (AFI 3^{ου} τριμήνου) και βάρους γέννησης του εμβρύου.

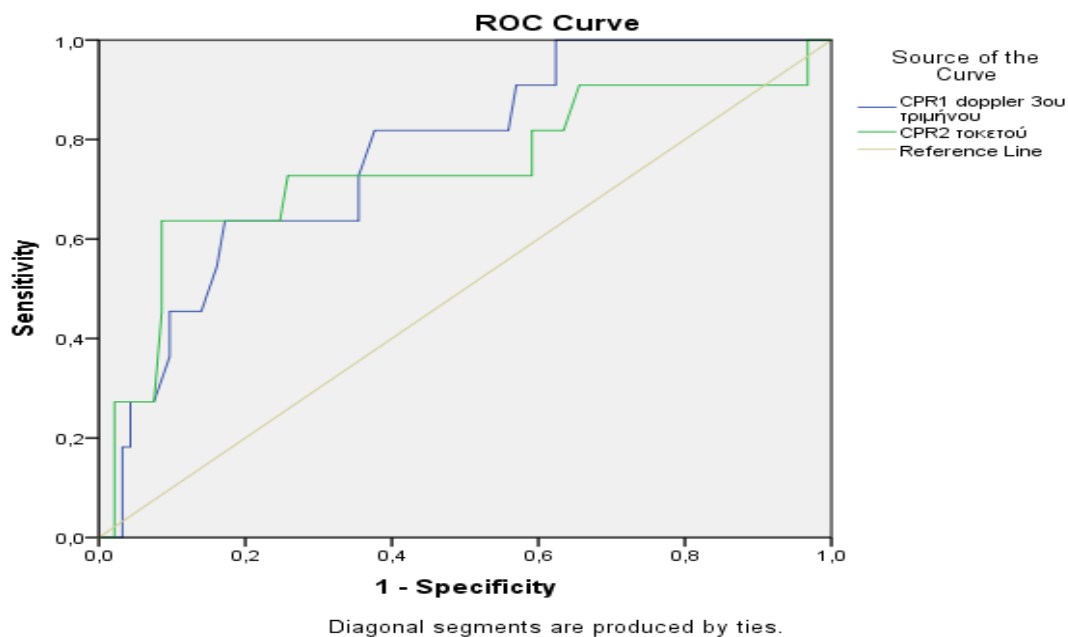
Εγκεφαλοπλακουντιακή Αναλογία (CPR) – Διαγνωστική ακρίβεια

Για την εκτίμηση της διαγνωστικής ακρίβειας της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας και των μεταβολών της σε σχέση με τη *χρώση του αμνιακού υγρού* χρησιμοποιήθηκαν καμπύλες ROC. Όπως φαίνεται και στο γράφημα που ακολουθεί, η διαχωριστική ικανότητα τόσο της μέτρησης της CPR στο 3^ο τρίμηνο (CPR₁) όσο και της μέτρησης της CPR προ του τοκετού (CPR₂) είναι στατιστικά σημαντικές, χωρίς ωστόσο να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και αυτό προκύπτει από το ότι και οι δύο καμπύλες βρίσκονται πάνω από τη διαχωριστική γραμμή, ενώ απεικονίζονται, το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη (AUC) όπως και το αντίστοιχο 95% διάστημα εμπιστοσύνης (Πίνακας 30, Γράφημα 34).

Area Under the Curve

Πίνακας 30. CPR₁ και CPR₂ και *χρώση αμνιακού υγρού*.

Test Result Variable(s)	Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
CPR ₁ doppler 3ου τριμήνου	,771	,068	,003	,638	,904
CPR ₂ τοκετού	,740	,096	,009	,553	,928



Γράφημα 34. Καμπύλη ROC (ευαισθησία και ειδικότητα) για CPR₁ και CPR₂ και *χρώση αμνιακού υγρού*.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες και αναφερόμενες συνιστώσες της διαγνωστικής ποιότητας μιας δοκιμασίας που καθορίζουν τη διακριτική της ικανότητα είναι το ποσοστό των *αληθώς θετικών αποτελεσμάτων*, το ποσοστό δηλαδή των θετικών ενδείξεων στον πληθυσμό των ασθενών ή νοσολογική ευαισθησία της δοκιμασίας (Sensitivity) και το ποσοστό των *αληθώς αρνητικών αποτελεσμάτων* ή νοσολογική ειδικότητα (Specificity). Από τους αναλυτικούς πίνακες του CPR και τη σχέση του με την ανίχνευση διαυγούς αμνιακού υγρού προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα.

Για τιμές της $CPR_1 < 1,71$ προκύπτει ευαισθησία **63,6%** και ειδικότητα **82,8%** το αμνιακό υγρό να είναι κεχρωσμένο, ενώ για τιμή της $CPR_1 < 1,90$ προκύπτει ευαισθησία **81,8%** και ειδικότητα **62,3%**. Όσον αφορά τις τιμές της CPR_2 και την παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού, για τιμές $CPR_2 < 1,23$ η ευαισθησία είναι **63,8%** και η ειδικότητα **91,4%** που σημαίνει πρακτικά ότι η πιθανότητα το αμνιακό υγρό να είναι διαυγές με τιμή μικρότερη του 1,23 είναι 8,6%.

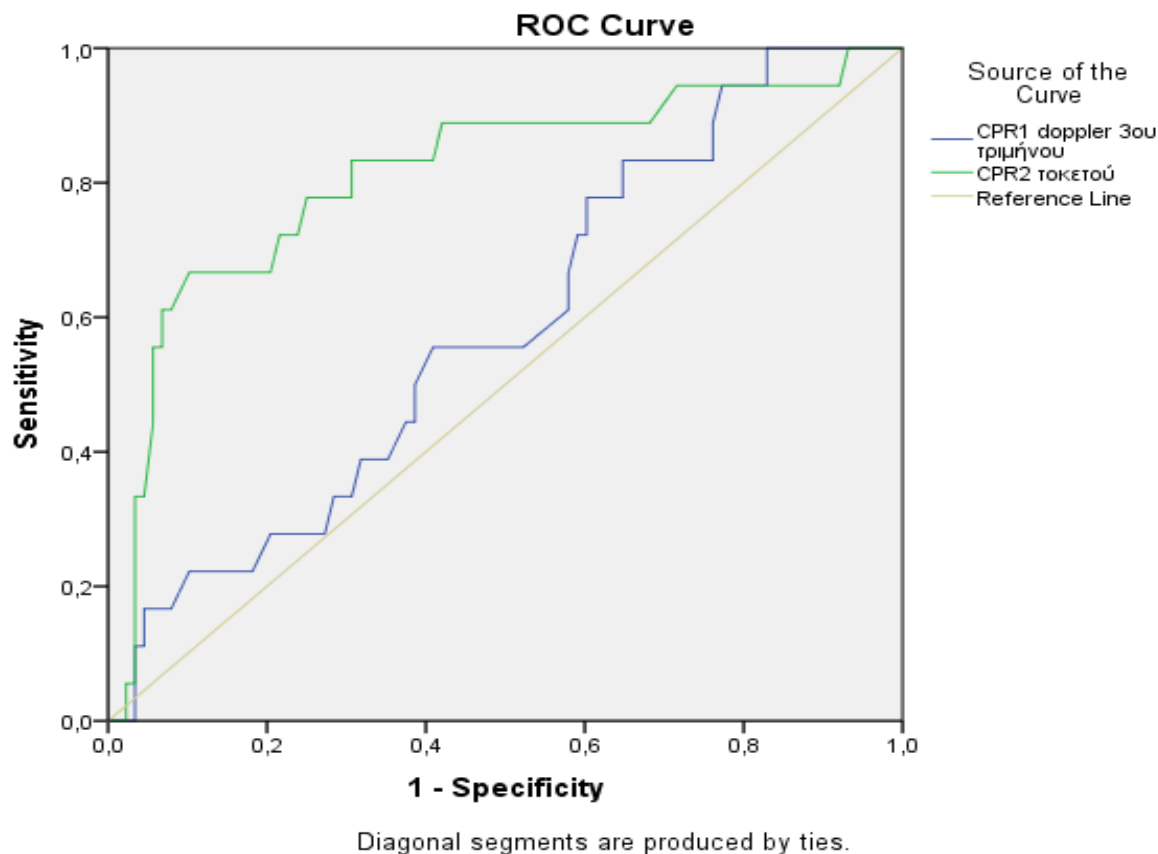
Κατά αντίστοιχο τρόπο, ελέγχθηκε η διαγνωστική ακρίβεια τόσο της μέτρησης της CPR στο 3^ο τρίμηνο (CPR_1) όσο και της μέτρησης CPR προ του τοκετού (CPR_2) σε σχέση με την εισαγωγή ενός νεογνού στη MENN (Πίνακας 31, Γράφημα 35). Στον πίνακα που ακολουθεί, στατιστικά σημαντική είναι μόνο η 2^η μέτρηση, δηλαδή η CPR_2 κατά τον τοκετό με AUC 0,813 και 95% C.I (0,690 – 0,963).

Για τις τιμές του $CPR_2 < 1,30$ προκύπτει ευαισθησία **66,7%** και η ειδικότητα **89,8%** να νοσηλευτεί ένα νεογνό στη MENN, ενώ για τιμή της $CPR_2 < 1,65$ προκύπτει ευαισθησία **83,3%** και ειδικότητα **69,3%**.

Πίνακας 32. CPR_1 και CPR_2 και εισαγωγή νεογνού στη MENN.

Area Under the Curve

Test Result Variable(s)	Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
CPR1 doppler 3ου τριμήνου	,586	,069	,254	,449	,722
CPR2 τοκετού	,813	,063	,000	,690	,936



Γράφημα 35. Καμπύλη ROC (ευαισθησία και ειδικότητα) για CPR_1 & CPR_2 και εισαγωγή νεογνού στη MENN.

Αναπτύχθηκε επίσης, ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης για την ανίχνευση ανεξάρτητων προγνωστικών παραγόντων για την εισαγωγή στη MENN. Το μοντέλο που διαμορφώνεται βάσει των προηγούμενων αποτελεσμάτων έχει καλή προσαρμογή και μπορεί να μειώσει το σφάλμα πρόβλεψης (αν θα νοσηλευθεί ένα νεογνό στη MENN ή όχι) κατά 27,2% σύμφωνα με το κριτήριο Nagelkerke R^2 (Πίνακας 32).

Πίνακας 32. Μείωση σφάλματος πρόβλεψης για νοσηλεία ενός νεογνού στη MENN.

Model Summary			
	-2 Log	Cox & Snell	Nagelkerke R
Step	likelihood	R Square	Square
1	77,783 ^a	,163	,272

Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν στατιστικά σημαντικοί και ανεξάρτητοι παραμένουν οι τιμές UA PI και MCA PI κατά τον τοκετό και όχι οι τιμές της CRP ή της μεταβολής της.

Πίνακας 33. Πιθανότητα εισαγωγής στη MENN και ανεξάρτητοι προγνωστικοί παράγοντες.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.
cprDIFF	-,750	,796	,889	1	,346
UAPI_A	7,507	2,433	9,521	1	,002
MCAPI_A	-3,776	1,612	5,489	1	,019
Constant	-2,708	2,550	1,127	1	,288

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 33 όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές του UA PI τόσο μεγαλύτερη και η πιθανότητα εισαγωγής ενός νεογνού στη MENN, ενώ παράλληλα η πιθανότητα εισαγωγής αυξάνεται επίσης και για μικρότερες τιμές του MCA PI με $p=0,002$ και 0,019 αντίστοιχα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η διαδικασία του τοκετού προκύπτει από μία σειρά παθητικών κινήσεων, κυρίως της προβάλλουσας μοίρας του εμβρύου, μέχρι να επέλθει η έξοδός του από το γεννητικό σωλήνα και είναι αποτέλεσμα των συσπάσεων της μήτρας, της διαστολής του τραχήλου και της καθόδου του εμβρύου διαμέσω του γεννητικού σωλήνα. Η μετάβαση από την ενδομήτρια στην εξωμήτρια ζωή θεωρείται απρόβλεπτη και ενέχει κινδύνους τόσο για τη μητέρα όσο και για το έμβρυο. Στη προσπάθεια επίτευξης ενός φυσιολογικού τοκετού με ασφάλεια, έχουν καθιερωθεί μέθοδοι παρακολούθησης του «καλώς έχειν» του εμβρύου όπου κυρίαρχο ρόλο παίζει η καρδιοτοκογραφία. Με την πρόοδο της τεχνολογίας έγινε προσπάθεια να ενταχθούν καινούργιες μέθοδοι και τεχνικές οι οποίες έχουν σκοπό να λειτουργούν συμπληρωματικά της καρδιοτοκογραφίας και να εντάσσονται στη παρακολούθηση του εμβρύου με σκοπό να μειώνουν την πιθανότητα επιπλοκών.

Στη μελέτη αυτή, αξιολογήσαμε δύο νεότερες μεθόδους οι οποίες θεωρείται ότι μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά της καρδιοτοκογραφίας στον τοκετό. Η πρώτη μέθοδος είναι η παλμική οξυμετρία, η οποία μας δίνει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τον κορεσμό οξυγόνου του εμβρύου κατά τη διαδικασία του τοκετού. Η δεύτερη μέθοδος είναι η Doppler υπερηχογραφία, η οποία μας δίνει πληροφορίες για την αιματική ροή και την εν γένει καλή οξυγόνωση του εμβρύου.

Στην έρευνά μας καταρχάς, αξιολογήθηκαν γενικές παράμετροι όπως η ηλικία της εγκύου και ο αριθμός των τόκων. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και του είδους του τοκετού, δηλαδή όσο μεγαλώνει η ηλικία της επιτόκου τόσο αυξάνεται η πιθανότητα για καισαρική τομή. Με τα ευρήματα αυτά συμφωνούν ο Haines και συν,¹²³ σε μία μελέτη το 1991, καθώς και ο Janssens και συν,¹²⁴ σε μία μελέτη το 2008. Ομοίως, η Kenny και συν,¹²⁵ σε μία μεγάλη μελέτη κοόρτης διαπίστωσαν ότι η προχωρημένη μητρική ηλικία αυξάνει την πιθανότητα για καισαρική τομή με σχετικό ρίσκο (relative risk) 1.83. Ο Robillard και συν,¹²⁶ διαπίστωσαν ότι η μητρική ηλικία αποτελεί ανεξάρτητο προγνωστικό παράγοντα καισαρικής τομής και η πιθανότητα αυτή έχει γραμμική σχέση. Επίσης, σε μία τελευταία μελέτη το 2019, ο Kim και συν,¹²⁷ διαπίστωσαν ότι η προχωρημένη μητρική ηλικία συσχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα αδιαφοροποίητου καρδιοτοκογραφήματος, δυστοκίας του τοκετού καθώς επίσης αποτελεί ανεξάρτητο προγνωστικό παράγοντα για επείγουσα καισαρική τομή. Αντίθετα, ο Cakmak-Celik και συν,¹²⁸ διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει καμία

διαφορά στον τρόπο του τοκετού στις γυναίκες προχωρημένης ηλικίας σε σχέση με τις επίτοκες νεότερης ηλικίας, μελετώντας όμως ένα σχετικά μικρό αριθμό 127 εγκύων ηλικίας μεγαλύτερης των 40 ετών. Στον αντίποδα, διαπιστώσαμε ότι στις επίτοκες νεαρής ηλικίας αυξάνεται η πιθανότητα για τη χρήση αναρροφητικής εμβρυουλκίας. Δεν υπάρχουν σαφείς μελέτες για την παρατήρηση αυτή στη διεθνή βιβλιογραφία. Σε μία μελέτη το 2014 που αφορά τους παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα για εμβρυουλκία, ως κύριες αιτίες αναφέρονται το αυξημένο εμβρυικό βάρος, η παράταση του δευτέρου σταδίου του τοκετού και η αδυναμία στροφής της κεφαλής.¹²⁹ Ενδεχομένως, το εύρημα μας θα μπορούσε να αποδοθεί κυρίως στην τρίτη αιτία εξ' αιτίας μίας σχετικής ανωριμότητας του πυελικού μυοσκελετικού συστήματος στις νεαρότερες ηλικίες.

Διερευνώντας την παράμετρο της πολυτοκίας, διαπιστώσαμε ότι ο αριθμός των τόκων συσχετίζεται με το είδος του τοκετού. Συγκεκριμένα, οι επίτοκες στις οποίες ο τοκετός διεκπεραιώθηκε φυσιολογικά είχαν μεγαλύτερο αριθμό τόκων από εκείνες που υποβλήθηκαν σε καισαρική τομή ή αναρροφητική εμβρυουλκία. Σε μία μελέτη το 2018, οι δύο βασικότεροι συντελεστές ενός επιτυχούς φυσιολογικού τοκετού θεωρήθηκαν, η πολυτοκία και η βαθμολόγηση Bishop.¹³⁰ Επίσης, σε μία πρόσφατη μελέτη το 2019, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο για την πιθανότητα επιτυχούς φυσιολογικού τοκετού μετά από πρόκληση με φαρμακευτική αγωγή και η πολυτοκία ήταν μία από τις σημαντικές παραμέτρους μαζί με την ηλικία της επιτόκου και το βάρος της.¹³¹

Μελετήσαμε επίσης, τη σχέση του αριθμού των τόκων με την πιθανότητα για αυτόματη ή τεχνητή ρήξη θυλακίου και την πιθανότητα διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού και διαπιστώσαμε καταρχάς ότι ο αριθμός των τόκων δεν συσχετίστηκε με την πιθανότητα αυτόματης ή τεχνητής ρήξης θυλακίου. Για το θέμα αυτό, δεν υπάρχουν μελέτες και σαφή δεδομένα στη διεθνή βιβλιογραφία αν και έχει διαπιστωθεί ότι η κύηση σε νεαρή ηλικία σχετίζεται με πρόωρη ρήξη των εμβρυικών υμένων.¹³² Επίσης, ο αριθμός των τόκων δεν συσχετίστηκε με την πιθανότητα διαυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού. Η παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού σχετίζεται με ύποπτο καρδιοτοκογράφημα και εμφανίζεται πιο συχνά σε παράταση της κύησης. Ο Khazardoost και συν,¹³³ θεωρούν ότι ο αριθμός των τόκων δεν συσχετίζεται με την παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού, ενώ ο David και συν,¹³⁴ θεωρούν ότι ανευρίσκεται πιο συχνά σε πρωτοτόκες με ρήξη εμβρυικών υμένων για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ελέγξαμε επίσης, τη σχέση μεταξύ του εμβρυικού βάρους και του είδους τοκετού και διαπιστώσαμε ότι η σχέση ήταν στατιστικά σημαντική. Τα ευρήματά μας συμφωνούν με μια μελέτη του Rossi και συν,¹³⁵ όπου σε μία μεγάλη μετα-ανάλυση 17 μελετών διαπιστώθηκε

ότι η εμβρυική μακροσωμία αυξάνει τόσο το ποσοστό καισαρικών τομών (odds ratio από 1.9 στο 2.2) όσο και το ποσοστό δυστοκίας ώμων (odds ratio από 7.1 στο 7.3). Παρόμοια ευρήματα είχε και ο Weissmann-Brenner A και συν,¹³⁶ όπου κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εμβρυική μακροσωμία σχετίζεται με αυξημένο ποσοστό καισαρικών τομών, δυστοκιών ώμου, νεογνικής υπογλυκαιμίας και μεγαλύτερης παραμονής του νεογνού στο νοσοκομείο.

Μετά τον τοκετό, συμβαίνουν οι κατάλληλες διεργασίες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη μετατροπή της εμβρυικής κυκλοφορίας σε κυκλοφορία ενηλίκου. Ερευνήσαμε λοιπόν, τη σχέση μεταξύ των ειδικών παραμέτρων που αφορούν την υγεία του νεογνού αμέσως μετά τη γέννησή του, δηλαδή τη μέτρηση του pH με λήψη αίματος από τα ομφαλικά αγγεία, τη βαθμολόγηση Apgar και την είσοδο του νεογνού στη MENN εντός 24ώρου από τη γέννηση. Στη μελέτη μας, υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των τιμών pH και της βαθμολόγησης Apgar. Ο Hall και συν,¹³⁷ καθώς και ο Sykes και συν,¹³⁸ έχουν τονίσει τη σημασία των τιμών pH για τη διάγνωση της εμβρυικής δυσχέρειας, ενώ ο Kaufmann και συν,¹³⁹ θεωρούν ότι η εξέταση ολοκληρώνεται και κερδίζει σε ακρίβεια με τη συμπληρωματική βαθμολόγηση του νεογνού με την εξέταση Apgar. Ο Sliverman και συν,¹⁴⁰ σημειώνουν ότι τα βιοχημικά δεδομένα του εμβρύου επηρεάζουν μετρίως τη βαθμολόγηση Apgar στο 1^ο λεπτό. Ο Boehm και συν,¹⁴¹ αναφέρουν ότι όταν η βαθμολόγηση Apgar είναι μικρότερη από 7, πρέπει να ελέγχεται το pH της ομφαλικής αρτηρίας για να διαπιστωθεί η ύπαρξη οξέωσης και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός των δύο μεθόδων προσφέρει πιο ακριβείς πληροφορίες για την διάγνωση της εμβρυικής δυσχέρειας και της νεογνικής ασφυξίας από κάθε μέθοδο ξεχωριστά. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν οι Perlman και Risser,¹⁴² ιδίως όσον αφορά το χαμηλό Apgar στα πρώτα πέντε λεπτά, καθώς και ο Mousa και συνεργάτες σε μία ομάδα τοκετών υψηλού κινδύνου.¹⁴³

Ακόμα, διαπιστώσαμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της βαθμολόγησης Apgar και της χρώσης του αμνιακού υγρού. Ο Starks, ήδη από το 1980 είχε τονίσει τη σημασία του εντόνως κεχρωσμένου αμνιακού υγρού ως δυσχερές προγνωστικό σημείο το οποίο σχετίζεται με χαμηλή βαθμολογία Apgar.¹⁴⁴ Οι Mundhra και Agarwal,¹⁴⁵ μελέτησαν 165 περιπτώσεις κεχρωσμένου αμνιακού υγρού και διαπίστωσαν ότι τόσο η βαθμολόγηση Apgar όσο και η περιγεννητική ασφυξία επιβαρύνονται αισθητά στην περίπτωση αυτή. Παρόμοια αποτελέσματα είχαν και ο Khazardoost και συνεργάτες,¹³³ ο Mazor και συνεργάτες,¹⁴⁶ καθώς και οι Ziadeh & Sunna,¹⁴⁷ ενώ ο Kumari και συνεργάτες,¹⁴⁸ θεωρούν ότι το κεχρωσμένο αμνιακό υγρό αυξάνει τα ποσοστά επεμβατικού τοκετού αλλά η βαθμολόγηση Apgar βρίσκεται μειωμένη σε μικρό μόνο ποσοστό νεογνών.

Η είσοδος ενός νεογνού στη μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών (MENN) αποτελεί πάντα μία αρνητική εξέλιξη η οποία προβληματίζει τον μαιευτήρα-γυναικολόγο και δημιουργεί ιδιαίτερο άγχος στους γονείς και γι' αυτό στην έρευνά μας μελετήσαμε τις πιθανές αιτίες εισαγωγής ενός νεογνού στη MENN.

Διαπιστώσαμε καταρχήν, ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της εισόδου ενός νεογνού στη MENN και της ηλικίας της επιτόκου, δηλαδή τα νεογνά εγκύων μεγαλύτερης ηλικίας εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα να νοσηλευθούν στη MENN. Θεωρώντας σαν προχωρημένη αναπαραγωγική ηλικία, την ηλικία άνω των 35 ετών αρκετοί συγγραφείς μελέτησαν τη σχέση των δύο αυτών παραμέτρων. Ο Laopaiboon και συν,¹⁴⁹ συμπέραναν ότι η μεγάλη ηλικία της εγκύου εκτός των άλλων επιπλοκών αυξάνει σαφώς την πιθανότητα για εισαγωγή ενός νεογνού στη MENN. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Haines και συν,¹²³ ενώ ο Omih και συν,¹⁵⁰ και ο Wang και συν,¹⁵¹ θεωρούν ότι η μητρική ηλικία είναι ανεξάρτητος προγνωστικός παράγοντας για επεμβατικό τοκετό αλλά όχι για την είσοδο του νεογνού στη MENN. Ο Lean και συν, έκαναν μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση, 63 μελετών κοόρτης και 12 απλών μελετών όπου και κατέδειξαν ότι η μητρική ηλικία σχετίζεται τόσο με αυξημένη πιθανότητα ενδομήτριου θανάτου όσο και με αυξημένη πιθανότητα εισόδου του νεογνού στη MENN.¹⁵²

Μία ακόμα αιτία η οποία σχετίζεται με την είσοδο ενός νεογνού στη MENN είναι η παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού. Το κεχρωσμένο αμνιακό υγρό αποτελεί μία ένδειξη σχετικής εμβρυικής δυσχέρειας και υπάρχουν μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που συσχετίζουν την παραμέτρο αυτή με το «καλώς έχειν» του εμβρύου. Ο Burgess και συν,¹⁵³ θεωρούν την παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού προγνωστικό παράγοντα εισόδου στη MENN. Ο Paz και συν,¹⁵⁴ θεωρούν ότι το κεχρωσμένο αμνιακό υγρό, «per se», σχετίζεται με δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα ιδίως όταν συνδυάζεται με μη καθησυχαστικό καρδιοτοκογράφημα. Με τον ίδιο συνδυασμό παραγόντων φαίνεται να συμφωνεί και ο Urbaniak και συνεργάτες.¹⁵⁵ Σε μία πρόσφατη αναδρομική μελέτη το 2019, ο Clapp και συν, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρώση του αμνιακού υγρού μαζί με άλλους παράγοντες (SGA, LGA, χοριοαμνιονίτιδα) αποτελεί προγνωστικό σημείο εισόδου στη MENN με λόγο πιθανοτήτων 1.96.¹⁵⁶ Άλλοι ερευνητές, θεωρούν επίσης ότι αν στην ηλικία της εγκύου προσθέσουμε την παράμετρο του κεχρωσμένου αμνιακού υγρού η πιθανότητα εισαγωγής αυξάνεται αισθητά.¹⁵⁷⁻¹⁵⁹

Επίσης, υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ εισαγωγής στη MENN και βαθμολόγησης Apgar και οριακά μη σημαντική διαφορά μεταξύ εισαγωγής στη MENN και pH ομφαλικών αγγείων. Όπως αναφέρουν ο Vahabi και συν,¹⁶⁰ η χρησιμότητα της

βαθμολόγησης Apgar αμέσως μετά τη γέννηση παραμένει εξίσου επίκαιρη και στη σύγχρονη νεογνική εξέταση, όσο και όταν ξεκίνησε για πρώτη φορά το 1952. Αρκετές μελέτες, παλαιότερες και νεώτερες επιβεβαιώνουν την αξιοπιστία της μεθόδου και η δική μας στατιστικά σημαντική συσχέτιση επιβεβαιώνει τις απόψεις των συγγραφέων και θεωρείται αναμενόμενη.¹⁶¹⁻¹⁶⁴

Η περιγεννητική παρακολούθηση της κατάστασης του εμβρύου αποτελεί κύριο μέλημα στην ειδικότητα της μαιευτικής. Στις κλασσικές μεθόδους παρακολούθησης του εμβρύου, η συνεχής καταγραφή του εμβρυικού καρδιακού ρυθμού με το καρδιοτοκογράφημα κατά τον τοκετό, αποτελεί την πρωταρχική, έμμεση ωστόσο μέθοδο παρακολούθησης του εμβρύου έτσι ώστε να διαγνωσθεί μία πιθανή εμβρυική δυσχέρεια και να αποφευχθεί η νεογνική ασφυξία, η οξέωση και άλλες επιπλοκές. Διάφορες μελέτες αναφέρουν την υψηλή ευαισθησία αλλά τη χαμηλή θετική προγνωστική αξία των καρδιοτοκογραφημάτων στην νεογνική οξέωση καθώς και την μεγάλη διακύμανση λαθών στις διαγνώσεις των intra και inter παρατηρητών.¹⁶⁵⁻¹⁶⁷

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Bernardes και Costa-Pereira σε μία μελέτη τους ζήτησαν από 17 ειδικούς να επανεκτιμήσουν 50 καρδιοτοκογραφήματα 1 μήνα μετά την αρχική διάγνωση και διαπιστώθηκε ότι το 20% άλλαξε την αρχική διάγνωση και το 25% διαφωνούσε με τα ευρήματα των άλλων συναδέλφων.¹⁶⁸ Επιπλέον στην γνωστή αμερικανική μελέτη του 1993, διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη της καρδιοτοκογραφίας στον τοκετό, οδήγησε σε αύξηση των καισαρικών τομών από 4.5% το 1965 στο 23.5% το 1991. Έχει υπολογισθεί ότι περίπου το 1/3 των καισαρικών πραγματοποιούνται λόγω της κλινικής ανησυχίας για εμβρυική υποξία.¹⁶⁹

Η λήψη εμβρυικού αίματος για τον προσδιορισμό του pH και των αερίων αίματος από το τριχωτό της κεφαλής, είναι μία επικουρική μέθοδος η οποία όμως είναι επεμβατική, σχετικά δύσκολη στην εφαρμογή της, με πιθανή καταπόνηση της επιτόκου και στιγμιαία παροχή δεδομένων για την κατάσταση οξυγόνωσης του εμβρύου, οπότε εκ των πραγμάτων επαναλαμβανόμενη ανά διαστήματα.

Στη συνεχή αναζήτηση επικουρικών της καρδιοτοκογραφίας μεθόδων ελέγχου πιθανής εμβρυικής δυσφορίας, προστέθηκαν και άλλες μέθοδοι επεμβατικές και μη. Στη μελέτη μας αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε δύο μη επεμβατικές μεθόδους, τη μέθοδο της παλμικής οξυμετρίας και την Doppler υπερηχογραφία με ιδιαίτερη έμφαση στη μέτρηση των δεικτών της ομφαλικής αρτηρίας, της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και στη μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας.

Η παλμική οξυμετρία είναι μία επικουρική μέθοδος καταγραφής του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου. Αποτελεί μία μη επεμβατική μέθοδο, η οποία δίνει πληροφορίες σε αληθή χρόνο για την κατάσταση του εμβρύου στον τοκετό, βοηθά στη δυνατότητα αξιολόγησης των ύποπτων καρδιοτοκογραφικών ευρημάτων και στην πιθανή μείωση των επεμβατικών τοκετών. Μελέτες σε ανθρώπους και ζώα έδειξαν ότι πτώση του εμβρυικού SpO_2 μπορεί να είναι μία πρόωμη ένδειξη εμβρυικής υποξίας και οξέωσης.¹⁷⁰

Η τοποθέτηση του αισθητήρα απαιτεί εκπαίδευση για μικρό χρονικό διάστημα. Ήταν άριστα ανεκτή από όλες τις επίτοκες της μελέτης αφού είχε προηγηθεί η κατάλληλη συμβουλευτική προσέγγιση. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε είχε πολύ καλά ποσοστά αντανάκλασης του σήματος υπάρχει όμως η δυνατότητα περαιτέρω εξέλιξης έτσι ώστε να μειωθεί περαιτέρω η απώλεια σήματος και να εφαρμόζει καλύτερα στην παρειά του εμβρύου. Στο 2^ο στάδιο του τοκετού η μετακίνηση της εμβρυικής κεφαλής καθώς και οι αλλαγές στη στάση της εγκύου προκαλούσαν δυσκολίες στην καταγραφή του κορεσμού οξυγόνου και artifact. Μερική καταγραφή του κορεσμού σε αυτή τη φάση σίγουρα δεν θεωρείται ιδιαίτερα ακριβής, όμως ακόμα και καταγραφή για μικρό χρονικό διάστημα μπορεί να προβλέψει το «καλώς έχειν» του εμβρύου με σχετική ακρίβεια.

Αρκετές μελέτες πραγματοποιήθηκαν για να ελέγξουν την ασφάλεια και την αξιοπιστία της οξυμετρίας. Σε καμμία από τις μελέτες όπου χρησιμοποιήθηκε το οξύμετρο δεν διαπιστώθηκε εμβρυική απώλεια. Ο Garite και συν,¹⁷¹ σε μία τυχαιοποιημένη μελέτη 1010 περιστατικών, παρατήρησαν μείωση του αριθμού των καισαρικών τομών σε περιπτώσεις μη καθησυχαστικών ή ύποπτων καρδιοτοκογραφημάτων αλλά το συνολικό ποσοστό καισαρικών δεν μειώθηκε. Η Kuhner και συν, έδειξαν ότι όταν στον συνδυασμό καρδιοτοκογραφίας και λήψης εμβρυικού αίματος προστεθεί η παλμική οξυμετρία το ποσοστό των KT μειώνεται κατά 50%.¹⁷²

Ο Carbonne και συν, έδειξαν με τη βοήθεια του οξύμετρου ότι το κεχρωσμένο αμνιακό υγρό σχετίζεται περισσότερο με υποξαιμία παρά με οξέωση.¹⁷³

Ο Caliskan και συν,¹⁷⁴ σε μία μελέτη όπου γινόταν πρόκληση τοκετού με μισοπροστόλη χρησιμοποίησαν το συνδυασμό καρδιοτοκογραφίας και διαλείπουσας χρήσης του οξύμετρου και διαπίστωσαν στατιστικά σημαντική μείωση των KT που πραγματοποιούνταν λόγω μη καθησυχαστικού NST. Η East και συν, σε μία πολυκεντρική μελέτη (FOREMOST trial) συμπέραναν ότι η οξυμετρία στον τοκετό μείωσε σημαντικά το ποσοστό επεμβατικών τοκετών στις περιπτώσεις ύποπτων ή μη καθησυχαστικών καρδιοτοκογραφημάτων. Στην ίδια πολυκεντρική μελέτη σε μία μετα-ανάλυση πέντε μελετών διαπιστώθηκε ότι όταν η οξυμετρία προστέθηκε στην καρδιοτοκογραφία υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση του ποσοστού των KT στην περίπτωση μη καθησυχαστικού ή ύποπτου NST, το συνολικό όμως

ποσοστό KT δεν μειώθηκε κυρίως λόγω άλλων αιτιών και κυρίως λόγω δυσαναλογίας.¹⁰⁹ Παρόμοια άποψη φαίνεται να έχει και ο Dildy, ο οποίος σε άρθρο του αναφέρει ότι αν και η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου είναι αξιόπιστη και ακριβής με την τεχνολογία που μας παρέχεται, το ποσοστό των KT δεν μειώθηκε συνολικά.¹⁷⁵

Οι αρχικές μελέτες για την παλμική οξυμετρία είχαν σαν στόχο να διαπιστώσουν αν η προσθήκη της οξυμετρίας στον τοκετό θα μείωνε τα ποσοστά των καισαρικών τομών. Στη μελέτη μας, το ποσοστό των επεμβάσεων στον τοκετό ήταν 33.92% αλλά το ποσοστό των καισαρικών τιμών ήταν 22,02% ποσοστό που θεωρείται αποδεκτό, ενώ δεν υπήρξε καμία εμβρυική απώλεια. Η κυριότερη αιτία KT ήταν και στη δική μας μελέτη η δυσαναλογία.

Ο στόχος όμως της έρευνάς μας ήταν να διερευνήσουμε τη σχέση της οξυμετρίας με την κατάσταση του εμβρύου, δηλαδή αν προσθέτοντας την παλμική οξυμετρία στην καρδιοτοκογραφία θα επιβεβαιώναμε με θετικότερο και ασφαλέστερο τρόπο το «καλώς έχειν» του εμβρύου και κατ' επέκταση την γέννηση ενός υγιούς νεογνού.

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκαν μελέτες και προς αυτή την κατεύθυνση. Ο Nonnenmacher και συν, μελέτησαν την προγνωστική αξία της οξυμετρίας και διαπίστωσαν ότι κορεσμός οξυγόνου $< 30\%$ για περισσότερο από 10 λεπτά σε ύποπτα καρδιοτοκογραφήματα σχετίζεται με σοβαρή εμβρυική οξέωση.¹⁷⁶ Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγουν και ο Seelbach και συν, σε μία πολυκεντρική μελέτη που διεξήχθη στη Γερμανία όσον αφορά το κριτικό όριο του 30% και την εμβρυική οξέωση.¹⁷⁷

Ομοίως θετικά αποτελέσματα με την μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου στον τοκετό διαπίστωσαν ο Leszczynska-Gorzela και συν,¹⁷⁸ καθώς και ο MacNamara και συνεργάτες.¹⁷⁹ Με τη χρησιμότητα της παλμικής οξυμετρίας στον τοκετό θα συμφωνήσει επίσης και μία μελέτη του Uslu και συν, όπου σε 129 νεογνά, η ομάδα νεογνών που είχε χαμηλό κορεσμό οξυγόνου στην παλμική οξυμετρία κατά τον τοκετό χρειάστηκε πολύ μεγαλύτερο χρόνο ανάνηψης καθώς και περισσότερο χρόνο για να φτάσει σε ικανοποιητικό επίπεδο κορεσμού, δηλαδή $> 90\%$.¹⁸⁰ Ακόμα, ο Chauhan και συν, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι αν διαφοροποιηθεί η βαθμολόγηση Apgar και η εκτίμηση του χρώματος του νεογνού αντικατασταθεί από με την παλμική οξυμετρία η εκτίμηση της κατάστασης του νεογνού γίνεται πιο αξιόπιστη.¹⁸¹

Αντίθετα, ο Alshimmiri και συν, θεωρούν ότι η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου στον τοκετό δεν έχει προγνωστική αξία όσον αφορά την μεταβολική οξέωση.¹⁸² Ο Schmidt και συν,¹⁸³ μελέτησαν 128 περιπτώσεις όπου το καρδιοτοκογράφημα ήταν μη καθησυχαστικό και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η οξυμετρία δεν μπόρεσε να προβλέψει ικανοποιητικά την εμβρυική δυσχέρεια και το κακό περιγεννητικό αποτέλεσμα, ενώ ο Rijnders και συν αναφέρουν

ότι η παλμική οξυμετρία βοήθησε στη διάγνωση μόνο σε μία από τις τέσσερις περιπτώσεις εμβρυικής δυσχέρειας.¹⁸⁴ Στην εργασία μας, διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος αυτή αποδείχτηκε ανώδυνη, ακίνδυνη για το έμβρυο και απόλυτα ανεκτή από την έγκυο. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η προσθήκη της παλμικής οξυμετρίας στην καρδιοτοκογραφία μπορεί να εφησυχάσει ή να κινητοποιήσει έγκαιρα τον Μαιευτήρα σε περιπτώσεις ύποπτων ή μη καθησυχαστικών καρδιοτοκογραφημάτων.

Η δεύτερη μη επεμβατική μέθοδος που επιλέξαμε για τη μελέτη μας είναι η Doppler υπερηχογραφία. Με τη μέθοδο αυτή ελέγχουμε τη ροομετρία συγκεκριμένων αρτηριών όπως την ομφαλική και τη μέση εγκεφαλική αρτηρία. Ο έλεγχος της αιματικής ροής αποτελεί μία σύγχρονη τεχνική ελέγχου της αιμοδυναμικής κατάστασης του εμβρύου τόσο στις φυσιολογικές όσο και στις επιπλεγμένες κήσεις. Η ομφαλική αρτηρία αντικατοπτρίζει τις διαφορετικές ταχύτητες ροής που παρατηρούνται σε κάθε εμβρυικό καρδιακό παλμό και ο δείκτης παλμικότητας (UA PI) σχετίζεται κυρίως με την πλακουντιακή δυσλειτουργία. Με την πρόοδο της εγκυμοσύνης παρατηρείται αύξηση της τελοδιαστολικής ροής του αίματος ενώ η μείωση της ροής ή η ανάστροφη ροή κατά τη διαστολή υποδηλώνουν πλακουντιακή δυσλειτουργία. Η μέση εγκεφαλική αρτηρία χρησιμεύει για την αξιολόγηση της γενικής κατάστασης του εμβρύου σε παθολογικές καταστάσεις, όπως στην αναιμία και στη Rh ευαισθητοποίηση, στα έμβρυα υπολειπόμενης ανάπτυξης αλλά και στα έμβρυα με φυσιολογική ανάπτυξη. Ο δείκτης παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI) είναι μία σημαντική παράμετρος για την εκτίμηση της ροής στη μέση εγκεφαλική αρτηρία. Ο υπολογισμός της γίνεται αφαιρώντας από την τελοδιαστολική ταχύτητα (EDV) τη μέγιστη συστολική ταχύτητα (PSV) και διαιρώντας με τη μέση χρονική ταχύτητα (TAV) με βάση τον τύπο

$$PI = (PSV - EDV) / TAV$$

Η μέση εγκεφαλική αρτηρία φυσιολογικά έχει υψηλές τιμές. Χαμηλό PI υποδηλώνει ανακατανομή της καρδιακής παροχής προς τον εγκέφαλο με βάση τη θεωρία «brain spair effect».

Η Εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία (ΕΠΑ) ή Cerebroplacental ration (CPR), είναι μία χρήσιμη υπερηχογραφική μέτρηση για την πρόγνωση ενός δυσμενούς περιγεννητικού αποτελέσματος τόσο στα έμβρυα υπολειπόμενης ανάπτυξης (small for gestational age – SGA), όσο και στα έμβρυα με φυσιολογική ανάπτυξη (appropriate for gestational age - AGA). Μη φυσιολογική ΕΠΑ έχει συσχετιστεί με εμβρυικό στρες, αυξημένο ποσοστό επείγουσας καισαρικής τομής, νοσηλεία στη ΜΕΝΝ και νευρολογικές επιπλοκές. Η μέτρηση της ΕΠΑ πραγματοποιείται διαιρώντας το PI της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας με το PI της ομφαλικής αρτηρίας.

$$\text{CPR} = \text{MCA PI} / \text{UA PI}$$

Ο δείκτης αυτός μπορεί να υποδηλώσει αυξημένες πλακουντιακές αντιστάσεις αλλά και μείωση της αντίστασης στα αγγεία του εγκεφάλου. Η εμβρυική εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία αυξάνεται βαθμιαία μέχρι την 34^η εβδομάδα κύησης όπου και σταδιακά και βαθμιαία μειώνεται μέχρι τη γέννηση.¹⁸⁵

Μη φυσιολογικές τιμές της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας μπορεί να οφείλονται σε:

- Φυσιολογικές τιμές MCA PI και παθολογικές τιμές UA PI
- Παθολογικές τιμές MCA PI και φυσιολογικές τιμές UA PI
- Παθολογικές τιμές MCA PI και παθολογικές τιμές UA PI

Είναι προφανές ότι τόσο για φυσιολογικές όσο και για παθολογικές καταστάσεις, πρέπει να εκτιμηθεί όχι μόνο η μέτρηση του PI της ομφαλικής αρτηρίας αλλά και το PI της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.

Οι επιπλοκές κατά την διάρκεια του τοκετού ευθύνονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό για ένα δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα όπως ο εμβρυικός θάνατος, η εγκεφαλική υποξαιμία ή ισχαιμία και η επακόλουθη αναπηρία.¹⁸⁶ Παγκοσμίως, στις υποανάπτυκτες ή στις μετρίως αναπτυγμένες χώρες το 45% των εμβρυικών θανάτων (περίπου 1.3 εκατομμύρια / χρόνο) προκύπτουν κατά την περιγεννητική περίοδο. Επιπροσθέτως, την ίδια περίοδο αυξάνεται και η περιγεννητική νοσηρότητα, όπως η νεογνική εγκεφαλοπάθεια, το σύνδρομο αναπνευστικής δυσχέρειας, η οξέωση και η εισαγωγή στην μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών.¹⁸⁷

Σε ένα ποσοστό τελειόμηνων εμβρύων η υποξία και η εν γένει εμβρυική δυσχέρεια μπορεί να είναι το αποτέλεσμα οξέων και απρόβλεπτων μαιευτικών επιπλοκών όπως η αποκόλληση πλακούντα, η πρόπτωση ομφαλίδας και η ρήξη της μήτρας. Οι περισσότερες όμως περιπτώσεις, οφείλονται κυρίως στη σταδιακή μείωση της ικανότητας του εμβρύου να ανταπεξέλθει στη «στρεσογόνο» διαδικασία του τοκετού. Θεωρείται πολύ πιθανό τα έμβρυα αυτά να διαθέτουν μειωμένο «εμβρυοπλακουντιακό δυναμικό» πριν την έναρξη των συσπάσεων της μήτρας και των ωδινών. Αυτή η υποβόσκουσα κατάσταση η οποία προκαλεί την πλακουντιακή δυσλειτουργία δεν έχει γίνει ακόμα πλήρως κατανοητή αλλά θεωρείται ότι σχετίζεται με υπολειπόμενη εμβρυική ανάπτυξη.¹⁸⁸⁻¹⁹⁰

Κατά τη διάρκεια του τοκετού οι ωδίνες της μήτρας επιδρούν στη αιμάτωση της μήτρας και μειώνουν τη ροή στις μητριαίες αρτηρίες και κατ'επέκταση την οξυγόνωση του πλακούντα και του εμβρύου. Η κατάσταση αυτή μπορεί δυνητικά να μειώσει την παροχή οξυγόνου προς το έμβρυο το οποίο κατά τη διάρκεια των συσπάσεων αναγκάζεται να προβεί σε ανακατανομή της εγκεφαλικής κυκλοφορίας η οποία εκδηλώνεται με μείωση του δείκτη παλμικότητας της

μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI). Μερικοί συγγραφείς υποστηρίζουν ότι μερική αύξηση της πίεσης στη μήτρα μόλις κατά 35 mm Hg στη διάρκεια μιας σύσπασης είναι ικανή να μειώσει δραματικά τη ροή στη μητριαία αρτηρία και τη διαστολική ταχύτητα με αποτέλεσμα τη μείωση της πλακουντιακής παροχής. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι οι συσπάσεις της μήτρας στον τοκετό σχετίζονται με μείωση στην αιματική ροή του πλακούντα έως 60% αλλά τα περισσότερα έμβρυα μπορούν να ανταπεξέλθουν στη μείωση αυτή ενώ αυτά που δεν μπορούν διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο για περιγεννητική ασφυξία.¹⁹¹

Είναι γνωστό ότι τα έμβρυα υπολειπόμενης ανάπτυξης (SGA) έχουν αυξημένο κίνδυνο για επιπλοκές στον τοκετό, αλλά νεώτερα δεδομένα θεωρούν ότι το ίδιο μπορεί να συμβεί και σε έμβρυα τα οποία έχουν εμφανώς φυσιολογικό μέγεθος και βάρος (AGA). Αυτά τα έμβρυα εμφανίζουν ανακατανομή του αίματος στον εγκέφαλο παρόμοια με αυτή που εμφανίζεται στα έμβρυα υπολειπόμενης ανάπτυξης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι σε μία μελέτη διαπιστώθηκε ότι το 63% των εμβρύων που υποβλήθηκαν σε έντονο στρες στον τοκετό και τελικά υπέστησαν μειωμένη παροχή οξυγόνου με αποτέλεσμα να εμφανίσουν εμβρυική δυσχέρεια δεν είχαν κάποιο εμφανή παράγοντα κινδύνου.^{192,193}

Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι σε μερικά τελειόμηνα έμβρυα με υπολειπόμενη ανάπτυξη αν και ο δείκτης παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας (UA PI) είναι φυσιολογικός, ο δείκτης παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI) είναι μειωμένος και αυτό συνδέεται με ένα δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα και νευροαναπτυξιακές διαταραχές.¹⁹⁴ Στις περιπτώσεις αυτές, έχει ιδιαίτερη σημασία η μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής ανακατανομής του αίματος η οποία αντιπροσωπεύεται από τη χαμηλή μέτρηση της ΕΠΑ. Η χαμηλή ΕΠΑ σχετίζεται με επεμβατικό τοκετό, χαμηλό βάρος γέννησης, είσοδο στη MENN, κερωσμένο αμνιακό υγρό, μη καθησυχαστικό καρδιοτοκογράφημα, χαμηλή βαθμολόγηση Apgar, οξέωση και αυξημένη περιγεννητική θνησιμότητα.^{195,196} Επίσης, μία χαμηλή μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας δείχνει να σχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα ενδομήτριου θανάτου ανεξάρτητα από την εβδομάδα κύησης ή από το βάρος του εμβρύου.¹⁹⁷

Ο Sirico και συν, μελέτησαν 3016 κυήσεις χαμηλού κινδύνου και 499 κυήσεις υψηλού κινδύνου εξετάζοντας τα Doppler μετά τις 30 εβδομάδες και διαχώρισαν τις έγκυες σε 3 ομάδες ανάλογα με το βάρος του εμβρύου. Η πρώτη ομάδα αποτελείτο από τα έμβρυα με υπολειπόμενη ανάπτυξη, η δεύτερη από τα έμβρυα με κανονικό βάρος και η τρίτη από τα έμβρυα με μεγάλο βάρος για την ηλικία κύησης. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας και της καταγραφής παθολογικού καρδιοτοκογραφήματος, χαμηλού pH της ομφαλικής αρτηρίας και

χαμηλής βαθμολογίας Apgar. Επίσης διαπίστωσαν ότι η ΕΠΑ έχει θετική συσχέτιση με το εμβρυικό βάρος και επομένως οι μετρήσεις της θα πρέπει να προσαρμόζονται με βάση της καμπύλες εμβρυικού βάρους.¹⁹⁸

Ο Akolekar και συν, θεωρούν ότι στη μέτρηση του PI της ομφαλικής αρτηρίας, της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και άλλες μεταβλητές όπως το βάρος της εγκύου, το ύψος, η φυλή, το κάπνισμα, το ιστορικό χρόνιας υπέρτασης, ο σακχαρώδης διαβήτης, ο συστηματικός ερυθματώδης λύκος, ή το αντιφωσφολιπιδικό σύνδρομο, η υποβοηθούμενη αναπαραγωγή και ο αριθμός των τόκων. Στη μελέτη του αυτή, διαπίστωσε αφενός, ότι το PI της ομφαλικής και της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας μειώνεται με την ηλικία κύησης, αφετέρου ότι στις πολυτόκες το MCA PI είναι αυξημένο και το UA PI είναι μειωμένο σε σχέση με τις πρωτοτόκες. Επίσης διαπίστωσε ότι το UA PI είναι αυξημένο στις καπνίστριες όχι όμως το MCA PI. Ακόμα διαπίστωσε ότι το UA PI είναι μειωμένο στην αφρικανική φυλή σε σχέση με τη λευκή φυλή αλλά όχι το MCA PI.¹⁹⁹

Ο Binder και συν, σε μία αναδρομική μελέτη 8 ετών εξέτασαν 4500 μονήρεις κύήσεις στις οποίες τα έμβρυα παρουσίασαν μειωμένες εμβρυικές κινήσεις μετά τις 36 εβδομάδες μελετώντας ταυτόχρονα και την ΕΠΑ. Συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου η ομάδα εγκύων με μειωμένες εμβρυικές κινήσεις είχε χαμηλότερη MCA PI. Επίσης η υποομάδα που είχε περισσότερα από δύο επεισόδια μειωμένων εμβρυικών κινήσεων είχε χαμηλότερες τιμές MCA PI σε σχέση με τις έγκυες που είχαν ένα μόνο επεισόδιο.²⁰⁰

Ο Rial-Crestelo και συν, μελέτησαν την ΕΠΑ και τα Doppler των μητριάων αρτηριών στον υπερηχογραφικό έλεγχο ρουτίνας του 3^{ου} τριμήνου (32-34+6 εβδ) σε ένα τυχαίο πληθυσμό. Σε αυτή τη προοπτική μελέτη κοόρτης συγκεντρώθηκαν 1030 έγκυες, όπου διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη στα επιδημιολογικά χαρακτηριστικά και στο υπολογιζόμενο εμβρυικό βάρος (Estimated Fetal Weight - EFW) της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας και των Doppler των μητριάων αρτηριών βελτίωσε οριακά τη ανίχνευση των εμβρύων υπολειπόμενης ανάπτυξης.²⁰¹

Η Turner και συν, μελέτησαν 4737 γυναίκες εκ των οποίων 2333 ήταν πρωτοτόκες και 2404 ήταν πολυτόκες. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι η 10^η εκατοστιαία θέση της ΕΠΑ είναι διαφορετική ανάλογα με την εβδομάδα κύησης με τις πολυτόκες να έχουν χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις πρωτοτόκες. Επίσης, οι πολυτόκες με ΕΠΑ < 10^η εκατοστιαία θέση εμφανίζουν πιο συχνά δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα σε σχέση με τις πρωτοτόκες, ενώ ΕΠΑ > 10^η εκατοστιαία θέση φαίνεται να είναι προστατευτική. Μία χαμηλή τιμή ΕΠΑ είναι ένδειξη ανακατανομής στην αιματική ροή του εγκεφάλου η οποία λειτουργεί προσαρμοστικά

στη εμβρυική κυκλοφορία σαν απάντηση στη πλακουντιακή δυσλειτουργία. Στις πολυτόκες, η ενδοαγγειακή τροφοβλαστική διήθηση είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στις πρωτοτόκες οι οποίες έχουν «φτωχότερη» πλακουντοποίηση και θεωρείται ότι στις πολυτόκες υπάρχουν μόνιμες αλλαγές στην αρχιτεκτονική των σπειροειδών αρτηριών κατά την πρώτη κύηση αλλάζοντας την αγγειακή σύσταση στις επόμενες εγκυμοσύνες. Με βάση την άποψη αυτή, οι πολυτόκες έχουν λιγότερες πιθανότητες να έχουν πλακουντιακή δυσλειτουργία και για αυτό έχουν υψηλότερη ΕΠΑ.²⁰²

Ο Palacio και συν, μελέτησαν το δείκτη παλμικότητας της ομφαλικής και της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και την εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία από έγκυες ευρισκόμενες σε παράταση κύησης, από τις 41 έως τις 42+6 εβδομάδες. Στη μελέτη αυτή, παρατηρήθηκε ότι η μη φυσιολογική κυματομορφή στα Doppler της ομφαλικής αρτηρίας δεν έχει ιδιαίτερη προγνωστική αξία όσον αφορά την εμβρυική ασφυξία, όπως επίσης ότι η γήρανση του πλακούντα δεν αλλοιώνει την εμβρυική αιματική ροή. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ο έλεγχος της ροής στην ομφαλική αρτηρία και έτσι εμμέσως ο έλεγχος της λειτουργίας του πλακούντα δεν αντανακλά πάντα την εμβρυική κατάσταση. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι σημαντικές παθολογικές καταστάσεις όπως απουσία ή αναστροφή της τελοδιαστολικής ροής σχετίζονται με πτωχό περιγεννητικό αποτέλεσμα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ΕΠΑ προσφέρει το πλεονέκτημα της διαπίστωσης ανακατανομής του αίματος με δύο πιθανούς μηχανισμούς: την αύξηση της αντίστασης διαμέσου του πλακούντα ή τη μείωση της ροής αίματος στον εγκέφαλο με βάση το φαινόμενο “brain-sparing”. Ο Palacio, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας σε παράταση κύησης μπορεί να βοηθήσει στην κλινική πράξη ώστε να αποφασιστεί σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να τηρηθεί στάση αναμονής και σε ποιες περιπτώσεις πρέπει να επιχειρηθεί πρόκληση τοκετού.²⁰³ Ο Devine και συν, σε ένα μικρό δείγμα εγκύων σε παράταση κύησης θεωρούν ότι το ακριβέστερο προγνωστικό όριο σε μη επιπλεγμένες παρατάσεις κύησης για ένα δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα είναι το όριο του 1.05.²⁰⁴

Σε μία μελέτη εμβρύων προβάτων τα οποία αναπτύσσονταν φυσιολογικά διαπιστώθηκε ότι σε περίπτωση αιφνίδιας υποβολής σε υποξία, η ΕΠΑ ήταν η σημαντικότερη αιμοδυναμική παράμετρος η οποία παρακολουθούσε με ακρίβεια της αλλαγές του pO_2 .²⁰⁵ Με βάση τη μελέτη αυτή, η Khalil και συν, μελέτησαν την αξία της ΕΠΑ σε συνδυασμό με τα Doppler των μητριάων αρτηριών και το υπολογιζόμενο εμβρυικό βάρος στο 3^ο τρίμηνο της κύησης. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η ΕΠΑ αποτελεί ανεξάρτητο ισχυρό προγνωστικό παράγοντα για πτωχό περιγεννητικό αποτέλεσμα, ενώ ο συνδυασμός των τριών αυτών παραμέτρων διέγνωσε επιτυχώς το 92.1% των κύσεων που επεπλάκησαν με ενδομήτριο

θάνατο και το 85.6% των περιγεννητικών απωλειών. Έτσι, η χαμηλή τιμή της ΕΠΑ, αντιστοιχεί σε εμβρυική υποξαιμία και συσχετίζεται με πλακουντιακή δυσλειτουργία και υπολειπόμενη εμβρυική ανάπτυξη. Στη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι ανεξήγητη πλακουντιακή δυσλειτουργία μπορεί να παρατηρηθεί και σε έμβρυα με φυσιολογική ανάπτυξη, ανεξαρτήτως μεγέθους με αποτέλεσμα την εμβρυική δυσχέρεια και την ανάγκη για επεμβατικό τοκετό. Η συγγραφέας, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όταν παρατηρούνται παθολογικά Doppler μητριάων αρτηριών και χαμηλή τιμή της ΕΠΑ στο 3^ο τρίμηνο της κύησης ανεξάρτητα από το βάρος-μέγεθος του εμβρύου τότε υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για ενδομήτριο θάνατο και δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα.¹⁹⁷

Ο Stumpfe και συν, σε μία αναδρομική μελέτη το 2019, εξέτασαν 1008 έμβρυα με φυσιολογική ανάπτυξη χωρίς επιπλοκές. Μελέτησαν την ομφαλική και τη μέση εγκεφαλική αρτηρία, την εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία και τη μικροδιακύμανση (STV) στη υπολογιστική καρδιοτοκογραφία. Οι μετρήσεις έγιναν πριν από την ενεργό φάση του τοκετού (διαστολή < 4 εκ) και σε χρονικό διάστημα 72 ωρών πριν τον τοκετό. Το συμπέρασμα της μελέτης έδειξε ότι σε τελειόμehνα έμβρυα χαμηλού κινδύνου, οι δείκτες Doppler εμφανίζουν μέτρια συσχέτιση με την πιθανότητα ενός δυσμενούς περιγεννητικού αποτελέσματος αλλά όχι και η μικροδιακύμανση του καρδιοτοκογραφήματος.²⁰⁶

Σε μία άλλη πρόσφατη προοπτική μελέτη εξετάστηκαν 1902 κυήσεις οι οποίες υποβλήθηκαν σε πρόκληση τοκετού μετά την 37^η εβδομάδα κύησης. Αξιολογήθηκαν οι δείκτες Doppler της ομφαλικής αρτηρίας, της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας και η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι χαμηλή ΕΠΑ, 24 ώρες πριν τον τοκετό σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καισαρικών τομών λόγω εμβρυικής δυσχέρειας αλλά και με δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα αλλά η συνολική απόδοση της ΕΠΑ είναι μάλλον πτωχή.²⁰⁷

Ο Vollfraff, έκανε μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 128 μελετών οι οποίες συμπεριέλαβαν 47748 έγκυες. Στην ανασκόπηση αυτή διαπιστώθηκε ότι αρκετές μελέτες δεν ήταν αμερόληπτες και ότι υπήρχαν αποκλίσεις στη ευαισθησία και την ειδικότητα. Ο συγγραφέας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ΕΠΑ υπερσχύει των Doppler της ομφαλικής αρτηρίας και προσθέτει διαγνωστική αξία στη πρόγνωση δυσμενούς περιγεννητικού αποτελέσματος αν και δεν διευκρινίζεται με ακρίβεια για ποια υποομάδα εγκύων γυναικών ισχύει αυτό.²⁰⁸

Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να υπάρχει μία υποστροφή στην οργάνωση τυχαιοποιημένων και μη μελετών όσον αφορά τη διαπίστωση του «καλώς έχειν» του εμβρύου με διάφορες μεθόδους και τα αποτελέσματα εξακολουθούν να παραμένουν αντιφατικά.

Για την καρδιοτοκογραφία που αποτελεί τον πυλώνα της εμβρυικής παρακολούθησης, σε μια ανασκόπηση 13 μελετών το 2017 οι οποίες συμπεριέλαβαν 37000 γυναίκες οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η συνεχής καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση στον τοκετό σχετίζεται με μείωση των νεογνικών σπασμών αλλά όχι με μείωση των ποσοστών εγκεφαλικής παράλυσης και νεογνικής θνησιμότητας. Επίσης, συσχετίζεται με αύξηση των επεμβατικών τοκετών αλλά και των καισαρικών τομών.²⁰⁹ Μία λύση που προτάθηκε για την ερμηνεία του καρδιοτοκογραφήματος υπήρξε η ανάπτυξη της ψηφιακής υπολογιστικής καρδιοτοκογραφίας όμως και η προσθήκη των υπολογιστών στην καρδιοτοκογραφία δεν έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα.²¹⁰ Επίσης, σε δύο άλλες μελέτες το 2017 και το 2019, διαπιστώθηκε ότι τόσο η διαλείπουσα ακρόαση των εμβρυικών καρδιακών παλμών όσο και το καρδιοτοκογράφημα ελέγχου-εισαγωγής δεν είχαν κάποιο ευργετικό αποτέλεσμα στη μείωση των επεμβατικών τοκετών και στη νεογνική θνησιμότητα. Ειδικότερα για το καρδιοτοκογράφημα εισαγωγής αναφέρεται αύξηση των καισαρικών τομών κατά 20%.^{211,212}

Ομοίως, και στη παλμική οξύμετρία υπήρξαν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Στις διάφορες μελέτες υπήρξαν διαφορετικές απόψεις για τον ουδό κορεσμού αν και με κορεσμό οξυγόνου > 30% η περίπτωση εμβρυικής οξέωσης θεωρείται σπάνια. Σε διάφορες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά πρόσφατα, υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση των καισαρικών τομών λόγω «μη καθησυχαστικού» καρδιοτοκογραφήματος. Όμως η προσθήκη της παλμικής οξύμετρίας στην καρδιοτοκογραφία δεν μπόρεσε να μειώσει το συνολικό ποσοστό καισαρικών τομών αν και η μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου του εμβρύου γινόταν με απόλυτη αξιοπιστία. Στα τέλη του 2018, στα πλαίσια της συνεχούς τεχνολογικής εξέλιξης παρουσιάστηκε μία νέα συσκευή στην οποία ο αισθητήρας του οξύμετρου εφαρμόζεται στο δάκτυλο του εξεταστή και η μέτρηση γίνεται κατά την γυναικολογική εξέταση. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μετρηθεί ο κορεσμός οξυγόνου με απόλυτη αξιοπιστία ενώ εξαλείφονται οι τυχόν αστοχίες.²¹³

Στη Doppler υπερηχογραφία αρκετοί συγγραφείς θεωρούν ότι η εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία είναι ένας ανεξάρτητος προγνωστικός παράγοντας εμβρυικής δυσχέρειας, μειωμένου νεογνικού pH και μειωμένης οξεοβασικής ισορροπίας στον τοκετό καθώς και αυξημένης πιθανότητας εισαγωγής στη μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών. Επιπλέον, η χαμηλή τιμή της ΕΠΑ πιθανόν να αντανakλά μία αποτυχία του εμβρύου να φτάσει τη γενετικά προγραμματισμένη ανάπτυξή του στο τέλος της κύησης μολονότι το βάρος του μπορεί να βρίσκεται εντός φυσιολογικών ορίων.²¹⁴⁻²²⁰

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη περίοδο που διανύουμε, αν και η πρόοδος της τεχνολογίας υπήρξε ραγδαία καμία μέθοδος από μόνη της δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι απολύτως αποτελεσματική για την αξιολόγηση του «καλώς έχειν» του εμβρύου στον τοκετό και γι' αυτό όπου είναι εφικτό χρησιμοποιείται συνδυασμός νέων μεθόδων και τεχνολογιών για την ασφαλή αποπεράτωση του τοκετού.

Οι δύο μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στη μελέτη μας είναι μη επεμβατικές αλλά διαφέρουν μεταξύ τους. Η παλμική οξυμετρία απαιτεί την είσοδο ενός αισθητήρα διαμέσω του κόλπου και του τραχήλου στη μήτρα ο οποίος εφάπτεται του δέρματος και καταγράφει τον κορεσμό οξυγόνου του εμβρύου σε πραγματικό χρόνο στον τοκετό. Η Doppler υπερηχογραφία αποτελεί πλέον μία εξέταση ρουτίνας και μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για το «δυναμικό» του εμβρύου και την «αντοχή» του στον επερχόμενο τοκετό. Γενικά, η χρήση μιας οποιασδήποτε συμπληρωματικής μεθόδου ελέγχου του εμβρύου εξαρτάται από την εκπαίδευση του ιατρού και τις τεχνολογικές δυνατότητες του εκάστοτε ιδρύματος. Στην εργασία μας έγινε ανασκόπηση, μελέτη και σύγκριση των παραμέτρων που αναφέρθηκαν και των παλαιότερων και νεότερων μεθόδων και καταλήξαμε στα εξής γενικά συμπεράσματα που αφορούν ένα δείγμα του ελληνικού πληθυσμού:

- Ο αριθμός των τόκων σχετίζεται με το είδος του τοκετού αλλά δεν συσχετίζεται με την πιθανότητα αυτόματης ή τεχνητής ρήξης του θυλακίου ή με την πιθανότητα παρουσίας διανυγούς ή κεχρωσμένου αμνιακού υγρού.
- Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας της εγκύου και του είδους του τοκετού. Όσο μεγαλώνει η ηλικία της επιτόκου τόσο αυξάνεται η πιθανότητα καισαρικής τομής. Επίσης, όσο μικρότερη είναι η ηλικία της επιτόκου, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα χρήσης της αναρροφητικής εμβρυουλκίας.
- Για την εισαγωγή ενός νεογνού στη MENN σημαντικοί προγνωστικοί παράγοντες αποτελούν, η ηλικία της επιτόκου, η βαθμολόγηση Apgar και η χρώση του αμνιακού υγρού.
- Το καρδιοτοκογράφημα ηρεμίας συσχετίζεται με το είδος του τοκετού. Το ΚΤΓ ηρεμίας χαρακτηρίστηκε ως μη καθησυχαστικό σε σημαντικά περισσότερες περιπτώσεις στις επίτοκες που υποβλήθηκαν τελικά σε επεμβατικό τοκετό (καισαρική τομή και αναρροφητική εμβρυουλκία). Αντίθετα, αυτό δεν παρατηρήθηκε σε καμία περίπτωση στους φυσιολογικούς τοκετούς.

- Διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του pH και των μετρήσεων κατά Apgar στο 1^ο λεπτό μετά τον τοκετό καθώς επίσης σημαντική θετική συσχέτιση και μεταξύ pH και Apgar στο 5^ο λεπτό. Επίσης υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ pH και Apgar στο 5^ο λεπτό με μεταβλητή ελέγχου τη μέτρηση Apgar στο 1^ο λεπτό που σημαίνει ότι η συσχέτιση μεταξύ pH και Apgar 5 επηρεάζεται από την Apgar 1, γεγονός αναμενόμενο αφού η κατάσταση του νεογνού στο πρώτο λεπτό είναι καθοριστική και βεβαίως όχι πάντα αναστρέψιμη.
- Η παλμική οξυμετρία, όταν προστέθηκε στην καρδιοτοκογραφία, δεν υπήρξε καθοριστική για το είδος του τοκετού φυσιολογικού ή επεμβατικού, αλλά οι χαμηλές τιμές κορεσμού οξυγόνου, συσχετίστηκαν με την παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού, με χαμηλό pH, με χαμηλότερες τιμές βαθμολόγησης Apgar, με την εισαγωγή των νεογνών στη MENN, παράμετροι που είναι ενδεικτικές εμβρυικής δυσχέρειας
- Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας (CPR) από το 3^ο τρίμηνο έως τον τοκετό της τάξης του 0.25.
- Δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο μετρήσεων δηλαδή της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας 3^{ου} τριμήνου (CPR₁) και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού (CPR₂) γεγονός που σημαίνει ότι η τιμή CPR του 3^{ου} τριμήνου δεν μπορεί να «προβλέψει» την τιμή CPR του τοκετού.
- Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας 3^{ου} τριμήνου (CPR₁) και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού (CPR₂) με τη βαθμολόγηση Apgar και το pH του εμβρυικού αίματος από την ομφαλική αρτηρία.
- Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας τόσο στο 3^ο τρίμηνο όσο και στον τοκετό και της εισαγωγής στη μονάδα εντατικής νοσηλείας νεογνών (MENN). Και στις δύο κατηγορίες τα παιδιά που εισήχθησαν στη MENN είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από αυτά που δεν εισήχθησαν. Η διαφορά που εντοπίζεται είναι μεγαλύτερη και πιο ξεκάθαρη για τις μετρήσεις που αφορούν το υπερηχογράφημα προ του τοκετού.
- Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς αφενός της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας 3^{ου} τριμήνου και της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού, δηλαδή του CPR diff και αφετέρου την είσοδο του νεογνού στη MENN.

- Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του PI της ομφαλικής αρτηρίας τόσο στο 3^ο τρίμηνο όσο και στον τοκετό με τη χρώση του αμνιακού υγρού. Και στις δύο κατηγορίες τα νεογνά που είχαν κεχρωσμένο αμνιακό υγρό είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από αυτά που είχαν διαυγές.
- Από την ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι παρατηρείται στατιστικά σημαντική σχέση τόσο μεταξύ της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας 3^{ου} τριμήνου (CPR_1) όσο και με την εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία προ του τοκετού (CPR_2), με την παρουσία διαυγούς και κεχρωσμένου αμνιακού υγρού με τις τιμές να είναι χαμηλότερες για το κεχρωσμένο υγρό τόσο στη μία όσο και στην άλλη μέτρηση. Για τιμές της $CPR_1 < 1,71$ προκύπτει ευαισθησία **63,6%** και ειδικότητα **82,8%** το αμνιακό υγρό να είναι *κεχρωσμένο*, ενώ για τιμή της $CPR_1 < 1,90$ διαπιστώθηκε ευαισθησία **81,8%** και ειδικότητα **62,3%**. Όσον αφορά τις τιμές του CPR προ του τοκετού (CPR_2) και την παρουσία *κεχρωσμένου* αμνιακού υγρού, για τιμές $CPR_2 < 1,23$ η ευαισθησία είναι **63,8%** και η ειδικότητα **91,4%** που πρακτικά σημαίνει ότι η πιθανότητα το αμνιακό υγρό να είναι διαυγές με τιμή μικρότερη του 1,23 είναι 8,6%.
- Από την ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι εντοπίζεται στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού (CPR_2) και της νοσηλείας ενός νεογνού στη MENN. Για τις τιμές της $CPR_2 < 1,30$ προκύπτει ευαισθησία **66,7%** και η ειδικότητα **89,8%** για *νοσηλεία* ενός νεογνού στη MENN, ενώ για τιμή της $CPR_2 < 1,65$ προκύπτει ευαισθησία **83,3%** και ειδικότητα **69,3%**.
- Για την ανίχνευση ανεξάρτητων προγνωστικών παραγόντων για την εισαγωγή ενός νεογνού στη μονάδα εντατικής νοσηλείας αναπτύχθηκε ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης. Το μοντέλο που διαμορφώνεται βάσει των προηγούμενων αποτελεσμάτων έχει καλή προσαρμογή και μπορεί να μειώσει το σφάλμα πρόβλεψης δηλαδή την πιθανότητα να νοσηλευτεί ένα νεογνό στη MENN ή όχι κατά 27,2%. Από τους παράγοντες που εξετάζονται στατιστικά σημαντικοί και ανεξάρτητοι παραμένουν, ο δείκτης *παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας (UA PI)* και ο δείκτης *παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (MCA PI)* κατά τον τοκετό και όχι οι τιμές της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας (CPR) ή της μεταβολής της.

Συμπερασματικά, η καρδιοτοκογραφία παραμένει η κλασσική μέθοδος εξέτασης του εμβρύου στην καθ' ημέρα κλινική πράξη για την βασική αξιολόγηση του «καλώς έχειν» του εμβρύου. Συμπληρωματικά, η ηλικία της επιτόκου αποτελεί μία βασική παράμετρο που αυξάνει την πιθανότητα εμβρυικής δυσχέρειας. Η υποκειμενικότητα κατά την αξιολόγηση, τόσο του κλασσικού όσο και του computerized καρδιοτοκογραφήματος στον τοκετό παραμένει ένα μείζον θέμα και γι' αυτό η συνεχής κατάρτιση του προσωπικού ενός μαιευτηρίου παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξάλειψη αυτής της αρνητικής παραμέτρου.

Η παλμική οξυμετρία, με τη μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου, μέθοδος ήδη καθιερωμένη στην αναισθησιολογία και στις μονάδες εντατικές νοσηλείας μπορεί να μετρήσει αξιόπιστα τον κορεσμό οξυγόνου και στα έμβρυα. Η προσθήκη της οξυμετρίας στην καρδιοτοκογραφία δεν μπόρεσε να μειώσει τα ποσοστά καισαρικών τομών, αλλά η χαμηλή τιμή κορεσμού οξυγόνου μπορεί να αποτελεί μία πρόωγη ένδειξη εμβρυικής δυσχέρειας. Η επικουρική αυτή καταγραφή βοηθά έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί έγκαιρα ο μαιευτήρας και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα από τον ίδιο και το προσωπικό του μαιευτηρίου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε εξειδικευμένα μαιευτικά κέντρα και αποτελεί εξέταση συμπληρωματική της καρδιοτοκογραφίας για τον έλεγχο της κατάστασης του εμβρύου.

Η Doppler υπερηχογραφία αποτελεί μια σύγχρονη ποιοτική και ποσοτική μέθοδο εκτίμησης της αιμοδυναμικής κατάστασης του εμβρύου. Η εξέταση της ομφαλικής αρτηρίας και των μητριάων αρτηριών παρέχει πληροφορίες για την μητροπλακουντιακή και την εμβρυοπλακουντιακή κυκλοφορία. Η μελέτη των κυματομορφών της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας παρέχει πληροφορίες για τις αιμοδυναμικές ανακατατάξεις που συμβαίνουν ως απάντηση σε τυχόν εμβρυική δυσχέρεια. Η προσθήκη της Doppler υπερηχογραφίας στην καρδιοτοκογραφία φαίνεται να εξυπηρετεί τον απώτερο και τελικό στόχο της μαιευτικής που είναι η αποφυγή εμβρυικών επιπλοκών, η ελάττωση της πιθανότητας εισαγωγής των νεογνών στη μονάδα εντατικής θεραπείας, η ελάττωση της νεογνικής νοσηρότητας και θνησιμότητας και τελικά η εξασφάλιση ενός υγιούς νεογνού.

Η πρόκληση στη σύγχρονη μαιευτική είναι να μεταφράζονται με σωστό τρόπο τα ευρήματά μας τόσο με βάση την τεχνολογία όσο και με την κλινική ιατρική εμπειρία έτσι ώστε να αποφεύγεται ένα δυσμενές περιγεννητικό αποτέλεσμα χωρίς να αναστέλλεται ή να επιβαρύνεται η φυσιολογική εξέλιξη του τοκετού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη μελέτη αυτή, η οποία πραγματοποιήθηκε σε μία ομοιογενή ομάδα 240 εγκύων γυναικών, διερευνήθηκε αν η προσθήκη στην καρδιοτοκογραφία δύο νεότερων μεθόδων ελέγχου της κατάστασης του εμβρύου, της παλμικής οξυμετρίας ή της Doppler υπερηχογραφίας σε συνδυασμό με συμπληρωματικές παραμέτρους (χρώση αμνιακού υγρού, αέρια αίματος ομφαλικής αρτηρίας, βαθμολόγηση Apgar) θα μπορούσε να παράξει περαιτέρω πληροφορίες για την πιθανότητα εμβρυικής δυσχέρειας και να οδηγήσει σε έγκαιρη μαιευτική παρέμβαση κατά τη διαδικασία του τοκετού.

Στα γενικά συμπεράσματα διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των τόκων και η μητρική ηλικία σχετίζονται με το είδος του τοκετού. Ιδιαίτερα, η αυξημένη μητρική ηλικία αυξάνει την πιθανότητα καισαρικής τομής. Το καρδιοτοκογράφημα παραμένει η βασική εξέταση πρώτης γραμμής για την εκτίμηση της κατάστασης του εμβρύου. Στους φυσιολογικούς τοκετούς που πραγματοποιήθηκαν στη μελέτη, κανένα καρδιοτοκογράφημα δεν ήταν «ύποπτο» ή «μη καθησυχαστικό».

Στην ομάδα της καρδιοτοκογραφίας-παλμικής οξυμετρίας (ομάδα Α), καθοριστικοί παράγοντες για την πιθανότητα εισαγωγής ενός νεογνού στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας αποτέλεσαν η μητρική ηλικία, η βαθμολόγηση Apgar και η οξυμετρία σε συνδυασμό με τη χρώση του αμνιακού υγρού. Η παλμική οξυμετρία δεν συσχετίστηκε με το είδος του τοκετού, όμως χαμηλές τιμές κορεσμού οξυγόνου, σχετίζονται με όλες τις μεταβλητές και παραμέτρους (χαμηλές τιμές βαθμολόγησης Apgar, pH αερίων αίματος, κεχρωσμένο αμνιακό υγρό) που είναι ενδεικτικές εμβρυικής δυσχέρειας.

Στην ομάδα της καρδιοτοκογραφίας-Doppler υπερηχογραφίας (ομάδα Β), παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του δείκτη παλμικότητας PI της ομφαλικής αρτηρίας τόσο στο 3^ο τρίμηνο όσο και στον τοκετό με τη χρώση του αμνιακού υγρού με υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στις περιπτώσεις κεχρωσμένου αμνιακού υγρού. Για την εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία, διαπιστώθηκε ότι στις μετρήσεις του 3^{ου} τριμήνου κυήσεως (CPR₁) για τιμές του CPR₁ < 1,71 η ευαισθησία και η ειδικότητα για την παρουσία κεχρωσμένου αμνιακού υγρού είναι αντίστοιχα 63,6% και 82,8%, ενώ όταν για CPR₁ < 1,90 η ευαισθησία είναι 81,8% και ειδικότητα 62,3%. Όσον αφορά τη μέτρηση της εγκεφαλοπλακουντιακής αναλογίας προ του τοκετού (CPR₂) και την παρουσία κεχρωσμένου

αμνιακού υγρού, για τιμές $CPR_2 < 1,23$ η ευαισθησία είναι 63,8% και η ειδικότητα 91,4% που πρακτικά σημαίνει ότι η πιθανότητα το αμνιακό υγρό να είναι διαυγές με τιμή μικρότερη του 1,23 είναι 8,6%.

Επίσης, για την εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία και την εισαγωγή ενός νεογνού στη MENN διαπιστώθηκε ότι σημαντική είναι μόνο η 2^η μέτρηση δηλαδή του CPR_2 κατά τον τοκετό. Για τις τιμές του $CPR_2 < 1,30$ προκύπτει ευαισθησία **66,7%** και η ειδικότητα **89,8%** να νοσηλευτεί ένα νεογνό στη MENN, ενώ για τιμή του $CPR_2 < 1,65$ προκύπτει ευαισθησία **83,3%** και ειδικότητα **69,3%**.

Γενικά, για την εισαγωγή ενός νεογνού στη MENN στατιστικά σημαντικοί και ανεξάρτητοι παραμένουν, ο δείκτης παλμικότητας της ομφαλικής αρτηρίας (*UA PI*) και ο δείκτης παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (*MCA PI*) κατά τον τοκετό.

SUMMARY

In clinical obstetrical practice various classical and modern methods are in use for evaluating fetal well being. Continuous or intermittent fetal heart rate monitoring is the most common method for assessing intrauterine embryonic status. Although its sensitivity is considered high, it is a non specific method for fetal hypoxia. Umbilical cord blood gas analysis is a well known marker associated with neonatal impairment and morbidity in neonates with fetal acidemia. Furthermore, Apgar score, is a numerical evaluation of the neonatal oxygenation during labor and an evaluation of its general condition after birth.

Fetal pulse oximetry, is a non invasive, non traumatic for the fetus and the mother continuous evaluation of the fetal oxygenation in real time. Doppler ultrasound is assessing the blood flow in important fetal (umbilical artery, middle cerebral artery) and maternal (uterine artery) vessels. Doppler indices (Pulsatility index) and Cerebropalcental ratio, are considered also very important. The purpose of this study was to evaluate if the supplementary use of pulse oximetry or Doppler ultrasound examination to conventional cardiotocography, could provide additional information of the fetal status and amplify the prediction of an adverse neonatal outcome.

Two hundred and forty (240) Greek pregnant women were recruited and they were subdivided in two groups. In the first group (group A), 109 women in labor with a nonreassuring fetal heart rate were recruited and examined by the combination of cardiotocography and fetal pulse oximetry (CTG + SpO₂). In the second group (group B), 131 women were examined by Doppler ultrasound in the 3rd trimester of pregnancy (32-34 week) and before delivery and by cardiotocography during labor (CTG + Doppler examination). Our results in both groups were evaluated and correlated with parameters indicative of fetal distress.

In conclusion, parity and maternal age are related with the mode of delivery. Cardiotocography, with electronic fetal heart rate monitoring remains the golden standard and the routine first line method for the evaluation of the fetal status.

In the cardiotocography-pulse oximetry group (group A), the most important factors for admission to the Neonatal Intensive Care Unit (NICU) were maternal age, Apgar score and oximetry in combination with amniotic fluid status. Fetal pulse oximetry was not related with

the mode of delivery, but lower oxygen saturation measurement is related with parameters indicative of fetal distress (lower values of pH, lower Apgar score, lower values in blood gas analysis, meconium stained amniotic fluid).

In the cardiotocography-Doppler examination group (group B), all Doppler parameters were examined in the 3rd trimester of pregnancy and before labor (UA-PI, MCA-PI, UtA-PI, CPR). Our results showed that the measurement of umbilical artery pulsatility index (UA-PI) in the third trimester of pregnancy and before labor is related to amniotic fluid status, being higher in cases of meconium stained amniotic fluid. The evaluation of the Cerebroplacental Ratio in the third trimester of pregnancy (CPR₁) with measurement of CPR₁ < 1.71, showed sensitivity **63.6%** and specificity **82.2%** *for the presence of meconium stained amniotic fluid*, while in CPR₁ < 1.90 the sensitivity and specificity were **81.8%** and **62.3%** respectively. Cerebroplacental Ratio measurement before labor (CPR₂) with measurement of CPR₂ < 1.23 showed sensitivity **63.8%** and specificity **91.4%** *for the presence of meconium stained amniotic fluid*. In practical terms, if CPR₂ < 1.23 the possibility of clear amniotic fluid is 8.6% and the possibility of meconium stained amniotic fluid is 91.4%. Concerning neonatal NICU admission, we noticed that only Cerebroplacental Ratio measurement before labor (CPR₂) showed statistical significance. Cerebroplacental Ratio measurement CPR₂ < 1,30 revealed sensitivity **66,7%** and specificity **89,8%** for NICU admission, while if CPR₂ < 1,65 the sensitivity was **83,3%** and the specificity **69,3%**.

In general, logistic regression analysis revealed that *UA-PI before labor* and *MCA-PI before labor* are considered independent predictive factors for fetal NICU admission.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαμόπουλος ΜΑ. Κύηση Υψηλού Κινδύνου. Εκδ. Θεσσαλονίκη: Ιατρικές Εκδόσεις Α. Σιώκη, 1988, σελ 6-39.
2. Λώλης Δ. Γυναικολογία και Μαιευτική. Εκδ. Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις Γ. Παρισιάνος; 1995, σελ 145-150.
3. Τζαφέττας ΙΜ. Ηλεκτρονικές και Βιοχημικές μέθοδοι Παρακολούθησης του Εμβρύου. 1990,1(1): σελ 30-37.
4. Αγοραστός Θ. Εγχειρίδιο Καρδιοτοκογραφίας. Θεωρητικές βάσεις και κλινική εφαρμογή. Εκδ. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 1991, σελ 102-106.
5. Saling E. Fetal scalp blood analysis. J perinat Med. 1981;9:165-177.
6. Carbonne B, Pons K, Maisonneuve E. Foetal scalp blood sampling during labour for pH and lactate measurements. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol 2016;30:62-67.
7. Tunon K, Eik-Nes SH, Grottum J. Fetal outcome when the ultrasound estimate of the day of delivery is more than 14 days later than the last menstrual period estimate. Ultrasound Obstet Gynecol 1999;14(1):17-22.
8. Schaffer L, Bunkhardt T, Zimmermann R, et al. Nuchal cords in term and post term deliveries-do we need to know? Obstet Gynecol 2005;106(1): 23-28.
9. Sen S, Malik S, Salhan S. Ultrasonographic evaluation of lower uterine segment thickness in patients of previous cesarean section. Int J Gynaecol Obstet 2004;87(3):215-219.
10. Lam H, Leung WC, Lee CP, et al. The use of fetal Doppler cerebroplacental blood flow and amniotic fluid volume measurement in the surveillance of postdate pregnancies. Acta Obstet Gynecol Scand 2005;84(9): 844-848.
11. Stefos Th, Lolis D, Sotiriadis J, et al. Embryonic heart rate in early pregnancy. J Clin Ultrasound 1998;26:33-36.
12. Prapas N, Mari G, Liang RI, et al. Assessment of Doppler velocimetry of the fetal umbilical artery by multigate spectral doppler scanning and traditional pulsed Doppler ultrasonography plus color flow mapping. J Ultrasound Med 1999;18:831-835.

13. Weiner Z, Farmakidis G, Sehulman H, et al. Central and peripheral hemodynamic changes in fetuses with absent end-diastolic velocity in umbilical artery: correlation with computerized fetal heart rate pattern. *Am J Obstet Gynecol* 1994;509:515.
14. Mari G, Deter RL. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small for gestational age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1992;166:1262.
15. Jouppila P, Kirkinen P. Increased vascular resistance in the descending aorta of the human fetus in hypoxia. *Br J Obstet Gynaecol* 1984;91:863.
16. Rizzo G, Capponi A, Soregaroli M, et al. Umbilical vein pulsations and acid base status at cordocentesis in growth retarded fetuses with absent end diastolic velocity in umbilical artery. *Biol Neonate* 1995;68:163-8.
17. Mires G, Williams F, Howie P. Randomized controlled trial of cardiotocography versus Doppler auscultation of fetal heart at admission in labour in low risk obstetric population. *BMJ* 2001; 322:1457-60.
18. Macintosh Mary CM. Continuous fetal heart rate monitoring: Is there a conflict between confidential enquiry findings and results of randomized trials? *J R Soc Med* 2001;94(1):14-16.
19. Taylor GM, Mires GJ, Abel EW, et al. The development and validation of an algorithm for real-time computerized fetal heart rate monitoring in labour. *Br J Obstet Gynaecol* 2000; 107:1130-37.
20. Chung TK, Mohajer MP, Yang ZJ, et al. The prediction of fetal acidosis at birth by computerized analysis of intrapartum cardiotocography. *Br J Obstet Gynaecol* 1995;102: 454-60.
21. Salamalekis E, Thomopoulos P, Giannaris D, et al. Computerized intrapartum diagnosis of fetal hypoxia based on fetal heart rate monitoring and fetal pulse oximetry recordings utilizing wavelet analysis and neural networks. *Br J Obstet Gynaecol* 2002;109:1137-42.
22. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Guidelines, heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur Heart J* 1996;17:354-81.
23. Hon EH, Lee ST. Electronic evaluation of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *Am J Obstet Gynecol* 1965;87:814-26.

24. Akselrod S, Gordon D, Sannon C, et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat -to-beat cardiovascular control. *Science* 1981;213:220-22.
25. Van Gils M, Rosenfalck A, White S, et al. *IEEE Eng Med Biol Mag*, 1997 Nov-Dec;16(6):56-63.
26. Timonen S, Holmberg K. The importance of the learning process in ST analysis interpretation and its impact in improving clinical and neonatal outcomes. *Am J Obstet Gynecol*, 2018 Jun;218(6):620e1-620e7.
27. Dildy G, Thorp J, Yeast J, et al. The relationship between oxygen saturation and pH in umbilical blood: implications for intrapartum fetal oxygen saturation monitoring. *Am J Obstet Gynecol* 1996;175:682-87.
28. Mandruzzato GP, Meir YJ, Gigli C. Fetal blood sampling in labour. *J Perinat Med*. 1994;22(6):485-89.
29. Spencer JA. Clinical overview of cardiotocography. *Br J Obstet Gynaecol* 1993;100:4-7.
30. Gardosi J, Schram C, Symonds M. Adaptation of pulse oximetry for fetal monitoring during labour. *Lancet* 1991;337:1265-67.
31. Prentice A, Lind T. Fetal heart rate monitoring during labour – too frequent intervention, too little benefit? *Lancet* 1987;2:1375-77.
32. American College of Obstetricians and Gynecologists. Fetal heart rate monitoring terminology and instrumentation. Technical bulletin No 32, 1975.
33. FIGO News. Guidelines for the use of fetal monitoring. *Int J Gynaecol Obstet*, 1987;25:159-67.
34. Saling E. Fetal scalp blood analysis. *J Perinat Med* 1981;9(4):165-77.
35. Clark SL, Gimovsky ML, Miller FC. The scalp stimulation test: a clinical alternative to fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1984;148(3):274-77.
36. Clark SL, Paul RH. Intrapartum fetal surveillance: the role of fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol*, 1985;153:717-20.
37. Edersheim TG, Hutson JM, Druzin ML, et al. Fetal heart rate response to vibratory acoustic stimulation predicts fetal pH in labour. *Am J Obstet Gynecol* 1987;157(6):1557-60.

38. Smith CV, Nguyen HN, Phelan JP, et al. Intrapartum assessment of fetal well being: a comparison of fetal acoustic stimulation with acid base determinations. *Am J Obstet Gynecol* 1986;155(4):726-28.
39. Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anesth Analg* 1953; 32:260-67.
40. ACOG Committee Opinion: The Apgar score. *Obstet Gynecol* 2006; 107(5):1209-12.
41. American Academy of Pediatrics, American Heart Association. Textbook of neonatal resuscitation. 4th ed. Elk Grove Village (IL) American Academy of Pediatrics; American Heart Association, 2000.
42. Catlin EA, Carpenter MW, Brann BS, et al. The Apgar score revisited: influence of gestational age. *J Pediatr* 1986;109:865-68.
43. Freeman JM, Nelson KB. Intrapartum asphyxia and cerebral palsy. *Pediatrics*, 1988; 82:240-49.
44. Lopriore E, van Burk GF, Walther FJ, et al. Correct use of the Apgar score for resuscitated and intubated newborn babies: questionnaire study. *BMJ* 2004; 329:143-44.
45. Casey BM, McIntire DD, Leveno KJ. The continuing value of the Apgar score for the assessment of newborn infants. *N Engl J Med*, 2001; 344:467-71.
46. Nelson KB, Ellenberg JH. Apgar scores as predictors of chronic neurologic disability. *Pediatrics* 1981; 68:36-44.
47. Moyle JTB. Pulse Oximetry. 2nd ed. London: BMJ Books; 2002:9-13.
48. Yosiga I, Shimada Y, Tanaka K. Spectrophotometric monitoring of arterial oxygen saturation at the fingertip. *Med Biol Eng Comput* 1980;18:27-32.
49. Severinghaus JW, Astrup PB. History of blood gas analysis. *Pulse Oximetry. J Clin Monit* 1987;3:135-38.
50. Perutz MF. The haemoglobin molecule. *Proc Roy Soc* 1969;173: 113-140.
51. West JB. Respiratory physiology – the essentials. Baltimore; Williams & Wilkins, 1990.
52. Chanutin A, Curnish RR. Effect of organic and inorganic phosphates on the oxygen equilibrium of human erythrocytes. *Biochem Biophys* 1967;121:96.

53. MacDonald R. Red cell 2,3 diphosphoglycerate and oxygen affinity. *Anaesthesia* 1977; 32:544-53.
54. Nijboer JA, Dorlas JC, Mahieu HF. Photoelectric plethysmography – some fundamental aspects of the reflection and transmission method. *Clin Phys Physiol Meas* 1981;7:205-15.
55. Visser KR, Lamberts R, Korsten HHM, et al. Observations on blood flow related to electrical impedance changes. *Pflugers Arch* 1976; 366:289-91.
56. Palve H. Comparison of reflection and transmission pulse oximetry after open heart surgery. *Crit Care Med* 1992;20:48-51.
57. Sarnquist FH, Todd C, Whitcher C. Accuracy of a new non-invasive oxygen saturation monitor. *Anesthesiology* 1980;53:163.
58. Van Slyke DD, Neil JM. The determination of gases in the blood and other solutions by vacuum extraction and manometric measurement. *J Biol Chem* 1924;61:523-73.
59. Reynolds KJ, de Kock JP, Tarassenko L, et al. Temperature dependence of LED and its theoretical effect on pulse oximetry. *Br J Anaesth* 1991;67:638-43.
60. De Kock JP, Reynolds JK, Tarassenko L, et al. The effect of varying LED intensity on pulse oximetry. *J Med Eng Technol* 1991;15:111-16.
61. Mannheim PD, Casciani JR, Fein ME, et al. Wavelength selection for low-saturation pulse oximetry. *IEEE Trans Biomed Eng*, 1997;44:148-58.
62. Vegfors M, Lindberg LG, Oberg PA, et al. The accuracy of pulse oximetry at two haematocrit levels. *Acta Anesthesiol Scand* 1992;36:454-59.
63. Sze SM. *The physics of semiconductor devices*. ed. New York, Chichester: John Wiley & Sons, 1981.
64. Barker SJ, Hyatt J, Shah NK, et al. The effect of sensor malpositioning on pulse oximeter accuracy during hypoxia. *Anesthesiology* 1993;79:248-54.
65. Pologe JA. Pulse oximetry: technical aspects. *Int Anesthesiol Clin* 1987;25:137-53.
66. Burke MJ, Whelan MV. Photoplethysmography: selecting optoelectronic components. *Med Biol Eng Comput* 1986;24:647-50.
67. Cheng EY, Hopwood MB, Kay J. Forehead pulse oximetry compared with finger pulse oximetry and arterial blood gas measurement. *J Clin Monit* 1987;4:223-26.

68. Takatani S, Davies C, Sakakibara N. Experimental and clinical evaluation of a non-invasive reflectance pulse oximeter sensor. *J Clin Monit* 1992;8:257-66.
69. de Kock JP, Reynolds KJ, Tarassenko L, et al. The effect of varying LED intensity on pulse oximetry accuracy. *J Med Eng Technol* 1991;15:111-15.
70. Trivedi NS, Ghouri AF, Shah NK, et al. Effects of motion, ambient light, and hypoperfusion on pulse oximeter function. *J Clin Anesth* 1997;9:179-83.
71. Barker SJ, Shah NK. The effects of motion on the performance of pulse oximeters in volunteers. *Anesthesiology* 1997;86:101-8.
72. Keidan I, Sidi A, Gravenstein D. False low pulse oximetry reading associated with concomitant use of a peripheral nerve stimulator and an evoked-potential stimulator. *J Clin Anesth* 1997;9:591-6.
73. Langton JA, Hanning CD. Effect of motion artifact on pulse oximeters: evaluation of four instruments and finger probes. *Br J Anaesth* 1990;65:564-70.
74. Brooks TD, Paulus DA, Winkle WE. Infrared heat lamps interfere with pulse oximeters. *Anesthesiology* 1984;61:630.
75. Kelleher JF, Ruff RH. The “penumbra effect”: pulse oximeter artefact due to probe malposition is attenuated by vasoconstriction. *Anesthesiology* 1991;71:372.
76. Gabrielczyk MR, Buist RJ. Pulse oximetry and postoperative hypothermia. *Anaesthesia* 1998;43:402-4.
77. Cecil WT, Thorpe KJ, Fibuch EE, et al. A clinical evaluation of the accuracy of the Nellcor N-100 and the Ohmeda 3700 pulse oximeters. *J Clin Monit* 1998;4:31-6.
78. Ries AL, Prewitt LM, Johnson JJ. Skin color and ear oximetry. *Chest* 1989;96:287-90.
79. Richardson NGB, Hale JE. Pulse oximetry – an unusual complication. *Br J Intens Care* 1995;5:326-7.
80. Wille J, Braams R, van Haren WH, et al. Pulse oximeter induced digital injury: frequency rate and possible causative factors. *Crit Care Med* 2000; 28:3555-7.
81. Medical Devices Agency. Tissue necrosis caused by pulse oximeter probes. MDA SN 2001 (08) March 2001.

82. Mannheim PD, Fein ME, Casciani JR. Physiooptical considerations in the design of fetal pulse oximetry sensors. *Eur J Obstet Gynecol and Reprod Biol* 1997; 72:suppl 1: S9-S19.
83. Nijland R, Nierlich S, Jongsma H, et al. Validation of reflectance pulse oximetry: An evaluation of a new sensor in piglets. *J Clin Monit* 1997;13:43-9.
84. Sendak M, Harris A, Donham R. Accuracy of pulse oximetry during arterial oxyhemoglobin desaturation in dogs. *Anesthesiology* 1988; 68:111-4.
85. Severinghaus J, Naifeh K, Koh S. Errors in 14 pulse pulse oximeters during profound hypoxia. *Journal of Clinical Monitoring* 1989; 5:72-81.
86. Severinghaus J, Koh S. Effect of anemia on pulse oximeter accuracy at low saturation. *Journal of Clinical Monitoring* 1990; 6:85-88.
87. Feig SA. Methemoglobinemia. In: Nathan DG, Oski FA, eds. *Hematology of Infancy and Childhood*. Philadelphia PA: WB Saunders Co,1981: 1.
88. Bunn HF. Hemoglobin structure and function. In: Nathan DG, Oski FA, eds. *Hematology of Infancy and Childhood*. Philadelphia PA: WB Saunders Co,1981:1.
89. Nellcor Puritan Bennett N-400. Foetal Oxygen Saturation Monitoring, ed. Pleasanton CA, 1996.
90. Johnson N, Baker M, McNamara H, et al. The effect of monitoring the fetus with a pulse oximeter on puerperal morbidity. *J Obstet Gynaecol* 1994; 14:11-13.
91. Butterwegge M. Fetal pulse oximetry and the risk of higher morbidity. *International Workshop on Fetal Surveillance: New Development in Pulse Oximetry*. Nijmegen, The Netherlands.1995.
92. Luttkus A, Friedman W, Dudenhausen JW. Rate of fetal and maternal infections after intrauterine fetal pulse oximetry. *International Workshop on Fetal Surveillance: New Development in Pulse Oximetry*. Nijmegen, The Netherlands.1995.
93. Johnson N. Development and potential of fetal pulse oximetry. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1991;3:193-200.
94. Johnson N, Johnson VA, Bannister J, et al. The effect of caput succedaneum on oxygen saturation measurements. *Br J Obstet Gynaecol* 1990; 97:493-8.
95. Schram CMH, Gardosi J. The effect of caput succedaneum on oxygen saturation measurements. *Br J Obstet Gynaecol*, 1991; 98:113-4.

96. Niswander KR, Evans AT. eds. *Manual of Obstetrics*. 4th ed. Boston MA: Little, Brown and Co, 1991.
97. Bevington P. *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*. New York, NY: McGraw-Hill, 1969; 60-61.
98. Zijlstra WG, Buursma A, Meeuwssen-van de Roest WP. Absorption spectra of human fetal and adult oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin carboxyhemoglobin and methemoglobin. *Clin Chem* 1991;37:1633-38.
99. Richardson B, Carmichael L, Homan J, et al. Cerebral oxidative metabolism in fetal sheep with prolonged, graded hypoxemia. *Proceedings of the 36th Meeting of the Society for Gynecologic Investigation*. San Diego CA, 106, 1989.
100. Richardson B, Carmichael L, Homan J, et al. Electrocardiac activity, electrocortical activity and breathing movements in fetal sheep with prolonged and graded hypoxemia. *Am J Obstet Gynecol* 1992;167:553-8.
101. Oeseburg B. Fetal oxygenation in chronic maternal hypoxia: what's critical? In *Oxygen Transport to Tissue XIV*, ed. New York: Erdmann W, Plenum Press, 1992:499-502.
102. Nijland R, Jongsma H, Nierlich S, et al. Arterial oxygen saturation in relation to metabolic acidosis in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol* 1995; 172:810-19.
103. Committee on Technical Bulletins of the American College of Obstetricians and Gynecologists, "Assessment of fetal and newborn acid-base status". *Technical Bulletin*, 1989;127:1-4.
104. Kuhnert M, Seelbach-Goebel B, Butterwegge M. Predictive agreement between the fetal arterial oxygen saturation and fetal scalp pH: Results of the German multicenter study. *Am J Obstet Gynecol* 1998;178:330-35.
105. Kuhnert M, Seelbach-Goebel B, Di Renzo GC, et al. *Prenat Neonat Med* 1998; 3:432-3.
106. Laws PJ, Sullivan EA. *Australia's Mothers and Babies 2002*. AIHW National Perinatal Statistics Unit (Perinatal Statistics Series No 15), 2004.
107. East CE, Brennecke SP, King JF, et al. On behalf of the FOREMOST Study Group. The effect of intrapartum fetal pulse oximetry, in the presence of a non-reassuring fetal heart rate pattern, on operative delivery rates for non-reassuring fetal status: a multicenter randomized controlled trial (the FOREMOST trial). *Am J Obstet Gynecol* 2006;194(606):1-16.

108. Υπερηχογραφία στη Μαιευτική και Γυναικολογία, Ε. Ασημακόπουλος, Σ. Μανταλενάκης σελ 5-10.
109. Doppler C.: Uber das farbige Licht der Dopplersterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. Abhandl Konigl Bohm Ges Ser 1843; 465-82.
110. Deane C. Doppler ultrasound: principles and practice. In: Nicolaides KH, Rizzo G, Hecher K, eds. Placental and fetal Doppler. Parthenon Publishing, 2000:3-23.
111. Harman C, Doppler Ultrasound-Maternal applications. In: Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R, ed. Sonography in Obstetrics and Gynecology. 5th ed. Principles and Practice, Prentice-Hall International Inc, 1996:223-49.
112. Mari G, Copel J. Doppler Ultrasound-Fetal Physiology and Clinical Applicatin. In: Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R, ed. Sonography in Obstetrics and Gynecology. 5th ed. Principles and Practice, Prentice-Hall International Inc, 1996:251-83.
113. Maulik D. Physical principles of Doppler ultrasonography. In Maulik D (ed). Doppler ultrasound in Obsterics and Gynecology. Springer, 2005:9-17.
114. Stuart B, Drumm J, FitzGerald DE, et al. Fetal blood velocity waveforms in normal pregnancy. Br J Obstet Gynaecol 1980;87(9):780-85.
115. Gosling RG, King DH. Continuous wave ultrasound as an alternative and complement to X-rays in vascular examination. In Reneman RS, ed. Cardiovascular Applications of Ultrasound. Amsterdam North Holland, 1974:266-82.
116. Pourcelot L. Applications Clinique de l' examen Doppler transcutance. In: Pourcelot L ed. Velocimetric ultrasonore Doppler. INSERM 1974:213.
117. Thompson RS, Trudinger BJ, Cook CM. A comparison of Doppler ultrasound waveform indices in the umbilical artery--II. Indices derived from the mean velocity and first moment waveforms. Ultrasound Med Biol 1986;12(11):845-54.
118. Salvesen KA, Vatten LJ, Eik-Nes SH, et al. Routine ultrasonography in utero and subsequent handedness and neurological development. BMJ 1993;17(307):159-64.
119. Trudinger BJ, Stevens D, Connelly A, et al. Umbilical artery flow velocity waveforms and placental resistance: the effects of embolization of the umbilical circulation. Am J Obstet Gynecol 1987;157(6):1443-48.

120. Bernstein IM, Horbar JD, Badger GJ, et al. Morbidity and mortality among very-low-birth-weight neonates with intrauterine growth restriction. The Vermont Oxford Network. *Am J Obstet Gynecol* 2000;182(1):198-206.
121. Mari G, Deter RL. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1992;166(4):1262-70.
122. Mari G, Hanif F, Kruger M, et al. Middle cerebral artery peak systolic velocity: a new Doppler parameter in the assessment of growth-restricted fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007;29(3):310-16.
123. Haines CJ, Rogers MS, Leung DH. Neonatal outcome and its relationship with maternal age. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 1991;31(3):209-12.
124. Janssens S, Wallace KL, Chang AM. Prepartum and intrapartum caesarean section rates at Mater Mothers' Hospital Brisbane 1997-2005. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2008;48(6):564-69.
125. Kenny LC, Lavender T, McNamee R, et al. Advanced maternal age and adverse pregnancy outcome: evidence from a large contemporary cohort. *PLoS One* 2013;8(2):e56583. doi: 10.1371/journal.pone.0056583. Epub 2013 Feb 20.
126. Robillard PY, Hulsey TC, Boukerrou M, et al. Linear association between maternal age and need of medical interventions at delivery in primiparae: a cohort of 21,235 singleton births. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2018;31(15):2027-35.
127. Kim SY, Park JY, Bak SE, et al. Effect of maternal age on emergency cesarean section. *J Matern Fetal Neonat Med* 2019;25:1-8.
128. Cakmak Celik F, Aygun C, et al. Maternal and neonatal outcomes in advanced maternal age: a retrospective cohort study. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2017;30(20):2452-56. doi: 10.1080/14767058.2016.1253058. Epub 2016 Nov 22.
129. Aiken CE, Aiken AR, Brockelsby JC, et al. Factors influencing the likelihood of instrumental delivery success. *Obstet Gynecol*. 2014;123(4):796-803.
130. Batinelli L, Serafini A, Nante N, et al. Induction of labour: clinical predictive factors for success and failure. *J Obstet Gynaecol*. 2018;38(3):352-58. doi: 10.1080/01443615.2017.1361388. Epub 2017 Oct 23.

131. Alavifard S, Meier K, Shulman Y, et al. Derivation and validation of a model predicting the likelihood of vaginal birth following labour induction. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2019;19(1):130. doi: 10.1186/s12884-019-2232-38.
132. Wagura P, Wasunna A, Laving A, et al. Prevalence and factors associated with preterm birth at kenyatta national hospital. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2018;18(1):107. doi: 10.1186/s12884-018-1740-42.
133. Khazardoost S, Hantoushzadeh S, Khooshideh M, et al. Risk factors for meconium aspiration in meconium stained amniotic fluid. *J Obstet Gynaecol*. 2007;27(6):577-79.
134. David AN, Njokanma OF, Iroha E. Incidence of and factors associated with meconium staining of the amniotic fluid in a Nigerian University Teaching Hospital. *J Obstet Gynaecol* 2006;26(6):518-20.
135. Rossi AC, Mullin P, Prefumo F. Prevention, management, and outcomes of macrosomia: a systematic review of literature and meta-analysis. *Obstet Gynecol Surv* 2013;68(10):702-9.
136. Weissmann-Brenner A, Simchen MJ, Zilberberg E, et al. Maternal and neonatal outcomes of macrosomic pregnancies *Med Sci Monitor* 2012;18(9):77-81.
137. Hall DR, Smith M, Smith J. Maternal factors contributing to asphyxia neonatorum. *J Trop Pediatr* 1996;42:192-95.
138. Sykes GS, Mollowy PM, Johnson P, et al. Fetal distress and the condition of newborn infants. *Br Med J* 1983;287:943-45.
139. Kaufmann E. Has the pH meter replaced Apgar score? *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 1975;4:975-87.
140. Sliverman F, Suidan J, Wasserman J, et al. The Apgar score: is it enough? *Obstet Gynecol* 1985;66:331-36.
141. Boehm FH, Fields LM, Enteman SS, et al. Correlation of the one-minute Apgar score and umbilical cord acid-base status. *South Med J* 1986;79(4):429-31.
142. Perlman JM, Risser R. Can asphyxiated infants at risk for neonatal seizures be rapidly identified by current high-risk markers? 1996;97(4):456-62.
143. Mousa A, Asnafi N, Javadian M, et al. Correlation between umbilical cord Ph and Apgar score in high-risk pregnancy. *Iran J Pediatr* 2010;20(4):401-6.

144. Starks GC. Correlation of meconium-stained amniotic fluid, early intrapartum fetal pH, and Apgar scores as predictors of perinatal outcome. *Obstet Gynecol* 1980;56(5):604-9.
145. Mundhra R, Agarwal M. Fetal outcome in meconium stained deliveries. *J Clin Diagn Res* 2013;7(12): 2874-76.
146. Mazor M, HersHKovitz R, Bashiri A, et al. Meconium stained amniotic fluid in preterm delivery is an independent risk factor for perinatal complications. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1998;81(1):9-13.
147. Ziadeh SM, Sunna E. Obstetric and perinatal outcome of pregnancies with term labour and meconium-stained amniotic fluid. *Arch Gynecol Obstet* 2000;264(2):84-7.
148. Kumari R, Srichand P, Devrajani BR, et al. Foetal outcome in patients with meconium stained liquor. *J Park Med Assoc* 2012;62(5):474-76.
149. Laopaiboon M, Lumbiganon P, Intarut N, et al. Advanced maternal age and pregnancy outcomes: a multicountry assessment. WHO Multicountry Survey on Maternal Newborn Health Research Network. *BJOG*. 2014;121 Suppl 1:49-56. doi: 10.1111/1471-0528.12659138.
150. Omih EE, Lindow S. Impact of maternal age on delivery outcomes following spontaneous labour at term. *J Perinat Med*. 2016;44(7):773-77. doi: 10.1515/jpm-2015-0128.
151. Wang Y, Tanbo T, Abyholm T, et al. The impact of advanced maternal age and parity on obstetric and perinatal outcomes in singleton gestations *Arch Gynecol Obstet* 2011;284(1):31-37.
152. Lean SC, Derricott H, Jones RL, et al. Advanced maternal age and adverse pregnancy outcomes: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017 Oct 17;12(10):e0186287. doi: 10.1371/journal.pone.0186287. eCollection 2017. Review.
153. Burgess AP, Katz J, Pessolano J, et al. Determination of antepartum and intrapartum risk factors associated with neonatal intensive care unit admission. *J Perinat Med* 2016;44(5):589-96. doi: 10.1515/jpm-2015-0397.
154. Paz Y, Solt I, Zimmer EZ. Variables associated with meconium aspiration syndrome in labors with thick meconium. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2001;94(1):27-30.
155. Urbaniak KJ, McCowan LM, Townend KM. Risk factors for meconium-aspiration syndrome. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 1996;36(4):401-6.

156. Clapp MA, James KE, Bates SV, et al. Unexpected term NICU admissions: a marker of obstetrical care quality? *Am J Obstet Gynecol* 2019;220(4):395.e1-395.e12. doi: 10.1016/j.ajog.2019.02.001. Epub 2019 Feb 17.
157. Schimmel MS, Bromiker R, Hammerman C, et al. The effects of maternal age and parity on maternal and neonatal outcome. *Arch Gynecol Obstet* 2015;291(4):793-98. doi: 10.1007/s00404-014-3469-0. Epub 2014 Sep 17.
158. Karabulut A, Ozkan S, Bozkurt A, et al. Perinatal outcomes and risk factors in adolescent and advanced age pregnancies: comparison with normal reproductive age women. *J Obstet Gynecol* 2013;33(4): 346-50.
159. Yogev Y, Melamed N, Bardin R, et al. Pregnancy outcome at extremely advanced maternal age. *Am J Obstet Gynecol* 2010;203(6):558.e1-7.
160. Vahabi S, Kaidari M, Akbari Torkamani S, et al. New assessment of relationship between Apgar score and early neonatal mortality. *Minerva Pediatr* 2010; 62(3):249-52.
161. Casey BM, McIntire DD, Leveno KJ. The continuing value of the Apgar score for the assessment of newborn infants. *N Engl J Med* 2001;344(7):467-71.
162. Iliodromiti S, Mackay DF, Smith GC, et al. Apgar score and the risk of cause-specific infant mortality: a population-based cohort study. *Lancet* 2014; 15. pii: S0140-6736(14)61135-1. Epub 2014 Sep 15.
163. Li F, Wu T, Lei X, et al. The Apgar score and infant mortality. *PLoS One* 2013 Jul 29;8(7):e69072.
164. Lee HC, Subeh M, Gould JB. Low Apgar score and mortality in extremely preterm neonates born in the United States. *Acta Pediatr* 2010;99(12):1785-89.
165. Ulmstad MP, Permezel M, Pepperell RJ. Litigaton and the intrapartum cardiotocography. *Br J Obstet Gynaecol* 1995;102: 89-91.
166. Neilsen PV, Stigsby B, Nickelsen C, et al. Intra- and inter-observer variability in the assessment of intapartum cadiotocograms. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1987; 66:421-24.
167. Cohen AR, Klapholz H, Thompson MS. Electronic fetal monitoring and clinical practice- a survey of obstetric opinion. *Med Decis Mak* 1982;2:79-95.
168. Bernades J, Costa-Pereira A. A multicentre cooperative study of 17 experts and an intelligent computer system for managing labour using the cardiotocogram. *Br J Obstet Gynaecol* 1996;103:489-90.

169. Rates of cesarean delivery United States, 1993. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 1995; 44(1):303-7.
170. Aldrich CJ, D'Antona D, Spencer JAD, et al. Near infrared spectroscopy used in the assessment of intrapartum fetal cerebral oxygenation. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1995;7:71-76.
171. Garite TJ, Dildy GA, McNamara H, et al. A multicenter controlled trial of fetal pulse oximetry in the intrapartum management of nonreassuring fetal heart rate patterns *Am J Obstet Gynecol* 2000;183:1049-58.
172. Kuhnert M, Schmidt S. Intrapartum management of nonreassuring fetal heart rate patterns: A randomized controlled trial of fetal pulse oximetry. *Am J Obstet Gynecol* 2004 191: 1989-95.
173. Carbonne B, Cudeville C, Sivan H, et al. Fetal oxygen saturation measured by pulse oximetry during labour with clear or meconium-stained amniotic fluid. *Eur J Obstet Gynecol and Reprod Biol* 1997;S51-S55.
174. Caliskan E, Cakiroglou Y, Corakci A, et al. Reduction in caesarean delivery with fetal heart rate monitoring and intermittent pulse oximetry after induction of labour with misoprostol. 2009;22(5):445-51.
175. Dildy GA. Fetal pulse oximetry. *Clin Obstet Gynecol* 2011;54(1):66-73.
176. Nonnenmacher A, Hopp H, Dudenhausen J. Predictive value of pulse oximetry for the development of fetal acidosis. *J Perinat Med* 2010;38(1):83-86.
177. Seelbach-Gobel B, Heupel M, Kuhnert M, et al. The prediction of fetal acidosis by means of intrapartum fetal pulse oximetry. *Am J Obstet Gynecol* 1999;180(1):73-81.
178. Leszczynska-Gorzela B, Poniedzialek-Czajkowska E, Oleszczuk J. Intrapartum cardiotocography and fetal pulse oximetry in assessing fetal hypoxia. *Int J Gynaecol Obstet* 2002;76(1):9-14.
179. MacNamra H, Chung DC, Lilford R, et al. Do fetal pulse oximetry readings at delivery correlate with cord blood oxygenation and acidaemia. *Br J Obstet Gynecol* 1992;99(9):735-38.
180. Uslu S, Bulbul A, Can E, et al. Relationship between oxygen saturation and umbilical cord pH immediately after birth. *Pediatr Neonatol* 2011;53(6):340-45.
181. Chauhan S, Singh PK, Gahalaut P, et al. Correlation of pulse oximetry and Apgar scoring in the normal newborns. *J Clin Neonatol* 2013;28(2):20-24.

182. Alshimmiri M, Bocking AD, Gagnon R, et al. Prediction of umbilical artery base excess by intrapartum fetal oxygen saturation monitoring *Am J Obstet Gynecol* 1997;177(4):775-79.
183. Schmidt S, Koslowski S, Sierra F, et al. Clinical usefulness of pulse oximetry in the fetus with non-reassuring heart rate pattern. *J Perinat Med* 2000;28(4):298-305.
184. Rijnders RJ, Mol BW, Reuwer PJ, et al. Is the correlation between fetal oxygen saturation and blood pH sufficient for the use of fetal pulse oximetry? *J Matern Fetal Neonatal Med* 2002;11(2):80-83.
185. Ebbing C, Rasmussen S, Kiserud T. Middle cerebral artery blood flow velocities and pulsatility index and the cerebroplacental pulsatility ratio: longitudinal reference ranges and terms for serial measurements. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007;30(3):287-96.
186. Sherrell H, Clifton V, Kumar S. Predicting intrapartum fetal compromise at term using the cerebroplacental ratio and placental growth factor levels (PROMISE) study: randomised controlled trial protocol. *BMJ Open* 2018, 8 e022567.
187. Blencowe H, Cousens S, Jassir FB, et al. National regional, and worldwide estimates of stillbirth rates in 2015, with trends from 2000: a systematic analysis. *Lancet Glob Health* 2016;4:e98-e108.
188. Mendez-Figueroa H, Truong VT, Pedroza C, et al. Small for gestational age infants among uncomplicated pregnancies at term: a secondary analysis of 9 Maternal-Fetal Medicine Units Network studies. *Am J Obstet Gynecol* 2016;215:628-e1-7.
189. Bardien N, Whitehead CL, Tong S, E et al. Placental Insufficiency in Fetuses That Slow in Growth but Are Born Appropriate for Gestational Age: A Prospective Longitudinal Study. *PloS One* 2016, 11: e0142788.
190. McIntyre S, Taitz D, Keogh J, et al. A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol* 2013;55(6):499-508. doi: 10.1111/dmcn.12017. Epub 2012 Nov 26.
191. Janbu T, Nesheim BI. Uterine artery blood velocities during contractions in pregnancy and labour related to intrauterine pressure. *Br J Obstet Gynaecol.* 1987;94(12):1150-55.
192. Low JA, Pickersgill H, Killen H, et al. The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies. *Am J Obstet Gynecol* 2001;184(4):724-30.

193. Fleischer A, Anyaegbunam AA, Schulman H, et al. Randolph G Uterine and umbilical artery velocimetry during normal labor. *Am J Obstet Gynecol* 1987;157(1):40-3.
194. Severi FM, Bocchi C, Visentin A, et al. Uterine and fetal cerebral Doppler predict the outcome of third-trimester small-for-gestational age fetuses with normal umbilical artery Doppler. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19(3):225-28.
195. Cruz-Martínez R, Figueras F, Hernandez-Andrade E, et al. Fetal brain Doppler to predict cesarean delivery for nonreassuring fetal status in term small-for-gestational-age fetuses. *Obstet Gynecol* 2011;117(3):618-26. doi: 10.1097/AOG.0b013e31820b0884.
196. Cruz-Martinez R, Figueras F, Oros D, et al. Cerebral blood perfusion and neurobehavioral performance in full-term small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 2009;201(5):474.e1-7. doi: 10.1016/j.ajog.2009.05.028. Epub 2009 Jul 24.
197. Khalil A, Morales-Roselló J, Townsend R, et al. Value of third-trimester cerebroplacental ratio and uterine artery Doppler indices as predictors of stillbirth and perinatal loss. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2016;47(1):74-80.
198. Sirico A, Diemert A, Glosemeyer P, et al. Prediction of adverse perinatal outcome by cerebroplacental ratio adjusted for estimated fetal weight. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2018;51(3):381-386. doi: 10.1002/uog.17458. Epub 2018 Feb 7.
199. Akolekar R, Sarno L, Wright A, et al. Fetal middle cerebral artery and umbilical artery pulsatility index: effects of maternal characteristics and medical history. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;45(4):402-8. doi: 10.1002/uog.14824.
200. Binder J, Monaghan C, Thilaganathan B, et al. Reduced fetal movements and cerebroplacental ratio: evidence for worsening fetal hypoxemia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2018;51(3):375-380. doi: 10.1002/uog.18830.
201. Rial-Crestelo M, Martinez-Portilla RJ, Cancemi A, et al. Added value of cerebroplacental ratio and uterine artery Doppler at routine third trimester screening as a predictor of SGA and FGR in non-selected pregnancies. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2018;4:1-7. doi: 10.1080/14767058.2018.1441281.
202. Turner JM, Flatley C, Kumar S. A low fetal cerebroplacental ratio confers a greater risk of intrapartum fetal compromise and adverse neonatal outcomes in low risk multiparous women at term. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2018;230:15-21. doi: 10.1016/j.ejogrb.2018.09.010. Epub 2018 Sep 12.

203. Palacio M, Figueras F, Zamora L, et al. Reference ranges for umbilical and middle cerebral artery pulsatility index and cerebroplacental ratio in prolonged pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004;24(6):647-53.
204. Devine PA, Bracero LA, Lysikiewicz A, et al. Middle cerebral to umbilical artery Doppler ratio in post-date pregnancies. *Obstet Gynecol* 1994;84(5):856-60.
205. Arbeille P, Maulik D, Fignon A, et al. Assessment of the fetal pO₂ changes by cerebral and umbilical Doppler on lamb fetuses during acute hypoxia. *Ultrasound Med Biol* 1995;21(7):861-70.
206. Stumpfe FM, Kehl S, Pretscher J, et al. Correlation of short-term variation and Doppler parameters with adverse perinatal outcome in low-risk fetuses at term. *Arch Gynecol Obstet* 2019;299(2):411-420. doi: 10.1007/s00404-018-4978-z. Epub 2018 Dec 3.
207. Fiolna M, Kostiv V, Anthoulakis C, et al. Prediction of adverse perinatal outcome by cerebroplacental ratio in women undergoing induction of labor. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019;53(4):473-480. doi: 10.1002/uog.20173. Epub 2019 Mar 4.
208. Vollgraff Heidweiller-Schreurs CA, De Boer MA, Heymans MW, et al. Prognostic accuracy of cerebroplacental ratio and middle cerebral artery Doppler for adverse perinatal outcome: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2018;51(3):313-322. doi: 10.1002/uog.18809. Epub 2018 Feb 5. Review.
209. Alfievic Z, Devane D, Gyte GM, et al. Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electronic fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 3,2:CD006066. doi: 10.1002/14651858.CD006066.pub3.
210. Nunes I, Ayres-de-Campos D, Ugwumadu A, et al. Fetal Monitoring and Alert (FM-ALERT) Study Group. Central Fetal Monitoring With and Without Computer Analysis: A Randomized Controlled Trial *Obstet Gynecol* 2017;129(1):83-90. doi: 10.1097/AOG.0000000000001799.
211. Devane D, Lalor JG, Daly S, et al. Cardiotocography versus intermittent auscultation of fetal heart on admission to labour ward for assessment of fetal wellbeing. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;26(1):CD005122. doi: 10.1002/14651858.CD005122.pub5.
212. Smith V, Begley C, Newell J, et al. Admission cardiotocography versus intermittent auscultation of the fetal heart in low-risk pregnancy during evaluation for possible labour admission - a multicentre randomised trial: the ADCAR trial. *BJOG*. 2019;126(1):114-121. doi: 10.1111/1471-0528.15448. Epub 2018 Sep 19.

213. Uchida T, Kanayama N, Kawai K, et al. Reevaluation of intrapartum fetal monitoring using fetal oximetry: A review. *J Obstet Gynaecol Res.* 2018;44(12):2127-2134. doi: 10.1111/jog.13761. Epub 2018 Aug 6 Review.
214. Prior T, Mullins E, Bennett P, et al. Prediction of fetal compromise in labor. *Obstet Gynecol.* 2014;123(6):1263-71. doi: 10.1097/AOG.0000000000000292.
215. Dunn L, Sherrell H, Kumar S. Review: Systematic review of the utility of the fetal cerebroplacental ratio measured at term for the prediction of adverse perinatal outcome. *Placenta.* 2017;54:68-75. doi: 10.1016/j.placenta.2017.02.006. Epub 2017 Feb 12. Review.
216. Khalil AA, Morales-Rosello J, Morlando M, et al. Is fetal cerebroplacental ratio an independent predictor of intrapartum fetal compromise and neonatal unit admission? *Am J Obstet Gynecol.* 2015;213(1):54.e1-54.e10. doi: 10.1016/j.ajog.2014.10.024. Epub 2014 Oct 18.
217. Morales-Roselló J, Khalil A, Morlando M, et al. Poor neonatal acid-base status in term fetuses with low cerebroplacental ratio.. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;45(2):156-61. doi: 10.1002/uog.14647. Epub 2015 Jan 5.
218. DeVore GR. The importance of the cerebroplacental ratio in the evaluation of fetal well-being in SGA and AGA fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 2015;213(1):5-15. doi: 10.1016/j.ajog.2015.05.024. Review.
219. Prior T, Paramasivam G, Bennett P, et al. Are fetuses that fail to achieve their growth potential at increased risk of intrapartum compromise? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;46(4):460-4. doi: 10.1002/uog.14758.
220. Morales-Rosello J, Khalil A, Morlando M, et al. Changes in fetal Doppler indices as a marker of failure to reach growth potential at term. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014 ;43(3):303-10. doi: 10.1002/uog.13319.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

EKP: Εμβρυϊκός καρδιακός ρυθμός

PI: Pulsatility index – Δείκτης παλμικότητας

AFI: Amniotic Fluid Index - Δείκτης αμνιακού υγρού

UA: Umbilical artery – Ομφαλική αρτηρία

MCA: Middle Cerebral Artery – Μέση εγκεφαλική αρτηρία

NST: Non Stress Test - Δοκιμασία ηρεμίας

OCT: Oxytocine Challenge Test – Δοκιμασία Οκυτοκίνης

CTG: Cardiotocogram - Καρδιοτοκογράφημα

ΚΤΓ: Καρδιοτοκογράφημα

ΦΤ: Φυσιολογικός Τοκετός

ΚΤ: Καισαρική Τομή

SGA: Small for Gestational Age – Έμβρυα υπολλειπόμενης ανάπτυξης

LGA: Large for Gestational Age – Έμβρυα μεγαλύτερα της ηλικίας κύησης

AGA: Appropriate for Gestational Age – Έμβρυα αντιστοιχούντα στην ηλικία κύησης

MENN: Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών

ΕΠΑ: Εγκεφαλοπλακουντιακή αναλογία

CPR: Cerebroplacental ratio

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Αίτια επεμβατικού τοκετού συνολικά

Καισαρική Τομή (N=24)			Αναρρ. Εμβρυολογία (N=13)		
Αλλοιώσεις παλμών	5	20,8%	Αλλοιώσεις παλμών	7	53,8%
Δυσαναλογία	9	37,5%	Αδυναμία εξώθησης	6	46.2%
Μη εξέλιξη τοκετού	5	20,8%			
Ανώμαλη Προβολή	2	8,3%			
Αποκόλληση πλακούντα	2	8,3%			
IUGR	1	4,2%			
Μειωμ.Κινητ.- Εξωσωματική.	1	4,2%			

Πίνακας 2. Φυσιολογικές τιμές του δείκτη παλμικότητας της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας
(Από: Mari G, Copel J. Doppelp Ultrasound-Fetal Physiology and Clinical Applicatin. In:
Fleisher A, Manning F, Jeanty P, Romero R. (5th ed) Sonography in Obstetrics and
Gynecology. Principles and Practice, Prentice-Hall International Inc, 1996, p257).

Gestational Age (wk)	Normal Values		
	Lower Limit ^a	Predicted Value	Upper Limit ^b
15	0.99	1.57	2.14
16	1.08	1.71	2.33
17	1.16	1.83	2.51
18	1.23	1.95	2.67
19	1.30	2.05	2.81
20	1.35	2.14	2.93
21	1.40	2.22	3.04
22	1.44	2.29	3.13
23	1.48	2.34	3.20
24	1.51	2.38	3.26
25	1.52	2.41	3.30
26	1.54	2.43	3.32
27	1.54	2.44	3.33
28	1.54	2.43	3.32
29	1.52	2.41	3.30
30	1.50	2.38	3.26
31	1.48	2.34	3.20
32	1.44	2.28	3.12
33	1.40	2.21	3.03
34	1.35	2.13	2.92
35	1.29	2.04	2.79
36	1.22	1.94	2.65
37	1.15	1.82	2.49
38	1.07	1.69	2.32
39	0.98	1.56	2.13
40	0.89	1.40	1.92
41	0.78	1.24	1.70
42	0.67	1.06	1.45