

## Η ΠΑΛΜΙΚΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΚΕΤΟ

Καζάκος Ιωάννης Πλ.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παλμική οξύμετρία είναι μια σύγχρονος επικουρική μέθοδος για την καταγραφή της οξυγόνωσης του εμβρύου κατά τον τοκετό. Η μέθοδος αυτή ακριβώς προσδιορίζει το ποσοστό κορεσμού του οξυγόνου του εμβρυακού αρτηριακού αίματος. Δίνοντας ακριβείς και αληθούς χρόνους πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με τα κλινικά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα ενδομητρίως.

Η μέθοδος βασίζεται σε μια ήδη προϋπάρχουσα καθιερωμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην αναισθησιολογία, νεογνολογία και Μονάδα Εντατικής Θεραπείας και βασίζεται σε βασικές αρχές της φυσιολογίας. Η μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου δηλαδή βασίζεται στο ότι η οξυαιμοσφαιρίνη παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση φωτός στο φάσμα του υπέρυθρου, ενώ η δεσοξυαιμοσφαιρίνη στο ερυθρό. Για τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ειδικό σύστημα προσδιορισμού του  $O_2$  που αποτελείται από: α) Συσκευή παρακολούθησης (monitor), β) ένα αποστειρωμένο αισθητήρα (sensor) και γ) μονάδα Η/Υ όπου καταγράφονται τα δεδομένα. Η μέθοδος είναι atraumatische ως προς τη μητέρα και το νεογνό, συντελείται κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις κατά την εξέλιξη του τοκετού π.χ. ρήξη υμένων, τραχηλική διαστολή, κεφαλική προβολή εμβρύου κ.ά.

Πειραματικές μελέτες (σε πρόβατα) έχουν αποδείξει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του κορεσμού του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα του εμβρύου, με άμεσο προσδιορισμό και του  $SPO_2$  υπολογισμένη με την παλμική οξύμετρία. Επίσης, σε αντίστοιχες μελέτες έχει αποδειχθεί ότι το  $SPO_2$  του εμβρύου είναι σημαντικός δείκτης επερχόμενης υποξίας και κριτικό σημείο αναστροφής της υποξίας και ανάνηψης.

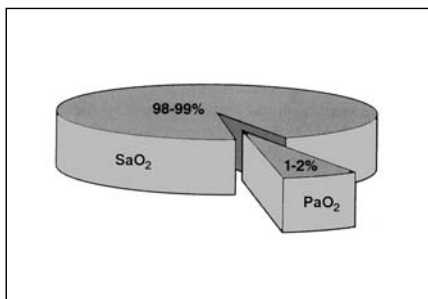
Κλινικές μελέτες ως του Didly et al και Carbone et al. έχουν αποδείξει ότι όταν μειώνεται η παροχή οξυγόνου στο έμβryo ενεργοποιείται αναερόβιος μεταβολισμός αυξάνοντας την παραγωγή του γαλακτικού οξέος και η συνεχής και παρατεταμένη μείωση παροχής οξυγόνου έχει μεγάλη σχέση με την αιμάτωση του εγκεφάλου και κατά συνέπεια στο Apgar score του νεογνού στο 1ο και 5ο λεπτό.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η παλμική οξύμετρία αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους παρακολούθησης του εμβρύου κατά τον τοκετό επιτρέποντας στην εφαρμογή μιας σύγχρονης μαιευτικής πράξης, δίνοντας στον μαιευτήρα τη δυνατότητα να ανακαλύψει μια τυχόν επερχόμενη εμβρυϊκή δυσφορία, και να πάρει σωστές αποφάσεις ως προς τρόπο αποπεράτωσης του τοκετού. Η εμβρυϊκή παλμική οξύμετρία έχει εφαρμοσθεί στην κλινική χρήση από το 2000. Στη Γ' Πανεπιστημιακή Γυναικολογική Μαιευτική Κλινική Νοσοκομείου «Αττικόν» εφαρμόζεται από το 2004 σε συνδυασμό με ένα ερευνητικό πρόγραμμα που βρίσκεται σε εξέλιξη, επιδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση «Πυθαγόρας Ι».

### Εμβρυϊκή Παλμική Οξύμετρία

Τα τελευταία χρόνια έχει εδραιωθεί να γίνεται συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή του εμβρυϊκού καρδιακού ρυθμού καθώς και εκτίμηση της κατάστασης του εμβρύου καθ' όλη τη διάρκεια του τοκετού. Το σύνηθες μέσο που διαθέτουμε είναι το καρδιοτοκογράφημα (ΚΤΓ). Η καρδιοτοκογραφία χαρακτηρίζεται από υψηλή ευαισθησία αλλά παρουσιάζει δυσκολίες ως προς την αποκωδικοποίηση και εκτίμησή της λόγω χαμηλής εξειδίκευσης.<sup>1,2</sup> Αποτελεί δε, έμμεσο δείκτη της οξυγόνωσης του εμβρύου.

Σε τυχαίοποιημένες μελέτες βρέθηκε πως δεν βελτιώνει το ποσοστό περιγεννητικής νοσηρότητας και θνησιμότητας σε σύγκριση με την περιοδική ακρόαση των καρδιακών παλμών του κνήματος, ενώ φαίνεται να αυξάνει και τα ποσοστά καισαρικής τομής. Από τις ίδιες μελέτες προκύπτει ότι συμβάλλει στην μείωση απώτερων νευρολογικών βλαβών στο νεογνό (κυρίως σπασμών),<sup>3,4</sup> ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν πως μειώνεται το ποσοστό περιγεννητικής θνησιμότητας αλλά όχι και το ποσοστό απώτερων νευρολογικών βλαβών (κυρίως της εγκεφαλικής παράλυσης)<sup>5</sup>.



Εικόνα 1. Το O<sub>2</sub> στο αίμα διαλυμένο στο πλάσμα (PaO<sub>2</sub>) είτε δεσμευμένο στην Hb.

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

Εικόνα 2. Κορεσμός του Οξυγόνου.

Γενικά η καρδιοτοκογραφική παρακολούθηση του εμβρύου διευκολύνει στη διάγνωση περιπτώσεων με έκδηλα σημεία κινδύνου για το έμβryo όπως η παρουσία όψιμων επιβραδύνσεων του ΕΚΡ, ενδομήτριας καθυστέρησης και ολιγάμνιου. Αντίθετα όμως, περιπτώσεις ύποπτες για εμβρυϊκό κίνδυνο όπως η παρουσία μηκωνίου στο αμνιακό υγρό, ανύψωση της βασικής συχνότητας των παλμών, άτυπων μεταβλητών επιβραδύνσεων ή απουσία επιταχύνσεων των παλμών είναι δύσκολο να ταυτοποιηθούν με την παρουσία τη ενδομήτριας υποξίας και για τις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η εφαρμογή άλλων μεθόδων παρακολούθησης.

Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι ο προσδιορισμός του pH και αερίων αίματος του εμβρύου.<sup>6</sup> Είναι μια επικουρική μέθοδος, γίνεται με αιμοληψία από το δέρμα της κεφαλής του εμβρύου και πρόκειται για μια μέθοδο επεμβατική, παρουσιάζει δυσκολίες στην εφαρμογή της, καταπονεί την επίτοκο και εν τέλει παρέχει μόνο στιγμιαία δεδομένα της κατάστασης οξυγόνωσης του εμβρύου πράγμα που απαιτεί πολλά δείγματα αίματος για αντικειμενική αξιολόγηση της κατάστασης του εμβρύου.<sup>7,8</sup>

Λόγω της ανάγκης επινόησης νέας μεθόδου, τα τελευταία χρόνια εφαρμόστηκε και στη Μαιευτική η μέθοδος της παλμικής οξυμετρίας, με την οποία προσδιορίζεται το ποσοστό κορεσμού σε οξυγόνο του εμβρυϊκού αρτηριακού αίματος. Η μέθοδος αυτή παρέχει ακριβείς και αληθούς χρόνου πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με τα κλινικά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα ενδομητρώως.<sup>9,11</sup> Στηρίζεται σε τεχνολογία που εφαρμόζεται ήδη και είναι καθιερωμένη στην αναισθησιολογία, στη νεογνολογία και βέβαια στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας.

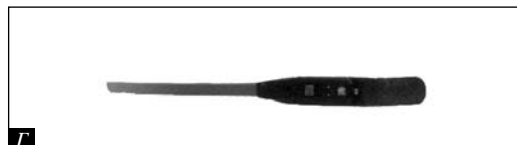
#### Ιδιότητες της αιμοσφαιρίνης, σχετικές με τη δέσμευση και μεταφορά του οξυγόνου

Η πορεία του O<sub>2</sub> ξεκινά από τον πλακούντα και από εκεί, με τα εμβρυϊκά ερυθροκύτταρα, περνά στην εμβρυϊκή κυκλοφορία. Στο αίμα του εμβρύου βρίσκεται με δύο μορφές: πρώτον, ως διαλυμένο στο πλάσμα σε ποσοστό 1-2% της συνολικής του ποσότητας. Αυτό εκφράζεται με τη μερική πίεση του O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>) και μετράται με αιμοληψία από την κεφαλή του εμβρύου. Δεύτερον, σαν δεσμευμένο στην αιμοσφαιρίνη (SaO<sub>2</sub>) σε ποσοστό 98-99% της συνολικής ποσότητας και είναι αυτό που μετρά η παλμική οξυμετρία (Εικόνα 1).

Η μέθοδος της παλμικής οξυμετρίας βασίζεται σε βασικές αρχές Φυσιολογίας. Ως οξυαιμοσφαιρίνη ορίζουμε την αιμοσφαιρίνη της οποίας όλες οι διαθέσιμες θέσεις στο μόριό της είναι δεσμευμένες με O<sub>2</sub>, ενώ η δεσοξυαιμοσφαιρίνη δεν μεταφέρει O<sub>2</sub> δηλαδή δεν είναι κορεσμένη. Το ποσοστό κορεσμού του εμβρυϊκού αίματος σε O<sub>2</sub> χαρακτηρίζεται ως SpO<sub>2</sub> και εκφράζεται από την αναλογία μορίων αιμοσφαιρίνης που είναι συνδεδεμένα με O<sub>2</sub> προς την ολική ποσότητα μορίων Hb που είναι διαθέσιμα για σύνδεση με O<sub>2</sub>. Η τεχνολογία της μέτρησης του κορεσμού σε O<sub>2</sub> βασίζεται στο ότι η οξυαιμοσφαιρίνη παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση φωτός στο φάσμα του υπέρυθρου ενώ η δεσοξυαιμοσφαιρίνη στο ερυθρό. Με τον προσδιορισμό των μεταβολών απορρόφησης (που λαμβάνει χώρα στους εμβρυϊκούς ιστούς από την διάχυση αρτηριακού αίματος) ερυθρού φωτός προς το υπέρυθρο με παλμικό τρόπο μετριέται η τιμή του SpO<sub>2</sub> εμβρυϊκού αίματος. Όσο μεγαλύτερο είναι το πηλίκo υπέρυθρου/ ερυθρού τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό κορεσμού και αντίστροφα (Εικόνα 2).

Προκειμένου να γίνει η μέτρηση αυτή των μεταβολών απορρόφησης χρησιμοποιείται ειδικό σύστημα προσδιορισμού του O<sub>2</sub> του αρτηριακού αίματος. Στο Αττικό Νοσοκομείο διαθέτουμε το συγκεκριμένο σύστημα παρακολούθησης προσδιορισμού του O<sub>2</sub> αρτηριακού αίματος το οποίο αποτελείται από: 1) Συσκευή παρακολούθησης (monitor) 2) Αποστειρωμένο αισθητήρα (sensor) κορεσμού αρτηριακού εμβρυϊκού αίματος (Nellcor), 3) Μια μονάδα H/Y που συνδέεται με το ΚΤΓ και παρακολουθείται στην οθόνη η πλήρης καταγραφή του ΕΚΡ των ωδινών και της παλμικής οξυμετρίας σε συνεχή καταγραφή και 4) Εκτυπωτής (Εικόνα 3).

Ο αισθητήρας αποτελείται από α) Σώμα που περιέχει διόδους εκπομπής φωτός (LEDs), φωτοανιχνευτήρα, ηλε-



Εικόνα 3.  
(Α) Σύστημα Παλμικής Οξυμετρίας στο ΠΓΝ «Αττικόν»,  
(Β) Συσκευή παρακολούθησης (monitor),  
(Γ) Αισθητήρας Nellcor.

κτροδία επαφής, β) Σύρμα που έχει ψηλαφητό χείλος σε απόσταση 15 εκ. από ηλεκτροδία επαφής (αυτό είναι και το σημείο έναρξης αρίθμησης σε εκ. του μήκους του αισθητήρα) και γ) Οπισθίως οδηγός ο οποίος αφαιρείται μετά τοποθέτηση εντός μητριακής κοιλότητας.

Τύποι αισθητήρων (ανάλογα με την τοποθέτηση οπτικών στοιχείων σε σχέση με το αγγειακό δίκτυο) α) Μεταβίβασης (εκπομπής) δηλαδή διόδοι εκπομπής φωτός - Φωτοανιχνευτήρας - Αντίθετη πλευρά αγγειακού δικτύου, β) Ανάκλασης: LEDs - Ανιχνευτήρας - Ίδια επιφάνεια δέρματος (πλησίον).

Οπότε προσδιορίζεται η απορρόφηση του φωτός που διασκορπίζεται προς τα πίσω και ανακλάται στα οστά της κεφαλής του εμβρύου. Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τύποι αισθητήρων που εφάρμοζαν στην κεφαλή του εμβρύου με: Υποπίεση (σαν αναρροφητική εμβρουσκία), κολλητική ουσία, συνδετήρα, εγκαταλήφθηκαν όμως λόγω δυσχερούς τοποθέτησης, κακής εφαρμογής στο έμβρυο, μη ικανοποιητικό σήμα, και ακατάλληλων προϋποθέσεων ακριβούς καταγραφής  $SpO_2$ .

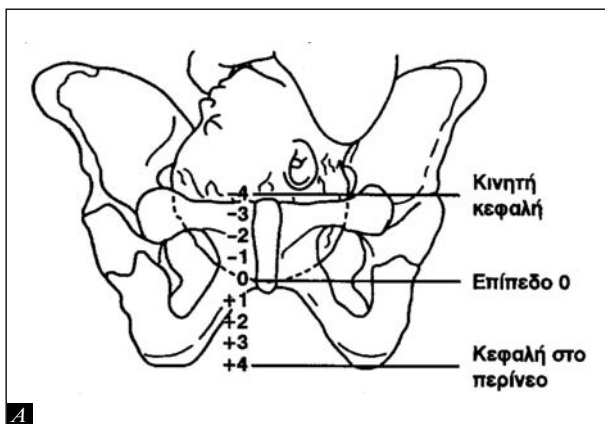
#### Προϋποθέσεις καταγραφής παλμικής οξυμετρίας

Ο αισθητήρας αυτός τοποθετείται μετά τη ρήξη των υμένων, όταν υπάρχει διαστολή του τραχήλου μεγαλύτερα των 2 εκ. Πρακτικά μια διαστολή μεγαλύτερα των 3εκ. μας διευκολύνει πολύ στην τοποθέτηση του αισθητήρα, όταν η κεφαλή του εμβρύου βρίσκεται στο -1 ή χαμηλότερα για ικανοποιητικό σήμα γιατί από -2 και πάνω είναι ανεπαρκής η επαφή εμβρύου με αισθητήρα και δεν έχουμε καλό σήμα. Καλύτερο σημείο τοποθέτησης είναι στην παρειά εμβρύου (Εικόνα 4).

Η ακρίβεια των μετρήσεων του εμβρυϊκού  $SpO_2$  επηρεάζεται από τις χαμηλές τιμές  $SpO_2$  εμβρύου (40-70%) λόγω αυξημένης ποσότητας Hb διαθέσιμης για παραλαβή οξυγόνου, ενώ του ενήλικα φτάνουν 95-100%), τις σφύξεις αρτηριδίων. Απώλεια σήματος και φτωχή καταγραφή μπορεί να συμβαίνει κατά τις ισχυρές ωδίνες γιατί τότε η Ενδομητριακή πίεση είναι μεγαλύτερη από την αγγειακή πίεση του δέρματος στο σημείο του αισθητήρα (που είναι γενικά χαμηλή). Στο σημείο αυτό συμβάλλει η χαμηλή πίεση που υπάρχει στα μικρά αρτηρίδια του δέρματος της κεφαλής του εμβρύου. Επίσης, απώλεια σήματος μπορεί να συμβεί σε πτώση της αρτηριακής πίεσης, υπογκαιμικού shock, ισχυρού αγγειόσπασμου, καρδιακής ανακοπής της μητέρας και αγγειακής απόφραξης πλησίον αισθητήρα π.χ. πίεση από ομφάλιο λώρο. Γενικά, σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να έχουμε απώλεια καταγραφής στο 40-50% χρόνου, ενώ φυσιολογικά 5-10%. Η παλμική οξυμετρία δεν μπορεί να εφαρμοστεί όταν οι υμένες είναι άρρηκτοι, σε προδρομικό πλακούντα και πρόωρη αποκόλληση πλακούντα, καθώς και σε ανωμαλίες διάπλασης της μήτρας. Επίσης δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε κοιλικές ή ενδομητριακές λοιμώξεις.

#### Πειραματικές Μελέτες

Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού κορεσμού σε  $O_2$  του αρτηριακού αίματος εμβρύου με άμεσο προσδιορισμό και  $SpO_2$  από την παλμική οξυμετρία.<sup>16,17</sup> Μια μελέτη σε πρόβατα που υποβλήθηκαν σε υποξία, μετρήθηκε το pH και το γαλακτικό οξύ, των οποίων οι τιμές συγκρίθηκαν με το  $SpO_2$ .<sup>18</sup> Η μελέτη έδειξε ότι η πτώση του  $SpO_2$  κάτω από 30-40% προκαλεί αύξηση του γαλακτικού και πτώση του pH καθώς

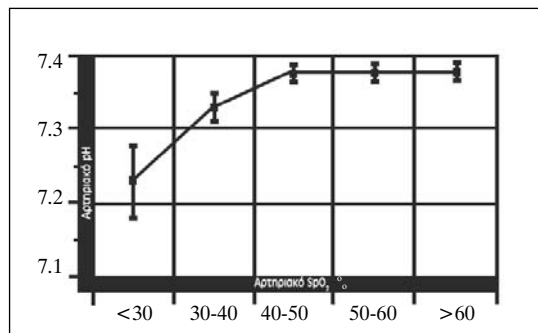


A

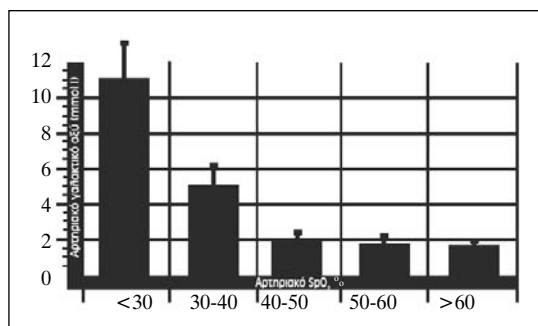


B

Εικόνα 4.  
(A) Επίπεδα πνέλου,  
(B) Αισθητήρας εφαιπτό-  
μενος στην παρειά του  
εμβρύου.



Εικόνα 5. SpO<sub>2</sub> και pH αρτηριακού αίματος σε πειραματόζωα που προκλήθηκε υποξία.



Εικόνα 6. SpO<sub>2</sub> και γαλακτικό οξύ σε πειραματόζωα που προκλήθηκε υποξία.

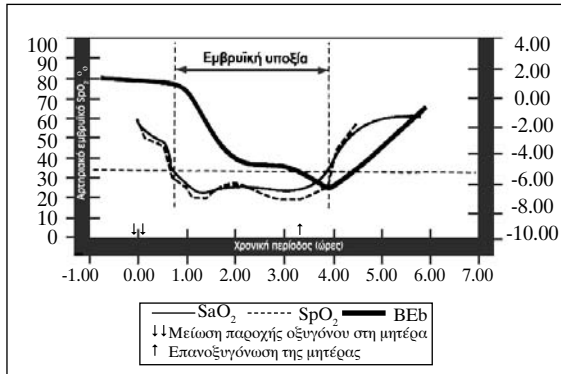
και ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού (Εικόνα 5, 6).

Σε μια άλλη μελέτη σε πρόβατα που προκλήθηκε υποξία μετρήθηκε το SpO<sub>2</sub> και η περίσσεια βάσης Be<sub>b</sub>.<sup>19</sup> Πτώση του SpO<sub>2</sub> κάτω από 32% αντιστοιχεί σε πτώση της περίσσειας βάσης και ενεργοποίηση αναερόβιου μεταβολισμού, ενώ για SpO<sub>2</sub> πάνω από 32% περίσσεια βάσης πλησίαζε τα φυσιολογικά επίπεδα. Όταν όμως επιτευχθεί επανοξυγόνωση τότε αυξάνεται και πάλι το SpO<sub>2</sub> και η περίσσεια βάσης. Η περίσσεια βάσης παρουσίασε άνοδο προς τα φυσιολογικά επίπεδα, όταν το SpO<sub>2</sub> παρουσίαζε τιμές άνω του 32% (Εικόνα 7). Επομένως, από τη μελέτη διαφαίνεται ότι το SpO<sub>2</sub> του εμβρύου αποτελεί σημαντικό δείκτη επερχόμενης υποξίας και κριτικό σημείο αναστροφής της υποξίας και ανάνηψης. Επίσης το 30% είναι κριτικό σημείο για εγκατάσταση οξέωσης.

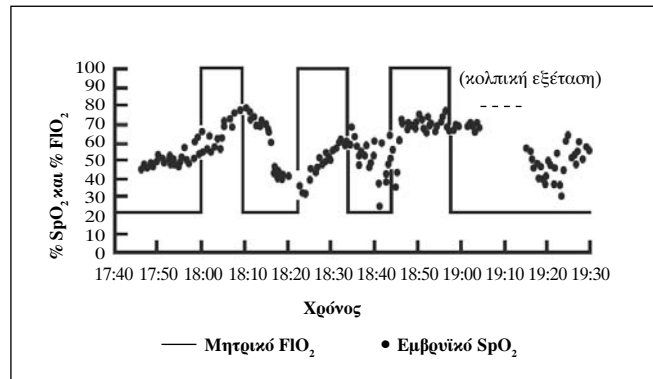
#### Φυσιολογία και Παθοφυσιολογία της οξυγόνωσης του τελειόμηνου εμβρύου

Στους υγιείς ενήλικες για επαρκή οξυγόνωση των ιστών απαιτείται 90-100% κορεσμός O<sub>2</sub>. Η ικανότητα της αιμοσφαιρίνης για απόδοση O<sub>2</sub> στους ιστούς μειώνεται σημαντικά όταν ο κορεσμός είναι κατωτερος του 85%. Στο έμβρυο ο κορεσμός στο αίμα εκτός τοκετού μετά από ομφαλιδοκέντηση είναι 75% ± 13. Στον τοκετό ο κορεσμός αναμένεται μειωμένος λόγω μείωσης ανταλλαγής αερίων στις ωδίνες. Από μελέτες σε πρόβατα και τις φυσιολογικές κατανομές SpO<sub>2</sub> στο ανθρώπινο έμβρυο στον τοκετό προκύπτει ότι για έμβρυο επαρκώς οξυγονομένο το SpO<sub>2</sub> > 40% ενώ για κάτω από 30% σχετίζεται με προ-οξέωση. Για την επαρκή οξυγόνωση του εμβρύου απαιτείται επαρκής και φυσιολογική σύνθεση αιμοσφαιρίνης για την μεταφορά O<sub>2</sub>, ικανοποιητικά επίπεδα O<sub>2</sub> στο μητρικό και εμβρυϊκό αίμα, φυσιολογική καρδιακή παροχή για την μεταφορά της οξαιμοσφαιρίνης στους ιστούς και ικανότητα των ιστών να χρησιμοποιήσουν το O<sub>2</sub>.

Τα επίπεδα O<sub>2</sub> στο μητρικό και εμβρυϊκό αίμα εξαρτώνται από την ποσότητα O<sub>2</sub> στον εισπνεόμενο αέρα. Ο McNamara και συν., κατέγραψε μεταβολές τάσης O<sub>2</sub> της μητέρας και SpO<sub>2</sub> του εμβρύου όταν η μητέρα εισέπνεε εναλλάξ ανά 10 λεπτά ατμοσφαιρικό αέρα 21% περιεκτικότητας σε O<sub>2</sub> και οξυγόνο 100%. Η μερική πίεση του O<sub>2</sub> της μητέρας και το SpO<sub>2</sub> του εμβρύου αυξάνονταν ταυτόχρονα με την εισπνοή οξυγόνου 100% (Εικόνα 8). Έτσι συμπεραίνουμε ότι η παρακολούθηση μεταβολών του SpO<sub>2</sub> του εμβρύου επιτρέπει στο μαιευτήρα να εκτιμά την οξυγόνωση του εμβρύου και να εξάγει συμπεράσματα σε συγκεκριμένο χρόνο.



Εικόνα 7. SpO<sub>2</sub> και περίσσεια βάσης σε πειραματόζωα που προκλήθηκε υποξία και στη συνέχεια επανοξυγόνωση.



Εικόνα 8. Μεταβολές SpO<sub>2</sub> σύμφωνα με την περιεκτικότητα σε O<sub>2</sub> του εισπνεόμενου αέρα.

Όταν διαταράσσεται η ανταλλαγή αερίων ή διακόπτεται η παροχή O<sub>2</sub> στο εμβρυϊκό αρτηριακό αίμα οι εφεδρείες σε O<sub>2</sub> του εμβρυϊκού αίματος λειτουργούν σαν δικλείδα ασφαλείας και ενεργοποιούνται προστατευτικοί μηχανισμοί, δηλαδή, μεταβολή καρδιακής παροχής, αύξηση χωρητικότητας του αίματος σε O<sub>2</sub>, μείωση κινήσεων και ανάπτυξης του εμβρύου, τροποποίηση λειτουργιών του εμβρύου.<sup>19,22</sup> Όταν μειώνεται αισθητά η παροχή O<sub>2</sub> στο έμβρυο ενεργοποιείται ο αναερόβιος μεταβολισμός, αυξάνεται η παραγωγή γαλακτικού οξέος, μειώνεται ο κορεσμός O<sub>2</sub> στο εμβρυϊκό αίμα, μειώνεται η περίσσεια βάσεων, εγκαθίσταται μεταβολική οξέωση η οποία ελαττώνει τη συγγένεια εμβρυϊκής Hb προς το O<sub>2</sub> και τελικά επέρχεται και μείωση του SpO<sub>2</sub>. Η συνεχής και παρατεταμένη μείωση παροχής O<sub>2</sub> έχει άμεση σχέση με την αιμάτωση του εγκεφάλου σε τελειόμηνα έμβρυα. Η φυσιολογική αιματική ροή στον εγκέφαλο υπολογίζεται σε 100ml/min/100g ιστού. Όταν ο ρυθμός ροής φτάσει στα επίπεδα των 50ml/min/100g ιστού επηρεάζεται η πρωτεϊνσύνθεση στον εγκέφαλο. Στα 15-20 ml/min/100g ιστού παρεμποδίζεται η σύνθεση ATP και επέρχεται βλάβη της ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρώνων και σε επίπεδα κάτω από 10ml/min/100g ιστού εγκαθίσταται μια μόνιμη εγκεφαλική βλάβη.<sup>23,24</sup>

#### Κλινικές Μελέτες

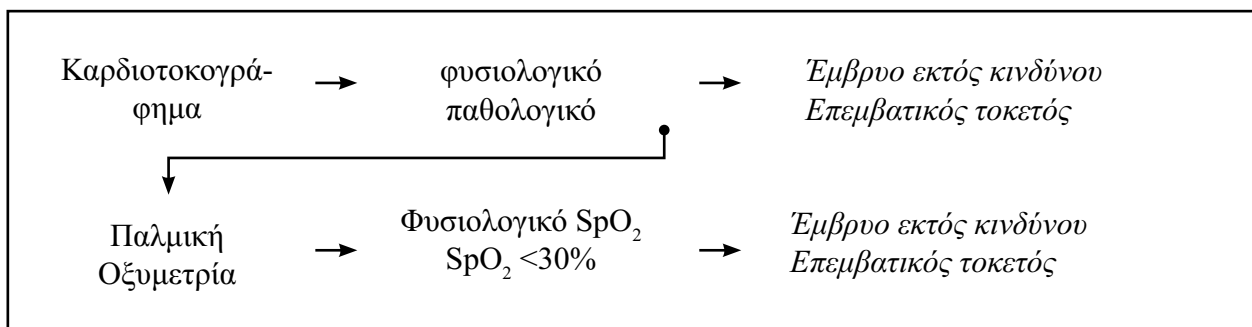
Κλινικές μελέτες στον άνθρωπο απέδειξαν σημαντικά στοιχεία από την εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας στη διάρκεια του τοκετού. Σε μία μελέτη Didly et al.<sup>25</sup> μελετήθηκαν 291 περιπτώσεις με φυσιολογική έκβαση τοκετού (Apgar score  $\geq 7$  στο 1ο και 5ο λεπτό, pH 7,2 στο 95% περιπτώσεων το SpO<sub>2</sub> ήταν άνω του 30%.<sup>26</sup> Γενικά οι τιμές του SpO<sub>2</sub> παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, με τις μικρότερες να καταγράφονται στο 2ο στάδιο του τοκετού. Σε μία άλλη μελέτη Carbone et al.<sup>28</sup> μελετήθηκαν 39 περιπτώσεις με παθολογικά καρδιοτοκογραφικά (ΚΤΓ) ευρήματα το SpO<sub>2</sub> ήταν μεγαλύτερο από 40% και το pH από την ομφαλική φλέβα μεγαλύτερο του 7,2.

#### Συμπεράσματα Μελετών

Η εμβρυϊκή παλμική οξυμετρία είναι μια μη επεμβατική μέθοδος αξιολόγησης οξυγόνωσης του εμβρύου. Δίνει πληροφορίες αληθούς χρόνου (real time) κατά τον τοκετό, παρέχει δυνατότητα αξιολόγησης ύποπτων ΚΤΓ και μειώνει το ποσοστό επεμβατικού τοκετού. Συμβάλλει στην εκτίμηση μεταβολών SpO<sub>2</sub> εμβρύου κατά την επισκληρίδιο,<sup>33</sup> αλλαγών θέσης εγκύνου και αποτελεί μαζί με την ΚΤΓ και την λήψη αίματος από την κεφαλή του εμβρύου τις σημαντικότερες μεθόδους παρακολούθησης του εμβρύου κατά τον τοκετό.<sup>34</sup> Είναι γενικά ανεκτή από την επίτοκο και υπάρχει δυνατότητα εξέλιξης ως προς τη βελτίωση των αισθητήρων για καλύτερη προσαρμογή στο έμβρυο και ακριβέστερη συλλογή στοιχείων με τα συμβάματα ενδομητρίως. Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται ο αλγόριθμος παρακολούθησης ενός τοκετού. Με τη βοήθεια της καταγραφής της ΚΤΓ και της παλμικής οξυμετρίας.

Η χρησιμοποίηση της μεθόδου της παλμικής οξυμετρίας ξεκίνησε στην Β Μαιευτική Γυναικολογική Κλινική Πανεπιστημίου Αθηνών στο Αρεταίειο Νοσοκομείο από το 1996 και υπήρξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τελευταίων καταγραφών του SpO<sub>2</sub> πριν τον τοκετό και του Apgar score στο 1ο και 5ο λεπτό.<sup>35</sup>

Διαπιστώθηκε δε με την περαιτέρω εφαρμογή της μεθόδου ότι σ' ένα σημαντικό αριθμό υπήρξαν απώλειες του σήματος σε ποσοστό 15%<sup>36</sup> πράγμα το οποίο καταδεικνύει ότι υπάρχουν τεχνικές δυσκολίες της μεθόδου που σχετίζονται άμεσα με την εμπειρία του μαιευτήρα και τη σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα, την ανοχή της επίτοκου. Επίσης, διαπιστώθηκε σημαντική μεταβολή μεταξύ των ωδινών στη διάρκεια του τοκετού που δεν επηρέασαν την έκβασή του



Εικόνα 9. Αλγόριθμος παρακολούθησης του εμβρύου στον τοκετό.

διότι το έμβρυο διαθέτει σημαντικές εφεδρείες που δεν επηρεάζεται ακόμα και με τιμές SpO<sub>2</sub> μεταξύ 30-40%.

Σε σύγκριση των τιμών του εμβρυϊκού SpO<sub>2</sub> με φυσιολογικά και παθολογικά ΚΤΓ διαπιστώθηκε ότι ένα φυσιολογικό ΚΤΓ είναι καθήσυχαστικό για την ενδομήτρια κατάσταση του εμβρύου ενώ στο παθολογικό όμως ΚΤΓ η εμβρυϊκή παλμική οξυμετρία αποτελεί μια σημαντική μέθοδο διάγνωσης μιας επερχόμενης ή εγκεκατεστημένης ενδομήτριας υποξίας βοηθώντας σε μεγάλο ποσοστό τον κλινικό γιατρό να αποφασίσει για την περαιτέρω έκβαση επεμβατική ή μη του τοκετού.

Από τον Απρίλιο του 2004 συνεχίζεται η εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας στη Γ' Μαιευτική Γυναικολογική Κλινική Πανεπιστημίου Αθηνών στο Αττικό Νοσοκομείο αναμένοντας αντίστοιχα αποτελέσματα τα οποία θα ανακοινωθούν στο άμεσο μέλλον.

#### Συμπεράσματα

Τελικά οι κλινικές εφαρμογές των μεθόδων τείνουν να καταδείξουν ότι η παλμική οξυμετρία παρέχει δυνατότητα ακριβούς διάγνωσης των υποξικών εμβρύων, μπορεί να υποκαταστήσει σε μεγάλο βαθμό την αιμοληψία από την κεφαλή του εμβρύου, επιτρέπει στον μαιευτήρα να αποφασίσει την αποπεράτωση των τοκετών με καισαρική τομή με την ένδειξη «εμβρυϊκής δυσφορίας». Τείνει να μειώσει το ποσοστό των καισαρικών τομών που θα πραγματοποιούντο σε περίπτωση που μοναδική μέθοδος παρακολούθησης κατά τον τοκετό ήταν η καρδιοτοκογραφία. Αποτελεί μαζί με το ΚΤΓ, τη λήψη αίματος από την κεφαλή του εμβρύου και το εμβρυϊκό ΗΚΓ μια από τις σημαντικότερες μεθόδους παρακολούθησης του εμβρύου. Επίσης η εμβρυϊκή παλμική οξυμετρία έχει εγκριθεί για κλινική χρήση στις 12/05/00 από το FDA των ΗΠΑ.

#### Νεότερες Εξελίξεις

Στην Γ' Γυναικολογική Μαιευτική Κλινική βρίσκεται σε εξέλιξη ερευνητικό πρόγραμμα που έχει επιδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Πυθαγόρας 1) για περαιτέρω εξέλιξη και εφαρμογή της παλμικής οξυμετρίας. Το Πυθαγόρας 1 συνίσταται στη συνδυαστική αξιολόγηση της μεταβολής των υπερηχογραφικών παραμέτρων Doppler (PI, RI, S/D) (της ομφαλικής αρτηρίας, της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας, του φλεβώδους πόρου, της κατιούσης αορτής και των νεφρικών αρτηριών) σε σχέση με τα καρδιοτοκογραφικά ευρήματα και τα ευρήματα της παλμικής οξυμετρίας κατά το 1ο στάδιο του τοκετού. Στόχος είναι να αναγνωριστούν τυχόν προώμα διαγνωστικά κριτήρια εμβρυϊκής υποξίας στο 1ο στάδιο τοκετού. Το πρόγραμμα είναι επιδοτούμενο από το ΥΠΕΠΘ.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Prentice A, Lind T. Fetal heart rate monitoring during labour: too frequent intervention, too little benefit? *Lancet* 1987; 2:1375-1377.
2. American College of Obstetricians and Gynecologists Committee on Obstetric Practice. Fetal distress and birth asphyxia. Committee Opinion no. 137. Washington, DC: American College of Obstetricians and Gynecologists, 1994.
3. Thacker SB, Stroup DF, Peterson HB. Efficacy and safety of intrapartum electronic fetal monitoring: An Update. *Obstet Gynecol* 1995; 86:613-617.
4. Lien JM, Garite TJ. A better way of assessing fetal oxygenation. *Contemporary Obstet Gynecol* 1997; 9:53-65.
5. Tharmaratnam S. Fetal distress. *Baillieres Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2000; 14:155-172.
6. Saling E. Fetal Scalp Blood Analysis. *J Perinat Med* 1981; 9: 165-177.
7. Clark SL, Paul RH. Intrapartum fetal surveillance: the role of fetal scalp blood sampling. *Am J Obstet Gynecol* 1985; 153:717-720.
8. Westgate J, Greene K. How well is fetal blood sampling used in clinical practice? *Br J Obstet Gynaecol* 1994; 101:250-251.
9. Gardosi J, Schram C, Symonds M. Adaptation of pulse oximetry for fetal monitoring during labour. *Lancet* 1991; 337: 1265-1267.
10. Diddy GA, Clark SL, Loucks CA. Preliminary experience with intrapartum fetal pulse oximetry in humans. *Obstet Gynecol* 1993; 81: 630-634.
11. Luttkus A, Fengler TW, Friedmann W, Dudenhausen JW. Continuous monitoring of fetal oxygen saturation by pulse oximetry. *Obstet Gynecol* 1995; 85: 183-186.

12. Nellcor Inc. introduction to fetal oxygen saturation monitoring. 1994 Pleasanton, California, USA.
13. Johnson N. Development and potential of fetal pulse oximetry. *Contemp Rev Obstet Gynaecol* 1991; 3: 193-200.
14. Gardosi J, Reed N, Sabota D. Fetal pulse oximetry with the balloon probe, in Knitz R (ed): *Dangers of Fetal Hypoxia During Labour*. Steinkopff, Darmstadt, 1994.
15. Siker D. Simultaneous fetal pulse oximetry and echocardiography, in Knitz R (ed): *Dangers of Fetal Hypoxia During Labour*. Steinkopff, Darmstadt, 1994.
16. Dassel A, Graaff A, Aarnoudse JG, Elstrodt JM, Heida A, Koelink MH, de Mul FFM, Greve J. Reflectance pulse oximetry in fetal lambs. *Pediatr Res* 1992; 31:266-269.
17. Harris AP, Sendak MJ, Chung DC, Richardson CA. Validation of arterial oxygen saturation measurements in utero using pulse oximetry. *Am J Perinatol* 1993; 10:250-254.
18. Richardson B, Carmichael L, Homan J, Patrick J. Electrocardiac activity, electrocortical electroocular activity, and breathing movements in fetal sheep with prolonged and graded hypoxemia. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 167:553-558.
19. Oeseburg B, Ringnalda BEM, Crevels J, BinYE. Fetal oxygenation in chronic maternal hypoxia: what's critical? In: Erdmann W, Bruley DF, eds. *Oxygen Transport to Tissues X/V*. New York, NY: Plenum Press; 1992.
20. Nijland A, Jongsma HW, Nijhuis JG, Paul P, van den Berg PP, Oeseburg B. Arterial oxygen saturation in relation to metabolic acidosis in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol* 1995; 172:810-819.
21. McNamara H, Lilford R. The effect on fetal arteriolar oxygen saturation resulting from giving oxygen to the mother measured by pulse oximetry. *Br J Obstet Gynaecol* 1993; 100:446-449.
22. Richardson B. Fetal adaptive responses to asphyxia. *Clin Perinatol* 1989; 16:595-611.
23. Hossman KA. Glutamate-mediated injury in focal cerebral ischemia: The excitotoxic hypothesis revised. *Brain Pathol* 1994; 4:23-36.
24. Longo LD, Packianathan S. Hypoxia-ischaemia and the developing brain: hypothesis regarding the pathophysiology of fetal-neonatal brain damage. *Br J Obstet Gynaecol* 1997; 104:652-662.
25. Didly GA, van den Berg PP, Katz M, Clark SI, Jongsma HW, Nijhuis JG, Loucks CA. Intrapartum fetal pulse oximetry: Fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 171:679-684.
26. Chua S, Yeong SM, Razviv K, Anulkumarar S. Fetal oxygen saturation during labor. *Br J Obstet Gynaecol* 1997; 104:1080-1083.
27. Luttkus A, Fengler TW, Friedmann W, Dudenhausen JW. Continuous monitoring of fetal oxygen saturation by pulse oximetry. *Obstet Gynecol* 1995; 85:183-186.
28. Carbonne B, Audibert F, Segard L, Sebban E, Cabrol D, Papiernik E. Fetal pulse oximetry: Correlation between changes in oxygen saturation and neonatal outcome. Preliminary report on 39 cases. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1994; 57:73-77.
29. Katz M, Petrick T, Richichi K, Beluomini S. Oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) monitoring in the presence of nonreassuring fetal heart rate (FHR) patterns. *Am J Obstet Gynecol* 1993; 168:341.
30. McNamara H, Johnson N. Fetal monitoring by pulse oximetry and CTG. *J Perinat Med* 1993; 21:475-480.
31. Didly GA, Loucks CA, Clark SL. Intrapartum fetal pulse oximetry in the presence of fetal cardiac arrhythmia. *Am J Obstet Gynecol* 1993; 169:1609-1611.
32. Van den Berg PP, Nijland R, van den Brand SF, Jongsma H, Nijhuis J. Intrapartum fetal surveillance of congenital heart block with pulse oximetry. *Obstet Gynecol* 1994; 84:683-686.
33. Johnson N, van Oudgaarden E, Montague IA, McNamara H. The effect of maternal epidural analgesia of fetal oxygen saturation. *Br J Obstet Gynaecol* 1996; 103:776-778.
34. Saling E. Fetal pulse oximetry during labor: issues and recommendations for clinical use. *J Perinat Med* 1996; 24:467-478.
35. Σαλαμαλέκης Ε, Σαλαμπάσης Κ, Λόγης Κ, Παναγιωτόπουλος Ν, Κασσάνος Δ. Εμβρυϊκή παλμική οξυμετρία: Μια νέα μέθοδος επιτήρησης του εμβρύου στον τοκετό. 70 Πανελλήνιο Συνέδριο Μαιευτικής-Γυναικολογίας. 14-17/5/1997, Ηράκλειο Κρήτης.
36. Salamalekis E, Panayiotopoulos N, Loghis C, Vitoratos N, Kassanos O, Batalias L. Fetal pulse oximetry in the second stage of labor and perinatal outcome. 4th International Symposium on Intrapartum Surveillance. 2-3 June 1997, Paris, France.
37. Loghis C, Salamalekis E, Panayiotopoulos N, Kassanos O, Batalias L, Vitoratos N. Internal cardiotocography and fetal pulse oximetry during normal labor. 4th International Symposium on Intrapartum Surveillance. 2-3 June 1997, Paris, France.
38. Salamalekis E, Vitoratos N, Loghis C, Panayiotopoulos N, Kassanos D, Creatsas G. Evaluation of FHR patterns during the second stage of labour through fetal oximetry. *Gynecol, Obstet Invest.* 1999; 48: 151-154.
39. Vitoratos N, Kassanos D, Loghis C, Panayiotopoulos N, Salloum I, Salamalekis E, Creatsas G. The clinical value of fetal pulse oximetry. 5th International Symposium on Intrapartum Surveillance. 13-15 June 1999, Stockholm, Sweden.
40. Salamalekis E, Kassanos D, Vitoratos N, Loghis C, Panayiotopoulos N, Batalias L, Creatsas G. Association of vibratory acoustic stimulation and fetal pulse oximetry during labor. 5th International Symposium on Intrapartum Surveillance 13-15 June 1999, Stockholm, Sweden.
41. Loghis C, Salamalekis E, Vitoratos N, Kassanos D, Salloum J, Panayiotopoulos N, Creatsas G. Effect of maternal position of fetal pulse oximetry. 5th Hellenic-Turkish Scientific Meeting on Maternal-Fetal Medicine. 10-13 September 1999, Olympia, Greece.
42. Salloum J, Vitoratos N, Kassanos O, Panayiotopoulos N, Loghis C, Salamalekis E, Creatsas G. Intrapartum fetal pulse oximetry. 5th Hellenic-Turkish Scientific Meeting on Maternal-Fetal Medicine. 10-13 September 1999, Olympia, Greece.
43. Salamalekis E, Kassanos O, Vitoratos N, Loghis C, Panayiotopoulos N, Batalias L, Creatsas G. Vibratory acoustic stimulation and fetal pulse oximetry during labor.
44. Vitoratos N, Salamalekis E, Salloum J, Makrakis E, Creatsas G. Abnormal fetal heart rate monitoring during the active phase of labor. The value of fetal oxygen saturation.
45. Zourabian A, Siegel A, Chance B, Ramanujan N, Robe M, Boas DA. Transabdominal monitoring of fetal arterial blood oxygenation using pulse oximetry. *J Biomed Opt* 2000;5:391-405.

Ειδικνεύμενος Ιατρός, Γ' Μαιευτική και Γυναικολογική Κλινική, Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, Νοσοκομείο «Αττικόν»